



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

**PAPEL SEM IMPRESSÃO: QUESTÕES TÉCNICAS PARA O EMPREGO NO
PROJETO DE EMBALAGENS**

Projeto de Pesquisa de Mestrado

Manuela Kanan

Orientadora: Jocelise Jacques de Jacques

Porto Alegre, 2019

RESUMO

A utilização de metais pesados na composição de tintas, mesmo que em pequena quantidade, apresenta um alto impacto ambiental, tanto na fase de produção, quanto e principalmente, na fase do descarte. Desta forma, observa-se que o investimento em pesquisa e técnicas que dispensem impressão pode ser uma alternativa para soluções ambientalmente mais amigáveis. Esta pesquisa busca verificar a viabilidade da utilização do papel sem aplicação de tinta ou outras substâncias, em nível industrial, com foco no mercado de embalagens. A investigação foi realizada através de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo. A pesquisa de campo foi dividida em entrevistas e experimentação. As entrevistas contemplaram a visita a seis gráficas no estado, para conhecer os equipamentos e tecnologias existentes. A experimentação seguiu a partir do feedback das entrevistas, verificando a viabilidade de execução do projeto proposto. Através dos dados coletados, foi possível perceber que existem equipamentos capazes de realizar a proposta, porém não estão presentes em todas as gráficas. Também são encontradas barreiras econômicas e de falta de demanda. Desta forma, apesar de tecnicamente viável, a proposta somente será aplicável a partir de mais desenvolvimento de projetistas e equipes de produção.

Palavras-chave: Papel, Sustentabilidade, Tinta, Impressão, Embalagem

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais indicadores do segmento de celulose.....	8
Figura 2: Principais indicadores do segmento de papel.....	9
Figura 3: Variação da produção brasileira 2015-2016.....	9
Figura 4: Distribuição de produtoras de papel e celulose no Brasil.....	14
Figura 5: Valor de produção do setor de embalagem de 2016.	15
Figura 6: Fórmula da celulose	17
Figura 7: Tintas contendo metais pesados.....	23
Figura 8: Tabela de sustentabilidade CELERY: tintas.....	24
Figura 9: Fases da reciclagem do papel.....	26
Figura 10: Célula de flotação para destintamento de aparas.	28
Figura 11: Ilustração explicativa sobre o sistema de corte e vinco	34
Figura 12: Ilustração explicativa sobre o sistema da plotter de recorte.....	37
Figura 13: Ilustração explicativa sobre o sistema da plotter de recorte.....	38
Figura 14: Ilustração explicativa sobre o sistema de gofragem.....	39
Figura 15: Flores de <i>Kirigami</i>	40
Figura 16: Ponte Golden Gate, Bianchini; Siliakus e Aysta.....	41
Figura 17: Retrato da atriz Audrey Hepburn em papel por Yoo Hyun.	42
Figura 18: Retrato de Frida Kahlo em execução, em papel por Yoo Hyun.	42
Figura 19: Rodovias da Costura, 2011, por Bovey Lee.....	43
Figura 20: Execução de Rodovias da Costura, 2011, por Bovey Lee.	43
Figura 21: Cem Garças.	45
Figura 22: Sem título, 2011, 150cm X 150cm, Simon Schubert.....	46
Figura 23: Sem título, 2010, 65cm x 50cm, por Jacob Dahlstrup.....	46
Figura 24: Cortesãs japonesas, 4cm de altura, Paul Jackson.....	48
Figura 25: Projeto Tulipa finalizado, 130cm, Jane Jenkins.	49
Figura 26: Estatuetas decorativas do Dia dos Mortos no México.....	50
Figura 27: Rinoceronte branco, 2017, Patrick Cabral.....	52
Figura 28: Rinoceronte branco - Detalhe, 2017, Patrick Cabral.....	52
Figura 29: Bon Appetit, Yulia Brodskaya.....	53
Figura 30: Convite de casamento com recorte a laser minucioso.....	54
Figura 31: Caixa para presente com recorte a laser	55

Figura 32: Relatório Anual de 2015, da Fundação de Periodontologia da Academia Mexicana.....	55
Figura 33: Detalhe do Relatório Anual de 2015, da Fundação de Periodontologia da Academia Mexicana.....	56
Figura 34: Cartão de visitas marcado em impressão tipográfica.....	57
Figura 35: Cartão de visitas marcado em impressão tipográfica.....	57
Figura 36: Cartão Lion Investments.....	58
Figura 37: Embalagem para sabonete de luxo Soapwork.....	59
Figura 38: Conjunto de embalagem para sabonete de luxo Soapwork.....	59
Figura 39: Embalagem de chocolates peruanos	60
Figura 40: Embalagem para bebidas.....	60
Figura 41: Projeção para o mercado global de embalagens	61
Figura 42: Etapas da pesquisa	65
Figura 43: Embalagens analisadas.	70
Figura 44: Embalagem número 3 com produto.	71
Figura 45: Medidas da embalagem selecionada.....	72
Figura 46: Elementos gráficos e informacionais da embalagem.....	73
Figura 47: Reprojetado da embalagem do sabonete Phebo.....	74
Figura 48: Modelo de guilhotina.	77
Figura 49: Modelo de faca com e sem emborrachamento.	77
Figura 50: Espaço de armazenamento de facas.....	78
Figura 51: Equipamento para faca de corte e vinco, e relevo seco, manual e plano. 79	
Figura 52: Equipamento para faca de corte e vinco, e relevo seco, automático e plano. 79	
Figura 53: Modelo de clichê para relevo seco.....	80
Figura 54: Equipamento de Gofragem.	81
Figura 55: Modelo de equipamento de plotter de recorte.....	82
Figura 56: Equipamento de corte a laser.....	83
Figura 57: Sistema de lentes do corte a laser.	83
Figura 58: Película do Hot Stamping aguardando descarte.....	84
Figura 59: Projeto executado em corte a laser	88
Figura 60: Embalagem executada em corte a laser - tamanho original.	89
Figura 61: Embalagem executada em corte a laser - tamanho 150%.....	91

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação de materiais indesejáveis para reciclagem.....	26
Quadro 2: Tipos de papel	32
Quadro 3: Espessura das lâminas de corte.....	35
Quadro 4: Critério para produção dos canais.....	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	8
1.2 JUSTIFICATIVA	10
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.4 OBJETIVOS	13
1.4.1 Objetivo Geral	13
1.4.2 Objetivos Específicos	13
1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO PAPEL	16
2.2 INDÚSTRIA DO PAPEL NO BRASIL	19
2.3 TINTAS E ACABAMENTOS EM PRODUTOS DE PAPEL COM ENFOQUE NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	21
2.4 RECICLAGEM E DESTINTAMENTO.....	25
2.5 O PAPEL NA INDÚSTRIA.....	29
2.5.1 Materiais	29
2.5.2 Certificações ambientais para gráficas	32
2.6 ACABAMENTOS DISPONÍVEIS EM GRÁFICAS	33
2.6.1 Acabamentos de corte e vinco	33
2.6.2 Acabamentos de textura	38
2.7 TÉCNICAS ARTESANAIS DE UTILIZAÇÃO DO PAPEL SEM IMPRESSÃO	39
2.7.1 Corte	40
2.7.2 Dobra e vinco	44
2.7.3 Composição	47
2.8 TÉCNICAS INDUSTRIAIS DE UTILIZAÇÃO DO PAPEL SEM IMPRESSÃO	54
2.8.1 Corte	54
2.8.2 Dobra e vinco	56
2.8.3 Composição	58
2.9. EMBALAGENS.....	61
3. METODOLOGIA	65

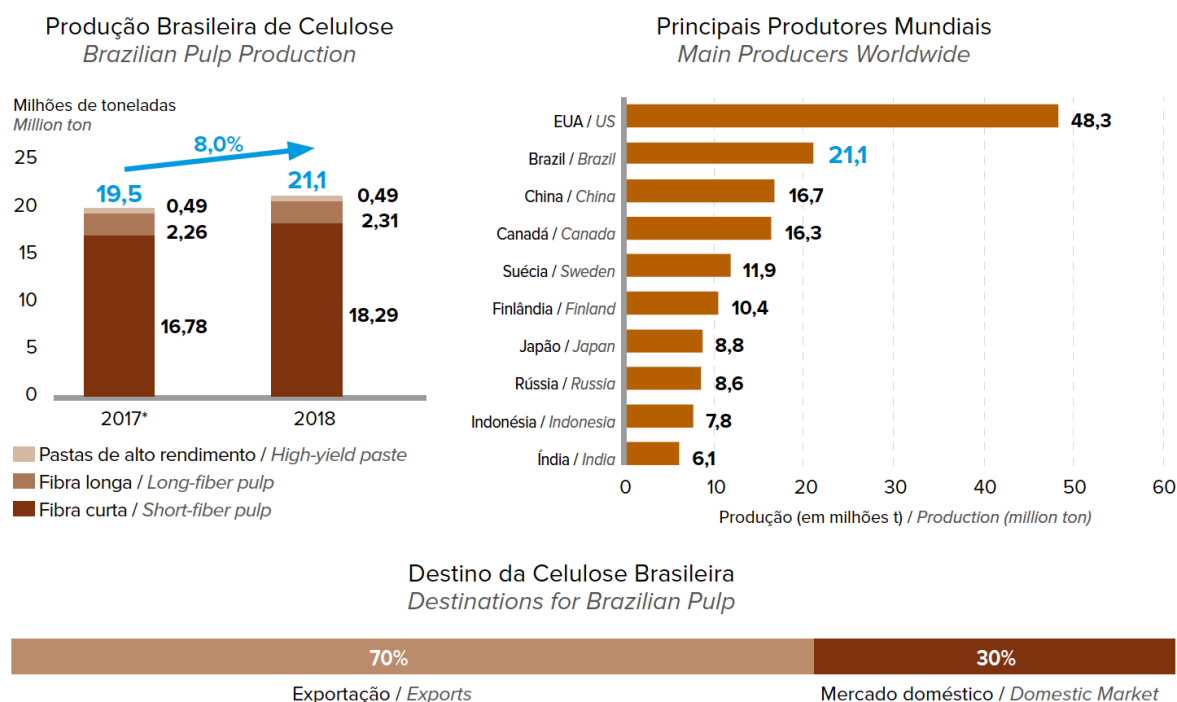
3.1 FASE 1: PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	65
3.2 FASE 2: DESENVOLVIMENTO DE PROJETO COM PAPEL SEM IMPRESSÃO	66
3.3 FASE 3: PESQUISA DE CAMPO.....	67
3.4 FASE 4: EXPERIMENTAÇÃO.....	68
3.5 FASE 5: ANÁLISE	69
4. DESENVOLVIMENTO	70
4.1 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO COM PAPEL SEM IMPRESSÃO .	70
4.2 PESQUISA DE CAMPO: VISITA ÀS GRÁFICAS	75
4.2.1 Limitações das tecnologias.....	76
4.2.1.1 Limitações da guilhotina	76
4.2.1.2 Limitações das facas	77
4.2.1.3 Limitações dos equipamentos de relevo seco.....	80
4.2.1.4 Limitações da plotter de recorte:	81
4.2.1.5 Limitações do corte a laser.....	82
4.2.1.6 Hot stamping	83
4.2.2 A busca da sustentabilidade nas gráficas visitadas.....	85
4.2.3 Análise do projeto de embalagem segundo recursos das gráficas	87
4.3 EXPERIMENTAÇÃO	88
4.3.1 Avaliação do projeto	89
4.4 DISCUSSÃO SOBRE POTENCIAL DE PRODUÇÃO LOCAL DE EMBALAGENS.....	92
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
5.1 TRABALHOS FUTUROS	96
6. BIBLIOGRAFIA	98
APÊNDICE I.....	104

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Apesar de sua entrada tardia na indústria brasileira, em 1887, o papel logo se tornou um dos produtos de maior exportação do país. Desde então a produção cresce, mais recentemente em 2018, a produção de celulose cresceu mais 8%, consolidando a 2ª posição no ranking mundial, atrás apenas dos Estados Unidos. Foram produzidos 21,1 milhões de toneladas de celulose, sendo 14,7 milhões para exportação. (IBÁ, 2019).

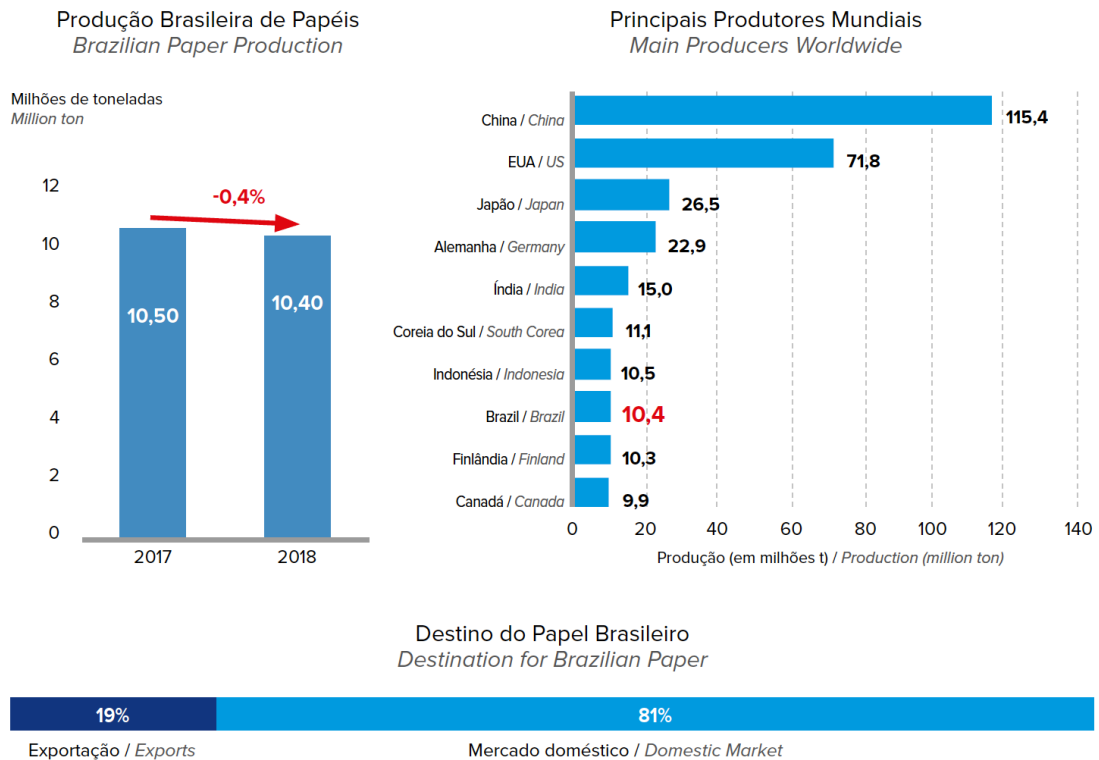
Figura 1: Principais indicadores do segmento de celulose.



(Fonte: IBÁ, 2019)

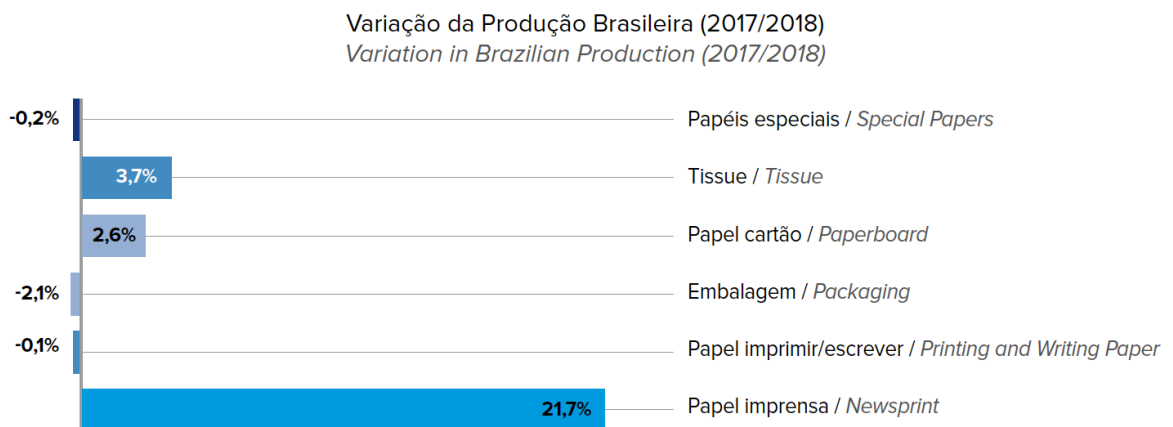
Já a produção de papel teve uma retração de 0,4% de 2017 para 2018, totalizando um volume de 10,4 milhões, como mostra a figura 2. Os tipos de papel podem ser classificados em 6 categorias diferentes, dentre as quais os papéis especiais, embalagens e papel para imprimir e escrever tiveram retração de volume, respectivamente, de 0,2%, 2,1%, e 0,1%. Já o papel de imprensa foi impulsionado pelas exportações e cresceu 21,7% (IBÁ, 2019). Assim, o Brasil manteve sua posição, ocupando o 8º lugar no ranking mundial de produção de papel.

Figura 2: Principais indicadores do segmento de papel.



(Fonte: IBÁ, 2019)

Figura 3: Variação da produção brasileira 2015-2016.



(Fonte: IBÁ, 2019)

Este desempenho ocorre principalmente devido ao grande investimento em inovação e tecnologia realizado nos últimos anos. Isto colaborou para um grande salto em produtividade e eficiência, diminuindo custos e impulsionando a indústria (ESTADÃO, 2017).

Desta forma, é possível perceber a relevância da indústria do papel no Brasil. Contudo, os problemas ambientais deste material evidenciam-se ainda mais dentro deste contexto. Para diminuir o impacto, um dos caminhos buscados por designers e pesquisadores é trabalhar técnicas com características artesanais que, em comparação direta, diminuem o consumo de energia entre outros (FAIRS, 2009).

Uma outra vertente de pesquisa é a mescla do papel com outros componentes, para a formação de compósitos, os quais poderiam ter usos bastante distintos. Entretanto, o investimento em tecnologia também pode trazer bons resultados. Alguns exemplos são os processos desenvolvidos para a minimização de resíduos e para o tratamento de efluentes, que variam de acordo com a empresa e com a idade dos seus equipamentos (CAMPOS, FOELKEL, 2016). Tais esforços podem estar presentes em qualquer empresa que utilize papel em seus produtos.

Refletindo sobre os usos do papel, a embalagem pode ser destacada como um dos principais e mais instigantes para investigação ambiental. Além disto, as embalagens têm vida útil muito curta sendo importante para o transporte e conservação dos produtos e não necessariamente seu uso.

Neste contexto, o recorte da pesquisa focou em como projetar para facilitar a reciclagem do papel, tendo o projeto experimental aplicado ao mercado de embalagens. Buscou-se trabalhar com os atuais papéis existentes e utilizados no mercado, de forma a explorar novas técnicas, aproveitando as tecnologias já difundidas. Assim, optou-se por destacar a possibilidade de real aplicação no mercado em um futuro próximo.

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente projeto de dissertação contempla a realização de pesquisas quanto à natureza, uso e descarte do papel no contexto do mercado de embalagens brasileiro. O enfoque está em técnicas que não apliquem tinta ou outras substâncias ao papel, devido ao impacto ambiental da aplicação dos mesmos.

O papel apresenta alto impacto ambiental em todas as etapas do seu ciclo de vida. Para que alguns de seus principais usos sejam viabilizados, o papel necessita de mais uma substância: a tinta.

Existem diversos tipos de tinta para diversas funções, compostas por diferentes combinações de elementos. Geralmente as tintas não apresentam alto

impacto ao longo do uso do produto, embalagem, em si. Porém, ao alcançar a etapa do descarte, isto se altera, pois algumas ainda possuem metais pesados em sua composição que podem ser considerados tóxicos. A toxicidade destes componentes deveria fazer com que seu uso fosse realizado apenas quando realmente necessário.

“O que confere cores brilhantes a algumas tintas são metais nos pigmentos. As mais tóxicas substâncias ‘CAMALS’ (cádmio, arsênio, mercúrio, antimônio, chumbo, selênio) foram eliminadas gradativamente das tintas de impressão convencional na América do Norte. Até onde sabemos, os metais restantes não são prejudiciais às pessoas nas concentrações normalmente usadas em materiais impressos. Contudo, esses metais podem se concentrar nas cinzas dos incineradores ou na lama das usinas de destintagem (gerando problemas de resíduos perigosos) e, potencialmente, podem se infiltrar no abastecimento de água quando se dissolvem nos aterros sanitários” (DOUGHERTY, p102, 2011).

O chumbo, por exemplo, apresenta risco de envenenamento, principalmente para crianças pequenas. “Não existe um nível conhecido de exposição ao chumbo que seja considerado seguro” (INMETRO, 2015). Os impactos na saúde ao longo da vida podem incluir anemia, dificuldades de aprendizagem e distúrbios em habilidade de coordenação, visual, espacial e de idioma. Tintas à base de solventes podem incluir chumbo na sua composição, visto que é uma substância muito eficaz para secagem uniforme. Para tonalidades de amarelo, laranja e vermelho, os pigmentos inorgânicos a base de chumbo são mais baratos (DOUGHERTY, 2008). Desta forma, observa-se que o investimento em técnicas que dispensem a impressão, pode ser uma alternativa para a consequente diminuição do impacto ambiental.

Quanto ao descarte, o papel pode ter três destinos: aterros, incineração e reciclagem. A maior parte costuma ser destinada a aterros. Apesar de ser um material de rápida decomposição em aterros, em comparação com outros, este tipo de descarte deixa químicos residuais que podem ser altamente tóxicos. Conforme comentado previamente, muitos tipos de tinta são compostos por metais pesados. Além disto, há o evidente crescimento de volume de material descartado e a necessidade de investimentos públicos para o manejo destes depósitos.

Já a incineração consiste em queimar o resíduo. Apesar de oferecer uma degradação mais rápida e gerar energia, os resíduos químicos e tóxicos correm o risco de serem espalhados pelo ar. O pigmento metálico de algumas tintas, assim como outros materiais, quando incinerados concentram-se nas cinzas. Os níveis de

concentração durante o uso podem ser considerados atóxicos, porém neste processo podem resultar em cinzas tóxicas que devem ser tratadas como detritos nocivos (DOUGHERTY, p55, 2011).

A reciclagem é muitas vezes considerada a opção ambientalmente menos nociva. Neste caso o material precisa ser reprocessado. Quando utilizado o papel pré-consumo¹, este processo é mais rápido, mais barato e menos impactante. Porém, no caso de material pós-consumo², uma das substâncias que precisa ser trabalhada é a tinta. Dougherty (2011) explica que, para o processo de reciclagem ocorrer, o material precisa estar o mais próximo possível da sua forma primária, ou seja, revestimentos, tintas e outras substâncias devem ser removidas. Assim, a destintagem, ou destintamento, consiste na remoção da tinta e outros materiais através da suspensão de aparas. No caso do papel, este procedimento aumenta o impacto ambiental.

“Inicialmente, esse processo compreendia apenas a eliminação da tinta do papel, mas, com o progresso tecnológico nas áreas de impressão, revestimento e modificação do papel, desenvolvido pelos convertedores para conferir propriedades especiais, o âmbito do termo destintamento foi ampliado” (ROBUSTI, p. 136, 2014).

A primeira etapa utiliza uma combinação de álcali com detergentes ou agentes de dispersão como sabão, bentonita, entre outras. Estes químicos podem ser bastante agressivos e perigosos. Com a tinta separada quimicamente, o próximo passo é a flotação ou lavagem para separá-la.

Por outro lado, o processo de produção da tinta também apresenta impactos ambientais, como consumo de energia, efluentes líquidos e emissão atmosférica de substâncias perigosas e o consumo excessivo de água. Algumas ações, como o reuso de água de lavagem após o tratamento de efluentes e o uso de tanques fechados para minimizar a perda de material, são utilizadas para redução do impacto ambiental. Entretanto, este impacto continua existindo (FIESP 2006). A redução da produção de tintas pode ser uma boa contribuição.

Os dados levantados no presente trabalho poderão contribuir para facilitar o processo industrial de reciclagem. A etapa de “destintamento” pode ser reduzida

¹ Trata-se de aparas e restos de papel resultantes dos acabamentos ainda durante o processo de produção.

² Trata-se do material descartado após ser utilizado pelo consumidor, ou seja, que passou por processos não industriais e não controlados.

e/ou retirada do processo como um todo reduzindo custos, impacto ambiental e conferindo, possivelmente, maior eficiência para o processo.

Avaliando os pontos anteriormente discutidos, em busca de maior sustentabilidade, percebe-se a importância de considerar como alternativas, em termos de materiais e/ou modificações do processo de fabricação, os produtos gráficos que utilizam menos ou nenhum acabamento com inserção de substâncias ou tinta.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Para reduzir o impacto ambiental em produtos gráficos, tanto na fase de produção quanto na fase do descarte, podem ser exploradas as diversas possibilidades do uso do papel sem impressão, através de soluções de design. Desta forma a questão de pesquisa se apresenta:

É possível, com os equipamentos e tecnologias disponíveis hoje no mercado gaúcho, realizar projetos feitos de papel sem utilizar impressão ou aplicação de outras substâncias no material?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Investigar a viabilidade técnica da utilização do papel sem impressão, no mercado de embalagens, em escala industrial.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Pesquisar e descrever ferramentas e máquinas disponíveis em gráficas de pequeno, médio e grande porte, e suas capacidades no estado do RS enfatizando a produção local;
- Pesquisar e realizar experimento com técnicas de utilização do papel sem impressão, com objetivo de explorar potenciais aplicações em produtos de embalagem.

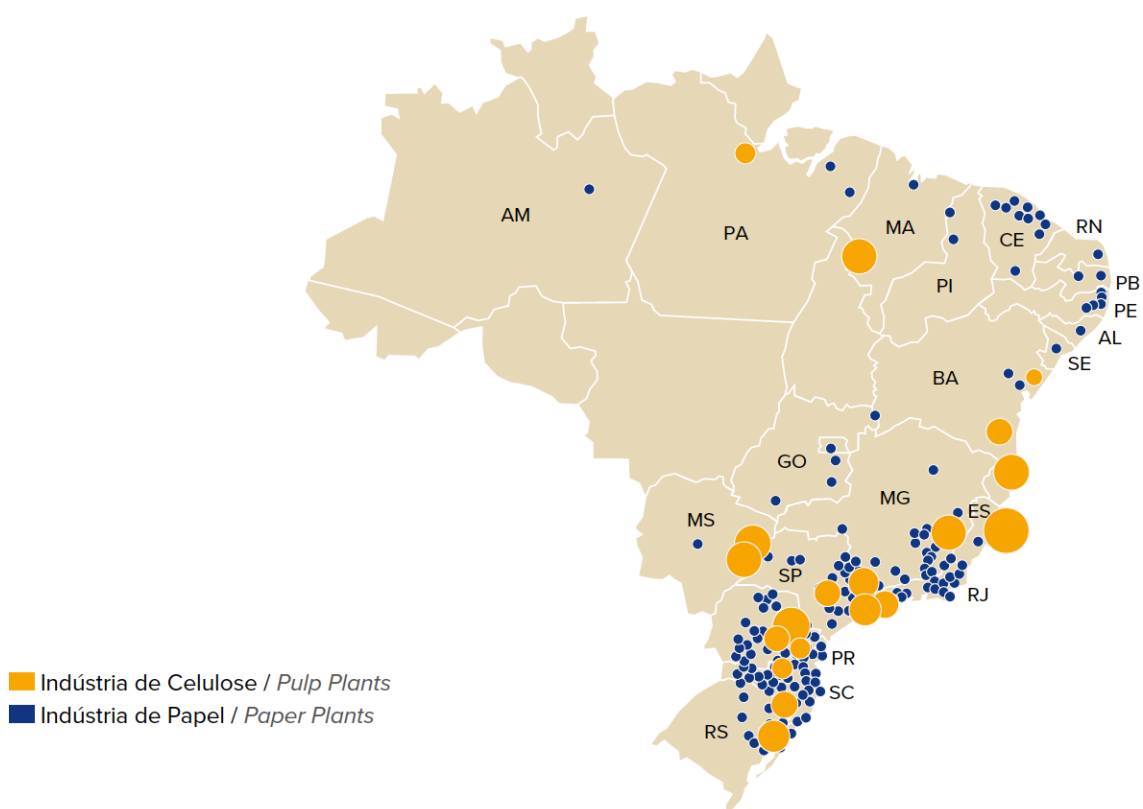
1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente estudo foi desenvolvido com foco em materiais já produzidos pela indústria, sem intervenção no processo de produção do papel. O alto volume de produção de papel no país demonstra o potencial para desenvolvimento de técnicas que utilizem os materiais já produzidos.

A delimitação geográfica deve-se ao fato de que a “maior parte das empresas brasileiras produtoras de celulose e/ou papel estão localizadas próximas ao mercado consumidor nas regiões Sul e Sudeste do País” (IBÁ, 2017). Como pode ser percebido no mapa a seguir (figura 5), a alta densidade de produtores e consumidores de papel demonstra a possibilidade e importância de aplicação de novas técnicas no Rio Grande do Sul.

Figura 4: Distribuição de produtoras de papel e celulose no Brasil.

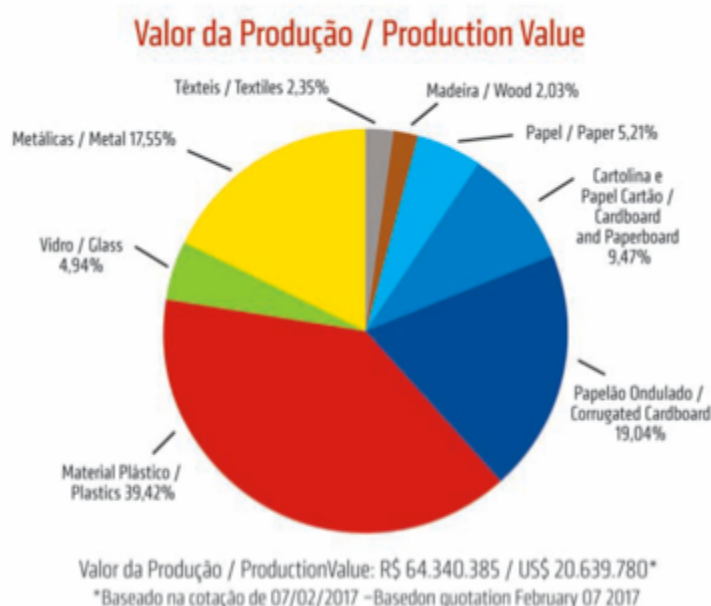
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS EMPRESAS PRODUTORAS DE CELULOSE E PAPEL
GEOGRAPHIC DISTRIBUTION OF PULP AND PAPER PRODUCERS



(Fonte: IBÁ, 2019)

A delimitação de mercado foi definida dentro do setor de embalagens, visto que é um tipo de produto rapidamente descartado e com alto potencial de reciclagem. Como mostra a Figura 5, papel, papel cartão e papelão constituem um terço do valor de produção total de embalagens no Brasil, apresentando a relevância do setor.

Figura 5: Valor de produção do setor de embalagem de 2016.



(Fonte: ABRE, 2017)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, aprovada em 2010, vem aumentando a coleta de material reciclável pós-consumo a partir de diferentes iniciativas. Entre os resíduos colhidos pela coleta seletiva, 22% estão na categoria de papel e papelão. Embalagens produzidas em papel tem 66,2% de taxa de recuperação, maior que o plástico, que apresenta apenas 56,8% (CEMPRE, 2019). Estes números demonstram o potencial deste mercado em relação à facilitação dos processos de reciclagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO PAPEL

Thich Nhât Hanh, monge budista, define o papel como uma nuvem, pois “[...] sem a nuvem, não há chuva. Sem a chuva, as árvores não crescem. Sem as árvores, não se pode produzir este papel. A nuvem é essencial para a existência do papel. Se a nuvem não está aqui, a folha de papel também não está”. (THICH NHÂT HANH apud SATO et al, 2018, p. 52)

Para o monge, a folha de papel depende de diversos elementos não-papel. Depende do lenhador que cortou a árvore e a levou para a fábrica para ser transformada em papel. Depende do trigo que foi transformado em pão para alimentar esse homem. “Por mais fina que esta folha seja, tudo o que há no universo está nela” (THICH NHÂT HANH apud SATO et al, 2018, p. 53). Este pensamento filosófico contempla alguns dos conceitos que hoje inserimos nos custos do capitalismo natural, que leva em consideração também a energia do sol e a água que serve para nutrir a planta.

Tecnicamente, o papel é composto primeiramente por fibras vegetais. As fibras são compostas por várias camadas sobrepostas de celulose, que, por sua vez, é composta de moléculas de glicose. De acordo com Gatti (2007, p.68), a celulose é um polissacarídeo, presente em todas as plantas. A indústria papeleira costuma utilizar principalmente as fibras provenientes de troncos de árvores, ou fibras lenhosas. Mas “podemos obter fibras de plantas, tais como: abacaxi, grama, sisal, bananeira, algodão, cana-de-açúcar, palha de arroz, taboa, helicônia e outras, além de aparas de papéis usados” (GATTI, 2007, p.70). Plantas diferentes terão fibras com características e custos de extração diferentes, criando, desta forma, tipos de papéis diferentes.

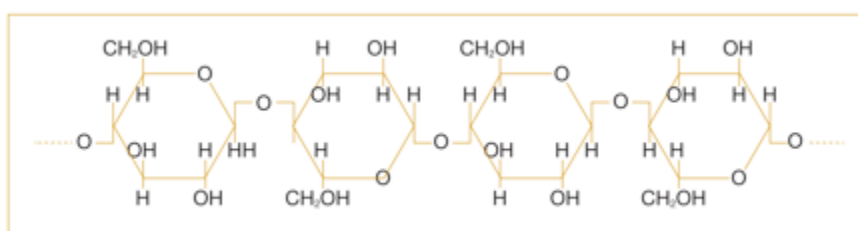
As fibras costumam ser classificadas como longas ou curtas. As fibras curtas têm comprimento médio entre 1 e 2 mm, e propiciam tramas mais fracas. As madeiras duras e folhudas, como o eucalipto que é muito utilizado no Brasil, assim como as palhas e resíduos agrícolas, como o bagaço da cana de açúcar, oferecem este tipo de fibra. As de comprimento médio acima de 3 mm são consideradas como fibras longas, provenientes de madeiras coníferas (que podem apresentar comprimento de 5 ou 6 mm) e de fibras têxteis, como o algodão e o linho (que

chegam a ultrapassar 10 mm). No Brasil, o pinheiro-do-paraná é a fonte de fibras longas mais utilizada.

De acordo com a ABTCP (2004, p.17), as fibras longas são mais recomendadas para embalagens, enquanto as curtas tem melhor aplicação em papéis para imprimir, escrever e com fins sanitários. “A escolha do vegetal para produção de fibras está ligada também ao custo de produção, que deve também considerar a disponibilidade, a facilidade de obtenção, o manejo, a sazonalidade e o processamento do material” (GATTI, 2007, p.68). Ou seja, quanto mais disponível e fácil de ser obtido, mais barata será a sua extração. Uma matéria prima disponível apenas em parte do ano, não será tão interessante economicamente para uma indústria com demanda durante o ano inteiro. Fibras de difícil extração e processamento exigirão equipamentos mais potentes, processos químicos mais agressivos e investimentos mais elevados.

Para a fabricação do papel estas fibras são tramadas aleatoriamente para serem transformadas em papel, posicionando o material na família dos têxteis. Para que esta trama seja possível, a água é utilizada para destramar as moléculas da celulose e obrigá-las a se reagruparem. A celulose é composta por carbono, hidrogênio e oxigênio ($C_6H_{10}O_5$, como na Figura 6, que são os mesmos elementos da glicose ($C_6H_{12}O_6$) produzida pelas plantas ao completarem a fotossíntese. As moléculas de celulose se ligam umas às outras por pontes de hidrogênio e também por um entrelaçamento. Devido a essa dupla relação, não precisa de cola para juntar as fibras. Alguns papéis utilizam cola na produção com o objetivo de aplicar impermeabilidade ao produto. Outras substâncias podem ser adicionadas, como corantes, sem prejudicar sua classificação como papel (ROBERTS, 1996).

Figura 6: Fórmula da celulose



(Fonte: produzido pela autora)

Asunción (2002, p. 20) explica que essa união se dá “graças à plasticidade que lhes dá a água porque, apesar de diminutas [...], são poderosas e atuam como uma esponja, mantendo-se em suspensão”. A água é elemento essencial para definir a resistência e elasticidade do papel. Um papel molhado é frágil e mole, enquanto seco se torna resistente e rígido. No dia-a-dia, a superfície da folha se mantém em contato com a umidade do ar, permitindo que a celulose se mantenha hidratada e não se quebre.

Para que o material possa realmente ser classificado como papel, é importante observar dois pontos: deve ser composto de fibra vegetal em uma trama desordenada. Se for tramado ordenadamente, o material é definido como tecido, independente da origem da fibra. No caso da trama desordenada proveniente de fibras animais, o material é identificado como feltro (CABRALES, 2011).

Asunción (2002, p. 21) explica que as fibras são como esponjas vegetais. Nem todas são iguais, com dimensões diferenciadas, irregulares, porosidade, etc. Mas a hidrofília, ou capacidade de absorver água, todas possuem. A fibra adapta-se ao movimento da água. Isto define a direção das fibras no papel. Se a água está em repouso, também está a fibra. Se a água se mexe, as fibras se reorganizam no sentido de sua corrente. O resultado afeta diretamente a resistência do material. O papel industrial costuma ter as fibras direcionadas. Quando analisado no sentido da fibra, tem-se um resultado muito positivo, pois o papel dobra-se facilmente, é mais resistente à tensão, rasga-se ordenadamente, encolhe menos durante a secagem e facilita a impressão. Porém, se este papel for rotacionado e analisado no sentido oposto ao da fibra, teremos menos resistência, menor qualidade de impressão e rasgos e dobras irregulares. Portanto, os papéis cujas fibras estão totalmente desalinhadas costumam ser mais resistentes e mais amplamente utilizados. A resistência também depende de outros fatores, como o tipo e a refinação da fibra, a gramatura, o prensado e a cola. As fibras mais longas e mais desfiadas propiciam uma união mais forte. O prensado força que as fibras estejam mais juntas. A cola funciona para tornar o papel resistente a líquidos e à umidade, caso contrário o material é apenas absorvente.

A gramatura é o peso do papel e influencia diretamente na espessura do material. As convenções definem a gramatura a partir da pesagem de um metro quadrado de papel. Os papéis mais finos costumam exigir fibras mais fortes e largas para sua confecção, como o linho ou as fibras orientais. Em uma dimensão

cognitiva, ao utilizar o termo papel, costuma-se referir à folha de papel. Outros formatos recebem outras nomenclaturas, como pasta de papel e papel *maché*, explica Asunción (2002, p. 20).

A folha de papel pode ser produzida em qualquer dimensão, continuamente. Depende apenas do maquinário. Pode ser pequena e fina, como o papel utilizado na indústria do fumo, ou pode ser uma longa bobina de quilômetros de papel. Antigamente, cada moinho produzia o papel em um tamanho diferente. Atualmente, segue-se o ISO 216 (ISO, 2018) baseado no padrão alemão DIN (*Deutsches Institut für Normung*). Esse padrão é utilizado internacionalmente por uma grande parte dos países.

Porém, este não é o único sistema de medida do papel. Os Estados Unidos seguem o regulamento determinado pelo ANSI, *American National Standards Institute*, cuja lógica é semelhante a do sistema ISO, no qual as medidas da metade horizontal de uma folha gera a medida da próxima. Nesse sistema estão os conhecidos formatos Letter (ANSI A) e Tablóide (ANSI B). O papel tem também sua própria medida, ou coletivo. Um caderno é composto por 5 folhas de papel. Cinco cadernos formam uma mão, 20 mãos, uma resma e 10 resmas, uma bala.

A coloração do papel depende da fibra e do processo químico aplicado. Cada fibra tem sua coloração, que pode variar entre tonalidades de branco, amarelo e marrom. A fibra de *kozo*, por exemplo, já é naturalmente clara quando colhida dos arbustos. Após os refinamentos, o material apresenta um tom branco que não requer qualquer processo posterior. A brancura do papel, explica Asunción (2002, p. 35), já era uma meta mesmo antes da sua invenção. As melhores superfícies para escrita eram as mais claras. Nesse aspecto, destacam-se os papéis orientais, cuja matéria prima é de fácil branqueamento, como a fibra de *kozo* e de *mitsumata*. Os métodos de branqueamento e coloração evoluíram muito com o tempo, e hoje fazem parte da grande gama de opções que o fabricante possui ao produzir o seu papel.

2.2 INDÚSTRIA DO PAPEL NO BRASIL

No Brasil, as primeiras iniciativas para produção de papel apareceram apenas em 1808, com a instalação da família real e da corte portuguesa no país. Diversas tentativas de implantação de fábricas ocorreram, como a fábrica de André Gaillard e a de Orianda. Entretanto, tais investimentos e experimentações não foram

suficientes para superar a importação e a concorrência inglesa. Finalmente, a primeira fábrica de papel brasileira bem sucedida foi a da Companhia Melhoramentos, em São Paulo, fundada em 1887 (CAMPOS e FOELKEL, 2016).

Um dos grandes problemas enfrentados pelas indústrias era a aquisição de matéria-prima. Os trapos utilizados para produção de pasta de celulose vinham principalmente do exterior. Eram poucos os fabricantes que utilizavam plantas nativas. O eucalipto, por exemplo, chegou ao Brasil entre 1855 e 1870, importado da Austrália. Sabe-se que nas primeiras décadas do século XX, o eucalipto começou a ser testado para a obtenção de celulose. Mas apenas no final da década de 1950 foi descoberto sobre sua facilidade de deslignificação e branqueamento e sobre o seu alto rendimento, propiciando a produção de vários tipos de papéis (CAMPOS e FOELKEL, 2016).

A indústria papelreira no Brasil, talvez pelo aparecimento tardio em relação a outros centros produtores, já iniciou-se com unidades capazes de maiores níveis de produção. O segmento evoluiu tão rapidamente que, no Censo Industrial do Brasil de 1907, há registro de 17 estabelecimentos produtores de papéis e papelões (ABTCP, 2004, p.32). Enquanto a indústria se estabelecia no país, organizando seus núcleos operacionais, as necessidades do mercado se modificaram. Inicialmente foram produzidos principalmente papéis populares, para embalagens, embrulhos, caixas, confetes e serpentinas. Os papéis para impressão eram consumidos em menor quantidade e precisavam ser de melhor qualidade, portanto eram importados do exterior. Com o apoio do estado e a inserção de novos produtos no mercado, o papel brasileiro conseguiu ganhar espaço, diminuindo a importação de 58,3% em 1919 para 37,5% em 1939 (CAMPOS e FOELKEL, 2016).

Na década de 1940, com a II Guerra Mundial, a importação do papel foi fortemente afetada, forçando o crescimento da produção por meio da matéria prima própria. Em 1956, o consumo interno no país de papéis diversos atingia cerca de 920 mil toneladas, completamente abastecidas pela indústria nacional. O papel jornal, por outro lado, apresentava uma porcentagem de importação de 78%. O governo, então, ofereceu subsídios compensatórios aos produtores de papel jornal, uma vez que não poderiam ser responsáveis por uma iniciativa própria para não violar a livre imprensa (ABTCP, 2004, p.45). O estímulo à produção própria de tecnologia local começou a conquistar seu espaço.

A produção de papel se expandiu de tal maneira que nos países mais industrializados surgiu a preocupação com o esgotamento das reservas naturais de fibras, principalmente as provenientes de florestas de coníferas europeias. As esperanças de fornecimento de matéria-prima voltaram-se para o Brasil, pois já se sabia da perfeita aclimação do eucalipto. Mais tarde, o país receberia enorme destaque como fonte alternativa de celulose de fibra curta (ABTCP, 2004, p.54).

Não tardou para que o Brasil passasse a fazer parte dos rankings mundiais de produção de papel e celulose. Em 1996, tornou-se o 4º maior exportador do material e o líder na obtenção do eucalipto. Atualmente, o segmento de papel e celulose brasileiro fatura cerca de US\$ 6 bilhões ao ano e está entre os dez maiores produtores mundiais. O país também planta toda a matéria-prima que consome (ABTCP, 2004).

2.3 TINTAS E ACABAMENTOS EM PRODUTOS DE PAPEL COM ENFOQUE NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

A tinta está presente em diversos produtos, desde veículos automotivos, bicicletas, capacetes, móveis, brinquedos, eletrodomésticos, vestuário, equipamentos, artesanatos até a construção civil. Esta lista também inclui impressões e serigrafias. É um material de alto consumo, e principalmente de alta produção no Brasil. De acordo com a Associação Brasileira dos Fabricantes de tintas, o Brasil é um dos cinco maiores mercados para tintas do mundo. Em 2018, foram produzidos 1,548 bilhões de litros de tinta (ABRAFATI, 2019).

Estes números representam o grau de importância do material no país, ao mesmo tempo que comunicam o potencial impacto no meio ambiente. São diversos os tipos de tinta que são produzidos e a classificação pode ser executada de acordo com a utilização. Nesta pesquisa, o enfoque será dado às tintas para impressão. São produtos destinados à impressão de embalagens (plásticas, papel, cartão, metal), publicações, material didático, etc. Cada tipo de impressão também vai utilizar tintas com características diferentes, ou seja, serão tintas para flexografia, rotogravura, *off-set*, *off-set* reativas, tipografia, metalgrafia, secagem ultra violeta, litografia e *silk-screen* (FIESP, 2006).

Cada processo utiliza um tipo específico de tinta. As tintas tipográficas, por exemplo, são pastosas e de alta viscosidade. A rotogravura e a flexografia precisam

de tintas mais fluidas, enquanto as tintas de alta opacidade são utilizadas para serigrafia. São produzidas industrialmente mais de oito mil tintas diferentes. (FONSECA, 2008)

Neste contexto, vale lembrar que a criação da imprensa revolucionou as formas de utilizar o papel. Entretanto, talvez menos discutidas mas tão importantes quanto foram as suas contribuições em relação às tintas para impressão.

“Como as tintas a base de água, que eram as principais utilizadas na época, não eram compatíveis com seus tipos metálicos, ele inventou novas tintas para impressão a base de óleos, esquentando diferentes óleos vegetais, como óleo de linhaça e óleo de noz. Dentro de um século, as tintas para impressão a base de água tornaram-se quase obsoletas e as tintas passaram a ser produzidas exclusivamente a partir do aquecimento de óleos vegetais³” (ROBERT, p. 288, 2014).

A composição da tinta se manteve basicamente a mesma pelos próximos 300 anos. No início do século XX, os avanços químicos levaram ao desenvolvimento de novos materiais sintéticos, que melhoraram as propriedades e campos de aplicação das tintas.

Cada cor de tinta é composta por elementos diferentes. As substâncias mais tóxicas, conhecidas como CAMALS (cádmio, arsênico, mercúrio, antimônio, chumbo e selênio), foram eliminadas das tintas de impressão nos Estados Unidos (DOUGHERTY, 2008). A ANVISA, entretanto, não possui regulamentação específica para esse tipo de tinta no Brasil (LEMOS e NOLETTO, 2019).

Foi estabelecida uma Aliança Global para Eliminação da Tinta com Chumbo, cujo objetivo é eliminar gradativamente a produção e venda de tintas que contenham essa substância. No Brasil, a Lei 11.726, de 1º de agosto de 2008, limita a quantidade de chumbo permitida em tintas imobiliárias e de uso infantil e escolar. A concentração limite de chumbo é de 0,06% (INMETRO, 2015).

Outros metais não são prejudiciais nas concentrações utilizadas em materiais impressos. Entretanto, dependendo da forma de descarte, estes materiais podem se concentrar nas cinzas de incineradores ou na lama das usinas de destintagem,

³ Tradução feita pela autora. “As the water-based inks, which were mostly used at the time were not compatible with his metal-based types, he invented new oil-based printing inks by heating different vegetable oils, such as linseed or walnut oil. Within a century water-based printing inks were almost obsolete and inks were exclusively made by heating vegetable oils” “As the water-based inks, which were mostly used at the time were not compatible with his metal-based types, he invented new oil-based printing inks by heating different vegetable oils, such as linseed or walnut oil. Within a century water-based printing inks were almost obsolete and inks were exclusively made by heating vegetable oils” (ROBERT, p288, 2014).

como já foi dito no item 1.2. Podem ainda infiltrar-se no abastecimento de água ao dissolverem-se em aterros. Entre eles, estão o cobre e o zinco, muito utilizados para cores especiais fluorescente e metálicas; o bário encontrado em tonalidades vermelhas da linha Pantone⁴; e o cobalto, muito utilizado em tintas como agente de secagem (DOUGHERTY, 2008).

Figura 7: Tintas contendo metais pesados.

TINTAS CONTENDO METAIS POTENCIALMENTE PREJUDICIAIS^{16, 17}
As cores especiais de tintas abaixo contêm níveis relativamente altos de metais. VER P.102.

PMS #'	Partes Por Milhão		PMS #'	Partes Por Milhão	
	Bário	Cobre		Bário	Cobre
123	18	2	347	8	2376
137	25	2	354	64	2680
1375	32	2	361	10	1426
151	39	2	368	10	952
1585	60	2	369	15	207
165	67	2	419	19	828
1655	81	2	438	93	2053
172	94	2	445	88	2475
Warm Red	122	1	450	31	937
1788	118	1	457	18	15
185	114	1	464	32	507
192	110	2	4625	44	3
213	34	136	471	53	15
259	69	952	492	100	712
2735	11	1010	499	105	1238
286	8	1104	4975	73	519
293	8	2003	506	100	712
300	7	3128	513	22	961
3005	7	3462	5115	54	519
Process blue	7	3800	520	85	1239
313	20	3707	5185	58	58
3135	28	3644	527	22	724
320	41	3550	5255	8	736
327	7	3325	534	81	2036
3272	24	3675	5463	5	2764
3275	67	3363	5535	57	2252
3278	7	3090	562	80	2990
Green	76	3300	569	79	3095
340	8	2851	5247	20	603
3405	72	3096			

(Fonte: DOUGHERTY, 2011)




⁴ Base de mistura Pantone® Warm Red, pigmento Red Lake C.

É possível perceber que a tinta tem o seu próprio impacto ambiental. Hoje existem as tintas a base de soja, que são produzidas a partir de uma fonte renovável, ao contrário de tintas a base de petróleo. “Tintas a base de óleo de soja ou de outros vegetais facilitam a propagação dos pigmentos e garantem cores mais ricas e uniformes. Livros impressos com tintas à base de soja podem ser descoloridos mais facilmente, tornando mais simples a reciclagem” (RONCARELLI; ELLICOTT, 2010).








O descarte deste produto também é uma fase do seu ciclo de vida que necessita atenção. Como pode ser percebido na Figura 8, são substâncias que devem ser utilizadas com cuidado, pois não costumam ser totalmente recicláveis ou compostáveis.

Figura 8: Tabela de sustentabilidade CELERY: tintas.

TABELAS DE SUSTENTABILIDADE / SCORECARD

		FONTE	IMPACTOS DE ENERGIA	DESTINO
PREFERIDO		Feito com recursos obtidos de forma sustentável e renováveis; sem toxicidade conhecida.	Feito com energia renovável; energia incorporada bastante moderada.	Totalmente reciclável; totalmente compostável; reutilizável.
CUIDADO		Feito com fonte renovável convencional.	Feito com energia não renovável; baixa energia incorporada.	Compatível com a incineração.
EVITAR		Feito com recurso não renovável; impactos tóxicos conhecidos.	Feito com energia não renovável; alta energia incorporada.	Requer aterro sanitário convencional ou para resíduos perigosos.

TINTAS

	FONTE	ENERGIA	DESTINO
Tintas à base de petróleo			
Tintas de base vegetal			
Pigmentos CMYK			
Maioria dos pigmentos especiais (spot)			
Tintas pigmentadas contendo metal			
Pigmentos metálicos			
Verniz			
Revestimento aquoso			
Tintas UV			
Estampagem a quente			

(Fonte: DOUGHERTY, 2011)

No caso da reciclagem do papel, a aplicação de tinta faz com que mais uma etapa seja necessária ao processo. Para que qualquer material seja reprocessado, é importante que esteja em sua forma mais pura possível. Ou seja, quaisquer revestimentos, tintas e impurezas devem ser removidos. Esta etapa da reciclagem, para o papel, é chamada “destintamento” (DOUGHERTY, 2011).

Este item deu destaque às tintas, porque nesta pesquisa busca-se a exploração de técnicas que excluam este componente exatamente pelas características aqui relatadas.

2.4 RECICLAGEM E DESTINTAMENTO

Reciclagem é hoje uma forma muito usada para buscar a sustentabilidade e diminuir o impacto ambiental. Camilo (2016) afirma que “é essencial usar o recurso material até o fim em vez de extrair de novo, mesmo se for feito com material renovável” (2016, p. 283), como é o caso do papel. Percebe-se assim a importância de pensar cada produto ou embalagem em todas as fases do seu ciclo de vida, desde a concepção até o descarte.

A reciclagem do papel é o aproveitamento de fibras celulósicas de aparas e outros papéis (ROBUSTI, 2014), e pode economizar 53% de emissão de CO₂ em comparação à produção primária do material. Também pode economizar em energia e matéria prima, além de gerar empregos e agregar valor ao produto. (CAMILO, 2016).

A reciclagem pode ocorrer a partir de material pré-consumo ou pós-consumo. O material pré-consumo se refere principalmente às aparas, que são os refiles, refugos etc. descartados pelos processos industriais. Ou seja, são materiais que passaram apenas por gráficas, editoras, cartonagens, etc. e não chegaram às mãos do consumidor. O papel pós-consumo é aquele descartado após seu uso (ROBUSTI, 2014). “As vantagens são claras: uma tonelada de aparas pode evitar o corte de dez a doze árvores provenientes de plantações comerciais reflorestadas” (CAMILO, 2016, p. 287). O papel produzido a partir de aparas precisa de menos água, reduzindo de 10 a 50 vezes o consumo. Também pode reduzir o consumo de energia pela metade.

Para que a reciclagem possa ocorrer de forma adequada, é importante que a matéria-prima esteja preparada. Algumas substâncias podem atrapalhar ou impedir

que o processo ocorra. Seguindo a norma ABNT NBR 15483:2009, são classificadas como materiais impróprios, impurezas e materiais proibitivos.

Quadro 1: Classificação de materiais indesejáveis para reciclagem

Materiais impróprios	São materiais proibitivos e/ou impurezas cuja presença em quantidade acima da especificada torna o produto em que estão contidos impróprio para a fabricação de determinado tipo de papel.
Impurezas	É todo material que não pode ser transformado em papel e que pode comprometer o processo de produção. É possível ser retirado no processo de fabricação. Exemplos: metal, plástico, vidro, pedra, areia.
Materiais proibitivos	É todo material que compromete a qualidade do papel produzido e não pode ser retirado no processo de fabricação de determinado tipo de papel. Exemplos: papel parafinado, papel betumado, papel higiênico, fitilhos internos.

Fonte: ROBUSTI, 2014, p.113

“Entre os principais contaminantes destacam-se as tintas de impressão, os vernizes de acabamento, as colas e as ceras, as resinas ligantes das tintas, os ligantes usados no revestimento do papel, amido, agentes de retenção, agentes de colagem, antiespumantes, etc.” (DANTAS, 2012, p.45)

A reciclagem do papel passa por algumas etapas, antes de estar pronta para a produção da folha, como pode ser visto na imagem a seguir:

Figura 9: Fases da reciclagem do papel



Fonte: ROBUSTI, 2014

A matéria prima para reciclagem chega na fábrica a partir de diversos pontos: Gráficas, lojas, supermercados, indústrias, aparistas, sucateiros, cooperativas, catadores, entre outros. O material é então recebido, inspecionado e armazenado. Essa é a fase em que é avaliado o teor de umidade, impurezas e materiais proibitivos (ROBUSTI, 2014).

A massa de papel reciclado é preparada passando por algumas etapas. A primeira é a desagregação. Através de um equipamento chamado desagregador, ou hidrapulper, o papel é misturado com água para ser reduzido a fibras individuais. Existem vários tipos de equipamento, projetados para tipos diferentes de matéria prima. Podem realizar também um pré-tratamento para limpar as fibras (ROBUSTI, 2014).

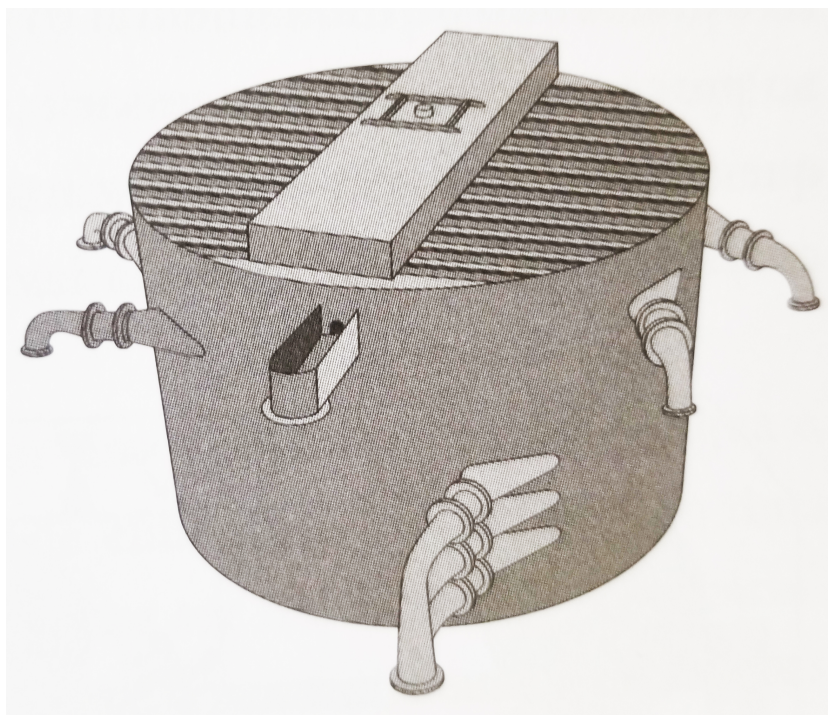
A fase seguinte é a depuração, que vai remover os contaminantes através de uma gama de equipamentos variados, escolhidos de acordo com os custos de aquisição, custos de operação e qualidade final desejada.

A terceira fase, que mostra-se como uma das mais relevantes para esta pesquisa é o destintamento. O objetivo deste momento é a remoção da tinta e outros materiais que sobreviveram à depuração. Inicialmente é realizado um processo para separar a tinta das fibras de papel, utilizando um álcali⁵ e agentes de dispersão como sabão, óleo, bentonina, etc. Esta separação é realizada de forma química e então pode passar por dois métodos: flotação ou lavagem.

A flotação é uma técnica muito utilizada na Europa, para reciclagem de jornais e revistas. A massa entra em uma célula de flotação. Ar é soprado dentro da massa e disperso por toda ela através de impulsores, formando bolhas. Algumas substâncias químicas são adicionadas para fazer com que a tinta tenha uma afinidade maior com estas bolhas, e formem uma espuma que fica sobre a massa e é retirada constantemente.

⁵ Um **álcalis** é uma base, sal iônico de um metal alcalino ou de um elemento metal alcalinoterroso. Alguns autores também definem um **álcali** como uma base que se dissolve em água. Uma solução de uma base solúvel tem um pH maior que 7.

Figura 10: Célula de flotação para destintamento de aparas.



Fonte: ROBUSTI, 2014, p.137

“Isto ocorre dentro de certo intervalo de tamanho de partículas, que varia de 0,010-0,250mm. Nesta faixa de tamanho estão incluídas as tintas de impressão, cargas minerais⁶, pigmentos de revestimento, os "stickies"⁷ e finos de fibras. O principal objetivo da flotação seletiva é o aumento da alvura da pasta de fibras e a remoção de impurezas” (DANTAS, 2012, p.42).

Outra técnica para o destintamento é chamada de lavagem. É uma separação mecânica da tinta e outras partículas das fibras de papel, cujo objetivo é remover os materiais que podem prejudicar a alvura do produto final e é capaz de retirar partículas menores que na flotação (DANTAS, 2012). Entretanto, o consumo de água para este processo é mais elevado, e gera um alto volume de efluentes contendo tinta e outros materiais que precisa ser tratado. Não é incomum que as grandes plantas de destintamento possuam equipamento para ambas as técnicas (ROBUSTI, 2014).

A dispersão é a próxima etapa da reciclagem do papel. O objetivo aqui é diminuir as partículas remanescentes, que não foram eliminadas durante o destintamento. Essa etapa pode estar agregada com o branqueamento. São

⁶ A carga mineral é adicionada à pasta de celulose para conferir mais opacidade ao papel. Pode ser caulium (silicato de alumínio), carbonato de cálcio, dióxido de titânio, entre outros.

⁷ Elementos pegajosos e adesivos.

adicionados agentes de branqueamento, que são substâncias que comportam-se como oxidantes (peróxido de hidrogênio) ou redutores (ditionito de sódio). Ao reagir com a estrutura das fibras, estes químicos vão incrementar sua alvura (ROBUSTI, 2014). O branqueamento pode ser considerado como “uma operação integrada no conceito de remoção de tinta em vários estágios, incluindo flotação, lavagem ou ambas” (DANTAS, 2012). O branqueamento vai ocorrer apenas quando o produto final assim exigir.

A massa vai então passar pelo despastilhador, quando será refinada, desfazendo os flocos de massa. E finalmente vai receber aditivação química de acordo com as propriedades desejadas para o produto final. A partir deste ponto, inicia a produção das folhas, da mesma forma que com matéria virgem. Também são realizados os processos de recuperação de efluentes e outros resíduos (ROBUSTI, 2014).

2.5 O PAPEL NA INDÚSTRIA

2.5.1 Materiais

O material escolhido para esta pesquisa foi o papel. Diversos tipos são utilizados na indústria gráfica, de acordo com o projeto, os custos e a disponibilidade. As diferenças dependem de algumas variáveis, como cor, gramatura, quantidade de fibras virgens e recicladas, revestimentos, camadas, etc.

Um material bastante utilizado na indústria é o papel cartão. Podem ter diferentes texturas, tratamentos de superfície, revestimentos e variação de gramatura. Pode ser duplex, composto por duas faces diferentes ou triplex, composto por três camadas de papel (FONSECA, p.169, 2008). Roncarelli e Ellicott (2010) citam alguns: Sulfato sólido branqueado (SBS), composto por 80% de fibras de celulose virgem branqueada com tratamento *premium*; papel cartão kraft revestido, também composto por 80% de celulose virgem natural com revestimento para aumentar a resistência à umidade; papel cartão reciclado não revestido, produzido a partir de 100% de papel cartão reciclado; papel cartão reciclado revestido, com 100% de papel cartão reciclado com uma camada de *caulium* e uma de fibra branca reciclada; papelão ondulado, que apresenta variações de acordo

com o produto; papel cartão branqueado, conhecido por ser um material *premium* e com boas propriedades de dobramento e vincagem.

O papelão ondulado forma pequenos canais salientes e reentrantes devido às suas camadas. Costuma ser montado com colagem alternada de camadas onduladas e planas, constituindo forma rígida. É muito utilizado para embalagens de mercadorias frágeis e de transporte (FONSECA, 2008).

O papel offset é produzido com pasta química e 100% de celulose branqueada, com revestimento. Desta forma é apto a receber impressão offset e flexográfica em quadricromia, frente e verso. Oferece elevada resistência de superfície, além de banho superficial de amido em ambos os lados. Muito utilizado em impressão de livros, revistas, folhetos, cartazes, etc. Também é aplicado para rótulos convencionais, latas, garrafas e outras embalagens de alimentos ou bebidas não refrigeradas nem retornáveis (FONSECA, 2008; CAMILO 2017).

O papel *couché*, também conhecido como papel gessado, possui uma ou duas faces cobertas com uma fina camada de substâncias minerais, também chamada de pasta *couché*, cujo aspecto pode ser opaco ou brilhante. Os minerais utilizados costumam ser *caulium*, sulfato de cálcio ou sulfato de bário, aglutinados por caseína, amido ou gelatina. Este papel é apropriado para impressão tipográfica, offset e rotogravura, principalmente para gravuras em meio-tom e cores. É comum a denominação *couché* L1 e L2 para classificar quais lados do papel receberam a pasta *couché* (FONSECA, 2008; CAMILO, 2017).

Papel *couché* resistente à umidade ou papel *couché* RU: utilizado principalmente no mercado de cervejas, pois propicia maior resistência à umidade, uma vez que é um produto que costuma ser acomodado em ambientes molhados (CAMILO, 2017).

O papel de jornal é um dos papéis de maior consumo em todo mundo. Mesmo com sua baixa gramatura, tem resistência suficiente para ser usado em rotativas de alta velocidade. É um material de baixo custo e utiliza pouca cola para sua fabricação. (FONSECA, 2008)

O papel encerado é uma material impermeabilizado com parafina ou óleo, conferindo um aspecto de cera. É um papel resistente, muitas vezes translúcido. É muito utilizado para alimentos (FONSECA, 2008).

O papel Kraft pode ser natural ou branco. É produzido com 100% de pasta química de fibra longa branqueada ou não-branqueada. Bastante utilizado para sacos e embalagens (FONSECA, 2008).

O papel sulfite é produzido com pasta química branqueada, carga mineral e acabamento de baixa aspereza. “Sulfite é o nome dado à pasta de madeira tratada pelo bissulfito de cálcio e aos papéis que dela se obtêm” (FONSECA, 2008).

Estes são tipos de papéis comumente encontrados em gráficas, e portanto os principais possíveis materiais para a aplicação das técnicas trabalhadas nesta pesquisa. Entretanto, o papel é um material com muitas opções, pois a alteração de qualquer uma de suas variáveis pode resultar em um produto totalmente diferente.

Ainda podem ser citados outros exemplos como o papel impermeável à água, principalmente utilizado em embalagens que exijam esta característica. Também pode ser chamado de siliconizado, cristal, granado e outras. O papel barreira ao vapor d’água (WVTR) também é utilizado em embalagens com pouca permeabilidade ao vapor de água, como para detergente em pó. O papel impermeável à gordura costuma ser utilizado em embalagens para batatas fritas nas redes de fast food e outros produtos com gordura. (CAMILO, 2017).

O papel supercalandrado, de cor marrom, foi desenvolvido especialmente para embalagens lisas ou microcorrugadas para forma de bolos, panetones e colombas. Tem ênfase em características de antiaderência e anticombustão, para o preparo de produtos em elevadas temperaturas (CAMILO, 2017).

O papel monolúcido é fabricado com pasta química branqueada, e possui brilho em uma das faces. Utilizado em diversos produtos, desde rótulos, embalagens, sacos, outdoors, sacolas e papéis-fantasia. O papel base para metalização é usado como base para receber metalização a vácuo, aplicada em rótulos de cerveja *premium* e bebidas destiladas (CAMILO, 2017).

O papel glassine para siliconização é um papel supercalandrado, semitransparente, desenvolvido especificamente para aplicação em estruturas autoadesivas, tais como etiquetas, rótulos, filmes e fitas adesivas. Já o papel glassine para embalagens é aplicado em embalagens que necessitam de alta qualidade na impressão (CAMILO, 2017).

Assim, pode-se observar a diversidade de composição, que resultam na grande quantidade de tipos de papéis, com variadas características e, que por sua vez, atendem aos mais diferentes usos.

Quadro 2: Tipos de papel

Tipo de papel	Principais usos
Papel cartão	Embalagens, capas de livros, materiais promocionais, displays para venda de produtos
Papelão ondulado	Embalagem de mercadorias frágeis, transporte
Offset	Rótulos, impressão de livros, revistas, folhetos, cartazes, etc.
Papel <i>couché</i>	Impressão tipográfica, offset e rotogravura
Papel jornal	Jornais
Papel encerado	Embalagem de alimentos
Papel Kraft	Sacos e embalagens
Papel Sulfite	Impressão, artesanato
Papel impermeável à água	Embalagens
Papel barreira ao vapor d'água (WVTR)	Embalagens com pouca permeabilidade ao vapor de água
Papel supercalandrado	Forma de bolos, panetones e colombas
Papel monolúcido	Rótulos, embalagens, sacos, outdoors, sacolas e papéis-fantasia
Papel glassine	Estruturas autoadesivas, tais como etiquetas, rótulos, filmes e fitas adesivas

Fonte: Produzido pela autora.

Nesta pesquisa optou-se pelo experimento de embalagens pequenas e de rápido descarte. Desta forma, o foco direciona-se à análise mais específica do papel cartão, descrito anteriormente.

2.5.2 Certificações ambientais para gráficas

Neste item apresenta-se a inserção da sustentabilidade dentro do contexto da produção de produtos em papel. A preocupação ambiental já é um assunto bastante discutido nos dias de hoje, fazendo com que empresas busquem uma boa imagem no mercado nesse aspecto. Para demonstrar o envolvimento, uma das práticas é a busca por certificações ambientais. As principais são: FSC Brasil, RoHS - *Restriction of Certain Hazardous Substances* e ISO 14001 (BARIA; WILKE, 2009).

O FSC, *Forest Stewardship Council*, foi criado para promover o manejo florestal responsável ao redor do mundo. É uma organização independente, sem fins lucrativos, não governamental. Busca, através do reconhecimento da produção

responsável de produtos florestais, permitir que consumidores e empresas tomem decisões conscientes de compra (FSC BRASIL, 2018).

O RoHS - *Restriction of Certain Hazardous Substances* (Restrição de certas substâncias perigosas) trata-se da Diretiva 2002/95/EU, emitida pelo Parlamento e pelo Conselho da União Europeia. Esta diretiva limita que substâncias como cádmio (Cd), mercúrio (Hg), cromo hexavalente (Cr(VI)), bifenilas polibromadas (PBBs), éteres difenil-polibromados (PBDEs) e chumbo (Pb) sejam utilizadas, tanto nas matérias-primas, quanto nos produtos finais (MMA, 2018).

Finalmente, o ISO 14001 – International Organization of Standardization (Organização Internacional de Padronização) especifica os requisitos para um sistema de gestão ambiental.

“A ISO 14001 adota uma abordagem sistêmica que possibilita que a organização atinja o sucesso sustentável a longo prazo e estabelece melhores práticas para:

- Proteção ao meio ambiente pela prevenção ou mitigação dos impactos ambientais adversos;
- Mitigação de potenciais efeitos adversos das condições ambientais da organização;
- Aumento do desempenho ambiental;
- Utilização de perspectiva de ciclo de vida que pode prevenir o deslocamento involuntário dos impactos ambientais dentro do ciclo de vida” (CERTIFICAÇÃO ISO, 2018).

Certificações ambientais reconhecidas são um forma eficaz de incentivo para que estabelecimentos comerciais busquem sempre a melhor forma de executar seus trabalhos. Ao mesmo tempo, permitem que o consumidor possa escolher produtos e estabelecimentos através de informações reais e aplicáveis.

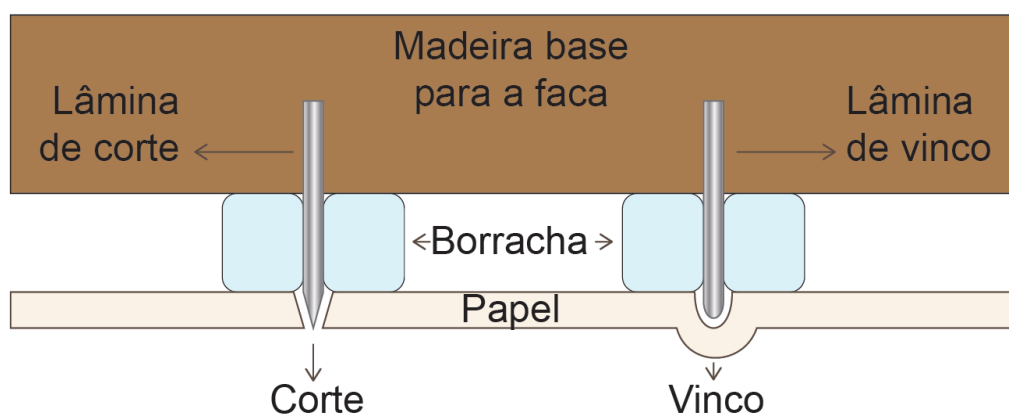
2.6 ACABAMENTOS DISPONÍVEIS EM GRÁFICAS

Gráficas oferecem uma grande variedade de acabamentos para agregar valor aos seus produtos. Podem ser citados vernizes e plastificações, assim como metalizações e o hotstamping. Entretanto, são acabamentos que necessitam da inserção de outra substância no papel. Assim, para esta pesquisa, foram investigadas as técnicas que não necessitam de outras substâncias.

2.6.1 Acabamentos de corte e vinco

As técnicas de corte e vinco são utilizadas na grande maioria das gráficas atualmente, através de diversos tipos de equipamentos. De acordo com Junior e Hurbaynh (2018), é o processo de estampagem de formas sobre um suporte através de cortes retilíneos ou irregulares, dobras ou serrilhas.

Figura 11: Ilustração explicativa sobre o sistema de corte e vinco



Fonte: Produzido pela autora

“O processo de corte e vinco foi criado por volta de 1879 e, desde então, passou por evoluções que melhoraram sua qualidade e capacidade produtiva. Ainda que hoje exista uma grande variedade de materiais que podem ser cortados pelo processo, os mais utilizados são o cartão e o papelão ondulado” (JUNIOR e HURBAYNH, 2018).

Os mais comuns, presentes em todas as gráficas visitadas para esta pesquisa, são os equipamentos de corte e vinco através de faca. Este tipo de maquinário pode ser manual ou automático. A versão manual realiza o processo em baixa velocidade mas com alta precisão de corte. O automático, por outro lado, divide o processo em partes, realizando cada etapa em uma unidade, aumentando a velocidade de produção. É principalmente usado na produção de embalagens (JUNIOR e HURBAYNH, 2018).

Outra classificação ocorre pelo tipo de sistema. A mais simples é chamada de sistema plano-plano, em que tanto a forma de impressão e de contrapressão são planas. O sistema plano-cilíndrico também utiliza uma forma de impressão plana, porém a contrapressão é um cilindro de material polimérico que gira sobre o suporte.

Finalmente o sistema cilíndrico-cilíndrico possui as duas partes em formato cilíndrico e são feitos sob medida para cada impressora (JUNIOR e HURBAYNH, 2018).

“Na conversão de papel cartão, as operações de corte e vinco são normalmente executadas, simultaneamente, na estação de corte por mesa plana, que pode estar fora de linha ou em linha com a máquina de impressão. Todos os tipos podem ser cortados e dobrados, mas, para obter o melhor resultado para cada aplicação, é importante afinar o tratamento. A operação de corte e vincagem varia de acordo com o tipo de papel cartão e suas propriedades individuais” (CAMILO, p. 327, 2017).

Na produção gráfica, e em especial na produção de embalagens, o vinco é tão importante quanto o corte. Trata-se de uma marcação no substrato cujo objetivo é facilitar dobra e montagem do produto final. No caso do papel cartão, vai diminuir a tensão das camadas e a resistência à dobra. Vale ressaltar que a espessura da lâmina de vincagem vai depender da espessura do papel (CAMILO, p.329, 2017).

“Quando as canaletas são perpendiculares às fibras de papel, a sua espessura deve ser maior, aproximadamente 1,5 vez a espessura da folha que será vincada, mais a espessura da lâmina de vincagem. Quando são paralelas às fibras, as canaletas são 1,0mm mais estreitas” (CAMILO, p.330, 2017).

A produção da faca vai afetar diretamente a qualidade do produto final. A primeira etapa é a planificação do corte e do vinco. Esse desenho vai ser transferido para uma tábua de madeira compensada de 16 ou 18 mm de espessura, composta de 11 ou 13 camadas mais conhecida como prancha ou painel.

As marcações serão transformadas em canais cortados na madeira. Estes cortes podem ser realizados manualmente, através de serras, ou automaticamente através de instrumentos cortantes como laser ou jato d’água.

Quadro 3: Espessura das lâminas de corte

Fio de corte	Espessura do material a ser cortado
0,53334mm (1,5 ponto)	Casos especiais
0,71120mm (2,0 pontos)	Acima de 0,65mm
1,06680mm (3,0 pontos)	0,7 a 1,7mm (Papel cartão corrugado)
1,42240mm (4,0 pontos)	Acima de 1,8mm
2,10820mm (6,0 pontos)	Casos especiais

Fonte: (CAMILO, p.329, 2017)

Quadro 4: Critério para produção dos canais

Espessura do canal	Profundidade do canal
Até 0,43mm	0,4mm
0,43 a 0,53mm	0,5mm
0,53 a 0,63mm	0,6mm
Acima de 0,63mm	0,7mm

Fonte: (CAMILO, p.330, 2017)

Em seguida, as lâminas tanto para corte quanto para vinco, ou até mesmo para padrões de serrilhado, são curvadas e moldadas, para posteriormente serem encaixadas nos canais. Finalmente a faca é emborrachada. A borracha deve ser mais alta que a lâmina em 1,2 a 1,6mm. Serve para segurar o material até a lâmina entrar em contato e ejetá-lo após a execução do corte (CAMILO, p.330, 2017).

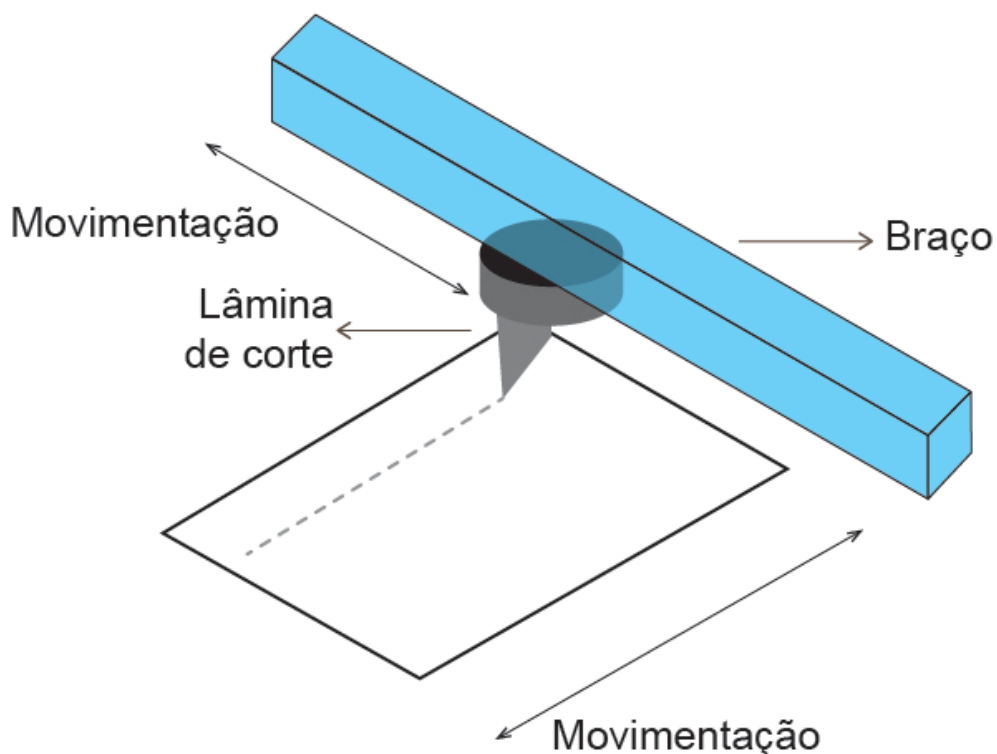
Entretanto, o formato da lâmina também precisa seguir alguns critérios. O fio de corte costuma ter algumas interrupções, para que não ocorra a separação total das peças na impressão. É apenas na etapa de destaque que a separação total dos elementos é realizada (JUNIOR e HURBAYNH, p.158, 2018).

Também existem algumas recomendações para melhores resultados. Ângulos agudos devem ser evitados, assim como aparas estreitas e difíceis de ejetar. Os encontros arredondados também garantem um acabamento melhor.

“Um bom corte deve ser limpo e livre de fibras soltas e partículas. Isso vai conferir bordas precisas e limpas e evitar problemas de contaminação durante o processamento do papel cartão ou na operação de embalagem. Cartuchos cortados permanecem ligados um ao outro por piques” (CAMILO, p. 328, 2017).

Outros equipamentos de corte são a guilhotina, a plotter de recorte e o corte a laser. Plotter é uma impressora que utiliza linhas contínuas ao invés de pontos para reproduzir imagens. O desenho é transformado em coordenadas para o equipamento que vai movimentar uma “caneta” e realizar o traçado, ou manter a caneta parada e movimentar o papel. É um sistema mais lento, mas que pode ser utilizado para impressão de imagens em grandes dimensões. A Plotter de recorte funciona da mesma forma, porém com uma lâmina no lugar da caneta. Neste caso, o equipamento também conta com um ajuste de pressão (HOW DOES, 2019).

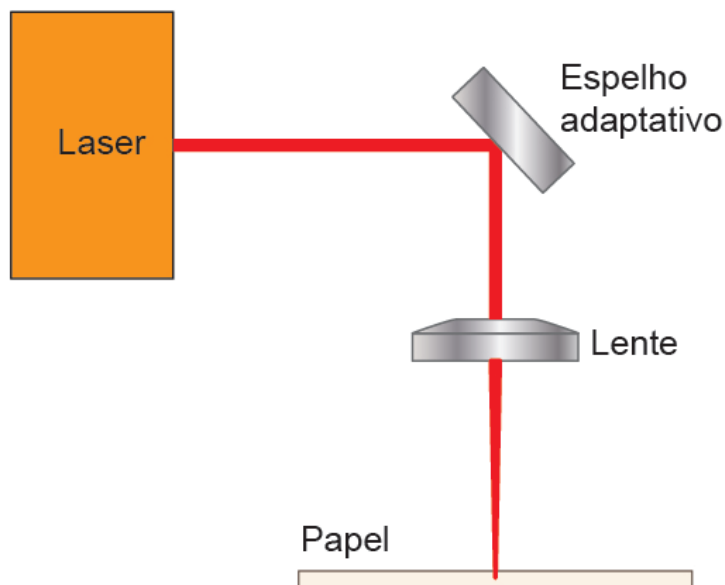
Figura 12: Ilustração explicativa sobre o sistema da plotter de recorte



Fonte: Produzido pela autora.

O corte a laser funciona através do foco de um raio laser em um único comprimento de onda em uma área. O laser rapidamente aumenta a temperatura a um nível tão alto que o material passa a derreter ou vaporizar. Este raio vai se movimentar de acordo com a trajetória bidimensional informada pelo software. Muitos parâmetros são utilizados para configurar o corte, como velocidade e intensidade do raio. Nem todos os materiais são aplicáveis a esta técnica, porém o papel é um dos mais adequados. Alguns detalhes precisam ser levados em consideração. O substrato a ser utilizado interfere no nível de detalhamento do recorte. O papel precisa estar 100% deitado e plano na área de corte, que também deve estar limpa (ALL3DP, 2018).

Figura 13: Ilustração explicativa sobre o sistema da plotter de recorte



Fonte: Produzido pela autora.

Assim, há vários recursos que podem ser utilizados pelo projetista além da impressão, aplicação de vernizes e outros acabamentos que necessitam de outras substâncias.

2.6.2 Acabamentos de textura

Substratos como o papel podem receber um acabamento de textura, também chamado de relevo. É um processo obtido industrialmente através de clichês e contramoldes, que se encaixam em um sistema “macho e fêmea”. Sob pressão, o material é moldado (CAMILO, p. 322, 2017).

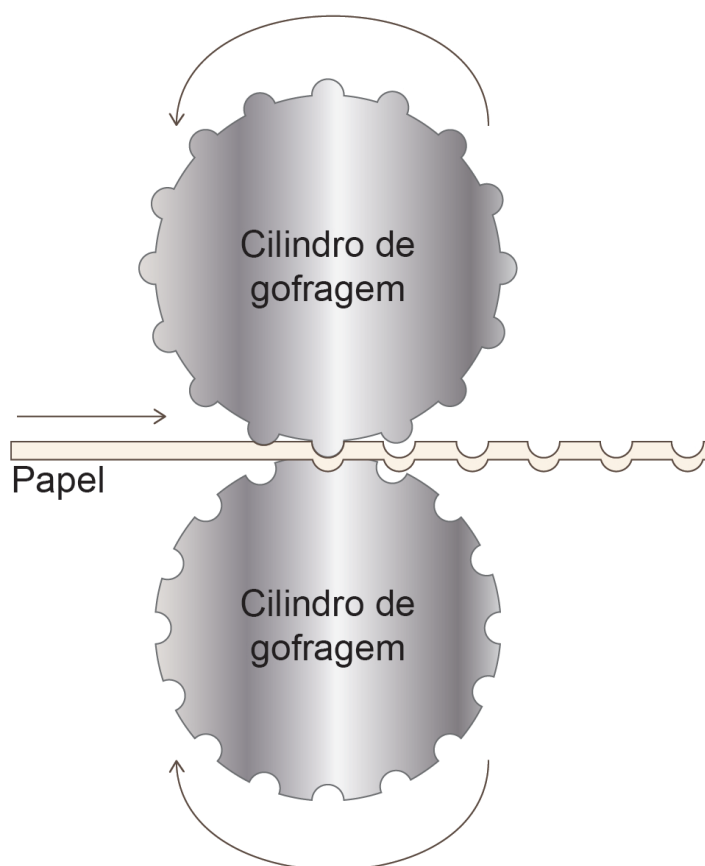
O processo de aplicação deste acabamento pode ocorrer simultaneamente ou separadamente ao corte e vinco. Se a superfície que vai receber o relevo for muito ampla, o clichê é batido no mesmo equipamento, porém em outro momento, fazendo com que o produto passe duas vezes pelo mesmo maquinário (CAMILO, p.322, 2017).

Assim como o corte e vinco, o relevo também depende do substrato. Este deve ser bem avaliado durante o projeto gráfico. Alguns pontos relevantes são a espessura, que interfere na compensação entre macho e fêmea; a rigidez, que pode modificar a matéria prima ou o tipo do clichê a ser utilizado; a quantidade de material

reciclado, que pode causar em rompimento de fibra e resultados inesperados, entre outros (CAMILO, p.217, 2016).

Uma outra técnica é a Gofragem. Este equipamento utiliza dois cilindros produzidos especialmente com a textura desejada. O substrato é marcado ao ser comprimido entre eles (CAMILO, p. 323, 2017).

Figura 14: Ilustração explicativa sobre o sistema de gofragem



Fonte: Produzido pela autora.

2.7 TÉCNICAS ARTESANAIS DE UTILIZAÇÃO DO PAPEL SEM IMPRESSÃO

As fibras do papel, tramadas, formam um objeto plano, uma folha. Este formato permite alguns tipos de manipulação ou de técnicas, como corte, dobra e vinco. A arte em papel pode resultar obras bidimensionais ou tridimensionais, composta por uma folha ou mais de uma, utilizando uma única matéria-prima ou agregando outros elementos. Com base nas técnicas levantadas, estas podem ser divididas em e categorias: corte, dobra e vinco e composição.

2.7.1 Corte

O corte é aplicado desde o processo de produção do papel. Como as fibras são tramadas aleatoriamente, quando a folha é formada, essas fibras não respeitam um limite pré-definido, gerando um resultado diferenciado de acabamento. As indústrias cortam as folhas em formatos e tamanhos específicos, utilizando lâminas ou corte a laser. Muitas técnicas manuais e industriais usam o corte, como o *kirigami*.

Cortar é diferente de rasgar. Ao rasgar, as fibras retiradas podem ser destramadas sem serem partidas, mas o resultado é outro. É um processo mecânico de tensão. Quanto mais longa for a fibra, mais força será necessária para sua separação. Uma maneira de facilitar o processo é com a utilização de água. Umedecendo a área a ser rasgada, a união das fibras enfraquece e o rasgo precisará de menos força para ser executado. O resultado será uma borda com aparência desfiada, devido às pontas das fibras remanescentes (TEJADO e VEN, 2010).

O *kirigami* é uma arte paralela ao *origami*, que utiliza o corte ao invés da dobra para novas formas. Tradicionalmente, assim como no *origami*, a arte deve ser realizada utilizando uma única folha de papel. Um dos resultados mais conhecidos são os flocos de neve (BLUM, 2010; KOBAYASHI, 2009).

Figura 15: Flores de *Kirigami*.



(Fonte: KOBAYASHI, 2009)

O conceito de origami arquitetônico pode ser considerado como um tipo de *kirigami*, assim como muitas das técnicas pop-up. A palavra *origami* é assimilada à dobra e se mostra essencial para a visualização do volume. Alguns modelos precisam de um ângulo de 90°, outros de 180°.

Figura 16: Ponte Golden Gate, Bianchini; Siliakus e Aysta.



(Fonte: BIANCHINI et al, 2009)

Para o papel, técnicas de corte são muito utilizadas devido à facilidade de manuseio deste material. Diversos tipos de ferramentas podem ser empregadas para esse tipo de manipulação, desde estiletes, tesouras e régua, às próprias mãos. Industrialmente, diversos equipamentos são utilizados para realização do corte, como guilhotinas, facas e máquinas a laser. Tais técnicas são usadas na etapa de pós-impressão de projetos de gráficas, para finalização de produtos encomendados (SEBRAE, 2012).

Nesta pesquisa, foram selecionados alguns exemplos, aqui apresentados de acordo com a técnica aplicada. Para a escolha destes casos foram usados os seguintes critérios: (i) ser feito inteiramente de papel, (ii) não depender de impressão, (iii) obter um resultado na superfície, evitando a tridimensionalidade. Visto que o objetivo deste estudo é propor formas de executar projetos sem a utilização de tinta e que seu uso ocorre de forma bidimensional, casos que focam na tridimensionalidade são menos significativos para esta pesquisa. Os casos foram selecionados a partir de sites internacionais sobre design, como Designboom⁸.

⁸ <https://www.designboom.com/>

O primeiro caso é o trabalho do artista coreano Yoo Hyun. Seu portfólio é composto por retratos em papel, produzidos apenas com o recorte de finas tiras de papel. Ele utiliza apenas estiletes, pinças e folhas de papel para executar suas peças. O resultado são retratos hiper-realistas.

Figura 17: Retrato da atriz Audrey Hepburn em papel por Yoo Hyun.



(Fonte: designboom, 2018)

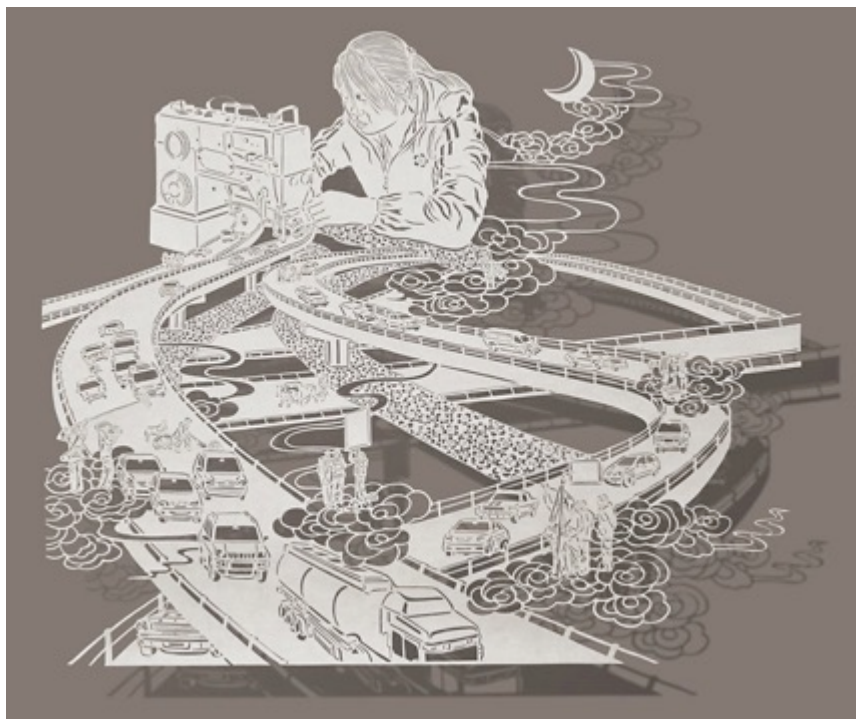
Figura 18: Retrato de Frida Kahlo em execução, em papel por Yoo Hyun.



(Fonte: designboom, 2018)

O segundo caso foi o trabalho da artista chinesa Bovey Lee. Ela cria ilustrações recortadas, buscando contemporizar a arte folclórica chinesa. As imagens são criadas digitalmente, resultando em *templates*, para depois realizar os recortes manualmente.

Figura 19: Rodovias da Costura⁹, 2011, por Bovey Lee.



(Fonte: designboom, 2018)

Figura 20: Execução de Rodovias da Costura, 2011, por Bovey Lee.



(Fonte: designboom, 2018)

⁹ Sewing Highways, 2011

Entre os casos do grupo de corte, quando realizados manualmente, necessitam de um elevado tempo de execução. Entretanto, utilizando técnicas industriais, é possível diminuir esse tempo e propor uma forma de ilustrar uma imagem em uma folha de papel sem utilizar tinta ou outras substâncias.

2.7.2 Dobra e vinco

Outra maneira de moldar o papel é através da dobra. É possível assim “aumentar” a espessura do papel, com um número maior de camadas. Um papel dobrado sempre pode ser desdobrado, mas nunca retorna ao formato original. Sempre restará uma marca, ou um vinco.

O vinco é “a marca deixada por uma dobra, produzida no papel ou cartão na forma de uma estria impressa por relevo (tipograficamente) sem tinta, em geral para facilitar a dobra” (FONSECA, p.181, 2008). É muito utilizado no *origami* para facilitar uma dobra mais complexa. O vinco pode ser feito a partir da dobra ou cortando a folha apenas até a metade da sua espessura.

O origami é uma arte oriental milenar composta pelas palavras dobrar (*ori*) e papel (*gami*). É capaz de moldar o papel e dar-lhe uma nova forma, a partir do estudo do geométrico (BLUM, 2010). Sua origem é desconhecida, porém os estudiosos acreditam que seu surgimento está atrelado à chegada do papel ao Japão. Os origamis foram vistos inicialmente em ornamentações de templos xintoístas, chamadas *katashiros*. O método tradicional parte de uma folha de papel plana, quadrada, utilizando apenas dobras para a modelagem tridimensional. Alguns aspectos devem ser observados para uma execução de boa qualidade: o corte perfeito do papel base, a junção exata das pontas no momento das dobras e a espessura adequada do papel para o tamanho do origami (BLUM, 2010).

“Informações do Instituto de Estudos Japoneses relatam que o uso exclusivo da dobra sem corte ou colagem no papel, perdurou até o século XVI. O origami deixou de ser tão formal, passando a ser mais recreativo, na Era *Heian* (794-1192). [...] o origami era uma atividade restrita aos adultos, especialmente devido ao alto valor da matéria-prima. Foi durante a Era Edo (1590-1858) que o origami passou a ser praticado por crianças e por mulheres de diversas classes sociais. Passando a técnica de pais para filhos, como ainda hoje é costume no Japão, até o final da Era Edo cerca de setenta tipos de dobras haviam sido criadas. Na Era *Meiji* (1868-1912) a técnica passou a ser ensinada nas escolas após sofrer influências do método alemão” (BLUM, 2010, p. 25).

Figura 21: Cem Garças.



(Fonte: MITSUOKA; TAKAI, 2007)

A técnica chegou no Ocidente no século XII, através da Espanha, com as invasões muçulmanas. Mas o grande impulsor da difusão da técnica no Ocidente foram os norte-americanos, devido a uma maior comunicação entre os profissionais nas últimas três décadas do século XX, além do desenvolvimento de métodos geométricos que permitem dobras cada vez mais complexas, incluindo recursos computacionais (BLUM, 2010).

O papel mais apropriado utilizado é o papel gessado, devido à sua baixa gramatura e facilidade de manipulação. O manuseio do papel é intenso durante a execução, pois a maioria das figuras exige grande quantidade de vincos ou marcações. Por ser uma técnica de alcance internacional, foram definidos alguns símbolos ou códigos para a transcrição das receitas de origami, também conhecidas por diagramas ou instruções. Estes símbolos permitem que as receitas sejam seguidas por qualquer nacionalidade, mesmo que não compreendam a língua na qual está escrito. Existem hoje inúmeras variações de origami que utilizam o módulo para a formação de objetos. Pode ser chamados de origamis modulares, tridimensionais ou *kusudamas*. As *kusudamas* em particular utilizam módulos de origami para formar bolas decorativas (BLUM, 2010).

O primeiro exemplo deste grupo é o trabalho de Simon Schubert. Ele cria imagens arquiteturais a partir de dobras. Desta forma, o vinco que remanesce das dobras forma as linhas que formam as imagens.

Figura 22: Sem título, 2011, 150cm X 150cm, Simon Schubert.



(Fonte: designboom, 2018)

Mais um caso a ser avaliado é o trabalho de Jacob Dahlstrup. Ele utiliza equipamentos para tatuagem em papéis de alta gramatura para gerar linhas tridimensionais e criar as imagens. Ele busca como motivação para as ilustrações, principalmente, desenhos náuticos.

Figura 23: Sem título, 2010, 65cm x 50cm, por Jacob Dahlstrup.



(Fonte: designboom, 2018)

Os casos do segundo grupo oferecem opções em que o papel não é totalmente perfurado, aumentando a sua resistência para projetos que necessitem. Ainda assim, os materiais para este tipo de trabalho costumam ser de gramatura mais alta para que as marcações possam ser percebidas com mais facilidade.

2.7.3 Composição

Combinando o corte, a dobra e o vinco é possível alcançar um grande número de resultados. Entretanto, o papel não foi constituído para existir sozinho, mas sim para compor um conjunto de folhas capazes de conter um grande número de informações em menos espaço. Para que isso fosse possível, foi preciso desenvolver métodos de junção para essas folhas. O mais antigo deles é a costura, utilizada para unir as folhas em blocos e transformá-los em livros. Através de uma linha transpassada por furos alinhados, ou não, os papéis são agrupados. A encadernação japonesa, por exemplo, deixa as linhas visíveis, mas esconde o ponto de nó. Muitas encadernações usam capas, tecidos ou papéis para escondê-las (GOLDEN, 2010).

Algumas encadernações aplicam cola para fortalecer o agrupamento. A cola é uma substância capaz de aglutinar materiais. Pode ser feita de diversos elementos, naturais ou artificiais e é um dos principais artigos usados para união de pedaços de papel. Nos trabalhos artísticos escolares, a cola é utilizada em grande quantidade, para unir um papel ao outro, ou para unir outros materiais ao papel. O papel maché, a papietagem e outros artesanatos em papel usam a cola para constituir ou fortalecer suas estruturas.

Uma maneira monomaterial de união do papel é através do encaixe de uma peça a outra. Este encaixe pode ocorrer através de cortes, orifícios ou aberturas complementados por formas que encaixem-se. Pode ser um encaixe fixo, com uma trava, ou móvel, que possa ser desencaixado e reencaixado novamente de acordo com a vontade do usuário.

Outros materiais também podem ser utilizados como cliques, grampos, amarras, fita adesiva, etc., cada um com seu mecanismo próprio. Com o passar do tempo, essas ferramentas passaram a ser mais profundamente desenvolvidas, tornando-se técnicas específicas como as expostas a seguir. Técnicas compostas

vão utilizar corte, vinco, dobra e outros elementos, como papéis diferenciados, aglutinadores e elementos de junção.

A terminologia para as técnicas de manipulação do papel nem sempre é clara. Jackson (1993) define pop-up como “uma estrutura auto-montável e tridimensional formada pela ação de abertura de uma dobra”. O pop-up une de uma maneira bastante atrativa o bidimensional e o tridimensional. Os primeiros pop-ups disponíveis comercialmente foram comercializados em livros infantis, no meio do século XIX. As primeiras foram as editoras Dean & Son e Darton & Co, que adicionaram os efeitos dimensionais aos então familiares livros bidimensionais (JACKSON, 1993). As obras fizeram cada vez mais sucesso, com exportação de editoras alemãs e as contribuições de Lothar Meggendorfer (1847-1925) que desenvolveu mecanismos de grande valia e complexidade para a técnica (figura 15). Após um período de crise financeira na Europa e produção reduzida dos livros pop-up, eles reaparecem nas décadas de 50 e 60, com inovações técnicas importadas da Tchecoslováquia. Desde então, uma grande quantidade de livros e cartões vêm sendo comercializados, avançando cada vez mais nos aspectos técnicos e conceituais.

Figura 24: Cortesãs japonesas, 4cm de altura, Paul Jackson.



(Fonte: JACKSON, Paul. **The Pop-Up book**. Nova Iorque: Owl Books, 1993)

Um pop-up pode ser constituído por uma peça, aproveitando as técnicas já comentadas do *kirigami* e do origami arquitetônico. Ou pode ser constituído por múltiplas peças, utilizando colagens, recortes e encaixes. A técnica deve ser feita

com precisão para que a movimentação de montagem e desmontagem ocorra corretamente (JACKSON, 1993).

Quiling é uma técnica bastante versátil que utiliza tiras de papel para formar figuras. Essas tiras são usadas de forma tridimensional ao invés de serem simplesmente coladas numa superfície. As obras podem ser simples ou complexas, para públicos de diversas idades. Muitas peças antigas de épocas vitorianas e georgianas foram encontradas decoradas com *quiling*. As mulheres da época usavam tiras de papel com bordas douradas e páginas de livros para a decoração. Antes disso, podem ser encontradas peças eclesiásticas produzidas por monges e freiras para guardar relíquias e decorar placas religiosas (JENKINS, 2003). As tiras de papel são cortadas, enroladas, agrupadas e coladas, formando padrões tridimensionais que compõem uma imagem ou estampa.

Figura 25: Projeto Tulipa finalizado, 130cm, Jane Jenkins.



(Fonte: JENKINS, 2003)

A papietagem consiste na sobreposição de camadas de papel, coladas umas sobre as outras. Arantes (2007) propõe sua origem na técnica da colagem desenvolvida por Pablo Picasso (1881-1973) e Georges Braque (1882-1963), com a introdução de outros materiais em suas pinturas, buscando novos efeitos plásticos. Os pedaços de jornal, de madeira, letras e números ofereciam ao espectador uma

nova sensação tátil das peças. Também foi muito utilizada para a confecção de máscaras para o teatro. A técnica pode ser aplicada sobre qualquer base, seja ele um vaso, um prato, ou até mesmo um balão. Os papéis serão colados alternadamente, uns sobre os outros, até cobrir a porção desejada do suporte. A estrutura torna-se resistente após a secagem da cola, permitindo que o molde possa ser removido. Com a forma pronta, o artista a decora com tintas e outros materiais.

Apesar de ser uma técnica simples, vem se adaptando à modernidade, com a construção de elementos mais elaborados, explica Arantes (2007). A relação arte e meio-ambiente também é forte, pois muitos artistas utilizam aparas de papel ou jornais que seriam descartados para produzir suas peças. Também é utilizada, por exemplo, na tradição mexicana, que mantém sua cultura popular viva através das esculturas. Para o “Dia dos Mortos”, as homenagens são feitas recorrendo a objetos dispostos nos altares de oferenda.

Figura 26: Estatuetas decorativas do Dia dos Mortos no México



(Fonte: National Geographic, <https://www.nationalgeographic.org/media/dia-de-los-muertos/>)

O papel *maché* é uma massa constituída pelas fibras do papel misturadas com cola. O resultado é muito semelhante ao da papietagem, porém não é feito a

partir de camadas de papel. É uma variação do processo de reciclagem do papel, mas com a adição da cola na pasta. Arantes (2007) aponta sua origem para os chineses, como os primeiros a utilizar o papel como pasta para criação de objetos não só usados na arte popular, mas também artigos de guerra como capacetes. Foi utilizado para a confecção de lemes de barcos e recipientes para líquidos, quando impermeabilizados com laca, ou ainda pratos e caixas de provisões. Quando chegou à Europa, foi rapidamente adotado pela nobreza para decoração de interiores e obras de arte. Aos poucos a aplicação atingiu outras esferas, sendo usada inclusive para a construção de casas em pequenos vilarejos. Com a industrialização, a técnica entrou em declínio ressurgindo com as crescentes preocupações ambientais.

O papel *maché* tem como características a leveza, a plasticidade e a versatilidade. A massa pode ser feita a partir de inúmeras fórmulas, resultando em um material de fácil modelagem e custo baixo de processamento. Também aceita uma grande variedade de elementos na sua composição além das fibras do papel e da cola, como serragem e gesso. Uma referência no uso da técnica são as famosas máscaras de Veneza.

Hoje, as máscaras em papel *maché* criadas nos ateliês venezianos são referências para pesquisas relacionadas a essa técnica. Como exemplo, as máscaras produzidas pelo artista Guerrino Lovato, um dos representantes dessa arte secular. Escultor participou com as suas máscaras do filme 'De olhos bem fechados' do cineasta Stanley Kubrick (1928-1999). O ateliê do artista 'Mondonovo Maschere' situado em Veneza, produz máscaras que se remetem a um tipo de produção nos moldes tradicionais (ARANTES, 2007).

No Brasil, o papel *maché* é usado, por exemplo, nas alegorias de carnaval, nos artesanatos de Pernambuco. Também é utilizado para a confecção de bonecos e fantoches. ONGs aplicam a técnica para a conscientização através de objetos lúdicos. No design, pode ser aplicado inclusive para a construção de modelos e mock-ups de produtos em desenvolvimento.

A composição de técnicas variadas podem gerar resultados elaborados. Entretanto, ao combinar papéis e métodos é necessário avaliar a inserção de outras substâncias no produto, como cola, grampos, fios, etc., pois estes itens podem aumentar o impacto ambiental do material, principalmente no descarte.

O trabalho do artista filipino Patrick Cabral será o primeiro exemplo de composição apresentado, em especial no projeto "espécies ameaçadas de

extinção¹⁰”. As folhas de papel com recortes complexos são empilhadas em camadas, formando uma imagem bastante detalhada.

Figura 27: Rinoceronte branco, 2017, Patrick Cabral.



(Fonte: designboom, 2018)

Figura 28: Rinoceronte branco - Detalhe, 2017, Patrick Cabral.



(Fonte: designboom, 2018)

O próximo caso a ser analisado é o trabalho da artista russa Yulia Brodskaya. Ela utiliza principalmente a técnica do *quilling* para suas criações, combinada com outras técnicas manuais com papel. Uma de suas especialidades é o trabalho com

¹⁰ endangered species

tipografia criada com papel. Muitos de seus trabalhos utilizam cor, entretanto, muitos outros são realizados apenas com papel branco.

Figura 29: Bon Appetit, Yulia Brodskaya.



(Fonte: BRODSKAYA, 2018)

Ao utilizar combinação de técnicas, pode ser necessário trabalhar com camadas de papéis, e assim, aumentando o volume do produto. Entretanto, é possível ter um resultado mais elaborado e detalhado.

As informações coletadas na etapa de pesquisa bibliográfica sobre o papel na indústria em conjunto com técnicas artesanais existentes para utilização do papel sem tinta mostram um caminho para uma nova abordagem de projeto que diminua o impacto da tinta para impressão. O corte, a dobra, o vinco e outras composições podem trazer, também, novas estéticas para o design visual.

2.8 TÉCNICAS INDUSTRIAIS DE UTILIZAÇÃO DO PAPEL SEM IMPRESSÃO

Para uma análise mais completa, foram buscados exemplos de utilização do papel sem impressão se delimitação geográfica, com o objetivo de entender as possibilidades já existentes no mundo. Foram seguidas as mesmas categorias do capítulo anterior: corte, dobra e vinco e composição.

2.8.1 Corte

Um exemplo significativo de utilização do papel sem impressão, são os detalhes de convites de casamento que apresentam padrões bastante detalhados e minuciosos e podem ser reproduzidos em grande escala através do corte a laser.

Figura 30: Convite de casamento com recorte a laser minucioso



Fonte: <https://paperorchid.com>

Nesta mesma linha, as pequenas caixas de papel trabalhadas para presente são outro bom exemplo que mostra o potencial do corte como técnica para representação gráfica.

Figura 31: Caixa para presente com recorte a laser



Fonte: <https://paperorchid.com>

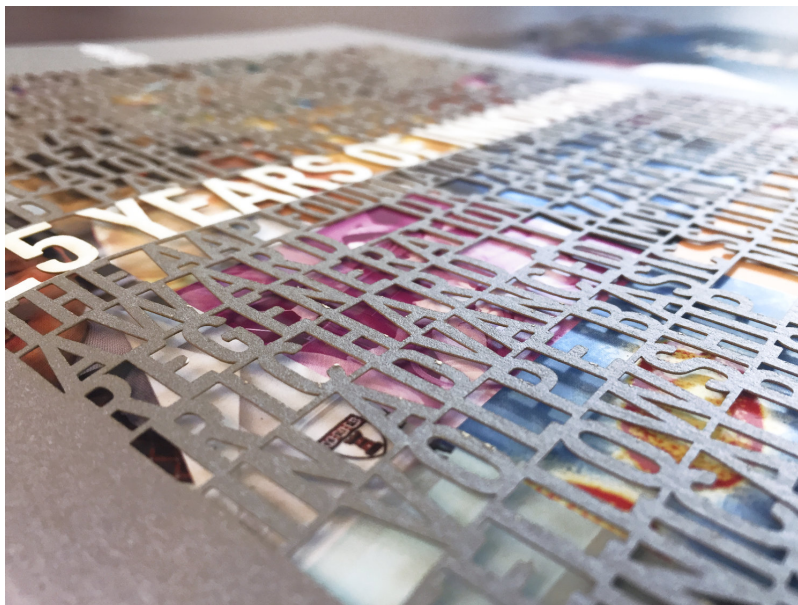
A proposta de texto gravado no papel a partir de cortes também pode ser vista em capas de publicações, como no exemplo abaixo. A arte leva em consideração os formatos necessários para manter as letras unidas ao quadro. Este Relatório Anual de 2015, da Fundação de Periodontologia da Academia Mexicana escreveu o nome de diversas bolsas de estudos e prêmios, revelando as imagens da página seguinte.

Figura 32: Relatório Anual de 2015, da Fundação de Periodontologia da Academia Mexicana



Fonte: www.neigerdesign.com

Figura 33: Detalhe do Relatório Anual de 2015, da Fundação de Periodontologia da Academia Mexicana



Fonte: www.neigerdesign.com

2.8.2 Dobra e vinco

Uma técnica semi-industrial que pode ser utilizada é a impressão tipográfica, também conhecida como tipografia. Trata-se de uma técnica mais antiga, que foi substituída pelos sistemas atuais de impressão e cujos equipamentos tornaram-se mais raros para serem encontrados (NEDER, 2016). “Na impressão tipográfica, após ser entintada a matriz é pressionada sobre um suporte, transferindo assim diretamente o texto ou a imagem a serem reproduzidos” (NEDER, 2016, p.38). Esta matriz é constituída de tipos móveis, mais comumente produzidos em madeira e metal. É bastante semelhante a um clichê, como os utilizados para relevo seco, porém composto por diversos blocos.

Esta técnica foi desenvolvida para a aplicação de tinta no papel. Entretanto, a tridimensionalidade e rigidez da matriz faz com que o papel também seja marcado. “Esse relevo, conhecido também como mordida, é formado pela combinação da pressão da máquina com a corporeidade do tipo sobre o suporte, que além de transferir a tinta deixa gravado sobre ele a sua face” (NEDER, 2016, p.132).

Se utilizada sem a aplicação de tinta, podem ser encontrados resultados como os apresentados nos exemplos a seguir. É bastante utilizado para a criação de cartões de visita diferenciados.

Figura 34: Cartão de visitas marcado em impressão tipográfica.



Fonte: print.designclubs.net

Nestes casos, pode ser percebido que mesmo o texto pode ser aplicado em relevo com bons resultados.

Figura 35: Cartão de visitas marcado em impressão tipográfica.



Fonte: <https://theultralinx.com>

A impressão em relevo pode ainda ser mais desenvolvida, através do uso de clichês, apresentando resultados com bastante diferença de altura no papel entre as partes. Um exemplo é o cartão de visitas a seguir que foi produzido com a técnica de relevo 3D.

Figura 36: Cartão Lion Investments



Fonte: <https://www.paperspecs.com>

2.8.3 Composição

As técnicas de recorte já são bastante usadas quando compostas em camadas, com papéis de fundo de outras cores, para aumentar o contraste da visualização dos elementos. Os recortes tornam-se janelas, permitindo a visualização do fundo e às vezes do próprio produto, no caso de embalagens.

O exemplo a seguir é uma embalagem para sabonetes de luxo, que utiliza o recorte para ilustrar o material.

Figura 37: Embalagem para sabonete de luxo Soapwork.



Fonte: www.behance.net/gallery/390814/Soapworks-Package-Design

Figura 38: Conjunto de embalagem para sabonete de luxo Soapwork.



Fonte: www.behance.net/gallery/390814/Soapworks-Package-Design

O projeto dos chocolates peruanos Machiyenga segue o mesmo princípio, utilizando padrões gráficos da cultura inca sobre um papel metalizado dourado, com o objetivo de embalar um produto premium.

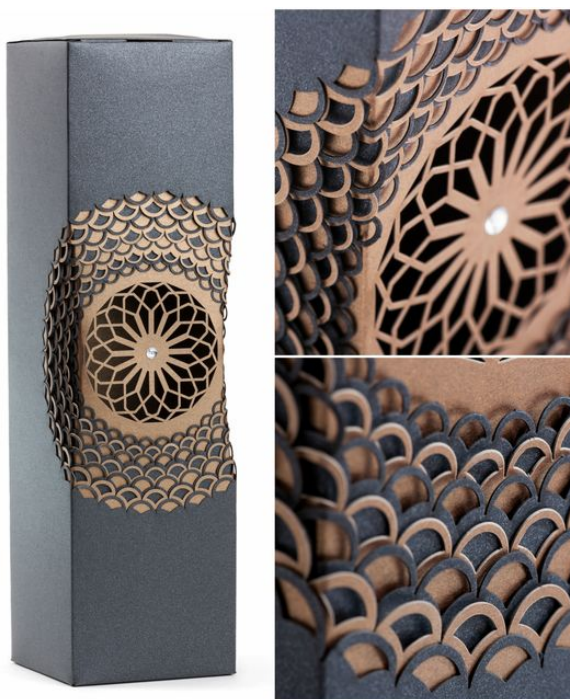
Figura 39: Embalagem de chocolates peruanos



Fonte: <https://www.packagingoftheworld.com>

A embalagem a seguir foi projetada pela empresa italiana Pringraf, especializada em papel cartão. Utilizando o recorte a laser em várias camadas, atingiu um efeito gráfico e tridimensional diferenciado.

Figura 40: Embalagem para bebidas



Fonte: <https://www.highcon.net/applications/>

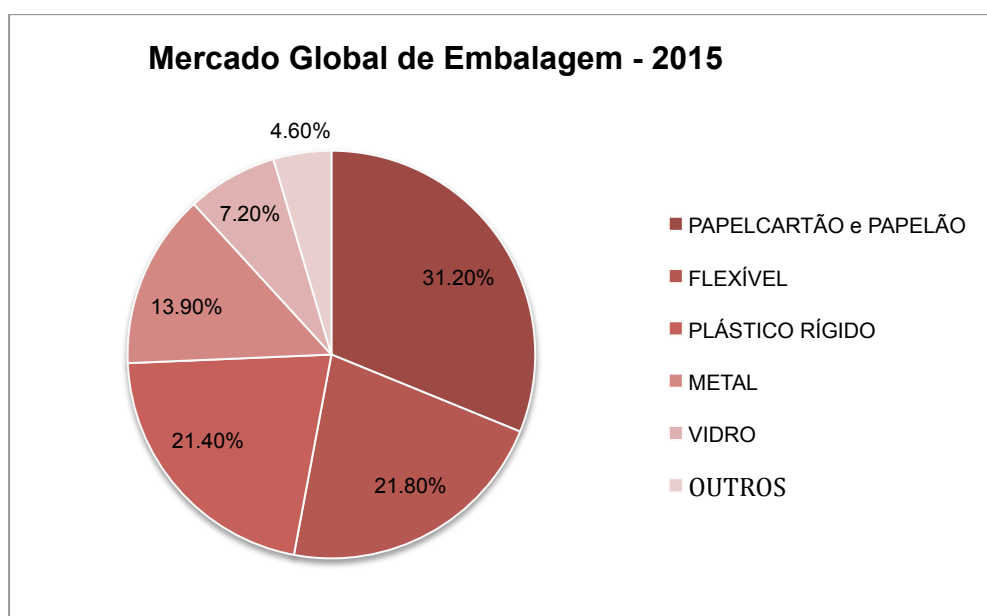
2.9. EMBALAGENS

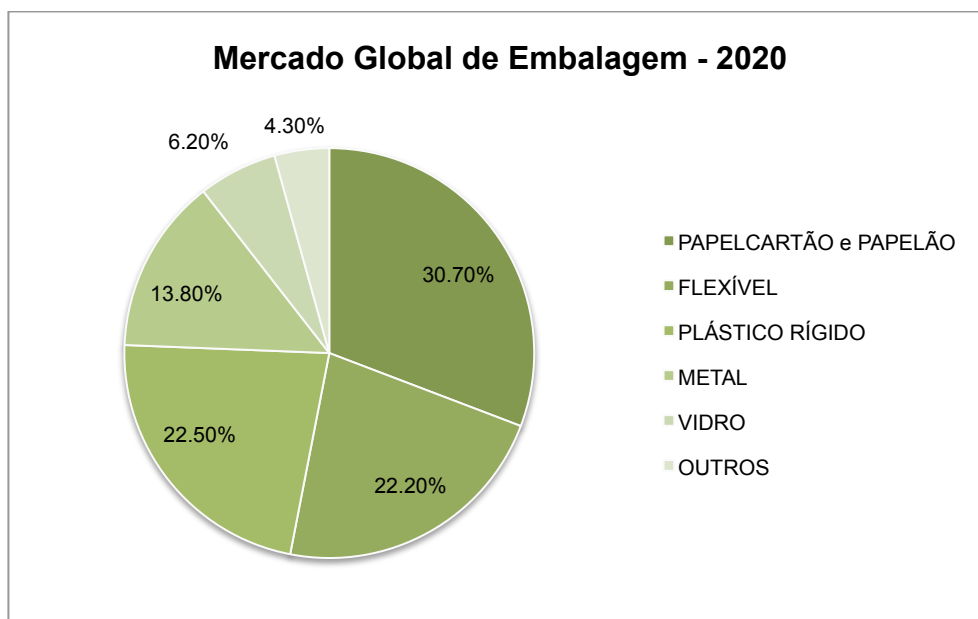
“Vivemos em um mundo de produtos embalados. Quase 70% dos produtos comercializados hoje utilizam embalagem” (NEGRÃO apud SERAGINI, p.15, 2008). O sucesso da comercialização de produtos hoje depende fortemente da embalagem. Em 2016, a produção de embalagens no Brasil foi equivalente a R\$64.340.385,00. Deste valor, 33,72% abrange as embalagens de papel, cartolina, papel cartão e papelão ondulado (ABRE, p.27, 2017).

Camilo (2016) explica sobre a rentabilidade da indústria da embalagem, pois seu crescimento costuma ser ligeiramente mais alto que o PIB da nação. O motivo de tais fatos é a urbanização da população, que cada vez mais se desloca para as grandes cidades e desenvolve o interior, automaticamente aumentando a demanda por embalagens.

Camilo (2016) também faz uma projeção de salto de U\$839 bilhões, em 2015, para U\$998 bilhões em 2020, no mercado global de embalagens. Trata-se de um crescimento de 3,5% ao ano.

Figura 41: Projeção para o mercado global de embalagens





Fonte: CAMILO, p. 29, 2017

A embalagem tem como origem antropológica e sociológica a necessidade básica do ser humano de guardar e conservar seus alimentos, uma vez que o alimento fresco poderia nem sempre estar à disposição. O que inicialmente aproveitava materiais naturais para proteger e conter produtos, evoluiu em conjunto com o desenvolvimento tecnológico. A descoberta de novos materiais amplia a gama e a quantidade de produtos que necessitam de embalagem (NEGRÃO, 2008).

Desta forma, o papel da embalagem também sofre alterações. Considerando que cerca de 18 mil novos produtos chegam aos mercados anualmente e que 70% das aquisições ocorrem por decisões tomadas no ponto-de-venda pelo consumidor (NEGRÃO, 2008), fica clara uma das atuais principais funções das embalagens.

Passa a ser uma ferramenta de Marketing, essencial para a decisão do consumidor. Assim, a identidade do produto, da marca e da empresa também se consolida sobre a praticidade da facilitação de acesso ao produto. “Esses aspectos – funcionais, comunicacionais e produtivos – envolvem tanto os motivos racionais que interpretam e categorizam informações, como preço, usabilidade, segurança e consumidor estabelece com o produto” (CAMILO, p. 92, 2017).

Entre os diversos materiais utilizados, o papel cartão é um grande aliado da produção de embalagens de baixo custo. O material não demanda moldes caros, pode ser produzido em baixa quantidade e pode ser acoplado a outros materiais

para melhorar a efetividade. Do ponto de vista ambiental, é proveniente de fontes renováveis e é facilmente reciclável ou compostável (CAMILO, 2017).

Desta forma, existe uma grande busca por inovação, para que o produto possa vencer a batalha das prateleiras. Os investimentos ocorrem muitas vezes em impressoras com maior número de cores ou mais possibilidades de acabamentos, como hotstamping, vernizes entre outros. Desta forma, é possível reduzir o tempo de troca de equipamento, e conseqüentemente de produção.

Os fabricantes de papel cartão também buscam desenvolver materiais mais leves e rígidos, por pressão de seus clientes. O objetivo é buscar resultados mais competitivos economicamente, podendo competir com aplicações do papelão micro-ondulado (CAMILO, 2017).

O mercado de embalagens, devido ao seu grande impacto na sociedade, segue regulamentações, como toda e qualquer indústria. O segmento alimentício possui normas regulamentadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Entretanto,

“as embalagens não alimentícias, usadas para cosméticos, higiene, peças, eletrônicos, etc., não requerem nenhuma regulamentação especial para tintas de impressão. Comumente ouvimos requisições específicas para determinadas diretrizes que se aplicam a componentes eletrônicos, mas estas regulamentações não se aplicam às tintas de impressão, e inúmeras vezes nem mesmo às embalagens em si” (CAMILO, p. 171, 2016).

Ou seja, as embalagens manuseadas pelo consumidor podem conter qualquer tipo de tinta. Esta informação ressalta o potencial da produção de embalagens sem a adição de outras substâncias sobre o papel.

Seguindo a tendência global, a embalagem também se torna um apelo à sustentabilidade. As empresas muitas vezes acabam por buscar embalagens reutilizáveis, de material reciclado e material degradável (CAMILO, 2017).

“No entanto, a falta de informações sobre embalagens verdes e seus benefícios é uma grande restrição que provavelmente prejudicará a demanda do mercado. No entanto, espera-se que as questões ambientais ofereçam novas vias para os principais fabricantes de mercado global de embalagens verdes nos próximos anos” (CAMILO, p. 28, 2017).

Como um material presente em grande parte dos produtos consumidos atualmente, a embalagem é um apresenta um grande potencial na busca da

diminuição do impacto ambiental da indústria. A proposta de utilização do papel sem o uso de tinta, ou qualquer outra substância que apresente dificuldades de reciclagem, encontra na embalagem, como objeto de produção em larga escala, um candidato para experimentação e divulgação de práticas mais sustentáveis.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para a realização desta pesquisa. Apesar das duas primeiras fases apresentarem características exploratórias, esta pesquisa também pode ser caracterizada como experimental:

“Nesse tipo de pesquisa, a manipulação das variáveis proporciona o estudo da relação entre as causas e os efeitos de determinado fenômeno. Através da criação de situações de controle, procuramos evitar a interferência de variáveis intervenientes. Interferimos diretamente na realidade, manipulando a variável independente, a fim de observar o que acontece com a dependente” (PROVDANOVI e FREITAS, p. 57, 2013).

O processo foi dividido em 5 fases, como apresentadas na imagem a seguir.

Figura 42: Etapas da pesquisa



(Fonte: produzido pela autora).

3.1 FASE 1: PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A fase 1 foi realizada através de **pesquisa bibliográfica** em livros, artigos e sites de notícias sobre *design*. Este tipo de pesquisa tem como objetivo colocar o pesquisador em contato direto com a maior quantidade possível de informações provenientes de vídeos, áudios, textos, imagens, mesmo que através de transcrições realizadas por terceiros no caso de debates e conferências (MARCONI e LAKATOS, p. 183, 2003).

Informações sobre impacto ambiental da tinta no papel e as técnicas que trabalham o papel sem impressão foram identificadas e analisadas. Exemplos de projetos que utilizam papel sem impressão de forma artesanal, assim como industrial, foram selecionados, classificados e estudados como potenciais técnicas a serem aplicadas no projeto gráfico com papel sem impressão. Este levantamento também permitiu buscar acabamentos em gráficas que não utilizam outras substâncias, assim como características do mercado de embalagens, segmento escolhido para aplicação desta pesquisa.

3.2 FASE 2: DESENVOLVIMENTO DE PROJETO COM PAPEL SEM IMPRESSÃO

A fase 2 visa o desenvolvimento de um projeto piloto de embalagem para um produto real, que não utilize nenhum processo de impressão, para que se possa identificar as possíveis barreiras a serem enfrentadas por projetistas dentro de um contexto de produção regional.

O primeiro passo foi a (i) **seleção de produto para desenvolvimento do projeto**. As diversas áreas que utilizam embalagens de papel foram analisadas, em busca de um tipo de produto que siga os seguintes critérios: utilizar uma embalagem pequena, para facilitar e diminuir custos da experimentação, que utilize quantidade de informações limitada, para viabilizar o desenvolvimento inicial deste processo e que seja um produto bastante consumido, cuja embalagem seja rapidamente descartada.

Com o produto selecionado, ocorreu a (ii) **avaliação de embalagens de produtos similares**, verificando as necessidades estruturais de mais de um exemplo de projeto de embalagem. Desta forma, foi possível (iii) **selecionar uma embalagem principal para execução do projeto piloto**.

Esta embalagem foi reprojetaada, mantendo os elementos gráficos e sua funcionalidade, além de seguir a legislação, de forma que pudesse ser produzida sem o uso de tintas. Esta etapa foi o (iv) **desenvolvimento do projeto para teste**. Para que a experimentação pudesse ocorrer, foi necessário preparar o projeto em (v) **descrições com nível de detalhamento adequado para apresentação a gráficas**. Este projeto foi apresentado às gráficas que trabalham com embalagens durante a fase 3, para verificar sua viabilidade e a possibilidade de experimentação apresentada na fase 4.

3.3 FASE 3: PESQUISA DE CAMPO

Na fase 3, foi realizada uma pesquisa de campo para reconhecimento de gráficas e maquinários existentes que possam ser utilizados para trabalhar o papel sem impressão. A pesquisa de campo se trata da observação de fatos e fenômenos que ocorrem de forma espontânea, e na coleta e registro de dados relevantes para análise posterior (PROVDANOVI; FREITAS, 2013). Nesta fase, portanto ocorreram contatos com pessoas, representantes de gráficas, por meio de entrevistas, atividade que motivou a avaliação do projeto no Comitê de Ética em Pesquisa da Ufrgs (Projeto N° 02577918.9.0000.5347), que foi considerado aceito por seu colegiado.

Para a delimitação geográfica considerou-se o estado do Rio Grande do Sul. Assim, para o **levantamento de gráficas no Rio Grande do Sul**, foi realizada uma busca no site da SINDIGRAF - Sindicato das Indústrias Gráficas do Rio Grande do Sul (<http://sindigraf-rs.com.br/>). Apenas na cidade de Porto Alegre foram encontradas 80 gráficas, representando uma quantidade significativa de estabelecimentos. Vale ressaltar que a produção local gera menos emissões de carbono por transporte, além de agregar valor social ao produto (VEZZOLI et al, 2014).

O contato inicial com as gráficas foi realizado através de e-mail (que consta do Apêndice I), com apresentação da pesquisadora e do projeto. Mais de 40 gráficas foram contatadas e apenas 6 retornaram positivamente.

Os entrevistados eram representantes da empresa, ou pessoas com conhecimento técnico sobre seus equipamentos e processo de produção. As visitas seguiram um **roteiro**, desenvolvido para nortear a pesquisa de campo, buscando as seguintes informações:

a) **Acabamentos ofertados:** foram coletadas as seguintes opções de acabamentos durante a seleção de gráficas: (i) corte – faca, guilhotina, laser; vinco; (ii) verniz – UV, à base d'água; (iii) plastificação – brilho, fosco, BOPP, Prolan; relevo; hotstamping; costura; grampo; encadernação; capa dura; cores especiais.

b) **Maquinários existentes para acabamentos:** este espaço visou obter o tipo dos maquinários utilizados para que em pesquisa mais aprofundada seja possível buscar mais informações a respeito do seu processo.

c) **Papéis utilizados:** Os papéis utilizados foram selecionados a partir do levantamento bibliográfico, (i) papel cartão, (ii) duplex, (iii) tríplex, (iv) microondulado, (v) corrugado, (vi) papel Kraft, (vii) papel couché, (viii) papel offset, (ix) papel sulfite, (x) papel jornal e (xi) papel encerado.

d) **Procura de clientes por material e/ou alternativas de menor impacto ambiental:** neste item procurou-se compreender o cenário sustentável do mercado de gráficas, possibilitando a compreensão de mercados e aplicações potenciais para as técnicas desenvolvidas.

e) **Viabilidade do projeto:** estas perguntas objetivaram verificar a viabilidade do projeto junto à gráfica, além de informações de valores e tempo de produção, assim como ajustes necessários para adequação ao maquinário.

Foram também observadas menções de práticas como uso de papel sustentável, aproveitamento de papel, gestão de resíduos, reciclagem de aparas, reciclagem de produtos, descarte adequado de resíduos de limpeza, tratamento de químicos e embalagens, gestão sustentável e área verde.

Aproveitando a visita, foi apresentado o projeto de embalagem sem impressão aos representantes das gráficas, verificando a viabilidade técnica de produção.

Junto com os dados coletados no levantamento inicial de gráficas no Rio Grande do Sul, foi possível compreender o enfoque da gráfica e direcionamento dos equipamentos e produtos encomendados. Os **registros** destas visitas foram realizados através de fotografia e anotações em diário de campo.

3.4 FASE 4: EXPERIMENTAÇÃO

A fase 4 teve como objetivo verificar a viabilidade técnica de produção de embalagens sem tinta em escala industrial e semi-industrial. A proposta inicial desta fase era realizar a experimentação com uma gráfica parceira. Entretanto, nenhuma das gráficas visitadas possuía a tecnologia adequada ou trabalhava com os materiais adequados para tal processo. Ou seja, apenas uma das gráficas possuía equipamento para corte a laser, porém trabalhava apenas com papel para etiquetas. Assim, a **experimentação** ocorreu na maquetaria da Faculdade de Arquitetura da UFRGS.

Baseado no mercado de embalagens, um modelo de embalagem selecionado e adaptado para produção sem impressão foi desenvolvido na fase 2. Este projeto foi apresentado às gráficas visitadas, verificando a possibilidade de produção. O feedback das gráficas foi utilizado para adequação do projeto para a experimentação. Foram realizadas duas experimentações em máquina de corte a laser, para analisar os resultados e possibilidades técnicas.

3.5 FASE 5: ANÁLISE

Os resultados foram, então, analisados na fase 5. As informações coletadas nas visitas de campo foram tabeladas e analisadas, tornando possível descrever as limitações atuais para aplicação da proposta e as diretrizes e soluções que podem ser tomadas para alcançar resultados diferenciados na produção dentro do cenário regional.

4. DESENVOLVIMENTO

4.1 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO COM PAPEL SEM IMPRESSÃO

O produto escolhido para o projeto foi embalagem secundária de sabonetes.

“O estudo da Smithers Pira revela que os produtos de cuidados da saúde são os maiores usuários de embalagens de papel cartão, seguido pelo tabaco. Essas duas indústrias impõem os desafios mais significativos para o segmento de embalagens de papel cartão” (CAMILO, p.24, 2017).

Seguindo os critérios definidos para esta seleção durante a etapa de metodologia, o produto em questão é uma embalagem pequena, facilitando a possibilidade de experimentação. As informações apresentadas têm uma quantidade razoável e podem ser reduzidas. A embalagem também tem rápido descarte, pois uma vez que o produto entra em uso, se torna desnecessária. Foram escolhidos 4 sabonetes com embalagens secundárias disponíveis em um grande supermercado da cidade de Porto Alegre.

Figura 43: Embalagens analisadas.



(Fonte: produzido pela autora).

A embalagem escolhida para reprojeto foi a do sabonete número 3, pelas quantidades de informações e tamanho do logo principal, para uma execução com maior probabilidade de sucesso.

Figura 44: Embalagem número 3 com produto.



(Fonte: produzido pela autora).

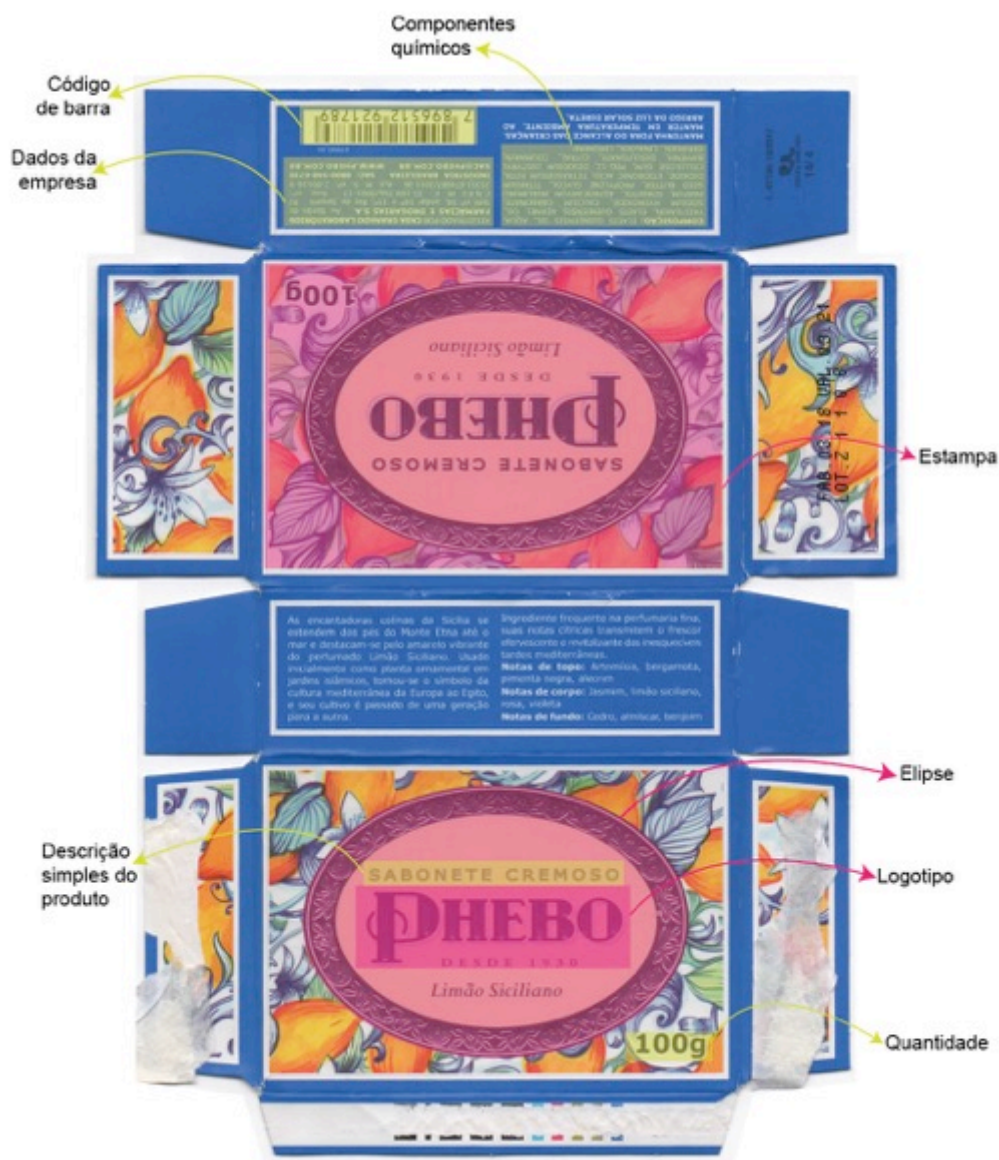
O próximo passo foi analisar esta embalagem, medindo-a e avaliando seus componentes estéticos e informacionais, como está ilustrado nas imagens a seguir.

Figura 45: Medidas da embalagem selecionada.



(Fonte: produzido pela autora).

Figura 46: Elementos gráficos e informacionais da embalagem.

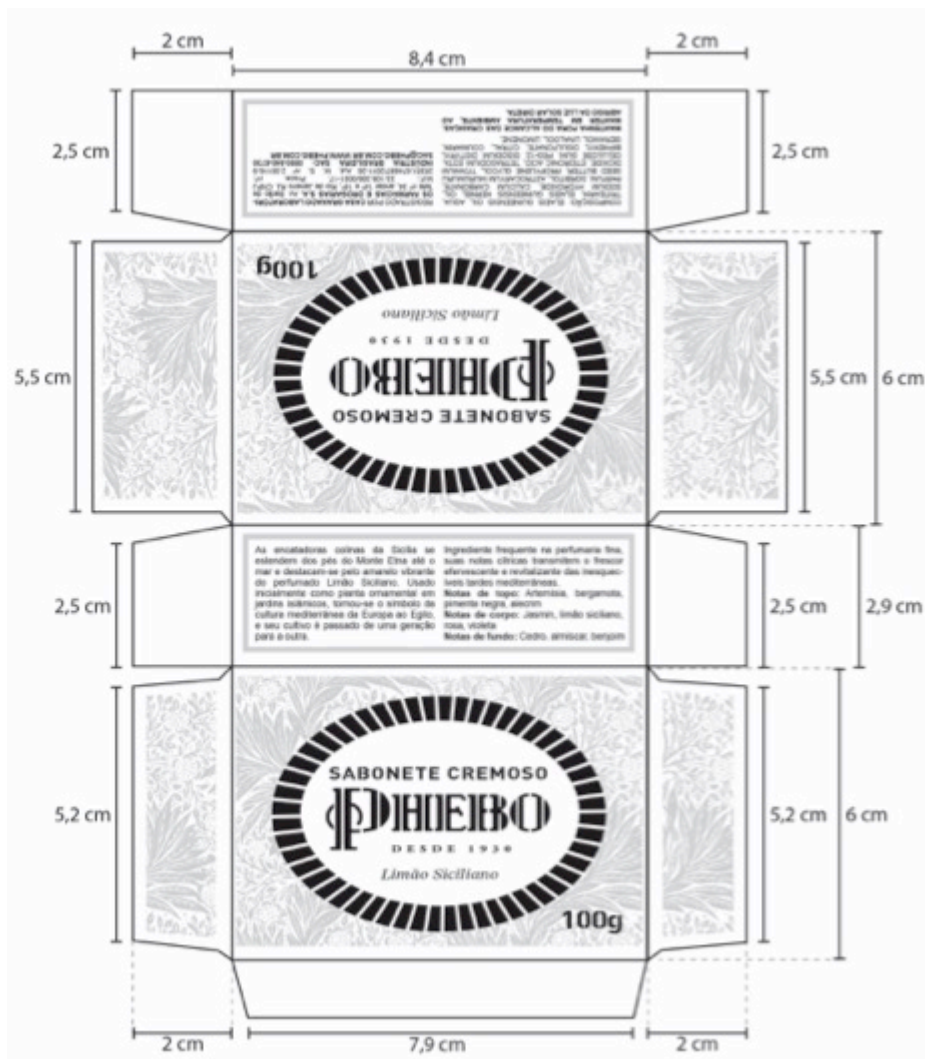


(Fonte: produzido pela autora).

Os componentes gráficos incluem: um logo com tipografia específica, uma elipse que enquadra as informações principais e uma estampa em algumas das faces da embalagem. Os componentes informacionais incluem: descrição simples do produto, quantidade do produto, componentes químicos, dados da empresa e código de barra.

A embalagem escolhida foi reprojetoada para produção apenas com técnicas de corte e relevo, mantendo os elementos principais. As marcações em preto representam corte e as marcações em cinza representam vinco ou textura.

Figura 47: Reprojeto da embalagem do sabonete Phebo.



(Fonte: produzido pela autora).

Este projeto foi apresentado em 4 das 6 as gráficas visitadas, de acordo com seus perfis. Como duas das gráficas visitadas não trabalhavam com embalagens, estas não possuíam equipamento para produção, portanto não estavam aptas a avaliar o projeto.

4.2 PESQUISA DE CAMPO: VISITA ÀS GRÁFICAS

Conforme detalhado no capítulo 3, foram visitadas 6 gráficas no estado do Rio Grande do Sul, sendo 3 na cidade de Porto Alegre e 3 no interior. As gráficas também apresentaram perfis diferentes entre elas, demonstrados no quadro a seguir.

Quadro 5: Descrição das gráficas visitadas.

Gráfica	Descrição	Público Alvo
A	Atende diferentes tipos de clientes com soluções de sistemas embalagens dedicadas para cada segmento de mercado. Possui mais de 4.500 clientes, continua buscando inovações e tendências no setor de embalagens, viabilizando projetos e alternativas competitivas.	Embalagens de jóias, cosméticos e farmacêuticos.
B	Acompanhou a expansão da indústria de calçados gaúcha nos anos 70 e 80. Investiu em impressoras off-set e outras inovações tecnológicas. A partir do ano 2000, adquiriu novos equipamentos e maquinários, como impressora flexográfica para impressão em bobina a 8 cores e impressora Off-Set 4 cores.	Embalagens, etiquetas adesivas, brindes, impressos promocionais, tags
C	Possui venda de produtos direto da fábrica, a pronta-entrega. A matéria-prima utilizada garante a fabricação de embalagens sempre com as mesmas gramaturas, mantendo a característica do produto sempre igual.	Embalagens personalizadas, para varejo sem identificação, pequenas quantidades
D	Conta com 30 colaboradores e equipamentos atuais. É especializada na produção de rótulos para vinhos e bebidas em geral, além de atuar para os segmentos alimentício, farmacêutico e cosmético.	Rótulos para garrafas, geleias, etc.
E	Fundada em 1979. Empresa familiar com busca pelo aprimoramento tecnológico. Apresenta um portfólio variado e diversas premiações por produtos.	Livros, encartes, flyers, mala direta, informativos.
F	Iniciou suas atividades no ano de 1998, concentrando esforços na realização de apenas uma parte do processo produtivo: a arte-final. Com o tempo, foi adquirindo maquinário para realização das primeiras atividades de produção.	Impressões para hotéis e empresas, como hospitais.

(Fonte: produzido pela autora, conforme material online fornecidos nos sites das gráficas)

Um dos aspectos investigados foram as tecnologias de acabamento disponíveis: guilhotina, faça para corte e vinco, relevo seco, gofragem, plotter de recorte e corte a laser, já apresentados no item 2.5 desta pesquisa. Acabamentos como plastificação, laminação, verniz etc. foram descartados pois envolvem a aplicação de outras substâncias no produto final, em desacordo com a proposta desta pesquisa.

Quadro 6: Tecnologias disponíveis nas gráficas visitadas

	Guilhotina	Faca para corte e vinco	Relevo seco	Gofragem	Plotter de recorte	Corte a laser
A	Sim (apenas para preparar o papel)	Sim	Sim	Sim	Sim (apenas para mock-ups)	Não
B	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim (apenas para mock-up)	Não
C	Sim	Sim (produção própria de facas)	Sim	Sim	Não	Não
D	Não	Não	Sim (também oferecem relevo 3D)	Não	Não	Sim
E	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
F	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não

(Fonte: produzido pela autora)

O Hotstamping foi citado em 4 das 6 gráficas como alternativa para uma embalagem sem impressão, uma vez que a técnica não utiliza impressora, mas um outro sistema de aplicação de informações gráficas no papel. Entretanto, tal técnica também envolve outras substâncias, algumas que não podem ser recicladas. Por isso também foi descartada para experimentação.

4.2.1 Limitações das tecnologias

Ao discutir com os entrevistados sobre as possibilidades das tecnologias existentes nas gráficas, capazes de reproduzir pequenos detalhes com cortes e texturas, diversas limitações foram levantadas para cada tipo de equipamento.

4.2.1.1 Limitações da guilhotina

No caso da **guilhotina**, apesar de realizar cortes de alta precisão e profundidade, consegue apenas trabalhar com cortes retos e transversais, de acordo com a Gráfica A. Estes cortes também serão aplicados na folha inteira, de uma margem a outra.

Figura 48: Modelo de guilhotina.

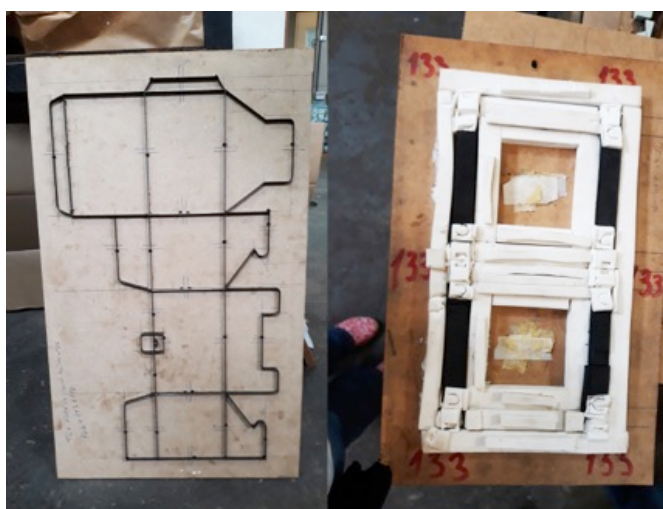


Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica C.

4.2.1.2 Limitações das facas

O sistema de **facas** apresenta um grande potencial, porém com muitas limitações. Um exemplo é a capacidade de dobra da lâmina, que é bastante limitada, principalmente no caso da produção manual, de acordo com a Gráfica A. Além disso, mesmo que seja possível cortar os canais onde as lâminas serão afixadas, a montagem da peça se torna inviável se contar com muitos detalhes, de acordo com a Gráfica C.

Figura 49: Modelo de faca com e sem emborrachamento.



Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica C.

As facas criadas industrialmente, a partir da usinagem, são capazes de mais detalhes, porém ainda com limitações. Este tipo de faca vai apresentar dificuldades para trabalhar com papeis de gramatura mais alta. Vale ressaltar que a embalagem cortada com faca sempre deixa marcas da emenda da lâmina, resultando em possíveis problemas de acabamento em desenhos mais detalhados.

A Gráfica B, por exemplo, explicou que guardam as facas para possíveis reutilizações, porém não o fazem com frequência, devido à diversidade de formatos. No caso de embalagens com berço, a variedade é maior ainda. As facas para sacolas costumam ser mais utilizadas, pois tem modelos mais tradicionais. Tal costume resulta em espaço de armazenamento, que provavelmente precisará ser expandido caso os modelos de facas aumentem.

Figura 50: Espaço de armazenamento de facas.



Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica A.

O equipamento de corte e vinco por faca realiza uma única operação: de corte e vinco. Ou seja, não destaca nem recolhe as aparas e decalques, gerando mais uma etapa grande de trabalho manual caso o produto tenha recortes detalhados, segundo a Gráfica D.

Figura 51: Equipamento para faca de corte e vinco, e relevo seco, manual e plano.



Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica C.

Figura 52: Equipamento para faca de corte e vinco, e relevo seco, automático e plano.



Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica A.

Sob o ponto de vista da sustentabilidade da gráfica, a Gráfica A explica que se separadas, as lâminas também podem ser recicladas. A borracha utilizada costuma ser de EVA.

4.2.1.3 Limitações dos equipamentos de relevo seco

Para a aplicação de um **relevo** preciso, existe uma grande influência do tipo de papel e sua gramatura. Áreas muito grandes de relevo são mais difíceis de aplicar adequadamente, segundo a Gráfica A. A Gráfica B ressalta que em seus produtos costuma-se utilizar acabamentos de relevo e textura principalmente para efeitos estéticos. Não costuma ser utilizado para informações. Uma exceção é a aplicação de texto em braille, que depende do tato para ser lido.

Figura 53: Modelo de clichê para relevo seco.



Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica D.

A Gráfica C oferece um relevo diferenciado, denominado pelos mesmos de **Relevo 3D**. Para tal, é utilizado um clichê usinado, feito de zinco com equipamento CNC, que custa de duas a três vezes mais que o clichê normal produzido de magnésio. É o mesmo tipo de clichê que esta gráfica utiliza para aplicação de Braille.

Uma outra técnica de aplicação de textura é a **gofragem**. Porém, por se tratar de uma estampa em um cilindro, só é utilizada quando for aplicável na folha inteira. Além disso, a produção deste cilindro possui um alto custo e a gramatura máxima atingível é de 400g do papel, de acordo com a Gráfica A.

Figura 54: Equipamento de Gofragem.



Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica B.

Pensando na sustentabilidade da gráfica, o clichê do relevo seco costuma ser reciclável, de acordo com a Gráfica A.

4.2.1.4 Limitações da plotter de recorte:

A plotter de recorte apresenta duas desvantagens principais, de acordo com a Gráfica A: acabamento e tempo. Costuma ser utilizada principalmente para modelos e engenharia estrutural das embalagens. A técnica também envolve limites mínimos e máximos de gramatura do papel utilizado, de acordo com o tipo de lâmina. A Gráfica B reforçou um resultado de corte menos preciso. Também explica que na experiência deles, papéis de gramatura abaixo de 2mm costumam rasgar durante o corte.

Figura 55: Modelo de equipamento de plotter de recorte.



Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica A.

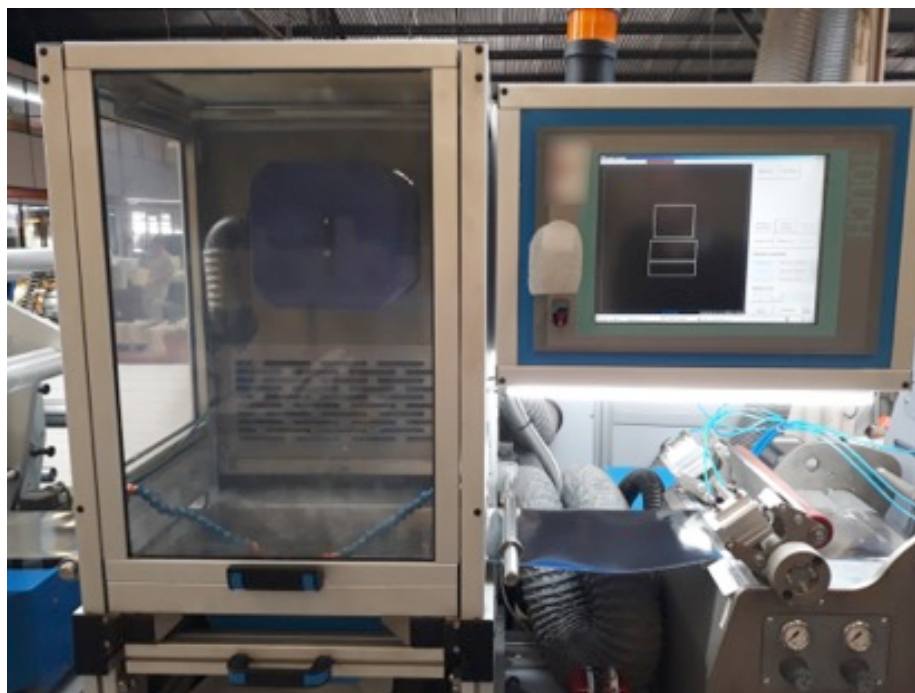
Nem todas as gráficas visitadas possuem plotter de recorte, como pode ser visto no quadro 5. Entretanto, a Gráfica C, por exemplo, comentou que está estudando a possibilidade de aquisição de um equipamento do tipo, com o objetivo de utilizá-lo para modelagem de embalagens.

4.1.2.5 Limitações do corte a laser

Entre as gráficas visitadas, apenas uma delas utiliza a tecnologia do laser para corte. Tanto a Gráfica A, quanto a Gráfica C, demonstraram relutância devido à possível queima do papel durante o recorte. A Gráfica B trouxe como limitante a fragilidade do material.

Entretanto, o representante da Gráfica D explicou que depende apenas da definição de potência e velocidade para evitar que o papel seja danificado durante o corte. Os equipamentos a laser também já costumam aspirar os decalques, agilizando o processo de produção. Ainda assim, o recorte a laser não vai atingir a mesma velocidade do corte por faca, comentado no item 4.2.1.2.

Figura 56: Equipamento de corte a laser.



Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica D.

Figura 57: Sistema de lentes do corte a laser.



Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica D.

4.1.2.6 Hotstamping

Ao apresentar a pesquisa para as gráficas, algumas delas sugeriram como alternativa o Hotstamping, já que não é considerado como processo de impressão.

Trata-se de um acabamento que utiliza películas metálicas ou pigmentadas, fixadas no substrato através de pressão e calor. Esta película é composta por 5 camadas: filme de proteção, desmoldante, laca, alumínio e adesivo. Durante o processo, a laca, o alumínio e o adesivo são transferidos para o papel. É necessário produzir um clichê, como no processo do relevo seco (CAMILO, p. 321, 2017). Desta forma, o acabamento será realizado sempre em cores sólidas, metálicas ou holográficas.

Como problemas ambientais, pode ser destaca a dificuldade para reciclar o resíduo da película (filme de proteção, citado anteriormente), de acordo com a Gráfica A.

Figura 58: Película do Hotstamping aguardando descarte.



Fonte: produzida pela autora durante visita na Gráfica D.

Este acabamento foi descartado para o projeto pois, apesar de não ser um sistema de impressão, ainda é uma técnica que envolve a aplicação de outra substância ao papel.

4.1.2.7 Outras limitações

A proposta em si de produção de embalagem sem utilização de tinta ou outros materiais, focando principalmente em técnicas de corte e relevo trouxeram outras considerações das gráficas que podem ser consideradas como limitantes do projeto. Uma delas é a questão da produtividade.

A embalagem com recortes precisa ser bem estruturada e testada, pois a pressão na linha de montagem pode desestruturá-la. A Gráfica B explica que quanto menor o espaço entre os vazados, menos estável será a estrutura. O grande segredo da embalagem é o tipo de papel e boas dobras de acordo com a Gráfica A. A Gráfica D, que trabalha principalmente com rótulos, citou uma preocupação frequente com a tensão da aplicação, que estica o rótulo para colocá-lo na superfície de forma regular. Um recorte muito elaborado pode fazer com que o substrato se rasgue e o material seja perdido, além de parar a produção em linha e exigir tempo de manutenção.

O destaque dos recortes é outro grande problema. Quanto menor o espaço entre as áreas vazadas, mais difícil é para retirar. A embalagem pode ser perdida caso ocorram danos, como rasgos das áreas não destacadas, resultando em produtividade mais baixa e redução da sustentabilidade da produção, explica o representante da Gráfica B. Existem hoje equipamentos que fazem mais de um processo, como destaque e relevo. Mas o destaque realizado por equipamentos depende do tipo do papel. O destaque também significa mais uma etapa de trabalho, que resulta em mais remuneração, fazendo com que o custo do projeto aumente.

A Gráfica C trouxe uma reflexão: “As embalagens ainda não se reinventaram tanto quanto a impressão”.

A Gráfica E comenta que as embalagens obrigatoriamente precisam ter uma identificação.

4.2.2 A busca da sustentabilidade nas gráficas visitadas

Durante as visitas às gráficas, um dos pontos discutidos foram as suas iniciativas de sustentabilidade. A mais comentada trata da reciclagem dos diferentes resíduos da produção.

As aparas dos impressos de todas as gráficas entrevistadas são destinadas a locais adequados para sua reciclagem. A Gráfica A chega a enviar para reciclagem 10 toneladas de aparas por mês e tem como vantagem um centro de reciclagem ao lado na empresa. Outro material de fácil reciclagem são as chapas de alumínio utilizadas no processo de impressão, que costumam ser vendidas para sucata. A Gráfica E, por exemplo, repassa para uma empresa terceirizada para o descarte dos resíduos recicláveis. Entretanto, vale a pena ressaltar que todos os processos, seja

de impressão ou de acabamento geram resíduos, e nem todos são recicláveis. Entre os processos de plastificação, a plastificação BOPP é a mais agravante em termos de sustentabilidade ambiental, de acordo com o representante da Gráfica A. Alguns químicos expelidos pelas máquinas precisam de descarte especial.

A água é um insumo barato e faz com que os materiais produzidos a base d'água também sejam mais acessíveis, explica o representante da Gráfica A. Dessa forma, o acesso a tintas a base d'água, e portanto menos tóxicas, é facilitado. Tanto a gráfica A quanto a gráfica E ressaltaram que não utilizam mais tintas a base de solvente. Já a Gráfica B trouxe a questão da lavagem constante das máquinas que utilizam tintas específicas, gerando resíduos e possível contaminação de insumos.

A demanda de clientes por embalagens melhores para o meio-ambiente não é sentida pelas gráficas locais, de acordo com os entrevistados. A Gráfica C explica que existem fases em que os clientes pedem por soluções melhores para o meio ambiente. A Gráfica A ressalta que os clientes mais tradicionais não se importam, mas alguns mais modernos pedem por certificações, como o selo FSC. A principal alternativa costuma ser na escolha de papéis reciclados para demonstrar preocupação ambiental. Para alguns, a melhora ambiental está justamente na escolha do papel sobre o plástico como matéria prima. Podem ocorrer buscas por embalagens desenvolvidas sem o uso de cola, e eventualmente por tintas menos tóxicas. A Gráfica D aponta um movimento inverso, mais preocupado em manter o aspecto estético que em buscar a sustentabilidade.

Alguns projetos especiais foram citados, como o caso de um cliente na Gráfica A que queria fazer uma embalagem totalmente branca, mas teve o código de barras como barreira para tal. A Gráfica B já confeccionou embalagens simples, utilizando apenas relevo e já trabalhou com texto vazado. A Gráfica C ressaltou um caso em que a embalagem não podia ter cola e o cliente exigiu comprovação de tinta a base de óleo vegetal.

Apesar de projetos interessantes, estes exemplos foram pontuais. Dessa forma, a principal busca por ações sustentáveis vem diretamente da própria gráfica que busca agregar valor. Os processos mais limpos também dão resultados financeiros positivos e por isso se tornam práticas. O melhor aproveitamento do papel, por exemplo, não é só praticado por questões ambientais, mas por questões econômicas pois significa menos custo de material.

4.2.3 Análise do projeto de embalagem segundo recursos das gráficas

O **reprojeto** da embalagem foi apresentado nas gráficas A, B, C e D, visto que estas trabalhavam com equipamentos com potencial para sua realização. As gráficas A, B e C trabalham com facas planas e trouxeram algumas limitações técnicas e algumas limitações econômicas, principalmente relacionadas a tempo.

A gráfica trouxe como dificuldade a limpeza dos decalques, que precisaria ser realizada manualmente, exigindo grande tempo e correndo o risco de dano na embalagem. Os recortes precisam de mais espaço entre eles, para garantir a integridade estrutural e a viabilidade da limpeza. O texto pequeno poderia ser realizado em relevo seco, porém não há garantia de contraste suficiente para ser legível.

A gráfica B explicou que já fizeram recortes de texto do tamanho do logotipo deste projeto, mas foi o menor que já realizaram. Tiveram muito trabalho para destacar. A elipse pode ser feita, porém com ajustes do espaçamento entre os recortes. A textura pode ser realizada em relevo seco com ajustes, diminuindo o nível de detalhamento. (Gráfica B)

A gráfica C concorda com a simplificação da textura. O Logotipo e os textos só poderiam ser feitos em equipamento de corte a laser, que não possuem, talvez em um plotter de recorte. A produção poderia ser realizada apenas em baixa escala. A elipse precisa ser simplificada para que seja viável.

A gráfica D, que possui um equipamento de corte a laser, sugeriu que o texto menor pudesse ser gravado no papel, sem atravessar. Entretanto, este processo exige muito trabalho, pois o equipamento necessita que seja informada a direção de corte de cada marca, nesse caso, de cada letra. Ofereceram como alternativa, o uso de uma etiqueta com o texto impresso. A textura em relevo está em uma área grande, podendo causar dificuldades de marcação, mas é viável. A elipse, da forma como foi apresentada resultaria em problemas estruturais pela pouca distância entre um elemento e outro. Uma outra questão técnica comentada foi a necessidade de desenvolvimento do próprio clichê para cada personalização.

Enfim, os principais critérios a serem observados em um projeto de embalagem sem impressão podem ser resumidos em:

- a) Espaçamentos mínimos entre áreas de corte, para não prejudicar a textura.
- b) Simplificação de texturas para garantir imagens mais definidas.

c) Preferir áreas menores de textura em relevo, para um resultado de mais qualidade.

Também vale ser ressaltado que a tecnologia de corte a laser se mostra essencial, assim como planejar a etapa de destaque dos recortes que pode tornar-se onerosa e inviabilizar o projeto.

4.3 EXPERIMENTAÇÃO

Para verificar a real viabilidade técnica de produção da embalagem utilizando apenas corte e vinco, foi realizada uma experimentação na Maquetaria da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em equipamento para corte a laser. Seguindo os ajustes propostos durante as visitas às gráficas, o projeto foi revisto e executado. Para execução no equipamento de corte que foi utilizado, o que será gravado deve ser marcado em verde ou amarelo, e o que será cortado deve ser marcado em azul.

De acordo com o equipamento disponível, a experimentação foi realizada apenas com técnicas de corte e marcação. O relevo não pôde ser verificado.

Figura 59: Projeto executado em corte a laser.



(Fonte: produzido pela autora)

O primeiro obstáculo foi a conversão do arquivo vetorizado para o formato aceito pelo equipamento. Dependendo do computador e do software, esta conversão acaba por gerar alterações.

A execução de uma embalagem em tamanho natural levou 13 minutos, enquanto a execução de uma versão 50% maior levou 15 minutos. Como apresentado no item 4.1.2, a velocidade de produção é extremamente importante para sua viabilidade econômica. Também se mostram necessários ajustes de intensidade e velocidade do laser.

4.3.1 Avaliação do projeto

O resultado do experimento oferece diversas questões para análise, como pode ser observado na figura a seguir:

Figura 60: Embalagem executada em corte a laser - tamanho original.



Fonte: Produzido pela autora

A questão da queima do papel pode ser observada no experimento. O equipamento utilizado não permitia uma grande variação de velocidade e potência. Desta forma, algumas linhas foram cortadas com intensidade acima do necessário, causando uma coloração marrom nas margens, característica da queima. Também é possível perceber que algumas linhas que deviam ser apenas marcadas ultrapassaram o limite do papel e acabaram aparecendo do outro lado, como o texto com descrição do produto e da empresa. As linhas que não ultrapassaram mostram a viabilidade técnica de sua execução.

Em relação à estrutura da embalagem, as alterações realizadas no projeto após o feedback das entrevistas em gráficas mantiveram a estrutura geral da embalagem. Entretanto, o texto apresentou alguns problemas. A marca foi reproduzida como esperado pelo projeto, porém com bastante fragilidade nas hastes que seguram o interior das letras vazadas. A descrição do produto e quantidade, entretanto, não conseguiram manter o interior, pois as hastes propostas não tinha espessura suficiente.

O texto com os ingredientes e descrição da empresa, com suas letras menores, foi projetado apenas para marcação. Mesmo assim, muitas letras vazadas perderam seus interiores e algumas ultrapassaram o papel. Também foram marcadas apenas pelo seu perímetro, como se a letra fosse proposta apenas com marcação de bordas.

Outro item que necessita avaliação e reprojeto é o código de barras. As hastes entre as barras não oferecem espessura o suficiente para sua execução.

Um experimento com tamanho 150% foi realizado para verificar potenciais de melhoria, como pode ser visto na imagem a seguir.

Figura 61: Embalagem executada em corte a laser - tamanho 150%.



Fonte: Produzido pela autora

Mesmo aplicando a mesma potência e velocidade da primeira versão, o texto descritivo apresenta-se com menos falhas e mais legível, comprovando que o tamanho e espaçamento entre recortes influencia diretamente no resultado final. A melhoria, entretanto demonstra possível viabilidade, desde que os parâmetros de equipamento e projeto sejam seguidos em conjunto.

4.4 DISCUSSÃO SOBRE POTENCIAL DE PRODUÇÃO LOCAL DE EMBALAGENS

Baseado nos levantamentos apresentados no item anterior, percebe-se que, apesar de viável tecnicamente, outros limitadores impedem que esta técnica seja aplicada neste momento na indústria gráfica do Rio Grande do Sul. O primeiro deles, e talvez o mais importante é a viabilidade econômica.

A tecnologia para impressão desenvolveu-se de forma tão veloz, que hoje a impressão, assim como diversos tipos de acabamento, podem ser realizados com custos bastante baixos. Porém, as tecnologias de corte e relevo parecem não ter acompanhado a mesma velocidade. As tecnologias capazes de realizar os cortes, como o corte a laser, propostos por esse projeto levam mais tempo e são mais caras que aquelas existentes na maioria das gráficas locais, como o maquinário de corte e vinco, existente em 5 das gráficas visitadas (Quadro 5).

É importante também ressaltar o trabalho do destaque dos recortes, que não é realizado automaticamente em diversos equipamentos. Este detalhe gera mais uma etapa de processo que precisa de trabalho manual. O resultado é maior custo, devido à mão de obra extra, e possibilidade de dano às embalagens em caso de espaços delicados e frágeis.

A melhor alternativa técnica é o uso de equipamentos de corte a laser. Entretanto, entre as gráficas visitadas, apenas uma possui esta tecnologia, mas trabalhava com papéis para etiquetas e rótulos, que possuem gramatura mais baixa que o papel cartão. As outras demonstraram receio ou falta de interesse em adquirir o maquinário, devido aos custos de investimento e possibilidade de queima das bordas do papel. Assim, é possível perceber um mercado que ainda não está preparado para a proposta apresentada.

A demanda dos clientes também foi apresentada com uma maior preocupação com custos. A questão ambiental costuma apresentar-se em segundo plano, com busca de alternativas mais simples, como papéis reciclados e certificações.

Em relação à quantidade de informações na embalagem, torna-se importante explicar que existem itens obrigatórios. Estes dados podem ser encontrados no Código de Defesa do Consumidor (p.17, 2017):

“Art. 31. A oferta e apresentação de produtos ou serviços devem assegurar informações corretas, claras, precisas, ostensivas e em língua portuguesa

sobre suas características, qualidades, quantidade, composição, preço, garantia, prazos de validade e origem, entre outros dados, bem como sobre os riscos que apresentam à saúde e segurança dos consumidores”(Código, p.17, 2017).

Desta forma, fica claro que, apesar da possibilidade de diminuição da quantidade de texto, este não pode ser completamente eliminado, mantendo-o como uma barreira.

Outro limitador é o código de barras. Trata-se de uma “representação gráfica da sequência de algarismos que vem impressa logo abaixo dele” (SUPER INTERESSANTE, 2019). A sua importância está na facilidade e agilidade para identificação do produto, sem risco de erros. Apesar de não ser obrigatória, é essencial para venda do produto em estabelecimentos comerciais. Nas experimentações, o espaço entre uma barra e outra se mostrou insuficiente para execução estruturalmente adequada.

A partir das limitações apresentadas, algumas alternativas para aplicar a técnica podem ser sugeridas. Os representantes das gráficas visitadas propuseram algumas soluções para resolver barreiras e aplicar a técnica proposta, mesmo que parcialmente, de forma mista. Uma delas seria a impressão de apenas uma das faces da embalagem. Desta forma, apesar da inserção de outras substâncias não ser eliminada, pode ser reduzida. Outra opção seria acrescentar uma etiqueta ou papel impresso dentro da embalagem com os elementos que se mostram mais difíceis de serem executados com corte e relevo.

A partir de tais reflexões, é possível identificar a viabilidade técnica do projeto, desde que com os devidos ajustes e equipamentos. Porém, no mercado atual do Rio Grande do Sul, baseado nas gráficas visitadas, a tecnologia ainda não é suficiente. Alternativas intermediárias podem ser aproveitadas para impulsionar estas opções.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca pela sustentabilidade, em especial no aspecto ambiental, já está difundida em todas as áreas da sociedade, seja através de uma visão humanista, em que é possível destacar ações e planejamentos como os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável traçados pela ONU, seja através de uma preocupação mais mercadológica, embasada por estudos de desenvolvimento de produtos sustentáveis e eco-amigáveis. Alguns métodos relevantes para esta pesquisa estão nas redução de consumo e contaminação de recursos e facilidade de reciclagem.

A tinta é um exemplo. A fase de descarte de produtos de papel que possuem tinta pode ser bastante danosa ao meio ambiente, com a concentração de metais pesados nas cinzas de incineradores, na lama das usinas de destintagem ou como infiltração no abastecimento de água a partir de aterros sanitários. No processo da reciclagem do papel, a existência de outras substâncias dificulta o reprocesso do material, obrigando-o a passar por uma etapa de destintagem com mais inserção de químicos, muitas vezes também perigosos.

Assim como qualquer material, a produção da tinta também tem seu custo ambiental, seja pela extração de matéria prima, pelo consumo de energia e água, pela produção de resíduos. A diminuição do seu consumo, e conseqüentemente da sua produção pode ser muito benéfica para o desenvolvimento sustentável ambiental.

Desta forma, o uso do papel sem impressão ou aplicação de outras substâncias deve ser explorado para reduzir um pouco do impacto ambiental de produtos gráficos, como buscou-se argumentar nesse trabalho. A questão para esta pesquisa foi formatada da seguinte forma: “É possível, com os equipamentos e tecnologias disponíveis hoje no mercado gaúcho, realizar projetos feitos de papel sem utilizar impressão ou aplicação de outras substâncias no material?” A partir dos dados coletados, percebe-se que, apesar de viável tecnicamente, o mercado gaúcho não dispõe de equipamentos e demanda para a execução do projeto.

Para responder a tal questionamento, foi traçado o objetivo geral de investigação da viabilidade técnica de utilização do papel sem impressão, com delimitação no mercado de embalagens e na produção em escala industrial. Assim, foram pesquisadas e descritas ferramentas e máquinas existentes em gráficas de pequeno, médio e grande porte através da realização de pesquisa de campo no

estado do Rio Grande do Sul. Também foi realizado um experimento com uma potencial técnica de utilização do papel sem impressão, cujos resultados também foram avaliados para verificação da viabilidade técnica.

A pesquisa de campo iniciou com algumas dificuldades de acesso, devido à falta de resposta das gráficas contatadas. Entretanto, aquelas que aceitaram a visita foram receptivas e contribuíram com todas as informações solicitadas além de compartilharem com opiniões e experiências.

Foi verificado que a grande maioria das gráficas participantes possuem equipamentos de faca para corte e vinco e relevo seco. Apesar de comuns, estas técnicas apresentam muitas limitações técnicas, inviabilizando a proposta de projeto de embalagem de produto cosmético. Equipamentos com mais possibilidades, como a plotter de recorte, existem apenas em poucos estabelecimentos e são utilizados apenas para modelos e testes estruturais, devido a sua baixa qualidade de recorte e tempo para execução. Já o corte a laser, disponível em apenas uma das gráficas visitadas, demonstra um potencial maior de aplicabilidade para este objetivo. Porém, a baixa adesão das gráficas a esta tecnologia é resultado de altos custos para implantação, acompanhado de receio dos resultados, em especial, da queima do papel. Estas limitações acompanhadas da baixa demanda para embalagens com menos impressão e mais recortes ou relevos resulta em pouca experiência neste tipo de aplicação.

O processo da experimentação também contou com algumas barreiras. A primeira delas foi o acesso ao equipamento de corte a laser. A única gráfica que possuía esse equipamento não utilizava o material adequado e não estava disponível para executar a experimentação. Desta forma, foi utilizada a máquina da maquetaria do Departamento da Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Neste contexto, de experimento como protótipo o arquivo original também precisou ser convertido para adequação ao equipamento, gerando algumas falhas no desenho. A programação de velocidade e intensidade também ocorreu de forma automática, causando alguns resultados diferentes do esperado.

As informações gravadas no papel ficaram claras, na grande maioria. Aquelas que tiveram falhas podem ser solucionadas com ajuste de design e da programação do equipamento de corte. Desta forma é possível perceber a viabilidade técnica, desde que com os devidos ajustes de acordo com o maquinário.

Como resultado final, é possível afirmar que existe a viabilidade técnica de uma embalagem sem impressão ou aplicação de qualquer outra substância. Entretanto, o mercado gráfico regional que abriu as portas para a pesquisa, portanto, baseado nas gráficas visitadas, ainda não está equipado para tais projetos e não recebem demanda para os mesmos. Seria necessário um maior desenvolvimento para o mesmo. É importante ressaltar que, além das barreiras técnicas, foram encontradas outras dificuldades para execução, com destaque para a questão econômica.

Um projeto de recorte mais detalhado exige uma programação mais elaborada do arquivo, tanto para estabelecer os formatos corretos como para a velocidade e potência adequados. O destaque das peças recortadas também é uma etapa a ser analisada, que exige mais tempo e mais mão de obra para ser executada. Desta forma, o processo completo se torna mais caro tem sua viabilidade econômica questionada no cenário atual.

Para facilitar a implementação da proposta no mercado de hoje, alguma alternativas podem ser analisadas. Os próprios representantes das gráficas visitadas fizeram sugestões de resultados mistos, em que a embalagem não seria completamente sem impressão, mas poderia ter a superfície que recebe a tinta reduzida. No caso de uma caixa, por exemplo, apenas uma das faces poderia receber impressão, contendo as informações que exigem técnicas mais elaboradas para gravar diretamente no papel. Etiquetas também poderiam ser utilizadas com o mesmo objetivo.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Outras pesquisas podem ser bastante relevantes para o desenvolvimento desta proposta. Uma melhor compreensão das barreiras econômicas a partir de informações mais aprofundadas pode contribuir de forma significativa. A cola é outra substância que pode ser nociva e gerar impacto no meio ambiente. O desenvolvimento de mais propostas de embalagens que não utilizam cola e que podem ser montadas em linhas industriais também é um assunto que pode gerar evolução no mercado gráfico. Papéis com menos substâncias nocivas é sempre um objetivo importante. Finalmente, a pesquisa em tecnologias mais acessíveis para

recortes e relevos com mais precisão é essencial para aumentar as possibilidades da indústria gráfica.

6. BIBLIOGRAFIA

ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tinta. **O setor de tintas no Brasil**. Disponível em: <https://www.abrafati.com.br/o-setor-de-tintas-no-brasil/>> Acesso em 13 de novembro de 2019.

ABRE, A. B. De E. **Anuário ABRE 2017**. São Paulo: [s.n.], 2017.

ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel. **A História da indústria de celulose e papel no Brasil**. São Paulo: Tempo & Memória, 2004.

ALL3DP. **Laser Cutting Paper – How to Get Started**. All3dp. 2018. Disponível em: < <https://all3dp.com/2/laser-cutting-paper-how-to-get-started/>>

ARANTES, M. C. **ARTE EM PAPEL MACHÊ E PAPIETAGEM E O PAPEL DO EDUCADOR EM ARTE : Uma trajetória rumo à sensibilização e conscientização ambiental**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2007.

ASUNCIÓN, Josep. **O papel – técnicas e métodos tradicionais de fabrico**. Lisboa: Editorial Estampa, 2002.

AVELLA, Natalie. **Diseñar con papel**. Cingapura: Gustavo Gil, 2009.

BARIA, E.; WILKE, R. C. **Produção gráfica sustentável – Um estudo para designers**. Anais do 2o Simpósio Brasileiro de Design Sustentável, 2009.

BIANCHINI, Maria Victoria Garrido; SILIAKUS, Ingrid; AYSTA, Joyce. **The Paper Architect – Fold-it-yourself buildings and structures**. Nova Iorque: Potter Craft, 2009.

BLOOM, Jonathan M. **Paper Before Print – The History and Impact of Paper in the Islamic World**. New Haven: Yale University Press, 2001.

BLUM, Arina. **Inserção da Técnica de Origami no Processo de Projeção de Embalagens**. Porto Alegre: Tese de Mestrado – Escola de Design UNISINOS, 2010.

BRASIL. **Código de defesa do consumidor e normas correlatas**. – 2. ed. – Brasília : Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2017.

CABRALES, Celina. **Caderno de Papel**. Porto Alegre: Usina do Papel/SMC/PMPA, 2011.

CABRALES, Celina. **O papel de Otavio – A presença de Otavio Roth no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Papeloteca Otavio Roth, 2006.

CAMILO, Assunta Napolitano. **Embalagem melhor mundo melhor**. São Paulo: Instituto de Embalagens, 2017.

CAMILO, Assunta Napolitano. **Embalagens Papelcartão**. São Paulo: Instituto de Embalagens, 2016.

CAMPOS, E. Da S.; FOELKEL, C. **A Evolução Tecnológica do Setor de Celulose e Papel no Brasil**. São Paulo: ABCTP, 2016.

CEDRAN, Lourdes. **Cartilha do Papel Artesanal**. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica, 1997.

CEMPRE. **Review 2013**. São Paulo: [s.n.], 2013. Disponível em: <www.cempre.org.br>.

CEMPRE. **Review 2015**. São Paulo: [s.n.], 2015. Disponível em: <www.cempre.org.br>.

CEMPRE. **Review 2019**. São Paulo: [s.n.], 2019. Disponível em: <www.cempre.org.br>.

CERTIFICAÇÃO ISO. **ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental**. Disponível em <https://certificacaoiso.com.br/iso-14001/>. Acesso em 29 de abril de 2018.

CRIVELLI, Ricardo A. **Notas sobre papel a mano**. Buenos Aires: Taller Grabart, 1994.

DANTAS, M. R. **Prospecção das tecnologias para produção de fibras secundárias branqueadas de celulose por processamento de papel recuperadode pós-consumo**. São Caetano do Sul: Instituto Mauá de Tecnologia, 2012.

DOUGHERTY, Brian. **Design Gráfico Sustentável**. São Paulo: Edições Rosari, 2011.

ELLIOT, Marion. **Paper Sculpt Sensation**. Cincinnati: David & Charles, 2009.

EVANS, Poppy; SHERIN, Aaris. **Forms Folds Sizes**. Beverly: Rockport Publishers, 2008.

ESTADÃO. **Papel e Celulose**. São Paulo: Estadão Empresas Mais, 2017. p. 86–90. Disponível em: <<http://publicacoes.estadao.com.br/empresas-mais-2017/wp-content/themes/empresas-mais-2017/assets/download/pdf-revista.pdf>>.

FAIRS, Marcus. **Green Design: Creative, sustainable designs for the twenty-first century**. London: Carlton books Limited, 2009.

FIESP. **Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes**. São Paulo: [s.n.], 2006. V. 1.

FONSECA, Joaquim da. **Tipografia & Design Gráfico: design e produção gráfica de impressos e livros**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FSC BRASIL. **Sobre o FSC Brasil**. Disponível em <https://br.fsc.org/pt-br/fsc-brasil>. Acesso em 30 de abr. de 2018.

FSC BRASIL. **Sobre o FSC Brasil**. Disponível em <https://br.fsc.org/pt-br/certificao>. Acesso em 30 de abril de 2018.

GAUTO, Marcelo; ROSA, Gilber. **Química Industrial**. [S.l.]: Tekne Editora, 2013.

GATTI, Thérèse Hofmann. **A História do papel artesanal no Brasil**. São Paulo: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel - ABTCP, 2007.

GOLDEN, Alisa. **Making handmade books**. New York: Lark Crafts, 2010.

How Does a Plotter Work?. Techwalla. Disponível em: <<https://www.techwalla.com/articles/how-does-a-plotter-work>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

HUNTER, Dard. **Papermaking – The History and Technique of an Ancient Craft**. Nova Iorque: Dover Publications, 1978.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório 2017**. São Paulo, 2017.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório 2019**. São Paulo, 2019.

INMETRO – **Relatório de análise de chumbo em tintas**. 2015

ISO. **ISO 216:2007**. Disponível em <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:216:ed-2:v1:en>. Acesso em 8 de julho de 2018.

JACKSON, Paul. **The Pop-Up book**. Nova Iorque: Owl Books, 1993.

JENKINS, Jane. **Quilling - Techniques and inspirations**. Wellwood: Search Press, 2003.

JUNIOR, Rui Antonio Lanfredi; HURBAYNH, Washington Moreira. **Processo de impressão de corte e vinco**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2018.

KLANTEN, Robert; EHMANN, Sven; MEYER, Birga. **Papercraft**. Berlim: Gestalten, 2009.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. De; HERNANDEZ, J. A. **Polpa e Papel**. Universidade Federal do Paraná, 2013.

KOBAYASHI, Kazuo. **Cutting paper play**. Tóquio: MPC Publishing Co., 2009.

LEMOS, Aline Brionisio; NOLETTTO, Ana Paula Reis. Canudos de papel: requisitos técnicos. **Embanews**, Edição 352, 2019.

MANZINI, Ezio; VEZZOLLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. São Paulo:EDUSP, 2008.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: [s.n.], 2003.

MATSUDA, Koichi. **Washi – O papel artesanal japonês**. São Paulo: Aliança Cultural Brasil-Japão, 1994.

MITSUOKA, Ikuko; TAKAI, Kumiko. **Crane Origami**. Nova Iorque: Kodansha, 2007.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **RoHS Brasileira**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/gestao-das-substancias-quimicas/rohs-brasileira>. Acesso em 29 de abril de 2018.

NASSER, Abdul; NEOH, Jacinta Sonja. **Card Board Book**. Berkeley: Gingko Press, 2010.

NEDER, R. **A prática contemporânea da impressão tipográfica no design gráfico brasileiro**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2016.

NEGRÃO, Celso. **Design de embalagem: do Marketing à produção**. São Paulo: Novatec Editora, 2008.

PARSONS ENGINEERING SCIENCE. **Toxicity Reduction Evaluation Case Summary for the Pulp and Paper Industry**. Pasadena: [s.n.], 1996.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. De. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. [S.l.]: [s.n.], 2013.

ROBERT, T. **“Green ink in all colors” - Printing ink from renewable resources**. *Progress in Organic Coatings*, 2015. v. 78, p. 287–292.

ROBERTS, John Cristopher. **The Chemistry of Paper**. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1996.

ROBUSTI, C. et al. **Papel - Celulose e Papel**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2014.

RONCARELLI, Sarah; ELLICOTT, Candance. **Design de embalagem: 100 fundamentos de projeto e aplicação**. São Paulo: Blucher, 2010.

SATO, M.; SILVA, I. R.; JABER, I. M. **Educação Ambiental - Tessituras de Esperanças**. Cuiabá: Editora Sustentável, 2018.

SCHMIDT, Petra; STATTMANN, Nicola. **Unfolded**. Basel: Birkhauser, 2009.

SEBRAE. **Ideias De Negócios Sustentáveis Gráfica**. Brasília: SEBRAE, 2012.

SILVA, Ariomar F.; CARVALHO, Leôncio de O. **Brincando com Origami Arquitetônico**. ____: Global, 2002.

SLOMAN, Paul; MARRHEW Pull. **Paper – Tear, fold, rip, crease, cut.** Londres: Black Dog Publishing, 2009.

SUPER INTERESSANTE. **Como funciona o código de barras?** Disponível em <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-o-codigo-de-barras/>
Acesso em: 3 de agosto de 2019.

TAKAHASHI, Kaoru; KAZUNO, Yukako. **Supermarket – Package Designs.** ____:
Pie International, 2009.

TEJADO, A.; VEN, T. G. M. VAN DE. **Why does paper get stronger as it dries?**
Materials Today, 2010. v. 13, n. 9, p. 42–49.

VEZZOLI, C.; KOHTALA, C.; SRINIVASAN, A. **Product-Service System Design for Sustainability.** Sheffield: Greenfield, 2014.

WITHERS, Lawrence K. **Take One.** Amsterdam: The Pepin Press, 2007.

APÊNDICE I

MODELO E-MAIL - VISITAS ÀS GRÁFICAS

Caros _____,

Meu nome é Manuela Kanan. Sou mestranda no curso de design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Estou realizando uma pesquisa intitulada “Papel sem impressão: técnicas para sua utilização e mercados potenciais”, cujo objetivo é identificar a tecnologia atual disponível no mercado gaúcho para verificar a viabilidade de execução de embalagens sem impressão. Para tal, gostaria de visitar a sua gráfica para conhecer os seus equipamentos e possibilidades.

Caso exista interesse, qual seria a disponibilidade de vocês para agendamento da visita?

Obrigada pela atenção,

Manuela Kanan

Mestranda em Design – UFRGS

(51) 99905-0803

Análise de reciclabilidade de armações de óculos solares: policarbonato vs madeira

*Sunglasses frame recyclability analysis:
polycarbonate vs wood*

Manuela Kanan^a

Luis A. K. Bugin^b

Suzane Miritz^c

Jocelise Jacques de Jacques^d

Luis Henrique Alves Cândido^e

^aMestre em Design Visual, Kobe Design University, Mestranda em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, RS, Brasil
End. Eletrônico: manuela.kanan@yahoo.com.br

^bMestrando em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, RS, Brasil
End. Eletrônico: augustobugin@gmail.com

^cMestranda em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, RS, Brasil
End. Eletrônico: suzane.miritz@gmail.com

^dProfessora Colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, RS, Brasil
End. Eletrônico: jocelise.jacques@ufrgs.br

^eProfessor Titular do Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, RS, Brasil
End. Eletrônico: 00157156@ufrgs.br

doi:10.18472/SustDeb.v10n1.2019.20161

Recebido: 29/12/2018

Aceito: 19/03/2019

ARTIGO - VARIA

RESUMO

Os óculos solares surgiram após a Primeira Guerra Mundial e, desde então, são utilizados por grande parte da população como um acessório e como proteção para os olhos. Para investigar o final do ciclo de vida desse produto, elaborou-se um questionário virtual, obtendo-se 765 respostas; complementarmente foram realizadas entrevistas em óticas, lojas especializadas e oficinas de reparos da cidade de Porto Alegre (Brasil). De acordo com os dados coletados, foram selecionados dois óculos solares: modelo A, de polímero termoplástico, e modelo B, de madeira, visando analisar o potencial de reciclabilidade desses produtos. As armações dos modelos foram analisadas sob ótica do design orientado para a desmontagem (DfD) e para a reciclagem (DfR). Foi necessária caracterização de materiais de componentes do modelo A por técnica de FT-IR. As análises apontam que a armação do modelo A, de policarbonato, tem menor impacto na desmontagem, separação e reaproveitamento dos materiais pela indústria de reciclagem mecânica. Apesar de o modelo B ter materiais de origem renovável (madeira), a fabricação da armação por prensagem com resina epóxi compromete a separação dos materiais pós-consumo. Nesse caso, indica-se seu reaproveitamento por reciclagem energética.

Palavras-chave: Óculos solares; Madeira; Policarbonato; Fim de Ciclo de Vida; Reciclabilidade; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Sunglasses were created after the First World War and, since then, have been used by great part of the population, as an accessory and as eye protection. To investigate the end of the life cycle of this product, an on-line questionnaire was devised and 765 answers were collected from users. In addition, interviews in eyewear stores and repair shops were realized. Based on the gathered data, two sunglasses models were selected to analyse their recyclability potential: model A, made from thermoplastic and model B, made from wood. The frames were analysed under the Design for Dismantling and Design for Recycling approach. The material characterization for model A was necessary, made through the FT-IR technique. The analysis shows that model A has lower impact when dismantling, separating and reusing materials through mechanic recycling technology. Although model B is made of materials from renewable resources (wood), the frame production by pressing with epoxy resin compromises the separation of post-consumer waste, which, in this case, is indicated for reuse through energy recycling.

Keywords: Sunglasses; Wood; Polycarbonate; End of Life Cycle; Recyclability; Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Os óculos de sol, como produto de moda, são consumidos por diversas faixas etárias no Brasil. O mercado óptico no País movimentou 21,4 bilhões de dólares em 2017 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS ÓPTICAS, 2018), e apresenta projeção de crescimento, dependendo do cenário de recuperação e controle econômico nacional (EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2017). Desse mercado, mais de 70% dos produtos são importados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL apud EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2014) e, desse montante, destacam-se os óculos solares chineses que abastecem o comércio popular (SANT'ANNA, 2008).

Argumenta-se que produtos deveriam ser projetados em uma perspectiva que contemple todas as fases do ciclo de vida (MANZINI; VEZZOLI, 2008, p.100). Entretanto, a escala de resíduos gerados por óculos descartados, por desgaste ou tendências de moda, não apresenta reaproveitamento em meio à escassez de estudos na área (VIDALES, 2013). O reaproveitamento de resíduos é pauta da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) na elucidação de oportunidade para empresas que busquem alternativas tecnológicas, de disposição final adequada, por programas de 3Rs (redução, reutilização e reciclagem), conceitos regulamentados pela Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). Apesar de holístico, de acordo com o conceito dos 3Rs, o desenvolvimento de um produto pode ser orientado por diferentes diretrizes interdependentes entre si (MANZINI; VEZZOLI, 2002).

Vidales (2011) demonstra que a reciclabilidade de óculos poliméricos apreendidos como mercadoria ilegal depende da desmontagem, identificação de materiais e seu potencial de reciclabilidade. Segundo Rossi et al. (2016), o mercado de produtos sustentáveis está em ascensão, pois os requisitos ambientais deixaram de ser barreiras e passaram a ser incorporados como valor agregado. Aguiar et al. (2017) propõem estratégias não baseadas na Análise do Ciclo de Vida (ACV) ou no custo, mas em informações do potencial de reciclabilidade das partes do produto em desenvolvimento.

Nesse caso, o termo reciclabilidade é relacionado ao processo de desmontagem e identificação dos materiais, suas propriedades técnicas, processos de reciclagem, facilidade de descarte e de potencial reúso (AGUIAR et al., 2017). O objetivo do presente artigo é ampliar a discussão sobre desmontagem e reciclabilidade de óculos solares investigados por Vidales (2011, 2013), pela comparação destes com modelo de óculos “sustentável” com armação de madeira.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 CONSUMO SUSTENTÁVEL E ÓCULOS SOLARES

A prática do consumo acompanha o ser humano em todos os momentos, direta ou indiretamente, mas é o indivíduo, ao decidir como e o que adquirir e utilizar, quem legitima a existência de um determinado

produto e estará na origem dos efeitos ambientais ligados à sua produção e ao seu escoamento final (MANZINI; VEZZOLI, 2008). Uma maneira de oportunizar boas condições de vida hoje, sem comprometer as gerações futuras, é guiar transformações no sentido de repensar o que e em que quantidade é consumido para alcançar o consumo sustentável (JACQUES, 2011). Segundo Costa e Oliveira (2009), consumo sustentável é o padrão de consumo por meio da compra e uso dos bens e serviços que atendam às necessidades básicas das pessoas considerando o impacto na degradação ambiental, e o meio ambiente como fator decisivo da aquisição ao uso e descarte dos produtos. Para Manzini e Vezzoli (2008), a melhor maneira para seguir no caminho da sustentabilidade é aquela em que cada consumidor em potencial, com base nos seus valores, critérios de qualidade e em sua expectativa de vida, faça escolhas que sejam as mais compatíveis com as necessidades ambientais. Isso porque, independentemente da eficiência dos processos e produtos, o que importa é o nível de consumo dos indivíduos, que não pode ser mais alto que aquele que o planeta pode suportar em longo prazo (BOND, 2005; JACQUES, 2011).

Historicamente, os óculos solares são uma solução para a demanda surgida nos anos de 1920, após a Primeira Guerra Mundial, momento em que a indústria de aviões crescia e se tornava apta a desenvolver aeronaves capazes de atingir altitudes impressionantes para a época. Em contrapartida, seus pilotos eram prejudicados pela claridade excessiva do sol acima das nuvens e acabavam sofrendo distorções visuais. Para solucionar esse problema, a Baush&Lomb, após anos de pesquisa, criou lentes de cristal verde que eram capazes de bloquear a luz solar assim como proteger os olhos contra os raios ultravioletas e infravermelhos (COSTA et al., 2010).

Assim, surgiram os óculos solares, utilizados hoje por grande parte da população, independentemente de faixa etária e sexo, em todas as épocas do ano como um acessório e parte do vestuário, seguindo as tendências de moda. Uma pesquisa realizada por Araújo (2013) sobre as motivações para o consumo de óculos solares demonstrou que o consumo desse objeto deve-se principalmente por ser um meio de distinção entre grupos e classes sociais.

2.2 DESIGN, FINAL DO CICLO DE VIDA E RECICLABILIDADE

O conceito do Design do Ciclo de Vida (Life Cycle Design– LCD) leva em conta todo o ciclo de vida do produto, propondo estratégias de: minimização de recursos, escolha de recursos e processos de baixo impacto ambiental, otimização da vida dos produtos, extensão da vida dos materiais e facilidade de desmontagem (MANZINI; VEZZOLI, 2008). O sucesso da implementação de estratégias baseadas no ecodesign deriva da disponibilidade de ferramentas de análise de ciclo de vida, do desempenho do produto e novas tecnologias durante a fase projetual (ROSSI et al., 2016).

No ecodesign, existe o Design Orientado ao Meio Ambiente (DfE) que agrupa abordagens como Design Orientado à Montagem (DfA), Design Orientado ao Serviço (DfS), o Design Orientado à Reciclagem (DfR) e o Design Orientado à Desmontagem (DfD). Essas abordagens auxiliam a mitigar impactos ambientais no desenvolvimento, consumo e disposição final de produtos, no sentido da ecoeficiência (PLATCHECK, 2012). Rossi et al. (2016) indicam que na implementação de diretrizes do ecodesign, além de parâmetros de consumo de energia e recursos, devem-se considerar requisitos de manufatura do produto. Segundo Allione et al. (2012), ao final de vida do produto, este deve ser passível de desmontagem por sistemas de junção reversíveis, desse modo viabilizando a separação dos materiais e encaminhamento a processos de reutilização.

Para o descarte, existem alternativas, como recuperação da funcionalidade de componentes, extensão do ciclo de vida do material por reciclagem ou resgate de conteúdo energético por incineração ou compostagem (MANZINI; VEZZOLI, 2008). Entretanto, na seleção de materiais, primeiro deve-se observar os materiais com potencial de reciclabilidade, biodegradabilidade ou compostagem para depois considerar materiais potenciais de recuperação energética (ALLIONE et al., 2012). A Lei nº 12.305/10, da Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece diferenciação entre resíduo e rejeito, como estímulo ao reaproveitamento e reciclagem de resíduos e a disposição final apenas de rejeitos (BRASIL, 2010).

Ao encontro do DfE, está o conceito lógico circular do Cradle to Cradle (Berço ao Berço), de McDonough e Braungart (2002), que pretende avaliar os processos de produção, uso e descarte de forma cíclica, nos quais os resíduos gerados pelo produto ou processos são reaproveitados em outro ciclo em um fluxo de transformação dos materiais. A aplicação desse conceito nos óculos passa pela constituição básica destes, a qual se dá por lentes e armação, esta última composta por aros, hastes, charneira, ponteiras, plaqueta e grip (VIDALES, 2011). Considerando-se a variedade de modelos existentes, pode ocorrer ausência de componentes, quando, por exemplo a dobradiça aplicada na estrutura da lente e do aro pode cumprir o papel de união entre a armação e as hastes (VIDALES, 2011). Segundo Vieira (2014), a desmontagem da armação dos óculos é difícil econômica e tecnicamente, devido à contaminação entre polímeros, pinos metálicos, colas e tintas.

Segundo Maris et al. (2018), a recuperação de plásticos é realizada por reciclagem mecânica, química ou energética, termos definidos pela norma ISO 15270. A Sociedade Americana de Ensaio de Materiais (ASTM) apresenta na norma D7209-06 a divisão dos processos de reciclagem em primário, secundário, terciário e quaternário (MARIS et al., 2018; ZANIN; MANCINI, 2009).

A reciclagem primária resulta do reaproveitamento de resíduos pré-consumo, como sobras e refugos, com baixa contaminação, propriedades semelhantes ao material virgem e mesma aplicação, podendo ser referida como de ciclo fechado (MARIS et al., 2018; ZANIN; MANCINI, 2009).

A reciclagem secundária, ou reciclagem mecânica, utiliza processos mecânicos (separação, lavagem, moagem, secagem, extrusão ou injeção) para converter o resíduo sólido urbano, com certa deterioração das propriedades, em matéria-prima reciclada a ser incorporada, em parte ou no todo, em novas aplicações (MARIS et al., 2018; ZANIN; MANCINI, 2009).

Na reciclagem terciária, ou química, é empregado o processo químico de despolimerização dos polímeros, decompondo quimicamente o material em subprodutos de baixa massa molar para aplicar na formulação de novos polímeros ou combustíveis (ZANIN; MANCINI, 2009).

Finalmente, a reciclagem quaternária, ou energética, ocorre pelo reaproveitamento do calor ou eletricidade produzidos pela incineração do resíduo (MARIS et al., 2018; ZANIN; MANCINI, 2009). O esquema da Figura 1 apresenta um ciclo simplificado para a cadeia dos plásticos pós-consumo elaborado por Zanin e Mancini (2009).

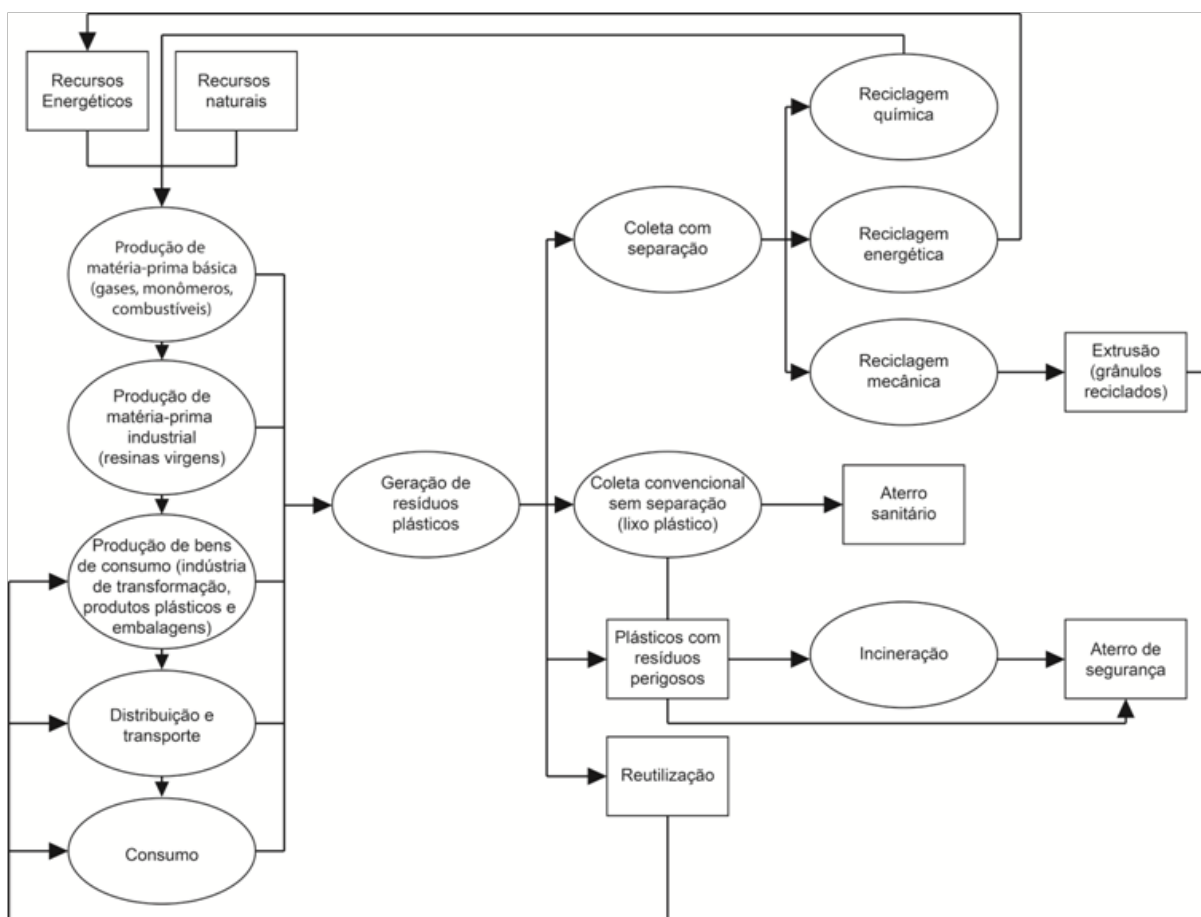


Figura 1– Representação esquemática do ciclo da cadeia dos plásticos pós-consumo.

Fonte: Zanin e Mancini (2009).

Atualmente, adota-se a reciclagem mecânica por vantagens ambientais e econômicas, embora seja restringida pela dificuldade de separação de diferentes polímeros, geralmente imiscíveis entre si (MARIS et al., 2018). Na etapa de separação, existem processos manuais e automáticos, cuja eficácia está na separação do plástico entre outros resíduos, como papel, vidro e metal. As técnicas de caracterização geralmente aplicadas são a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) (SINGH et al., 2017). Pela dificuldade de separação e durabilidade dos polímeros presentes no resíduo urbano, o acúmulo desses materiais ocorre em aterros e ambientes naturais. Esse problema pode ser mitigado mediante o remanejamento do resíduo para centros de reciclagem energética, os quais podem lançar substâncias perigosas à atmosfera (HOPEWELL et al., 2009).

Ashby (2013) define reciclabilidade como um conjunto de variáveis e propriedades, como consumo de energia e de água, emissões de poluentes, porcentagem de recuperação do material e de suas propriedades, assim como custos econômicos do processo. O potencial de reciclabilidade também pode ser descrito pelos processos de reciclagem em um material de baixo ou alto desempenho, e ainda aspectos de valor de mercado, infraestrutura existente, processos de separação e moagem (AGUIAR et al., 2017; ALLIONE et al., 2012).

A facilidade de desmontagem é uma das estratégias do LCD, assim como do DfD, pois influencia o potencial de reciclabilidade do material (AGUIAR et al., 2017; MANZINI; VEZZOLI, 2008; PLATCHECK, 2003). “Atualmente o desmonte se inviabiliza economicamente, pois não é levado em consideração nas fases iniciais do projeto, e, por não ser previsto, resulta em alto custo de mão de obra” (KINDLEIN JÚNIOR et al., 2002, p.4). Nesse sentido, o presente estudo busca comparar modelos de óculos solares de materiais distintos para avaliar um dos seus possíveis finais de ciclo de vida, pela análise da desmontagem, identificação dos materiais constituintes e potencial de reciclabilidade.

3 METODOLOGIA

Uma das possibilidades para o final do ciclo de vida de um produto é a reciclagem. Entretanto, nem todo objeto é facilmente reciclável. Neste estudo-piloto, será analisado o potencial de reciclagem de dois óculos escuros de materiais diferentes para comparação entre eles. “O estudo do potencial de reciclabilidade é conectado a dois fatores: processo de desmontagem e a reciclagem dos materiais” (AGUIAR et al., 2017, p. 225). O processo de desmontagem, de acordo com a ferramenta proposta por Aguiar et al. (2017), depende da quantidade e dos tipos dos elementos de junção. O segundo grupo de indicadores está relacionado aos materiais utilizados, facilidade de descarte e possibilidades de reutilização.

Este estudo foi realizado em três etapas: questionário on-line com usuários, entrevistas com lojistas, e análise de reciclabilidade. A Figura 2 expõe o fluxograma das etapas e procedimentos realizados para a obtenção dos resultados deste trabalho.

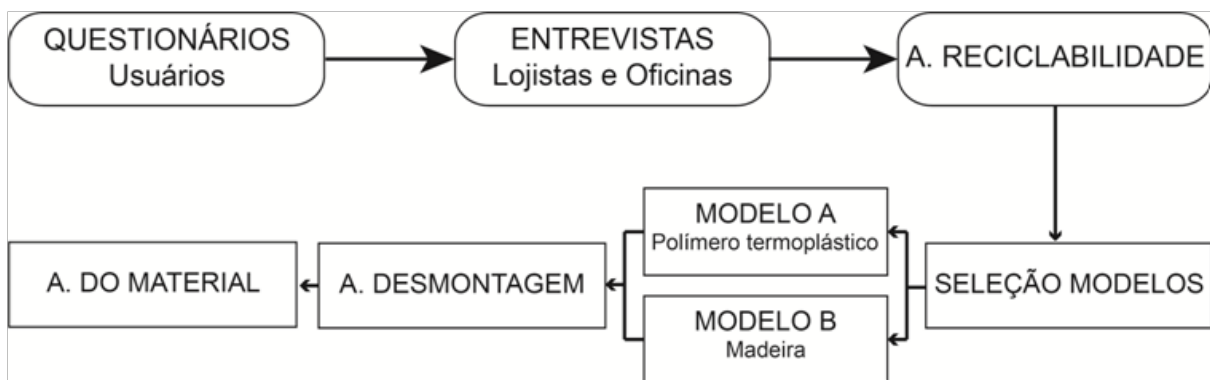


Figura 2– Fluxograma de etapas e procedimentos realizados.
Fonte: Autores (2018).

O questionário on-line foi aplicado para obter dados quantitativos dos hábitos de consumo e descarte dos óculos solares. Recursos da plataforma Formulários Google foram os escolhidos para esta etapa. Foram definidas oito perguntas objetivas, fechadas e obrigatórias: idade, sexo, número de óculos escuros que teve na vida, tipo de óculos que costuma comprar, local para adquirir óculos escuros, motivos para comprar óculos escuros novos, destino dos óculos escuros que não usa mais e destino dos óculos escuros danificados; todas com opção “outros” que permite a descrição de uma nova alternativa de resposta. O endereço on-line de acesso ao questionário foi compartilhado via redes sociais durante uma semana.

Na segunda etapa foram realizadas entrevistas pelos autores em 11 óticas e lojas especializadas, localizadas no centro do comércio popular e em shopping center orientado a público de maior poder aquisitivo, ambos em Porto Alegre (RS).

O foco das perguntas era identificar: público-alvo do estabelecimento, óculos escuros vendidos por semana, principais modelos de óculos escuros vendidos, principais fornecedores e existência de fornecedor regional (RS), realização de reparos de óculos escuros e existência de políticas de devolução de óculos solares. As respostas foram anotadas manualmente e posteriormente transcritas para arquivo de texto. Foram visitadas duas oficinas de reparos, indicadas pelos entrevistados, utilizadas quando os consumidores necessitam de reparos maiores nos seus óculos escuros.

A próxima etapa foi a análise de reciclabilidade, composta por três passos: seleção dos óculos escuros, análise de desmontagem e análise dos materiais. Pela oportunidade de acesso ao excedente de óculos utilizados por Vidales (2011, 2013), disponíveis no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM), selecionou-se, para este estudo-piloto, um modelo popular semelhante ao modelo F caracterizado por Vidales (2011), porém, de coloração rosa, denominado “A” para este estudo. No processo de seleção dos óculos escuros de madeira, foram identificadas três empresas, mas somente uma demonstrou interesse

em contribuir. A empresa ofereceu uma visita à sua oficina, além de uma explicação sobre todo o seu processo, contudo pediu confidencialidade. O modelo de madeira selecionado foi denominado “B”.



Figura 3— Óculos analisados: modelo A à esquerda e modelo B à direita.

Fonte: Autores (2018).

Selecionados os modelos (Figura 3), efetuou-se uma análise qualitativa de desmontagem, baseada no processo de remoção de subconjuntos e componentes, por meio destrutivo –para reciclagem– e não destrutivo–para reúso ou remanufatura. A ferramenta de AGUIAR et al. (2017) propõe cinco indicadores para essa avaliação: quantidade de elementos de junção (QFI), porcentagem dos elementos de junção (%FI), tipo dos elementos de junção (TFI), quantidade de tipos de elementos de junção (QTFI) e acessibilidade (AI).

No processo de desmontagem manual foram utilizadas apenas uma chave de fenda de precisão e chavephilips para extração de parafusos. Durante o processo, foram visualmente identificados os elementos que compõem o produto, por critério de: número de peças, sistemas de fixação entre componentes, materiais por componente, nível de desmontagem (não destrutivo ou destrutivo) e número de componentes ou peças restantes. Ressalta-se, para esta etapa, a definição do termo “peça” para partes individuais enquanto “componente” identifica um conjunto de peças. Por exemplo, uma haste é um componente, que pode ser composto de uma ou mais peças. Também ficou estabelecido que, para este trabalho, as plaquetas constituem parte dos aros, não sendo consideradas como um componente separado.

Em seguida foi realizada a análise dos materiais. No modelo A foram utilizados: princípio de similaridade para peças metálicas (ASHBY, 2009) por identificação visual, caracterização da lente e armação baseada na técnica de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR), alinhada aos resultados de Vidales (2013). A análise de FT-IR foi realizada no equipamento PerkinElmer Spectrum 100, sob parâmetros de intervalo de comprimento de onda entre 4000 a 650 cm^{-1} , resolução de 4 cm^{-1} e 16 varreduras. Em relação ao modelo B, foram utilizados os dados fornecidos pela produtora.

A ferramenta de Aguiar et al. (2017) oferece quatro indicadores para esta etapa. O primeiro é infraestrutura (II), que avalia se a reciclagem do material será realizada de forma efetiva. O segundo indicador é o da compatibilidade de material (MCI) verificando a possibilidade do processamento dos materiais em conjunto, caso a separação não possa ocorrer. O terceiro é denominado grupo de materiais (MGI) e trata da toxicidade dos materiais. E o último indicador é chamado de contaminação do fim do ciclo de vida (EoLCI) que avalia as mudanças químicas da matéria-prima que podem ocorrer durante a manufatura, como o acréscimo de tintas, colas, etc.

A partir das informações coletadas, foi analisado o potencial de reciclabilidade dos dois óculos escuros, como estudo-piloto, de forma comparativa.

4. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 QUESTIONÁRIO ON-LINE

Os resultados obtidos na pesquisa quantitativa realizada on-line com os 765 respondentes (Figura 4) apontaram que 58,8% destes guardam seus óculos solares sem uso e 26,1% os guardam mesmo danificados.

A influência dos hábitos de consumo é verificada quando 34,1% das razões de compra referem-se a gosto por variedades e moda e tendências. Foi possível identificar que a maior parte dos respondentes já teve entre 2 e 10 óculos solares durante sua vida.

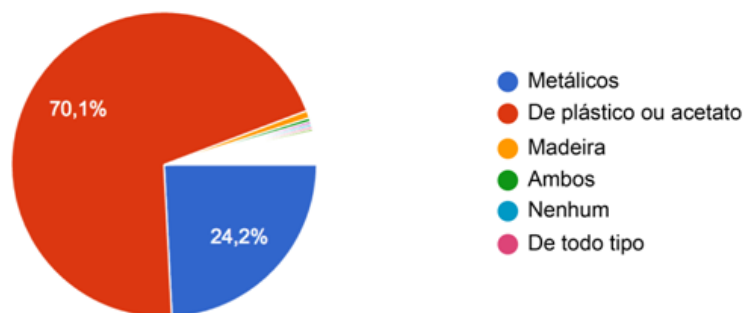
Quanto ao material, a preferência apresentada foi por óculos produzidos por polímeros, com mais de 70% das respostas, enquanto menos de 1% dos entrevistados escolhe óculos fabricados de madeira.

Entre os respondentes, 40% adquirem novos óculos solares apenas quando os antigos estão danificados e 18,2% compram para seguir as tendências da moda. Quanto a o que fazer com os óculos que não estão mais em uso, mais de 50% dos contribuidores os mantêm guardados, enquanto apenas 27,2% optam por doar seus óculos.

No caso de óculos danificados, 26,1% ainda mantêm seus óculos guardados, 32,8% jogam os óculos no lixo seco e 11,2% doam o objeto. Apenas 25,2% dos entrevistados optam por consertar os óculos. Esses dados demonstram a existência de um resíduo invisível na sociedade, composto por materiais que mesmo fora de uso não retornam ao ciclo de produção.

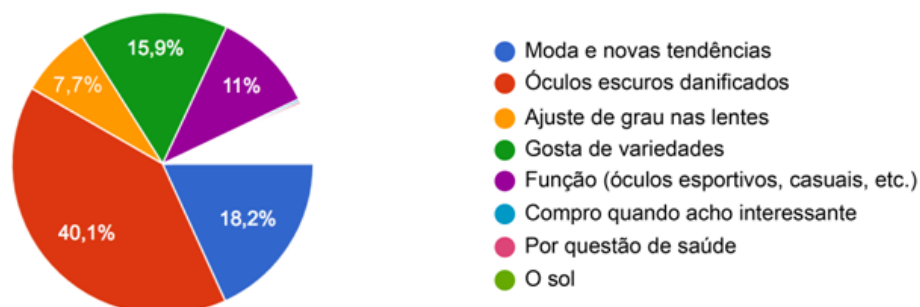
Qual tipo de óculos escuros você costuma comprar?

765 respostas



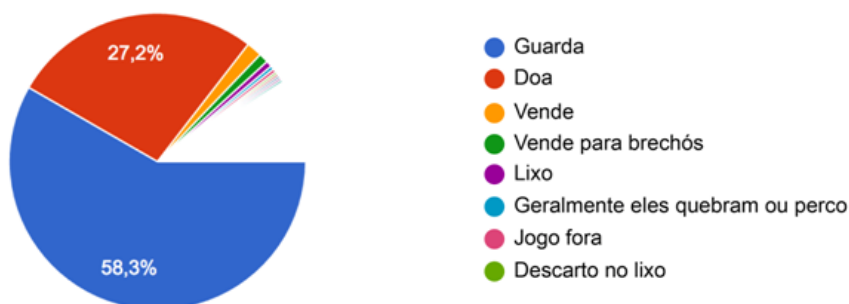
O que leva você a comprar óculos escuros novos?

765 respostas



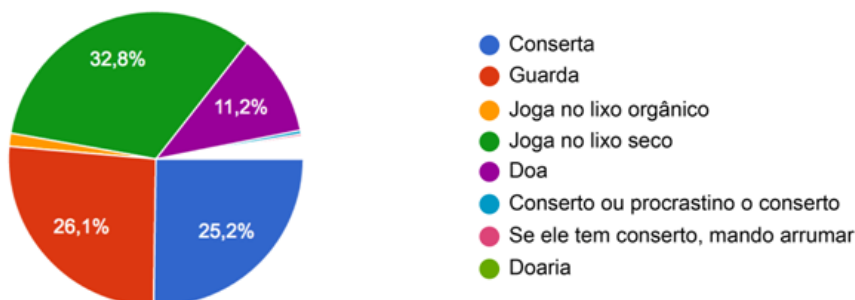
O que você faz com os óculos escuros quando não usa mais?

765 respostas



Quando seus óculos escuros estão danificados, o que você faz?

765 respostas



4.2 ENTREVISTAS EM LOJAS E OFICINAS

Na coleta de dados realizada em óticas e lojas especializadas, não foram observadas ações de coleta de óculos para descarte. As oficinas de conserto de óculos costumam devolver as partes danificadas ao consumidor e não se responsabilizam pelo seu descarte.

No caso das lentes, estas são descartadas no lixo seco ou no lixo orgânico. Foi identificada uma falha de conhecimento técnico, na qual lentes denominadas orgânicas, produzidas de polímero, são erroneamente dispostas no lixo orgânico. Essa confusão é apontada por Zanin e Mancini (2009): embora materiais sejam classificados quimicamente como orgânicos (moléculas com átomos de carbono), têm biodegradação lenta, comparada à compostagem natural utilizada para restos de alimentos e de plantas.

4.3 ANÁLISE DE RECICLABILIDADE

4.3.1 ANÁLISE DE DESMONTAGEM

Seguindo uma das diretrizes para produtos ambientalmente sustentáveis, a “facilidade de desmontagem: projetar em função da facilidade de separação das partes e dos materiais” (MANZINI; VEZZOLI, 2008, p.106), foi realizado um experimento de desmontagem dos dois modelos selecionados. Para a realização dessa análise, os modelos A e B foram averiguados pelos autores, constituindo o comparativo na Tabela 1 a seguir, a partir dos itens definidos e descritos no capítulo da metodologia.

Tabela1 – Análise de desmontagem.

	MODELO A (Polímero termoplástico)	MODELO B (Madeira)
Número de peças	11	21
Sistemas de fixação entre componentes	Encaixe (lente), parafuso, encaixe sob pressão	Adesivo, parafuso, encaixe (lente)
Materiais por componentes	Hastes - polímero e metal (2 peças cada)	Hastes - madeira revitalizada (3 peças cada)
	Aros - polímero e metal (3 peças)	Aros - madeira revitalizada e metal (9 peças)
	Dobradiças - metal (1 peça) + parte do aro e da haste	Dobradiças - metal (2 peças)
	Lentes - polímero (2 peças)	Lentes - polímero (2 peças)
Nível de desmontagem: não destrutivo, destrutivo	Lentes X aros - Não destrutivo	Lentes X aros - Não destrutivo
	Hastes X aros - Não destrutivo (precisa de ferramenta)	Hastes X aros - Não destrutivo
	Retirada dobradiça - Destrutivo	Retirada dobradiça - Destrutivo
Número de componentes ou peças restantes separadas	7 (separação manual com ou sem ferramentas, não destrutivo)	9 (separação manual com ou sem ferramentas, não destrutivo)

Fonte: Autores (2018).

O modelo B apresentou quase o dobro de peças em relação ao modelo A, devido à sua técnica de produção que cola pelo menos três peças para construção de cada componente. Em ambos os casos, as lentes são anexadas por encaixe, com a diferença do modelo B utilizar um sistema com parafusos para permitir o encaixe, uma vez que a madeira utilizada é menos flexível que o polímero.

A dobradiça do modelo A é integrada ao aro e à haste, com uma única peça em material diferenciado: o parafuso; enquanto a dobradiça do modelo B é constituída por duas peças em metal e precisa ser anexada aos outros componentes. O nível de desmontagem se mostrou o mesmo para ambos os modelos, apresentando necessidade de destruição apenas para a desmontagem das dobradiças.

Seguindo os indicadores de Aguiar et al. (2017), a Tabela 2 apresenta os resultados encontrados.

Tabela 2 – Resultados encontrados na análise de desmontagem seguindo os indicadores

	MODELO A (Polímero termoplástico)	MODELO B (Madeira)
QFI	6	15
%FI	1.2	3
TFI*	1.07 (encaixes) 1.6 (parafuso)	1.07 (encaixes) 1.6 (parafuso) 2.93 (cola)
QTFI	2	3
AI	1	1
* Valores apresentados por AGUIAR et al. (p. 223, 2016)		

Fonte: Autores(2019).

A partir dos indicadores analisados, é possível perceber que, apesar de semelhantes, os dois modelos apresentam valores bastante diferentes. Essa variação ocorre, principalmente, devido ao modelo B ser composto por camadas de madeira, que exigem a utilização de cola e aumentam a quantidade de elementos de junção (QFI). Ambos os óculos são compostos pelos mesmos componentes, fazendo com que a porcentagem de elementos de junção (%FI) se torne mais que o dobro no modelo B, em relação ao modelo A.

Nos indicadores de tipos de elementos de junção (TFI), a única diferença é o uso da cola, utilizada para agrupar as lâminas de madeira. Entretanto, seguindo os valores apresentados por Aguiar et al. (2017), demonstram o impacto que a cola apresenta, diminuindo significativamente o potencial de reciclabilidade desse material. Dessa forma, a total separação de todos os elementos do modelo B torna-se mais onerosa e difícil que a do modelo A.

4.3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

Após análise de desmontagem da armação dos modelos, foi necessário identificar os materiais do modelo A para aferir as características quanto à reciclabilidade. O modelo analisado é similar aos óculos caracterizados por Vidales (2013), porém, tendo coloração na armação e lente diferenciada. Portanto, foi aplicada a técnica de caracterização por FT-IR na armação e na lente.

Na Figura 5, revela-se que a curva de transmitância de análise da armação tem uma correlação de 0.9949 com a curva de revestimento da armação caracterizada por Vidales (2013), indicando a constituição por policarbonato (PC). Ressalta-se que os óculos analisados por Vidales (2013) tiveram sua lente translúcida caracterizada como polimetilmetacrilato (PMMA), nesse caso presume-se que o resultado representado pela Figura 5b seja de um material de revestimento aplicado à lente. Na Figura 5b, exemplifica-se isso pela correlação de 0.9970 entre o resultado da lente do modelo A com dados de revestimento de lente obtidos por Vidales (2013).

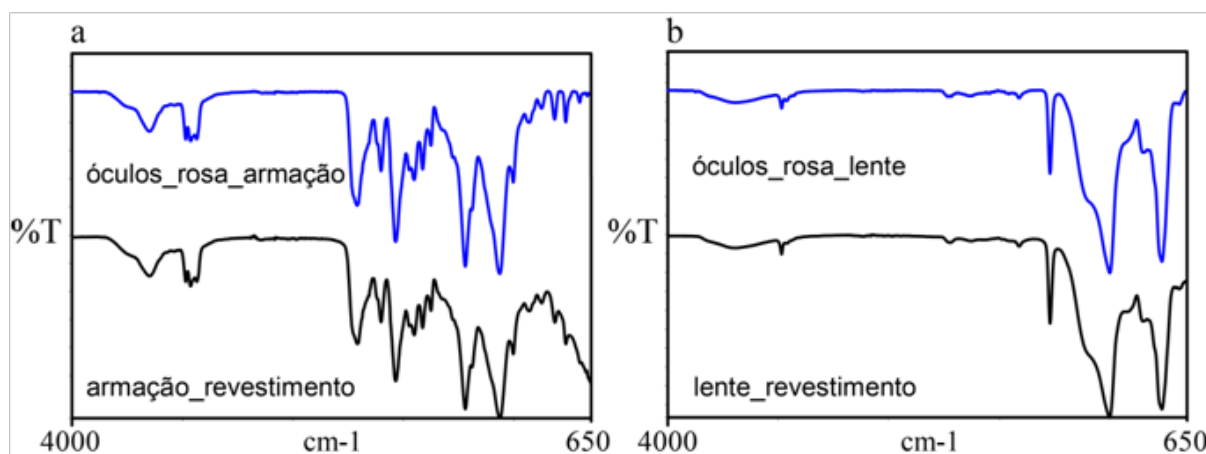


Figura 5 – Resultados do FT-IR comparativo da armação (a) e lente (b) em azul, com resultados em preto, de Vidales (2013).

Fonte: Autores(2018).

O modelo B, de acordo com as informações fornecidas pelos seus produtores, é composto por madeira revitalizada, coletada dos resíduos de indústria moveleira. Os componentes são feitos utilizando lâminas de madeiras diferentes, coladas com cola de poliuretano entre si. Seguindo os indicadores de Aguiar et al. (2017), a Tabela 3 mostra os resultados encontrados.

Tabela 3– Resultados encontrados na análise de materiais seguindo os indicadores propostos por Aguiar et al. (2017).

	MODELO A (Polímero termoplástico)	MODELO B (Madeira)
II	1	4
MCI	1	3
MGI	1	1
EoLCI	4	4

Fonte: Autores (2019).

É possível perceber que as principais diferenças estão nos indicadores de infraestrutura (II) e de compatibilidade dos materiais (MCI). O polímero termoplástico é um material reciclável (ASHBY, 2009), desde que não esteja contaminado com outros elementos, enquanto a madeira, principalmente em pedaços menores, é mais difícil de ser reutilizada e não costuma ser aproveitada nas cooperativas de reciclagem. A cola também é um material que não pode ser extraído da madeira com a tecnologia atual, aferindo um valor mais alto ao índice de compatibilidade do modelo B.

5 RESULTADOS

A análise de reciclabilidade realizada neste estudo-piloto teve como principais ações a análise de desmontagem e a identificação dos materiais, descritos nos itens 4.3.1 e 4.3.2 deste capítulo. A partir da identificação dos materiais, informações coletadas sobre os componentes e peças resultantes da desmontagem, de contato com centros de triagem, do estudo de Vidales (2013) e do programa CES Edupack 2013, foram os modelos analisados de acordo com sua reciclabilidade, produzindo a Tabela 4, a seguir.

Tabela 4 – Análise de reciclabilidade dos modelos A e B

	É separado em centro de triagem?	Reciclabilidade dos componentes após desmontagem?	Referência
Modelo A (Polímero termoplástico)	Não		Embapel Reciclagem - Comércio de Resíduos de Papel, Papelão e Plástico; CTS Papéis
2x Lente de acrílico (PMMA)	-	Reciclagem mecânica	Vidales (2013)
1x Aro de policarbonato (PC)	-	Reciclável após desmontagem destrutiva;	Vidales (2013)
2x Parafusos	-	Recicláveis/ reaproveitáveis;	Vidales (2013)
2x Hastes de policarbonato e aço	-	Recicláveis após desmontagem destrutiva.	Vidales (2013)
Modelo B (Madeira)	Sim		
2x Lentes de policarbonato	-	Reciclagem mecânica;	CES Edupack 2013
1x Aro de madeira com adesivo (PU) e resina (não identificada)	-	Reciclagem energética;	CES Edupack 2013
4x Parafusos	-	Reciclagem mecânica/ Reaproveitáveis;	CES Edupack 2013
2x Hastes madeira com adesivo (PU) e resina (não identificada)	-	Reciclagem energética;	CES Edupack 2013

Fonte: Autores (2018).

O modelo A apresenta melhores possibilidades de reciclagem dos materiais devido à separação destes. O modelo B, por outro lado, devido à cola adesiva e à resina, dificulta a separação completa, pois depende de processos mais agressivos, possivelmente químicos para remoção. A Tabela 5, a seguir, expõe uma comparação mais detalhada dos materiais encontrados durante o estudo.

Tabela 5– Análise de materiais identificados

	Energia incorporada, produção primária (MJ/kg)	Pegada de Carbono, produção primária	Potencial de Reciclagem	Energia incorporada, reciclagem	Pegada de Carbono, reciclagem (kg/kg)	Porcentagem de reciclagem no abastecimento atual	Calor para combustão (MJ/kg)	Combustão CO2 (kg/kg)
Aço	25 - 28 MJ/kg	1.7 - 1.9 kg/kg	Alto	6.6 - 8.0 MJ/kg	0.4 - 0.48	40 - 44%	—	—
Polycarbonato	103 - 114 MJ/kg	5.7 - 6.3 kg/kg	Alto	38 - 47 MJ/kg	2.3 - 2.8	0,5 - 1%	21 - 22	1,9 - 2,0
Acrílico	17.6 - 19.4	1.32 - 1.46	Alto	36.1 - 39.9	2.19 - 2.42	0.67 - 0.74%	25.9 - 27.2	2.15 - 2.25
Madeira (imbuia)	9.8 - 10.9 MJ/kg (madeira dura)	0.8 - 0.94 kg/kg (madeira dura)	—	0.58 - 0.64	0.043 - 0.048	8.55 - 9.45%	19.8 - 22	1.76 - 1.85
Poliuretano	110 - 118 MJ/kg	3.7 kg/kg	—	—	—	0.1%	21.8 - 22.9	2.0 - 2.1

Fonte: Autores, baseado em ASHBY (2009, 2013) e CES Edupack(2013).

A pegada de gás carbônico do polycarbonato (modelo A) é muito superior ao da madeira (modelo B). Porém, mesmo que o destino da madeira seja o da reciclagem quaternária, visando geração de energia, o adesivo de poliuretano e a resina não identificada podem causar a emissão de poluentes durante a incineração.

Areciclabilidade do polycarbonato pode ser considerada muito superior à da madeira, que é um material que dificilmente poderá ser reprocessado. Todos os materiais identificados no modelo A são tecnicamente recicláveis, enquanto que os do modelo B não apresentam as mesmas características. O fato de matéria-prima ser reciclável aumenta o seu ciclo de vida, contribuindo para a diminuição de extração e de descarte em aterros sanitários.

Dessa maneira, fica clara a influência da decisão de projeto no final do ciclo de vida de um produto. “Se um produto dura mais do que outro, de um lado reduz a geração de descartes e, de outro, evita indiretamente o consumo de novos recursos para a produção e distribuição de produtos destinados a substituir aqueles de vida mais breve” (MANZINI; VEZZOLI, 2008, p.108). Se o designer trabalha com a possibilidade de reciclagem, deve guiar seu projeto no sentido do design para desmontagem. Contudo, se a opção recai pelo reaproveitamento de matéria-prima renovável, como a madeira, a extensão do ciclo de vida pode se dar pelo apelo do produto em si.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das avaliações realizadas, é possível concluir que o modelo A, de polycarbonato, possui um potencial de sustentabilidade ambiental superior aos óculos B de madeira. É importante grifar a palavra potencial, pois este depende de condições específicas.

O potencial econômico baseado na reciclabilidade também aponta para o modelo de óculos A, pois sua matéria-prima possui maior valor de mercado aumentando a possibilidade da sua reciclagem. A larga escala de produção do tipo de óculos A provém da oferta de matéria-prima e agrega valor ao resíduo, viabilizando economicamente sua reciclagem. Ainda, para reduzir custos, é possível que os materiais sejam extraídos e separados sem a desmontagem do produto, por meio de processo destrutivo.

Entretanto, visto que os centros de triagem não costumam realizar a desmontagem de óculos solares, o provável destino de tais produtos, mesmo que descartados como lixo seco, será os aterros, como visto nos itens 2 e 4 deste trabalho. No cenário, em que ambos os óculos seriam descartados no aterro, e considerando as diferenças de tempo de degradabilidade do polímero sintético e da madeira, é possível que o modelo de óculos B apresente um impacto ambiental menor. Contudo, vale lembrar que geralmente a produção dos óculos de madeira está associada à utilização de um resíduo pré-consumo, quando a madeira tem origem no descarte de outras indústrias, como a moveleira, ou também, há empresas que trabalham com resíduo de madeira pós-consumo. Assim, em vez da ênfase na reciclabilidade do material no fim do ciclo de vida, este projeto dos óculos de madeira orienta-se no reaproveitamento de materiais descartados.

Isso expõe uma lacuna para continuação desta pesquisa. Percebe-se uma real necessidade de conscientização no âmbito do consumo sustentável, visto que uma política de descarte por empresas fornecedoras de óculos solares que viabilize um final de ciclo de vida adequado ao produto é praticamente inexistente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Consolidando uma Política Industrial para o Setor Óptico, 2014. Disponível em:

<http://www.abdi.com.br/PublishingImages/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20ABDI%20Abi%C3%B3ptica%2020_01_2014.pdf> Acesso em: 27 jul. 2017.

AGUIAR, J. et al. A design tool to diagnose product recyclability during product design phase. *Journal of Cleaner Production*, n.141, p. 219-229, 2017.

ALLIONE, C. et al. From ecodesign products guidelines to materials guidelines for sustainable product. *Qualitative and Quantitative multicriteria environmental profile of a material. Energy*, v. 39, n. 1, p. 90-99, 2012.

ARAÚJO, D. D. de. Que Mercadoria são os Óculos? Uma etnografia sobre o consumo na Chilli Beans. 2012. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Sociais) – Departamento de Antropologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

ASHBY, M. F. *Materials and Design: the art and science of material selection in product design*. Amsterdam; London: Butterworth-Heinemann. 2009.

ASHBY, M. F. *Materials and the environment: eco-informed material choice*. Amsterdam; London: Butterworth-Heinemann. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS ÓPTICAS – ABIÓPTICA. Disponível em:

<<https://www.abioptica.com.br/setor-optico-cresce-74-em-2017-segundo-a-abioptica-conheca-redes-de-franquias-como-a-nys-collection-com-investimento-a-partir-de-r68-mil-e-a-otica-diniz-que-possui-mais-de-mil-unidades-franquea/>>. Acesso em: 07 dez. 2018.

BOND, S. The global challenge of sustainable consumption. *Consumer Policy Review*, v.15, n.2, Mar/Apr 2005, p.38-44.

CES EDUPACK 2013. Versão 12.2.13 [S.l]: Granta Design Limited, 2013.

COSTA, C. L. M. et al. Óculos escuros: acessórios essenciais e ícones da moda. In: CONGRESSO INTERNO DO INMETRO, 2010, Rio de Janeiro.

EUROMONITOR – Eyewear in Brazil, 2017. Disponível em: <<http://www.euromonitor.com/eyewear-in-brazil/report>>. Acesso em: 27 jul. 2017.

FULLERTON, D.; WU, W. Policies for Green Design. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 36, n. 2, p. 131-148, 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069698910440>>.

HOPEWELL, J.; DVORAK, R.; KOSIOR, E. Plastic recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of The Royal Society B. Biological Sciences*, v. 364, p. 2115-2126, 2009.

JACQUES, J. J. Estudo de iniciativas em desenvolvimento sustentável de produtos em empresas calçadistas a partir do conceito berço ao berço. 2011. 322p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre-RS, 2011.

KINDLEIN JÚNIOR, W. et al. Proposta de Implementação do Ecodesign na Incubadora Tecnológica de Design de Produto (Cientec/NdSM). 1º CONGRESSO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM DESIGN E 5º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN – P&D 2002. Anais... Brasília, outubro de 2002, ISBN 85-89289-01-X.

Lei Nº 12.305, DE 02 DE AGOSTO DE 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 27 jul. 2017.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Edusp, 2002. 2ª reimpressão. 2008.

MARIS, J. et al. Mechanical recycling: compatibilization of mixed thermoplastic wastes. *Polymer Degradation and Stability*, v. 147, p. 245-266, 2018.

PLATCHECK, E. R. Design industrial: metodologia de EcoDesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis / Elizabeth Regina Platcheck. São Paulo: Atlas, 2012.

PORTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/>>. Acesso em: 15 jul. 2017.

ROSSI, M.; GERMANI, M.; ZAMANGNI, A. Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies. *Journal of Cleaner Production*, v. 129, p. 361-373, 2016.

SANT'ANNA, J. P. Óculos: sucedâneo do vidro nas lentes, o plástico agora avança a olhos vistos nas armações. *Revista Plástico Moderno*, São Paulo, n. 400, 2008.

SINGH, N. et al. Recycling of plastic solid waste: a state of art review and future applications / *Composites Part B*, v. 115, p. 409-422, 2017.

VIDALES, L. T. Design para reciclagem: importância a partir da análise de óculos de sol. 2011. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

VIDALES, L. T. Contribuição ao ecodesign (DfE) a partir de propriedades de blendas PC/PMMA em sucessivos ciclos de reprocessamento: estudo de caso de óculos oriundos de apreensão da Receita Federal do Brasil. 135 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre-RS, 2013.

VIEIRA, N. I. M. Contribuição ao Estudo de Reciclagem de Policarbonato advindo de apreensão de Óculos pela Polícia Federal. 2014. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Departamento de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

ZANIN, M. et al. Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia. São Carlos: EdUFSCar, 2009. 143 p.