

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE DESENHO INDUSTRIAL - DADIN
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EMBALAGEM: PROJETO E PRODUÇÃO

RODRIGO FARIAS

**O IMPACTO AMBIENTAL NA SUBSTITUIÇÃO DO PAPEL VIRGEM
POR PAPEL RECICLADO EM EMBALAGENS CORRUGADAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

RODRIGO FARIAS

**O IMPACTO AMBIENTAL NA SUBSTITUIÇÃO DO PAPEL VIRGEM
POR PAPEL RECICLADO EM EMBALAGENS CORRUGADAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de especialista no curso de Especialização em Embalagem: projeto e produção, do Departamento de Desenho Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Eloy Casagrande Jr.

CURITIBA

2013

RESUMO

FARIAS, Rodrigo. **O impacto ambiental na substituição do papel virgem por papel reciclado em embalagens corrugadas.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Embalagem: projeto e produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Nos diversos produtos comercializados hoje em dia, principalmente na categoria de bens de consumo como alimentos, produtos de limpeza e higiene, percebe-se que em grande maioria são transportados por caixas de papelão ondulado. Esse tipo de material é amplamente utilizado pela viabilidade de produção, comercialização e manuseio, assim como reutilização. Oferece custo razoável que torna seu uso muito comum nesses tipos de indústria. Tecnicamente é um material que atende as funções básicas de uma embalagem de transporte que são: proteção, conservação, informação e conveniência de serviço. Em meio a toda essa gama de utilização percebe-se que quanto ao material, basicamente utilizam-se 2 tipos: o produzido com matéria-prima virgem e os produzidos com matéria-prima reciclada. Diante dessa observação, o objetivo desse trabalho é analisar as diferenças entre essas duas opções e propor uma análise de comparação, tendo como expectativa a conclusão de qual material oferece menor impacto ambiental do ponto de vista de consumo de recursos naturais. A forma de análise foi basicamente análise de informações técnicas e estatísticas fornecidas por fabricantes de papelão corrugado e instituições ligadas ao segmento, análise da revisão bibliográfica e um exercício prático de comparação entre as 2 opções.

Palavras-chave: Papelão ondulado. Embalagem. Análise.

ABSTRACT

FARIAS, Rodrigo. Environmental impact in substitution of virgin paper for recycled paper in corrugated containers. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização em Embalagem: projeto e produção - Federal Technology University - Paraná. Curitiba, 2013.

In the various products commercialized nowadays, especially in the category of consumer goods such as food, cleaning and hygiene, it is clear that the large majority are transported by corrugated boxes. This material is widely used for production feasibility, marketing and handling as well as reuse. It offers reasonable cost which makes its use very common in these types of industry. Technically this material meets the basic functions of a transport packaging such as: protection, conservation, information and convenience of service. Amidst all this range of use as it is perceived that the material used is basically 2 types: produced with virgin raw material and produced with recycled raw material. Given this observation, the aim of this work is to analyze the differences between these two options and propose a comparison analysis, with the expectation of the conclusion of which material offers less environmental impact in terms of natural resource consumption. The form of analysis was basically analyzing technical and statistical information provided by corrugated manufacturers and institutions related to the segment, analysis of literature review and a practical exercise of comparison between the two options.

Keywords: Corrugated paper. Packaging. Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Composição do papel corrugado	11
Figura 2 - Tipos de paredes e de ondas em embalagens corrugadas	13
Figura 3 - Distribuição da área de reflorestamento no Brasil por UF.....	16
Figura 4 - Selo Forest stewardship Council.....	18
Figura 5 - Selo Programme for the Endorsement of Forest Certification.....	18
Figura 6 - Foto fábrica de papel virgem	19
Figura 7 - Máquina de corte e embobinamento de papel	20
Figura 8 - Diagrama de fluxo do processo de comercialização de aparas	21
Figura 9 - Embalagem corrugada.....	26
Figura 10 - Participação física de cada segmento na indústria de embalagem	27
Figura 11 – Comparação visual entre fibra virgem e papel reciclado.....	30
Figura 12 – Equipamento utilizado para análise de coluna	31
Figura 13 – Desenho da proposta de paletização	32

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	6
1.1	OBJETIVO GERAL.....	7
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	8
2.	REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1	PAPEL CORRUGADO	9
2.1.1	Composição e Forma do Papel Corrugado	10
2.1.1.1	Especificações do papel corrugado.....	12
2.1.2	Fabricação do Papel Corrugado.....	144
2.1.3	Uso e Importância da Água na Produção de Papel.....	15
2.1.4	Importância do Reflorestamento.....	16
2.2	PRODUÇÃO DE PAPEL VIRGEM	18
2.2.1	RESUMO DO PROCESSO PRODUTIVO	189
2.2.2	USO DE ÁGUA E ENERGIA	21
2.3	PRODUÇÃO DE PAPEL RECICLADO.....	21
2.3.1	Coleta e Reciclagem do Papel Corrugado.....	24
2.4	COMPARAÇÃO ENTRE PROCESSOS: VIRGEM X RECICLADO.....	245
2.5	EMBALAGENS CORRUGADAS	245
2.6	ESTUDO DAS EMBALAGENS CORRUGADAS	27
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1	ANÁLISE VISUAL.....	30
3.2	ANÁLISE ESTRUTURAL DA CAIXA.....	31
3.3	SIMULAÇÃO DE PALETIZAÇÃO	32
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	333
5.	CONCLUSÃO.....	344
	REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

O papel corrugado, mais conhecido como “papelão”, é um produto do setor de base florestal que é produzido com pastas celulósicas de fibras longas, oriundas tanto de fibras virgens como de fibras recicladas, sua principal matéria-prima.

O “papelão” é o tipo de papel mais consumido no mundo pelas suas inúmeras vantagens, principalmente por suas embalagens serem extremamente competitivas para a função de proteção de produtos sensíveis, tais como os alimentos. Esse tipo de papel também garante às embalagens, como caixas de transporte, a resistência necessária para proteção interna, manuseio, estocagem e todos os tipos de situações que um produto embalado enfrenta desde sua origem até chegar ao consumidor final.

Segundo Mestriner (2013), no futuro haverá muito mais embalagens que precisarão ser geridas com extrema responsabilidade ambiental, sendo recicladas. Essa atividade contribuirá para gerar mais trabalho, valor e renda e evitará que sejam dispostas no meio ambiente.

Aprimoramentos na conveniência de uso, aparência, possibilidade de reaproveitamento, volume, peso, portabilidade, características de novos materiais são itens relativos a embalagens em um projeto de produto que promovem a adequação dos produtos ao processamento moderno, reciclagem de lixo e estilo de vida (ABRE, 2008).

Com o intuito de não agredir de forma drástica o meio-ambiente através da exploração da madeira para a produção de papel, as empresas de papel e celulose têm plantado florestas objetivando o auto abastecimento, ou seja, executado cada vez mais a prática do reflorestamento, tendo em vista a expansão planejada de celulose. Da mesma forma, uma solução é buscada para o consumo excessivo de água nesse tipo de indústria. E ao que tudo indica, a prática da reciclagem é o que favorece essa diminuição, uma vez que já se tendo as fibras prontas, elimina-se tanto a extração de novas árvores para obtenção das mesmas, quanto a quantidade excessiva de água utilizada no processo de produção de papel.

Tendo em vista que a produção de papel corrugado e conseqüentemente, de embalagens provindas de tais materiais, é uma atividade com elevados níveis de consumo de recursos, o trabalho tem como justificativa explorar uma possível alternativa para as embalagens corrugadas fabricadas com fibras virgens através da

fabricação de embalagens corrugadas com fibras recicladas, obtidas de forma sustentável e mais barata.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste estudo é fazer uma comparação entre o desempenho e o processo de fabricação de caixas de papelão corrugados produzidas a partir de componentes virgens e reciclados, no que se refere às funções básicas de uma embalagem de transporte que são: proteção, conservação, informação e conveniência de serviço, e ao final poder concluir qual das duas opções oferece menor impacto ambiental e também concluir o porque da preferencia de uma aplicação a outra neste segmento. Nessa análise deve-se observar os parâmetros como resistência em compressão, manuseio para o sistema de distribuição, impactos ambientais gerados, e aspectos visuais ou mercadológicos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, alguns objetivos específicos foram propostos:

- Apontar as etapas que utilizam recursos naturais, principalmente a água durante o processo de produção de celulose e papel corrugado e o consumo dessa quantidade de água;
- Comparar o processo produtivo de papel virgem e reciclado;
- Avaliar embalagens corrugadas produzidas com papel virgem mediante suas características físicas;
- Avaliar embalagens corrugadas produzidas com papel reciclado mediante suas características físicas;
- Comparar os resultados das análises desenvolvidas nas embalagens corrugadas de papel virgem e reciclado.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No Capítulo 1 além da introdução contendo a justificativa, têm-se os objetivos, geral e específico. O Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o papel corrugado, importância da água e do reflorestamento na fabricação do papel virgem e reciclado; e as embalagens corrugadas. O Capítulo 3 descreve os materiais e métodos utilizados para a execução deste trabalho. No Capítulo 4 são apresentados e discutidos os resultados obtidos. No Capítulo 5 são feitas as conclusões e, por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção será apresentada uma revisão bibliográfica sobre o papel corrugado, abordando sua composição, forma, especificações e modo de produção; a importância da água na fabricação de papel, bem como, do reflorestamento. O estado da arte em termos de papel virgem e reciclado será apresentado, e por fim, serão detalhadas as contribuições deste trabalho envolvendo as embalagens corrugadas.

2.1 PAPEL CORRUGADO

Devido à dinâmica de sobrevivência, o ser humano desenvolveu, ao longo dos tempos, a arte de embalar e armazenar alimentos. No período pré-histórico, as primeiras embalagens foram construídas utilizando-se madeira, pedra, couro, entre outros elementos. O objetivo de armazenamento e conservação de alimentos permanece inalterado até hoje, com a diferença de que, com o uso de alta tecnologia, pode-se desenvolver, a cada momento, novos materiais a serem utilizados pela indústria de alimentos como as embalagens (SOUZA, 2011).

A todo tempo são criadas diversas embalagens, por questões de agregação de valor, melhoria na logística, redução de custos, segurança, inovação, tecnologia, conveniência e diminuição dos impactos ambientais (CARVALHO; OLIVEIRA, 2009) como exemplo, o papel corrugado virgem ou então, de forma sustentável o reciclado.

A primeira forma de papel corrugado foi desenvolvida e patenteada por dois ingleses no ano de 1856, inicialmente utilizado como proteção interna para chapéus. Tal feito foi obtido através de uma máquina de mão, bastante simples, composta por dois rolos corrugados que pressionavam entre eles uma folha de papel dando-lhe a forma ondulada, semelhante a que podemos observar nos papelões produzidos atualmente. Porém, a primeira utilização do papelão ondulado como embalagem ocorreu em 1871, quando o americano Albert L. Jones obteve a patente para envolver produtos frágeis - como garrafas - em embalagens produzidas com esta matéria-prima. Em 1881 foi concebida a primeira máquina do gênero motorizada e

em 1895 Jefferson T. Ferres, da empresa Sefton Manufacturing Co. projetou a primeira onduladeria que se tem conhecimento. Em 1903, um produtor de cereais usou pela primeira vez uma caixa de papelão ondulado, conseguindo a aprovação oficial deste tipo de embalagem de transporte. No Brasil, apenas em 1935 foi fundada a primeira fábrica de papelão ondulado, que introduziram em nosso mercado o ondulado a parede simples, até então importado da Alemanha (ABPO, 2012).

O papel ondulado também conhecido por corrugado, ou comumente chamado de papelão, embora este último termo não seja tecnicamente correto, recebe tais denominações pelo fato deste material possuir uma camada intermediária de papel - o miolo, entre suas partes exteriores - capas, disposta em ondulações, o que oferece uma resistência estrutural bem maior do que a soma das resistências individuais que os três ou mais elementos utilizados na sua fabricação possuem isoladamente em seus estados originais (VIDAL, 2012; ONDUFLEX, 2012).

Segundo a Associação Brasileira do Papelão Ondulado, (ABPO, 2013), filmes e embalagens a base de celulose, como o “papelão”, podem ser 100 % recicláveis, 100 % biodegradáveis, visto que são provenientes de fontes renováveis que garantem um planeta mais limpo, atendendo às exigências da sociedade contemporânea por embalagens sustentáveis. Além disso, a reciclagem é um dos grandes pontos positivos importante na escolha dessa embalagem.

No Brasil, dados da Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA, 2009) referentes ao ano de 2009, mostraram que a taxa de recuperação de ondulados e *kraft* foi de 71,1 %, a maior entre todos os tipos de papel (os papéis ondulados responderam por 63,1 % do total de aparas consumidas no país).

2.1.1 Composição e Forma do Papel Corrugado

O segmento de celulose e papel evoluiu muito desde a formação da primeira folha a qual foi atribuído ao chinês Ts'ai Lun (HUNTER, 1978).

Conforme a Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel (ABTCP, 2004), seja qual for o tipo de papel fabricado, a matéria-prima básica é a celulose, virgem ou de papel reciclado, que pode ser dividida em dois grupos: a de fibra longa

(obtida de espécies como o pínus e a araucária), indicada para papéis de embalagem; e a de fibra curta (derivada de eucalipto, acácia, gmelina, bétula, entre outras), utilizada principalmente na fabricação de papéis de imprimir e escrever e para fins sanitários.

A madeira, principal ingrediente na produção de papel, é constituída por diferentes substâncias tais como: a holocelulose (fração composta por celulose e hemiceluloses), a lignina, os extrativos e compostos inorgânicos, sendo que os dois últimos se apresentam em menores quantidades (MIMMS, 1993; FENGEL e WEGENER, 1989).

Papel corrugado é uma estrutura composta por um ou mais elementos ondulados - denominados "miolos" - fixados com cola a dois ou mais elementos lisos - denominados "capas" ou *liners* (*kraftliner* com fibras virgens e *testliner* com aparas de papel), conforme Figura 1. O papel utilizado para a fabricação do papel corrugado é conhecido como *kraft* - "forte" em alemão - e tem a mesma origem do papel comum (fibras de celulose), porém é submetido a um processo de cozimento químico específico (ONDUFLEX, 2012; VIDAL, 2013).



Figura 1 - Composição do papel corrugado
Fonte: Onduflex, 2012.

Segundo Ferreira (2013), as capas correspondem às folhas de papel corrugado planas, definidas por 3 dimensões: largura (medida paralela às ondas), comprimento (perpendicular) e espessura (distância entre as duas faces externas da capa); enquanto que o miolo, confere ao papel corrugado diferentes características contra choques, compressão e esmagamento, dependendo do tipo de ondulação.

2.1.1.1 Especificações do Papel Corrugado

Uma chapa de papel corrugado, além das características visíveis e inerentes a cada um dos elementos utilizados na sua fabricação (miolos e capas), possui diversas características técnicas que resultam em uma extensa gama de variedades capazes de atender às necessidades mais específicas de cada produto.

De acordo com a terminologia da NBR 5985 (ABNT, 2004) utilizada pela Associação Brasileira de Papelão Ondulado (ABPO), os papéis ondulados são classificados como:

Face simples: estrutura formada por um elemento ondulado (miolo) colado a um elemento plano (capa);

Parede simples: estrutura formada por um elemento ondulado (miolo) colado, em ambos os lados, a elementos planos (capas);

Parede dupla: estrutura formada por três elementos planos (capas) colados a dois elementos ondulados (miolos) intercaladamente;

Parede tripla: estrutura formada por quatro elementos planos (capas) colados em três elementos ondulados (miolos) intercaladamente;

Parede múltipla: estrutura formada por cinco ou mais elementos planos (capas) colados a quatro ou mais elementos ondulados (miolos) intercaladamente.

Além disso, Vidal (2013) e Pichler (1987) expõem que existe um padrão das ondulações, do número de ondas, largura e espessura dessas ondas que variam de acordo com o produto que se deseja proteger, sendo as ondas mais utilizadas:

E (micro ondulado) = 1,2 a 1,5 mm de espessura (31 a 38 ondas a cada 10 cm), pelo seu elevado número por unidade de comprimento, proporciona maior resistência ao esmagamento e boa superfície de impressão. É geralmente utilizada para separação de unidades ou camadas;

B (onda baixa) = 2,5 a 3,0 mm de espessura (16 a 18 ondas a cada 10 cm), devido ao seu maior número de ondas por unidade de comprimento, é utilizada quando se precisa de resistência ao esmagamento, proporcionando também boa superfície para impressão;

C (onda intermediária) = 3,5 a 4,0 mm de espessura (13 a 15 ondas a cada 10 cm), possui propriedades intermediárias. Utilizada em embalagens para produtos incapazes de suportar cargas de empilhamento sem se deformar, tais como biscoitos;

A (onda alta) = 4,2 a 4,5 mm de espessura (11 a 13 ondas a cada 10 cm), é a mais alta e espaçada, conferindo à embalagem boa característica de acolchoamento e melhor desempenho em compressão na direção topo-base da caixa. Utilizada para transportes de produtos/equipamentos, especialmente para exportação. A desvantagem da onda A é que ela é mais difícil de dobrar e vincar para a formação de embalagens do que os outros tipos de onda.

BC (parede dupla) = 5,9 a 7,2 mm de espessura (número de ondas do B e do C, respectivamente);

BCE (parede tripla) = espessura mínima de 7,1 mm (número de ondas do B, do C e do E, respectivamente).

Algumas destas especificações podem ser verificadas na Figura 2.

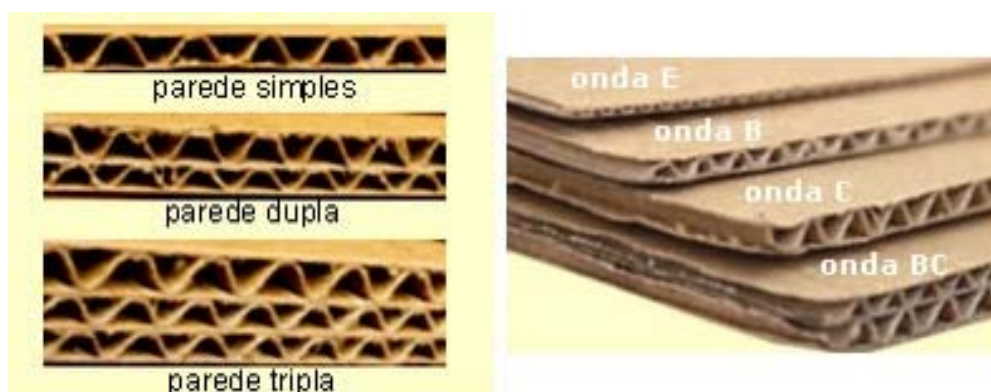


Figura 2 - Tipos de paredes e de ondas em embalagens corrugadas
Fonte: Onduflex, 2012.

Segundo Onduflex (2012) e Vidal (2013), a gramatura do papel corrugado corresponde ao peso médio em gramas de um metro quadrado do papel ondulado, e é dado em g.m^{-2} . Existem diferentes e variadas gramaturas para esses tipos de papéis, que variam entre 70 e 150 g.m^{-2} para o papel miolo e entre 100 e 250 g.m^{-2} para os papéis tipo *liner*.

A coluna é a resistência à compressão de um corpo de prova de papelão ondulado, tendo a carga sido aplicada no topo das ondas. É um parâmetro muito importante para o cálculo da resistência da caixa à compressão necessária para suportar a carga do empilhamento (dado em kgf.cm^{-1}) (ONDUFLEX, 2012).

2.1.2 Fabricação do Papel Corrugado

Independentemente da natureza do processo de fabricação da polpa, que pode ser química, mecânica ou reciclada, o do tipo de madeira utilizada, de fibra longa ou de fibra curta, os conceitos da fabricação de papel são similares (SILVA, 2010).

Kline (1991) define o papel como uma fina camada de fibras celulósicas orientadas aleatoriamente e unidas por ligações de hidrogênio. Esta definição básica pode ser aplicada a qualquer papel.

Conforme Silva (2010), após a individualização das fibras de madeira que é feita no digestor a obtenção de polpa celulósica pode utilizar-se de processos: químico, semiquímico, quimiomecânico ou mecânico. Estes estão classificados em ordem crescente de consumo de energia e redução de consumo de reagentes químicos.

De acordo com Ferreira (2013), a polpa celulósica para a fabricação das capas do papel corrugado é geralmente obtida através de um processo conhecido por kraft, no qual as fibras de madeira são desagregadas quimicamente (para as capas, pelo menos 70 % de pasta química), enquanto que para a fabricação do miolo do corrugado a pasta é obtida de forma semiquímica e de aparas.

Segundo Onduflex (2012) e D. Almeida (1988) os pedaços de madeira (conhecidos por cavacos) são enviados para os digestores, onde serão cozidos sob pressão com alguns produtos químicos, no caso do processamento químico de polpação *kraft* (pasta química), com hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S), que irão dissolver os componentes da madeira que não interessam ao processo. As fibras liberadas constituem a celulose. A massa procedente da polpação é lavada para remoção do licor residual que poderia contaminar a pasta durante etapas subsequentes do processamento, e recuperação do máximo de reagentes químicos com uma diluição mínima. As fibras seguem para a etapa de refino onde são suspensas em água para proporcionar consistência adequada e permitir a mistura com outros constituintes, na sequência é depurada e diluída em grandes quantidades de água na proporção de 1:99, formando uma suspensão leitosa. A mistura é lançada sobre uma tela formadora para drenagem. Após

drenagem a polpa passa por prensas úmidas para retirada da maior quantidade de água possível antes de passar pelos cilindros secadores.

As máquinas utilizadas para a fabricação do papelão ondulado são denominadas "onduladeiras", que são alimentadas com pelo menos três elementos: capa interna (que ficará do lado de dentro da caixa), miolo e capa externa (que ficará do lado de fora da caixa). O elemento miolo passa entre dois cilindros corrugados que, por processo de pressão, assume a forma ondulada. Sobre o topo dessas ondas é aplicada a cola onde serão fixadas as capas, tudo isso submetido à ação do calor. Em seguida, essa composição é cortada em chapas de acordo com a finalidade para a qual será destinada (ONDUFLEX, 2012).

2.1.3 Uso e Importância da Água na Produção de Papel

A água é o componente encontrado em maior volume durante o processo de fabricação de papel. Neste processo é adicionado água à massa até que o teor seco fique entre 0,5 e 1,5 %. Esta ação melhora a formação da folha de papel durante a fabricação.

A água é um elemento essencial para a execução desta atividade. Sua utilidade na produção é descrita da seguinte maneira (FARDIM, 2002):

- Proporcionar os deslocamentos de massas necessários aos outros elementos presentes na suspensão;
- Possibilitar as interações entre todos os elementos presentes na suspensão. Esta influência mútua promoverá alterações físicas e químicas nas substâncias envolvidas neste sistema.

Dueñas (1997) relata que a natureza hidrofílica da celulose desempenha um papel importante já que a fabricação do papel ocorre em meio aquoso. As fibras celulósicas absorvem água rapidamente e se dispersam com facilidade em suspensão aquosa. Quando as fibras úmidas se juntam durante a formação da folha, as ligações ocorrem por atração polar das moléculas de água entre si e os grupos OH (hidroxila) da celulose na superfície da fibra. Quando a água é evaporada, os grupos OH superficiais se ligam através de ligações eletrostáticas (ligações de hidrogênio).

Pelo princípio de funcionamento das indústrias de celulose e papel, estas apresentam um consumo de água elevado. Considerando então, as exigências estabelecidas e a característica da indústria de celulose e papel, ocorrem diversas ações direcionadas a redução do consumo de água (HAMAGUCHI, 2007).

Segundo BRACELPA (2012), a prática do reuso na indústria de celulose e papel, além de aumentar a disponibilidade dos recursos hídricos para outras atividades, reduz os custos de produção, evita perdas de produto final ou intermediário, e minimiza a carga de poluentes a serem tratados. Destaca-se também o fato de que a água retirada de rios para ser utilizada na produção passa por um processo de tratamento, antes de ser devolvida para a natureza, o que faz com que seu nível de pureza seja superior ao do momento em que foi coletada.

2.1.4 Importância do Reflorestamento

Zogbi (2005) afirma que os produtos de celulose e papel brasileiros são fabricados, exclusivamente, a partir de madeira de florestas plantadas, ou seja, do reflorestamento, a exemplo do eucalipto e pinus.

Conforme BRACELPA (2012), no país, as florestas plantadas desse setor apresentam excelentes níveis de produtividade – maior rendimento de celulose por metro cúbico de madeira por hectare a cada ano ($m^3/ha/ano$) –, quando comparadas às de outros países. Nos plantios realizados em 2011, a produtividade média das florestas de eucalipto foi de $44 m^3/ha/ano$, enquanto a das florestas de pinus, de $38 m^3/ha/ano$. Sendo a maior área de reflorestamento de pinus do País encontrada no Estado do Paraná (Figura 3).

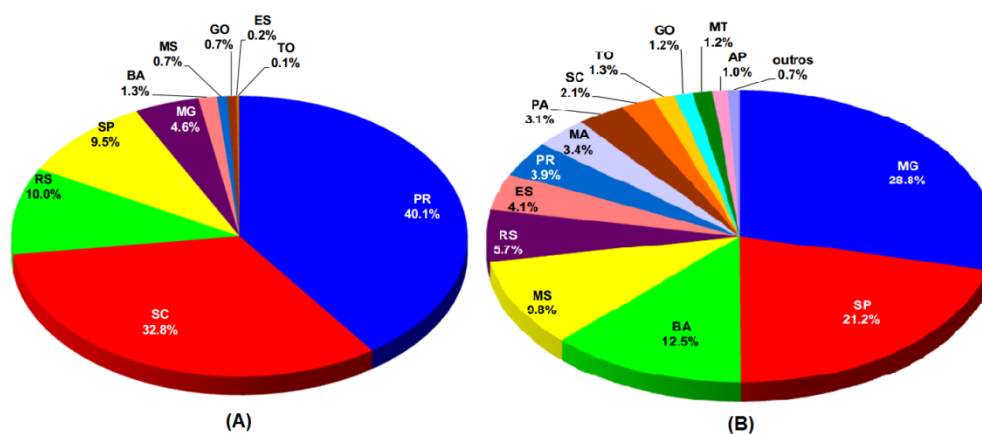


Figura 3 - Distribuição da área de reflorestamento no Brasil por UF.
(A) Pinus; (B) Eucalipto
Fonte: ABRAF, 2012.

De acordo com BRACELPA (2012), a conservação do meio-ambiente é fundamental para a manutenção da produtividade no setor florestal. As técnicas de plantios florestais e produção buscam a sustentabilidade, pois:

- contribuem para a recuperação de áreas degradadas;
- aumentam a eficiência da agricultura;
- otimizam o uso de áreas antropizadas (com ocupação humana);
- absorvem da atmosfera e armazenam uma elevada quantidade de carbono;
- estimulam o fomento aos produtores sem impactar a produção de alimentos;
- contribuem para a manutenção e a conservação da biodiversidade;
- contribuem com a prevenção da erosão do solo e do assoreamento dos rios;
- aproveitam extensas áreas degradadas e sem atrativos econômicos para novos cultivos.

De acordo com Zogbi (2005), a exclusiva utilização de florestas plantadas pela própria indústria assegura a preservação eficaz das florestas nativas, bem como a proteção de recursos hídricos por matas ciliares. Além disso, uma série de procedimentos comprova essa preocupação com o meio-ambiente, como, por exemplo, o emprego de biotecnologia no aproveitamento de clones de melhor adaptação; o manejo de florestas em função do planejamento de ocupação do solo; o uso de técnicas de não compactação do solo; e a utilização de biocidas de baixa toxicidade e menor efeito residual em toda a cadeia de produção florestal.

BRACELPA (2012) afirma que foi na década de 80 que a adoção da certificação florestal começou a desenvolver-se internacionalmente, como resultado de iniciativas visando à conservação ambiental, à redução do desmatamento e ao desenvolvimento sustentável das florestas do mundo, por meio do uso racional dos recursos florestais para garantir sua existência no longo prazo. Aos poucos, a certificação florestal adquiriu grande importância para a comercialização de madeira e produtos de base florestal no mercado global – como forma de garantir o acesso e a permanência em mercados mais restritivos – e também para introdução de novos produtos, manutenção de empregos e viabilização de investimentos.

Seguindo essas tendências, as empresas de celulose e papel brasileiras também passaram a investir em certificações. Atualmente, as florestas plantadas

são certificadas por instituições independentes, como o *Forest stewardship Council* (FsC) e o *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (PEFC/Cerflor), cujos os selos são representados pelas figuras 4 e 5.



Figuras 4 e 5 – Selos FSC e PEFC
Fonte: internet, 2013.

Dos 5,1 milhões de hectares de florestas do setor, plantadas e nativas, 2,7 milhões de hectares são certificados. As certificações florestais garantem a sustentabilidade do processo de produção da celulose e do papel, refletindo o compromisso do setor com a sustentabilidade, pois asseguram a preservação da floresta e a manutenção da biodiversidade, e contribuem para o desenvolvimento social e econômico das comunidades florestais BRACELPA (2012).

2.2 PRODUÇÃO DE PAPEL VIRGEM

Segundo TYGEL (2003), a madeira – que serve de matéria-prima ao papel – em seu primeiro estágio de processamento, que envolve desde a extração da árvore, corte em lascas e obtenção dos cavacos e segue para o processo de polpação dá origem ao papel virgem, ou seja, a um material cujas fibras celulósicas foram obtidas exclusivamente da extração da madeira de origem.

De acordo com RICO (2009), no seu primeiro estágio (virgem) o papel pode, por exemplo, ser do tipo para impressão (*offset*). Ao ser reciclado, pode até voltar a ser destinado para impressão, ainda que para isso, precise receber certa quantidade de papel virgem e considerada quantidade de aditivos químicos. Na próxima reciclagem, pode se tornar embalagem de mercadorias, e assim sucessivamente, até que se torne um “papelão” e, no último estágio, vire “miolo” de caixa de papelão.

Especialistas ressaltam que para se produzir papel reciclado, em algum momento foi necessária a produção de papel virgem, ou seja, é um processo que vai sempre existir, porém, que este seja realizado de forma sustentável e consciente.

A figura 6 abaixo se trata de uma foto de uma fábrica de papel virgem localizada na Europa chamada Ortviken Paper Mill.



Figura 6 – Foto fábrica de papel virgem
Fonte: publicationpapers.sca.com, 2011.

Para se transformar a madeira em polpa, que é a matéria prima do papel, é necessário separar a lignina, a celulose e a hemicelulose que constituem a madeira. Para isso se usam vários processos, sendo os principais os processos mecânicos e os químicos. Os processos mecânicos basicamente trituram a madeira, separando apenas a hemicelulose, e assim produzindo uma polpa de menor qualidade, de fibras curtas e amarelado. O principal processo químico é o kraft, que trata a madeira em cavacos com hidróxido de sódio e hidrossulfeto de sódio, que dissolve a lignina, liberando a celulose como polpa de papel de maior qualidade.

2.2.1 Resumo do processo produtivo

Floresta - local onde são plantadas espécies mais apropriadas para a o tipo de celulose ou papel a ser produzido. A maioria das empresas usam áreas reflorestadas e tem seu próprio viveiro onde fazem melhorias na espécie cultivada fazendo a clonagem das plantas com as melhores características;

Captação da madeira - a árvore é cortada e descascada, transportada, lavada e picada em cavacos de tamanhos pré-determinados;

Cozimento - no digestor os cavacos são misturados ao licor branco e cozidos a temperaturas de 160 C. Nessa etapa tem-se a pasta marrom que pode ser usada para fabricar papéis não branqueados;

Branqueamento - a pasta marrom passa por reações com peróxido, dióxido de sódio, dióxido de cloro, ozônio e ácido e é lavada a cada etapa transformando-se em polpa branqueada;

Secagem - a polpa branqueada é seca e enfardada para transporte caso a fábrica não possua máquina de papel;

Máquina de papel - a celulose é seca e prensada até atingir a gramatura desejada para o papel a ser produzido.

Tratamento da lixívia e rejeitos da água - o licor negro resultante do cozimento é tratado e os químicos são recuperados para serem usado como licor branco. Esse tratamento ameniza os impactos ambientais causados pela fabrica de papel;

Produção de energia - a produção de energia vem de Turbo geradores que são movidos por vapor proveniente da caldeira.

Após o um controle final do papel por meio de análises laboratoriais, o papel aprovado é encaminhado para o embobinamento e fica na forma de bobina mãe. O papel agora tem que ser cortado e embobinado de acordo com as especificações do utilizador final.

Na figura 7 abaixo, podemos observar uma máquina de corte e embobinamento do papel já pronto.



Figura 7 – Foto fábrica de papel virgem
Fonte: publicationpapers.sca.com, 2011

2.2.2 Uso de Água e Energia

A água é utilizada para dissolver as matérias-primas utilizadas na produção de papel e os aditivos químicos utilizados na produção. A água transporta as matérias-primas dissolvidas das fábricas nas quais foram produzidas para a máquina de papel. A água é também utilizada para objetivos de aferrecimento ou sanitários. As águas residuais são tratadas em 3 passos: mecânico, biológico e químico.

A utilização de energia é baseada, em grande escala, em biocombustíveis e é primeiramente uma combinação de produção de eletricidade e calor. A mistura de fontes de energia varia de acordo com a localização de fábricas e dos produtos manufaturados. A eletricidade é especialmente usada para produzir celulose mecânica e acionar motores/bombas. O calor é obtido a partir de várias fontes, a combustão de biocombustível e a combustão de gás natural são alguns exemplos. A seção de secagem da máquina de papel é o maior consumidor de calor na forma de vapor.

2.3 PRODUÇÃO DE PAPEL RECICLADO

Por razões ambientais, econômicas e sociais, a reciclagem de resíduos sólidos é uma atividade crescente no Brasil. A reciclagem envolve uma cadeia que começa na separação dos resíduos sólidos pelos cidadãos, passando pela coleta, triagem e preparação do material recolhido que, em seguida, é encaminhado à indústria para que seja transformado em nova matéria-prima.

Conforme BRACELPA (2013), além de ser de origem renovável, o papel está entre os produtos que apresentam maior taxa de reciclagem no Brasil. No total, 45,5 % de todos os papéis que circularam no País, em 2011, foram encaminhados à reciclagem.

As caixas feitas em papel corrugado (papelão) são facilmente recicláveis, consumidas principalmente pelas indústrias de embalagens, responsáveis pela utilização de 64,5 % das aparas recicladas no Brasil. Em 2011, 34,52 % das aparas foram consumidas para fabricação de embalagens de alimentos e 15,57 %

destinados a chapas de papel ondulado, o qual atualmente mais usa material reciclado no País (BRACELPA, 2013; CEMPRE, 2013).

Como todo papel produzido no Brasil tem origem na celulose de florestas plantadas de pinus e eucalipto, o processo de reciclagem tem origem em uma fonte de recursos renováveis. Ou seja, depois de utilizadas, as fibras dessas árvores se transformam novamente em matéria-prima para a fabricação de novo produto (Figura 8).

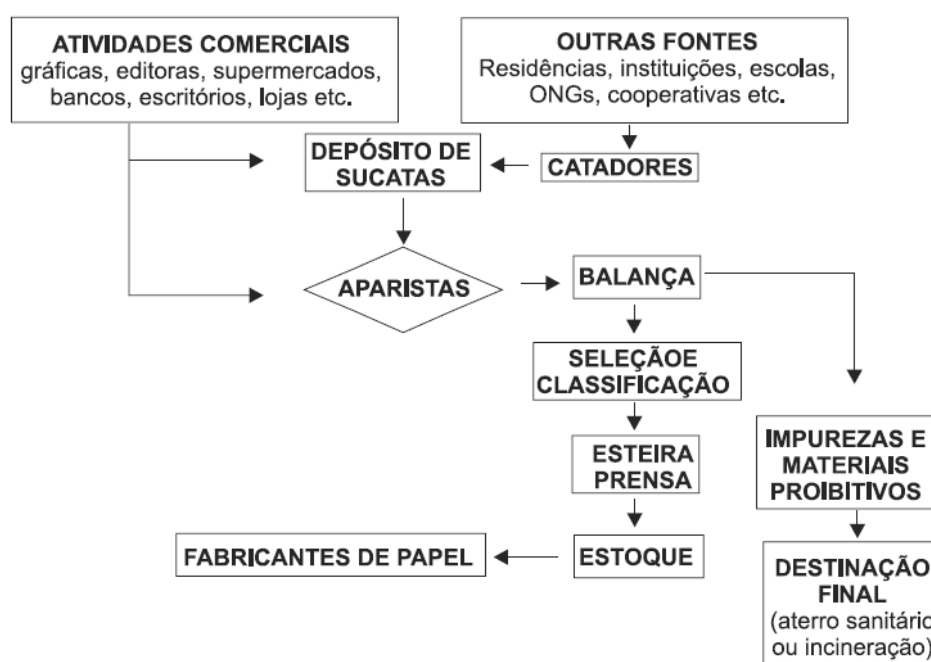


Figura 8 - Diagrama de fluxo do processo de comercialização de aparas
Fonte: ANAP, 2013.

Ao chegar à fábrica, os fardos de papel descartado são misturados à água em um equipamento chamado hidrapulper – uma espécie de grande liquidificador –, formando uma espécie de pasta de celulose. Em seguida, essa pasta passa por uma peneira para que sejam retiradas impurezas, como pedaços de papel não desejáveis, fitas adesivas, plástico, arames e outros metais. Na etapa seguinte, são aplicados compostos químicos (água e soda cáustica) para a retirada de tintas. Uma depuração mais fina separa a areia. Depois, em outros equipamentos – chamados refinadores – a pasta é processada para que as fibras que formam a celulose se abram um pouco mais, melhorando a ligação entre elas, o que garante mais resistência. Finalmente a pasta é branqueada e segue para as máquinas de fazer papel (BRACELPA, 2013).

Além disso, segundo o mesmo autor, a recuperação do material após o consumo ajuda a diminuir o volume de detritos a ser descartado em lixões e aterros sanitários já saturados. Pelo alto poder calorífico, o papel pode ser utilizado na reciclagem energética, característica que deverá ganhar importância no futuro próximo.

Onduflex (2012) pontua que o papel corrugado, ou o “papelão”, é um dos materiais para embalagem mais ecológicos que existe. Analisando o seu ciclo de vida útil, desde a sua fabricação até o seu descarte, ele é o mais eficaz e versátil, pois além de provocar um baixíssimo impacto ambiental proporciona excelente relação leveza-robustez e custo-benefício às suas embalagens.

É importante ressaltar que o papel não pode ser reciclado infinitas vezes, pois as fibras perdem a resistência e as características que definem o tipo do papel. Por isso, será sempre necessário o uso de fibras virgens originárias das florestas plantadas para viabilizar a produção e atender às necessidades de consumo da população (BRACELPA, 2013).

Abaixo, seguem as etapas do processo de produção de papel reciclado a partir de aparas de papéis:

Etapa 1:

Entrega das aparas (fardo) na fábrica recicladora de papel, passa pelo controle de qualidade e é classificado, em seguida vai para o estoque de aparas. O lote do estoque mais antigo vai para as esteiras transportadoras. O hidrapulper desagrega o papel, juntamente com água industrial. Depois de desagregado, a bomba puxa a massa de papel para outras etapas.

Etapa 2 - turbo tiraplástico (retirada de plástico)

Etapa 3 - processo de centrifugação para retirada de impurezas (areia, prego, etc)

Etapa 4 - processo de refino da massa. Aditivos são adicionados à massa: sulfato de alumínio, amido de mandioca, etc

Etapa 5 - Caixa de entrada da máquina de papel

Etapa 6 - Mesa formadora (vácuo retira umidade excedente)

Etapa 7 - Prensa acerta gramatura do papel

Etapa 8 - O papel passa pelos rolos secadores

Etapa 9 - Chega até a enroladeira

Etapa 10 - Forma-se o rolo de papel

Etapa 11 - O rolo é transportado por ponte rolante até a rebobinadeira

Etapa 12 - O papel é rebobinado conforme formato da bobina

Etapa 13 - A bobina de papel acabada vai para o controle de qualidade

Etapa 14 - Vai para o estoque, podendo ser vendida ou vai para a cartonagem, transformando-se em chapa de papelão, a fim de ser industrializada como caixas de papelão.

2.3.1 Coleta e Reciclagem do Papel Corrugado

O papel corrugado é de fácil coleta em grandes volumes comerciais, por isso o seu custo de reprocessamento é relativamente baixo. Estima-se que atualmente mais de 70 % do “papelão” produzido no Brasil é proveniente de material reciclado - um dos materiais que mais se recicla no país (ONDUFLEX, 2012). Outro fator relevante que Oliveira et al. (2013) expõem é que a fabricação de papel corrugado com uso de aparas gasta 10 a 50 vezes menos água que o processo tradicional - que usa celulose virgem - (100.000 litros de água, enquanto que 1 tonelada de papel reciclado utilizaria 2000 litros apenas) além de reduzir o consumo de energia pela metade. Uma tonelada de aparas pode ainda evitar o corte de 20 árvores de plantações comerciais reflorestadas.

Em 2011, o consumo aparente de papel no País registrou 9,6 milhões de toneladas e a recuperação de aparas foi de 4,4 milhões de toneladas (BRACELPA, 2013).

De acordo com Onduflex (2012), ainda que a tendência mundial seja a fabricação de chapas de papel corrugado cada vez mais leves e produzidas com material reciclado, o avanço tecnológico do setor tem resultado num ganho expressivo da sua resistência mecânica, suficiente para manter a qualidade original oferecida por uma chapa de papel corrugado fabricada com matéria-prima virgem. Nas últimas duas décadas, uma chapa de “papelão” onda C possuía uma gramatura média de 440 g. Atualmente, são produzidas com uma gramatura média é de 380 g, sem nenhuma perda de qualidade e resistência.

2.4 COMPARAÇÃO ENTRE PROCESSOS: VIRGEM X RECICLADO

Madeira: Uma tonelada de aparas pode substituir de 2 a 4 m³ de madeira, conforme o tipo de papel a ser fabricado, o que se traduz em uma nova vida útil para de 15 a 30 árvores.

Água: Na fabricação de uma tonelada de papel reciclado são necessários apenas 2.000 litros de água, ao passo que, no processo tradicional, este volume pode chegar a 100.000 litros por tonelada.

Energia: Em média, economiza-se metade da energia, podendo-se chegar a 80% de economia quando se comparam papéis reciclados simples com papéis virgens feitos com pasta de refinador.

Redução da Poluição: Teoricamente, as fábricas recicladoras podem funcionar sem impactos ambientais, pois a fase crítica de produção de celulose já foi feita anteriormente. Porém as indústrias brasileiras, sendo de pequeno porte e competindo com grandes indústrias, às vezes subsidiadas, não fazem muitos investimentos em controle ambiental.

Criação de Empregos: estima-se que, ao reciclar papéis, sejam criados cinco vezes mais empregos do que na produção do papel de celulose virgem e dez vezes mais empregos do que na coleta e destinação final de lixo.

2.5 EMBALAGENS CORRUGADAS

De acordo com ABNT NBR 9198 (ABRE, 2008), no mercado de embalagens, as mesmas são classificadas em:

- Primárias: as que estão diretamente em contato com o produto;
- Secundárias: designadas para conter uma ou mais embalagens primárias, podendo não ser indicada para o transporte;

- Terciárias: agrupa diversas embalagens primárias ou secundárias para o transporte, como as embalagens corrugadas.

A embalagem de papel corrugado tem por finalidade proteger o produto e manter suas características originais até que ele chegue ao seu destino final.

Quanto ao seu formato, de acordo com a normatização técnica estabelecida pela FEFCO seguida pela ABNT (2004), ela pode ser classificada como: caixa tipo normal (grupo 2), caixa tipo telescópica (grupo 3), caixa tipo envoltório (grupo 4), caixa tipo pré-montada (grupo 7) e acessórios internos (grupo 9). De todas elas, a mais conhecida, codificada como 0201, é denominada caixa normal ou maleta normal. É a mais econômica que existe, por utilizar a menor área possível de “papelão” para envolver o produto e um processo de fabricação de alta produtividade (Figura 9).

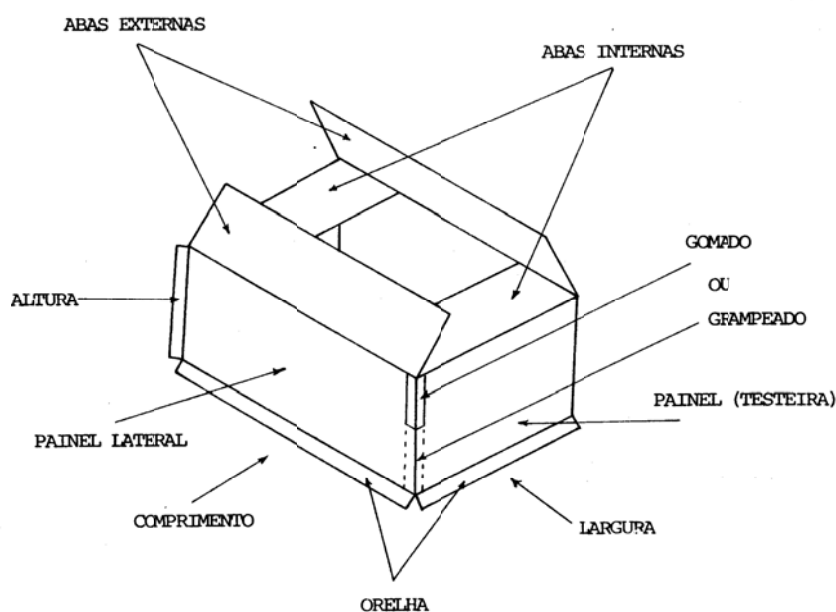


Figura 9 - Embalagem corrugada

Conforme Vidal (2012), por sua constituição simples, alta versatilidade e enormes reciclabilidade e sustentabilidade, o papel corrugado inclui-se nos materiais mais empregados na fabricação de embalagens no país (Figura 10) e no mundo.

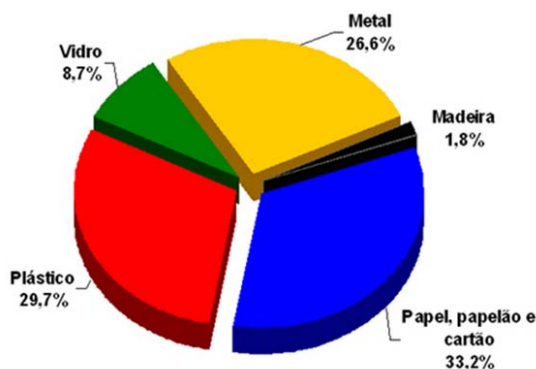


Figura 10 - Participação física de cada segmento na indústria de embalagem
Fonte: IBGE, 2012.

2.6 ESTUDO DAS EMBALAGENS CORRUGADAS

Há uma série de ensaios padronizados para avaliação do papel corrugado e suas embalagens. A especificação de um ou outro ensaio irá depender do uso final.

De acordo com Vidal (2012) e Onduflex (2012), um dos ensaios mais importantes a ser considerado no desenvolvimento de uma caixa de papel corrugado é a sua resistência à compressão, dada devido à presença de ar na parte interna, ou seja, no miolo entre as capas, o que confere maior resistência aos choques, menores variações térmicas e evita problemas com compressões. É essa resistência que determinará a quantidade máxima de empilhamento suportada pela caixa sem entrar em colapso, ou seja, sem ser "esmagada" que pode medida através da fórmula de McKee (Equação 01), desenvolvida na década de 60 e tem sua eficácia mundialmente reconhecida. Ela parte do princípio de que a carga de colapso pode ser calculada com base em parâmetros conhecidos, da embalagem e da chapa de papel que será utilizada na sua fabricação.

- Comprimento, largura, altura e peso do conteúdo da caixa;
- Espessura e valor de coluna do papel ondulado;
- Forma de empilhamento;
- Umidade do local de armazenagem;
- Tempo de estocagem (fadiga).

Aplicando-se estes elementos nesta fórmula, poderemos calcular qual a capacidade de empilhamento máximo da embalagem ou, de forma inversa - se o empilhamento já estiver definido - qual a especificação do papel corrugado que

deverá ser utilizado na sua fabricação capaz de garanti-lo. Os parâmetros altura da caixa, umidade, forma empilhamento e tempo de armazenagem não fazem parte da fórmula, mas são utilizados para determinar um índice de tolerância que deverá ser acrescentado ao resultado obtido. O peso do conteúdo da caixa servirá para calcular a capacidade de empilhamento com base na carga de colapso obtida.

$$P = K.C.\sqrt{(p.e)} \quad \text{Eq. 01}$$

Onde:

P = carga de colapso;

K = constante;

C = coluna;

p = perímetro da caixa;

e = espessura do papel.

Durante muitos anos, o ensaio de resistência ao arrebentamento (teste de Mullen) foi considerado o ensaio mais importante para o papel corrugado. Este parâmetro é definido como a pressão necessária para romper o papel corrugado, quando aplicada através de uma membrana de borracha em condições padronizadas (ABNT, 1981a). Conforme Pichler (1987), o resultado desse ensaio está mais relacionado com a resistência ao manuseio das caixas, enquanto o desempenho no empilhamento tem sido relacionado com a resistência à compressão de coluna do papel corrugado e resistência à compressão da caixa.

O ensaio de resistência à compressão de coluna do papel corrugado consiste basicamente em determinar a força necessária para colapsar um corpo-de-prova de papel corrugado, com a largura perpendicular à força de compressão, entre duas placas planas e paralelas (ABNT, 1981b).

Outro ensaio relacionado com o desempenho da embalagem corrugada no empilhamento é o ensaio que mede a rigidez à flexão do papel corrugado, uma vez que o abaulamento dos painéis das caixas diminui sua resistência à compressão. A rigidez à flexão é diretamente proporcional à espessura da estrutura de papel corrugado e à qualidade da capa e do miolo (McKEE et al., 1963) e esta é determinada com o papel corrugado submetido à flexão em quatro pontos, efetuada conforme a norma TAPPI T 820 cm-85 (TAPPI, 1994).

Segundo Marcondes (1994) e Jönson (1999), ensaios de gramatura, espessura, taxa de absorção de água (teste de Cobb) e teor de umidade são ensaios usados para caracterização do papel corrugado e de grande importância para avaliar o comportamento dessas embalagens durante o transporte do produto e todo o período de armazenamento do mesmo.

A fim de proporcionar, através de melhores informações, decisões mais acertadas; conhecer importantes pontos sobre as futuras mudanças das embalagens; analisar as vantagens de tecnologias através da inovação; melhorar o direcionamento ao esforço de pesquisa e desenvolvimento; e antecipar possíveis problemas de mercado Ferreira (2013) propõe um planejamento para o desenvolvimento de embalagens corrugadas, realizando as seguintes fases:

- Estudo da embalagem: corresponde a uma análise crítica de todas as suas características. Tem a finalidade de promover a sua completa adequação ao produto, conhecer tudo que a ela se refere, desde a matéria-prima empregada até os atributos que lhe serão conferidos;
- Criação do modelo da embalagem: etapa da “inspiração”, na qual prevalece a inteligência, o bom gosto e o apurado senso de rendimento do designer, que compete as responsabilidades de dar forma, cor, símbolos, letras, fotos, entre outros;
- Viabilidade da utilização da embalagem: revisão de parâmetros e determinações para a viabilidade da embalagem, tais como o ângulo de visibilidade, a dimensão relativa, a facilidade de abertura e o fechamento;
- Aceitação do modelo: fase final de responsabilidade – é nela que fica decidida qual a embalagem escolhida para acondicionar o produto. São apontados, analisados e discutidos “os prós e contras”, e definido o modelo da embalagem que deverá dar ao produto, segurança, condições práticas e beleza de apresentação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Considerando o embasamento teórico, propõe-se uma análise prática comparativa entre duas caixas com mesmo dimensional, porém com matérias-primas diferentes (virgem e reciclada). Nesta comparação foram feitas análises para tentar identificar diferenças de desempenho. As amostras foram confeccionadas no dimensional 244x204x128mm para o acondicionamento de 12 unidades de 90g de um biscoito.

3.1 ANÁLISE VISUAL

Percebe-se uma diferença visual muito pequena comparando as caixas de matéria-prima virgem e reciclada. A pequena variação de coloração é evidente porém não há prejuízo das capacidades de printabilidade do material e tão pouco do aspecto mercadológico.



Figura 11 – Comparação visual fibra virgem X material reciclado
Fonte: foto própria, 2013.

3.2 ANÁLISE ESTRUTURAL DA CAIXA

Foram confeccionadas 18 amostras das 2 opções de matéria-prima, em que se considerou o dimensional 244x204x128mm. A definição desse dimensional foi feita com base nos dimensionais da embalagem de 90g do biscoito “X” que utilizamos como objeto desse estudo.

As amostras foram solicitadas a um fornecedor de caixas de papelão localizado em Minas Gerais e que trabalha com empresas de grande porte. As premissas para confecção destas amostras foram de que elas deveriam ter o mesmo dimensional, pois deveriam acondicionar a mesma quantidade de produto e deveriam ser produzidas a partir de chapas de papel em 2 opções: virgem e reciclado.

Após o recebimento das amostras foram feitas as análises de compressão de coluna, onde se corta um corpo de prova de 10x10cm e se analisa mecanicamente em que momento há o colapso da parede de caixa, através de uma pressão no sentido vertical.

Foram feitos testes em todas as caixas e percebeu-se que não há diferença significativa de resistência de coluna (ou empilhamento) entre as 2 estruturas.

A razão por não haver diferença prática entre as amostras segundo o fornecedor é de que ao longo do processo de fabricação existem ajustes que permitem que se obtenham caixas com diferentes resistências, dessa forma pode-se trabalhar com as duas matérias-primas para o mesmo objetivo final de aplicação, nesse caso uma caixa para biscoitos.



Figura 12 – Equipamento utilizado para análise de resistência de coluna
Fonte: foto própria, 2013.

3.3 SIMULAÇÃO DE PALETIZAÇÃO

Foi feita uma simulação comparativa eletrônica utilizando-se o software CAPE PACK para identificar se haveria impacto em paletização e manuseio. Este software é a ferramenta mais utilizada no mundo para o desenvolvimento de embalagens com foco na paletização e containerização. Em pouco segundos o programa calcula a melhor solução e oferece inúmeras opções adicionais, de modo a se obter maior quantidade de produto nos paletes e caminhões ou contêineres, melhoria na qualidade dos produtos no ponto de venda, redução do consumo de papelão ondulado, e muitos outros benefícios logísticos. Nesta análise não se percebeu diferença entre as 2 opções de caixas nesses critérios, as duas apresentaram o mesmo arranjo conforme figura abaixo.

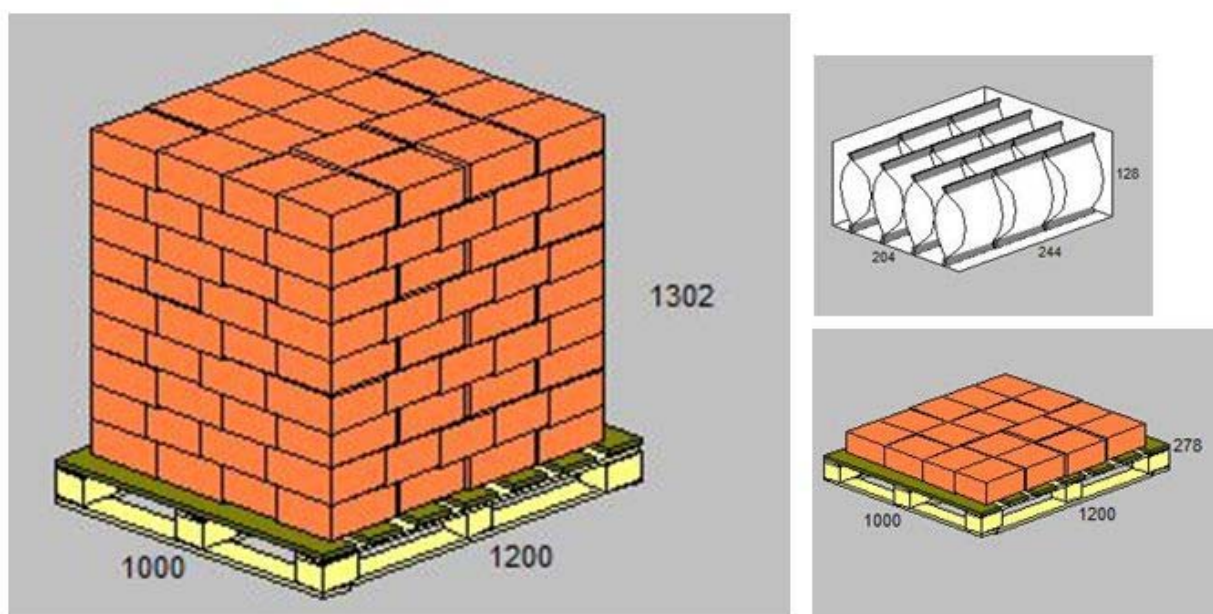


Figura 13 – Desenho da proposta de paletização
Fonte: Software Cape System, 2013..

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a pesquisa para a revisão bibliográfica e a coleta de dados para análise comparativa para esse trabalho, percebeu-se o grande número de variáveis envolvidas em torno do tema, dentre elas podemos mencionar as mais importantes:

Variáveis técnicas: encontram-se várias particularidades na produção de papel para caixas de papelão corrugado quando se compara as empresas que trabalham nesse segmento. Alguns fabricantes de papel com maior capacidade de investimento trabalham com equipamentos mais modernos onde suas especificações técnicas permitem que se consigam materiais com mais constância em padrões de qualidade e também com menor custo operacional, grande parte vinda da redução de recursos como energia e água. Alguns equipamentos mais novos conseguem trabalhar com ranges de variação de processos bem menores que os antigos permitindo um produto, que no caso são as camadas de papel, mais adequados a aplicação final que é a confecção de caixas.

Variáveis Econômico-sociais: o Brasil tem um grande número de pessoas trabalhando na coleta de materiais para reciclagem, e o papel faz parte de uma cadeia com respeitável constância e sustentabilidade, tanto que grandes empresas produtoras de caixas de papelão corrugado têm grandes parcerias com associações de catadores que fornecem a maior parte da matéria-prima para seus produtos. Essa cadeia de coleta permite que haja uma manutenção muito importante no que se refere ao reflorestamento para se conseguir a matéria-prima virgem quanto ao preço que se mantém em equilíbrio por usar um material reciclável.

5. CONCLUSÃO

Considerando os pontos colocados na análise dos resultados, podemos obter algumas respostas referentes à comparação entre matéria-prima virgem e reciclada. O que percebemos é que nesse segmento de caixas de papelão corrugados existe uma relação muito forte de dependência entre essas duas matérias-primas. Não se trata de optar por uma ou outra na utilização do produto final e sim elas interagem com o processo de forma que uma sustenta a outra. Ao passo que a produção da matéria-prima virgem exige mais recursos naturais e acaba sendo mais cara, a matéria-prima reciclada tem um papel de equalizar esses pontos, pois ela pode ser incorporada nas formulações, obtendo-se então uma material parte virgem e parte reciclado.

Da mesma forma a matéria-prima reciclada precisa da matéria-prima virgem, visto que um dia ela foi virgem e também porque ao longo do processo ela acaba perdendo as características primordiais para processamento, dessa forma também havendo a necessidade da mistura.

Quanto ao comparativo entre consumo de recursos naturais, para a definição de qual matéria-prima oferece menos impacto ambiental, pelo motivo explicado acima não se consegue definir parâmetros claros, pois em alguns momentos se utiliza mais papel virgem e em outros, mais papel reciclado, dependendo da oferta e preço. Dessa forma, não se consegue atribuir efetivamente ao longo de um período de produção, os benefícios ou impactos de uma a outra opção, as duas precisam coexistir para que se tenha um equilíbrio técnico e econômico-social.

REFERÊNCIAS

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6735 – Papelão ondulado – determinação da resistência ao arrebentamento.** São Paulo: ABNT, 5 p. 1981a.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6735 – Papelão ondulado – determinação da resistência ao arrebentamento.** São Paulo: ABNT, 5 p. 1981a.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6737 – Papelão ondulado – determinação da resistência à compressão de coluna.** São Paulo: ABNT, 4 p. 1981b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5985:2004 - Embalagem de papelão ondulado.** Rio de Janeiro, 2004

ABPO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO PAPELÃO ONDULADO. História do papelão, 2012. Disponível em: <http://www.abpo.org.br>. Acesso em: 10 ago. 2013.

ABPO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO PAPELÃO ONDULADO. Sustentabilidade em foco, 2013. Disponível em: <http://www.abpo.org.br>. Acesso em: 10 ago. 2013.

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2012. Disponível em: www.abraflor.org.br. Acesso em: 03 ago. 2013.

ABRE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS, 2008. Disponível em: <http://www.abre.org.br>. Acesso em: 01 ago. 2013.

ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. 2004. Disponível em: <http://www.abctp.org.br>. Acesso em: 01 ago. 2013.

ANAP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS APARISTAS DE PAPEL, 2013. Disponível em: www.anap.org.br. Acesso em: 03 ago. 2013.

BRACELPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 2009. Disponível em: <http://www.bracelpa.org.br>. Acesso em: 01 ago. 2013.

BRACELPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Florestas plantadas: oportunidades e desafios da indústria brasileira de celulose e papel no caminho da sustentabilidade.** Confederação Nacional da indústria, Brasília, 2012.

CARVALHO, P. O. de S.; OLIVEIRA, M. A. Análise de Embalagens: a proposta de um Modelo Discriminante de Avaliação. I Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Rio de Janeiro, RJ, 2009.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM, 2013. Disponível em: http://www.cempre.org.br/ft_papel_ondulado.php. Acesso em: 03 ago. 2013.

D. ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e papel.** Tecnologia da fabricação da pasta celulósica, 2ª ed. V. 1, 1988.

DUEÑAS, R.S. **Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel.** Guadalajara. Universidad de Guadalajara. Ed.1, 293 p. 1997.

FARDIM, P. Papel e Química de Superfície – Parte I – A Superfície da Fibra e a Química da Parte Úmida. **O Papel.** São Paulo, SP, 2002.

FENGEL, D.; WEGENER, G. **Wood. Chemistry: Ultrastructure: Reactions.** Berlin, Walter de Gruyter. 1989.

FERREIRA, Liane. O mundo das embalagens de alimentos. Março, 2013. Disponível em: <http://www.ebah.com.br>. Acesso em: 10 ago. 2013.

HAMAGUCHI, M. **Análise do circuito de água em processo de fabricação de papel imprensa integrada com produção de pastas termomecânicas.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2007.

HUNTER, D. **Papermaking, The history and technique of an ancient craft.** Courier Dove Publications. 672 p. 1978.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 10 ago. 2013.

JÖNSON, G. Corrugated board packaging: a Pira international packaging guide. 2 ed. Leatherhead: Pira International, 264 p. 1999.

KLINE, J.E. **Paper and paperboard, manufacturing and converting fundamentals**. San Francisco. ed.2, 245p. 1991.

MARCONDES, J. **An introduction to fibreboard packaging**. Melbourne: Victoria University of Technology, 164 p. 1994.

McKEE, R. C.; GANDER, J. W.; WACHUTA, J. R. **Compression strength formula for corrugated boxes**. Appleton: Institute of Paper Chemistry, 12 p. 1963.

MESTRINER, F. A embalagem e as necessidades da sociedade humana. Mauá, 2013. Disponível em: www.maua.br/arquivos/artigo. Acesso em: 10 ago. 2013.

MIMMS, A. **Kraft pulping, a compilation of notes**. Atlanta. TAPPI PRESS. ed.2, 181 p. 1993.

OLIVEIRA, B. K.; GOMES, R.; FREIRE, W. Indústria de papel e celulose. Março, 2013. Disponível em: <http://www.ebah.com.br>. Acesso em: 10 ago. 2013.

ONDUFLEX. Ecologia em embalagens, 2012. Disponível em: <http://onduflex.com.br/papelao.html>. Acesso em: 01 ago. 2013.

PANASSOLO, A. P.;; QUEIROZ, A.; MONTEIRO, C.; NAIARA, B.; ANJOS, E. Inovações em embalagens de celulose. Disponível em: <http://www.ebah.com.br>. Acesso em: 01 ago. 2013.

PICHLER, E. F. **Caixas de papelão ondulado: desenvolvimento, especificação, controle de qualidade e utilização**. São Paulo: IPT, 71 p. 1987.

RICO, B. Papel reciclado ou certificado pelo FSC: qual é mais correto? Ecogeo, 2009. Disponível em: <http://www.ecogeo.com.br>. Acesso em: 10 ago. 2013.

SILVA, G. S. da. **Controle de pH em máquina de produção de cartão multicamada**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2010.

SOUZA, F. F. de. **proposta metodológica para aplicação de logística reversa de embalagens cartonadas no âmbito municipal**. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011.

TAPPI – TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Flexural stiffness of corrugated board**. Atlanta: TAPPI PRESS, T 820 cm-85. 2 p. 1994.

TYGEL, D. Papel: impactos e alternativas. **Educação Ambiental em Ação**, nº 7, Campinas, 2003.

VIDAL, A. C. F. O mercado de papelão ondulado e os desafios da competitividade da indústria brasileira. BNDES Setorial, nº 35, p. 5-46, 2012.

ZOGBI, O. E. Papel com reflorestamento e reciclagem, 2005. Disponível em: www.bracelpa.org.br. Acesso em: 10 ago. 2013.