

# Design em Papelaõ Ondulado

Série Design Sustentável Brasil

VOLUME 01

# DESIGN EM PAPELÃO ONDULADO



Santos, Aguinaldo dos et al.

S231

Design em Papelão Ondulado / Aguinaldo dos Santos et al.  
- Curitiba : UFPR - Núcleo de Design & Sustentabilidade,  
2006. 88 p. 21cmx21cm

Série: Design Sustentável Brasil

ISBN 85-905660-2-1.

1. Design. 2. Design Sustentável. 3. Desenvolvimento  
Sustentável. I. Título. II. Série. III. Razera, Dalton.  
IV. Sampaio, Cláudio Pereira de. V. Wosch, Sergio.  
VI. Leiner, Daniel. VII. Leiner, Samuel. VIII. Vasques,  
Rosana Aparecida. IX. Rocha, Viviane da Costa. X. Yano,  
Laís. XI. Fressato Filho, Aramis. XII. Smythe Jr, Nelson Luis.

©2006 - Núcleo de Design & Sustentabilidade - UFPR

Capa e Projeto Gráfico:

Nelson Luis Smythe Jr. e Kelli C.A.S. Smythe



Série Design Sustentável Brasil

VOLUME 01

# DESIGN EM PAPELÃO ONDULADO



Curitiba  
Agosto/2006

## Equipe

Prof. Dr. Aguinaldo dos Santos – professor coordenador (UFPR)

Prof. Dalton Razera – professor pesquisador (UFPR)

Cláudio Pereira de Sampaio – professor pesquisador (UFPR)

Sergio Wosch – especialista (Embrart)

Daniel Leiner – empresário (Embrart)

Samuel Leiner – empresário (Embrart)

Aramis Fressato Filho – iniciação científica (UFPR)

Laís Yano – iniciação científica (UFPR)

Rosana Aparecida Vasques – iniciação científica (UFPR)

Viviane da Costa Rocha – iniciação científica (UFPR)

Nelson Luis Smythe Jr. – iniciação científica (UFPR)

## Patrocínio

UFPR – Universidade Federal do Paraná

Empresa Embrart S.A.

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

## Referência

Santos, Aguinaldo dos; Razera, Dalton; Sampaio, Cláudio Pereira de; Vasques, Rosana Aparecida; Rocha, Viviane da Costa; Wosch, Sergio; Leiner, Daniel; Leiner, Samuel; Yano, Laís; Fressato Filho, Aramis; Smythe-Jr, Nelson Luis.

**Design em Papelão Ondulado.** Curitiba: Núcleo de Design & Sustentabilidade. Série Design Sustentável Brasil, Volume 01, 2006.

## AGRADECIMENTOS

A pesquisa que resultou no conteúdo deste livro somente foi possível com o apoio da Universidade Federal do Paraná, através de sua infra-estrutura e recursos humanos, e com os recursos das agências de fomento FINEP e CNPq e da empresa Embrart.

Os recursos da FINEP foram aportados através do projeto Kits *Do-it-yourself* para a habitação de interesse social (2389/04 – convênio 01.04.0988.00), aprovado no edital do Programa Habitare de 2004, tendo como parceiro a COHAPAR – Companhia Paranaense de Habitação.

Os recursos do CNPq foram obtidos através do edital 014/2004-6, processo 507475/2004-6, com projeto intitulado “Desenvolvimento de Soluções para Embalagens de Produtos para Exportação”.

O agradecimento maior vai à empresa Embrart que, além de prover os recursos para o projeto desde 2004, tem demonstrado por seus atos e palavras o claro entendimento do significado do termo “parceria”. Sua larga experiência no setor foi de fundamental importância para tornar o conteúdo deste livro instigante na disseminação de novas idéias e, ao mesmo tempo, alinhado com a realidade do dia-a-dia do desenvolvimento de produtos a base de papelão ondulado.



## PREFÁCIO

É premente a necessidade de profissionais que entendam profundamente o grande espectro de possibilidades que o papelão oferece no desenvolvimento de produtos. Seu potencial como material para o projeto de produtos sustentáveis é evidenciado neste livro, o que amplia ainda mais a importância da leitura deste livro pelos profissionais da área.

O desenvolvimento e disseminação de conhecimento em design sustentável com foco no papelão ondulado foi o objetivo maior que colocou a EMBRART e a UFPR em atividades conjuntas de pesquisa & desenvolvimento. Desde 2003 a EMBRART tem mantido convênio com o Núcleo de Design & Sustentabilidade da UFPR, resultando no desenvolvimento de produtos, idéias e pessoas.

Este livro é a materialização do conhecimento desenvolvido até agora nesta parceria e uma ação inequívoca do benefício que tanto a indústria como a academia podem ter na aproximação para a solução de problemas de interesse para toda a sociedade.

*Samuel Leiner*



## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	5
PREFÁCIO .....	7
<b>1 O PAPELÃO ONDULADO</b>	
1.1 Contexto Histórico do Papel.....	11
1.2 Contexto Histórico do Papelão Ondulado.....	12
1.3 Composição do Papelão Ondulado .....	14
1.4 Fabricação do Papelão Ondulado .....	16
1.4.1 Visão Geral da Fabricação do Papel .....	16
1.4.2 Visão Geral da Fabricação do Papelão Ondulado .....	20
1.5 Características Estruturais e Dimensionais do Papelão Ondulado .....	21
1.6 Testes de Qualidade em Papelão Ondulado .....	22
1.6.1 Gramatura.....	22
1.6.2 Capacidade de absorção de água (Cobb).....	23
1.6.3 Resistência ao estouro ou arrebentamento (Mullen) ....	23
1.6.4 Resistência ao esmagamento.....	23
1.6.5 Resistência à compressão de coluna.....	23
1.7 Impressão no Papelão Ondulado .....	24
1.7.1 Aspectos gerais.....	24
1.7.2 Aspectos de sustentabilidade.....	26
1.7.3 Planejamento .....	26
1.7.4 Seleção do Papelão Ondulado.....	27
1.7.5 Tintas e Acabamentos .....	28
1.7.6 Considerações Gerais .....	29
1.8 O Papelão Ondulado e o Meio Ambiente .....	30
1.8.1 Vantagens do Papelão Ondulado .....	30
1.8.2 O Processo de Reciclagem do Papelão Ondulado.....	33
1.8.3 Implicações dos Princípios do Design Sustentável .....	35
1.8.3.1 Extensão da Vida Útil.....	35
1.9 Uso Tradicional do Papelão: Embalagens .....	37
1.9.1 Contexto Histórico e Econômico .....	37
1.9.2 O papelão ondulado no mercado mundial de embalagens.....	38
1.9.3 O papelão ondulado no mercado nacional de embalagens.....	41
1.9.4 A regulamentação do mercado de embalagens para exportação .....	42
1.10 Caixas tipo Normal .....	44

1.11	Caixas tipo Telescópico.....	45
1.12	Caixas tipo Envoltório.....	46
1.13	Caixas tipo Gaveta.....	47
1.14	Caixas tipo Rígido.....	47
1.15	Caixas tipo Pré-montado ou Fundo Automático.....	48
1.16	Acessórios.....	49
1.17	Caixas Supervinco.....	51
2	USO DO PAPELÃO NO DESIGN DE PRODUTOS DIVERSOS	
2.1	Contexto Histórico.....	53
2.2	Insights: exemplos de Oportunidades para o Designer.....	57
2.2.1	Mobiliário para Eventos de Curta Duração.....	57
2.2.2	Palete de Papelão Ondulado.....	60
2.3	Mobiliário para a População de Baixa Renda.....	62
2.4	Brinquedos.....	64
3	DIRETRIZES DE PROJETO	
3.1	Resistência do Papelão Ondulado.....	69
3.2	Vincos e Compensações.....	69
3.3	A Tecnologia CFG.....	71
3.4	Desenvolvimento de Embalagem de Papelão Ondulado.....	74
3.5	Dimensionamento Estrutural da embalagem de Papelão Ondulado.....	75
3.5.1	Determinação teórica da resistência à compressão.....	75
3.5.2	Capacidade de empilhamento.....	77
3.5.3	Materiais a serem reciclados (papel velho).....	79
3.6	Testes físicos em papéis.....	80
3.6.1	Gramatura.....	80
3.6.2	Espessura.....	80
3.6.3	Permeabilidade ou Porosidade.....	80
3.6.4	Resistência a Tração.....	81
3.6.5	Alongamento.....	81
3.6.6	Resistência ao rasgo.....	81
3.6.7	Resistência ao Estouro.....	81
3.6.8	Umidade.....	82
3.6.9	Absorção de água (Cobb).....	82
3.6.10	Resistência ao esmagamento de onda.....	82
3.6.11	Resistência ao amassamento de anel.....	82
4	CONCLUSÃO.....	83
5	REFERÊNCIAS.....	85



# 1 O PAPELÃO ONDULADO

## 1.1 Contexto Histórico do Papel

O papel tem sido tradicionalmente visto como elemento que possibilita a comunicação humana, principalmente através da escrita. Os povos antigos já manifestavam a necessidade de desenvolver sistemas de registro que pudessem promover a transmissão dos pensamentos dos indivíduos. Diversas foram as maneiras criadas por vários povos distintos para promover esse registro e a conseqüente propagação desses pensamentos. Um dos primeiros sistemas criados foi o Papiro, o qual foi descoberto pelos egípcios em 3.500 a.C. A confecção do mesmo consistia em superpor em cruz tiras de hastes das árvores, formando placas (DRUMMOND, 2004).

A fabricação do papel tal como é conhecida hoje, é atribuída ao chinês Ts'ai-Lun, o qual apresentou o primeiro processo de fabricação de papel. O processo desenvolvido por Ts'ai-Lun consistia na dissolução de pedaços de madeira e trapos de roupas velhas, obtendo-se fibras, que eram agrupadas de modo a formar uma folha, sendo que esta secava ao sol para então se obter a folha de papel (NOE, 2004).

A difusão do papel como instrumento para viabilizar a comunicação foi acelerada pelo advento das inovações tecnológicas, ocorridas a partir da Revolução Industrial. Louis Robert, de origem francesa, em 1798 idealizou um mecanismo de fabricação que substituía a forma plana pela forma contínua. Entretanto a execução deste mecanismo ocorreu apenas em 1807 na Inglaterra, quando Hemy e Sealy Fourdrinier,

dois prósperos comerciantes de papel em Londres, interessaram-se pelo mesmo e, com o auxílio do engenheiro Bryan Donkin, colocaram em funcionamento a primeira máquina contínua de produção de papel (DRUMMOND, 2004).

A expansão tecnológica do papel permanece em evolução constante, sendo que desde a sua origem até a atualidade surgiram novos equipamentos que além de facilitar o processo de fabricação, promoveram a melhor qualidade do papel e o aumento da variedade e da produtividade. Sob a ótica do design estes avanços têm aberto novas possibilidades de criação, fato a ser discutido neste livro.

## **1.2 Contexto Histórico do Papelão Ondulado**

No século XIV, com o surgimento da produção em massa, houve um crescimento vertiginoso da necessidade de empacotar e proteger objetos para que fossem armazenados ou transportados em grandes volumes e com menor peso. Inicialmente buscou-se a solução do problema com o desenvolvimento com espessura mais elevadas (gramatura) o que teve como consequência um preço mais elevado da embalagem sem que tenha resultado em efetivo aumento da proteção contra choques.

Em meados de 1800 uma invenção chamada “ondulador de ferro”, começava a ser usada para fazer dobras do colarinho do hábito de freiras. Na mesma época, sem que se tenha registro do idealizador, foi aplicado a mesma solução em pedaços de papel e surgiu assim uma novidade sem aplicação definida. O ondulado era fabricado a partir de pequenas folhas passadas entre um simples par de rolos de metal, dentado e acionados manualmente.

Foi neste contexto que surgiu o “papelão”. A primeira patente do papelão ondulado foi obtida por dois ingleses, que utilizaram-no como armação para dar rigidez a cartolas da época. Em 1871 A. L. Jones, um americano, obteve a patente para utilizar o papelão ondulado para embalar garrafas e vidros para lampião, substituindo a palha e a serragem usadas até então (ABPO, 2004).

Em 1874, Oliver Long colou folhas de papel em um ou em ambos os lados da folha ondulada. Isto manteve os arcos na posição e somou suas resistências. Rapidamente foi descoberto que as ondas rígidas formavam coluna e que esta estrutura básica podia suportar grande peso. A aplicação em grande escala de tal inovação ocorreu com o advento da revolução industrial pois todos os tipos de mercadorias estavam sendo transportados para distâncias cada vez maiores. As caixas e barris de madeiras, então em uso, eram pesados e caros. O papelão ondulado – ou seja, a junção de várias folhas de papel com uma folha ondulada – apresentou-se como uma solução mais viável econômica e tecnicamente.

Portanto, a razão para o sucesso na disseminação do papelão ondulado, particularmente em embalagens, está na sua relação resistência versus peso. Sua maior resistência é devida aos arcos formados em seu miolo, que possibilitam maior momento de inércia e aproveitamento do próprio efeito arco quando da solicitação de tensões.

Vários avanços tecnológicos também contribuíram para a disseminação do papelão ondulado na indústria. Em 1881 Thompson, com a companhia de Norris, criou a primeira máquina para a fabricação de papelão ondulado de face-simples.

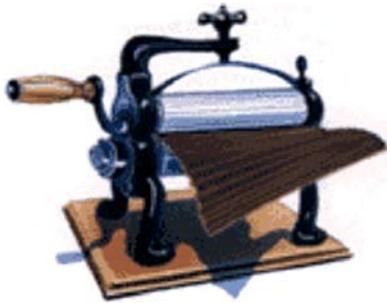


Figura 01 – Modelo de uma das primeiras máquinas de fabricação de papelão ondulado

FONTE: Embasold, 2006

Em 1895 foi desenvolvida pelo europeu Jefferson T. Ferres, da Sefton Manufacturing Co. a primeira ondulateira, conforme ilustra a figura ao lado (ABPO, 2004).

### 1.3 Composição do Papelão Ondulado

O papelão ondulado, que tem como matéria-prima básica a celulose, é composto por elementos ondulados (miolos) que são fixados a elementos planos (capas). O papelão ondulado é composto por várias camadas de papéis, de maneira a formar uma estrutura composta por um ou mais elementos ondulados, chamados miolos, fixados a elementos planos chamados capas. A união das chapas planas e onduladas forma a composição do papelão ondulado, sendo que é possível uma associação de papéis de diferentes tipos com características distintas, o que resulta em diversas composições.

A capa é o elemento plano do papelão ondulado, pode ser colocada, em relação à chapa, de forma externa, intermediária ou interna (vide ilustração na figura a seguir). O miolo é o elemento ondulado do papelão e localiza-se no intermédio das capas. Geralmente é produzido com papel reciclável para facilitar a produção das ondas. O papelão ondulado pode ser de face simples, parede simples, parede dupla, parede tripla, e de parede múltipla.

**De acordo com a terminologia da ABPO-PO/T1 (2005), os tipos de papelão ondulado são:**

- Parede Simples ou onda simples: estrutura formada por um elemento plano fixado de cada lado do elemento ondulado;

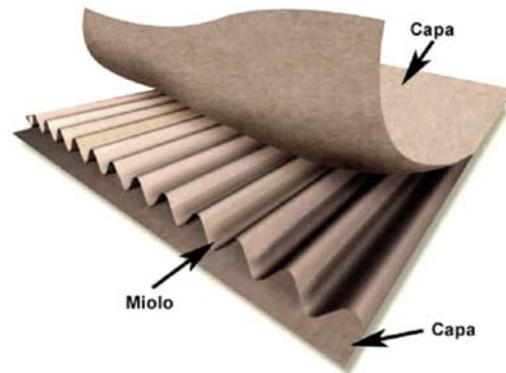


Figura 02 – Estrutura do Papelão Ondulado  
 FONTE: ABPO, 2006

- Parede Dupla ou onda dupla: composição de três elementos planos colados a dois elementos ondulados, intercalando-se os elementos;
- Parede Tripla ou onda tripla: formado por quatro elementos planos colados a três elementos ondulados, intercalando-se os elementos;
- Parede Múltipla: estrutura formada por cinco ou mais elementos planos, colados a quatro ou mais elementos ondulados, intercalando-se os elementos.

#### Os papéis mais comumente utilizados na produção do papelão são:

- Papel Kraft: este papel é composto de elevado percentual de fibras virgens e tem elevadas propriedades de resistência e se destinam as fabricações de sacos multifoliados (sacos de cimento) e de papel para caixas de papelão ondulado. Sua cor varia desde o marrom escuro até o amarelo claro e estas nuances de tonalidade provem da madeira empregada, processo de obtenção das fibras, ou processo de limpeza e depuração. A cor é irrelevante pois o que mais tem valor são suas qualidades físicas.
- Papel Test-Liner: neste papel tenta-se obter uma boa resistência física com a mistura de fibras recicladas com fibras virgens. Quanto maior for a quantidade de fibras virgens mais elevada



Figura 03 – Sacola em papel kraft  
 FONTE: Bagmakers, 2006



Figura 04 – Bobinas de papel Test-liner

FONTE: Cartonindustry, 2006

será sua resistência. Sua cor também é variável desde o marrom escuro até o amarelo claro.

- **Papel Miolo/Reciclado:** Este papel é composto de somente fibras recicladas. Um bom miolo poderá ser fabricado utilizando-se aparas de sacos multifoliados ou papelão ondulado que contem fibras de um comprimento maior. Porém com a utilização de fibras de refugo de papeis de escritório e papeis finos de impressão e escrita tende a empobrecer a qualidade deste papel. Sua cor também é marrom, porém um pouco mais embranquecido devido a mistura de fibras que foram branqueadas. Para a obtenção de características adequadas é necessário uma seleção criteriosa dos papeis velhos e aparas que irão ser reciclados.

## 1.4 Fabricação do Papelão Ondulado

### 1.4.1 Visão Geral da Fabricação do Papel

As fibras usadas na fabricação de celulose são obtidas quase que exclusivamente a partir de vegetais, desde palha de cereais, bagaço de cana, sisal até madeira. A seleção do vegetal utilizado na produção leva em conta fatores como a disponibilidade da matéria prima ao longo do ano, a possibilidade de exploração econômica, tipo de fonte (renovável ou não) e, finalmente, possibilidade de fornecer ao produto final as características desejadas. Com o consumo crescente de papel a indústria começou a usar a madeira como matéria prima, principalmente devido ao seu custo de produção, volume de produção e características físicas das fibras.

A madeira é constituída por inúmeras unidades pequenas conhecidas como células (fibras de celulose) que estão

unidas entre si por uma substância denominada lignina e outros componentes. Estas fibras de celulose são pequenos fios (cilindros ocos) de diâmetro muito pequeno (semelhantes a fios de cabelos) com um comprimento variando de 1 a 4 milímetros em média. Quanto maior é o comprimento da fibra maior será a resistência física do papel assim formado. Por outro lado, à fibra menor permite uma melhor uniformidade do papel.

As características da madeira que se destina à obtenção de fibras para o papel são normalmente dependentes de variáveis diversas que afetam sua qualidade, como as condições de solo, aclimação da espécie e forma de plantio. Florestas plantadas com este fim caracterizam-se por serem bastante homogêneas, sendo hoje consideradas como uma atividade da agroindústria.

O setor de papel e celulose encontra-se em franca expansão no Brasil. A demanda mundial e local é crescente e a vantagem nacional advém principalmente da disponibilidade de terras para o reflorestamento e da rápida maturação das variedades florestais empregadas (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO, 1976).

Dentro de todos os processos de obtenção de fibras de celulose o mais comumente utilizado e o que produz fibras de altas resistências é o denominado Kraft. De maneira geral o processo de produção consiste em transformar as toras de madeira em cavacos, colocá-los em digestores (parecido com uma panela de pressão) em que são submetidos à temperatura e pressão. O resultado é uma pasta que depois de lavada contém fibras virgens. A cor natural é marrom, normalmente chamado de pardo. Pode ser branco quando as fibras de celulose são banhadas em água oxigenada.

## Máquina Fourdrinier de fabricação de papel

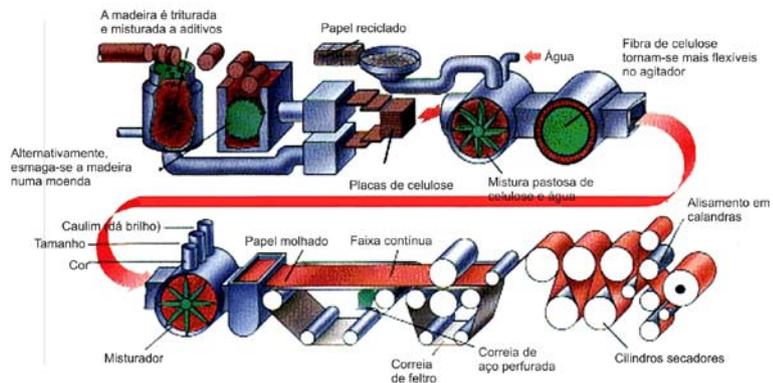


Figura 05 – Esquema da fabricação de papel

FONTE: Aparas São Judas, 2006

O processo de fabricação de papel inicia com o corte e o transporte de toras de madeira, que em seguida são cortadas ao meio, descascadas e picadas, formando-se os cavacos (pedaços de madeira picados em formato e tamanho adequados para a obtenção da celulose). Estes são encaminhados para digestores, que são responsáveis em fazer o cozimento dos mesmos. Tal processo consiste em submeter os cavacos a uma ação química com a finalidade de separar a lignina que existe entre as fibras da madeira. Depois esta é submetida a um processo de refinamento visando permitir uma folha mais bem formada e com maior resistência. A água em quantidade abundante é, desta forma, tão essencial quanto a celulose para a fabricação do papel. Utiliza-se para lavar, dissolver, misturar e transportar as fibras de celulose.

O papel fabricado de forma manual se faz depositando as fibras que estão suspensas em água (em um litro de água tem-se tipicamente cerca de cinco milésimos de litro de fibras em suspensão) sobre uma tela metálica ou plástica, relativamente fina, que está disposta sobre cilindros e que roda de uma forma contínua. Através desta tela se separa mais água deixando as fibras

sobre a tela em forma de uma rede úmida. À medida que as fibras se depositam sobre a tela vão se entrelaçando uma com as outras para formar uma folha contínua de densidade quase uniforme.

O limite a que se pode reduzir o conteúdo de umidade depende de quanto se pode comprimir a folha. Uma secção normal de prensa consiste de dois ou três cilindros prensas, sendo que os dois primeiros são prensas de sucção e o último uma prensa cilíndrica plana. A folha de papel passa entre os cilindros de uma forma contínua. Depois de prensado a folha de papel ainda contém uma umidade elevada, algo próximo de 65%.

Para melhorar a qualidade do papel anterior à secagem do mesmo normalmente é feita a lavagem e a depuração, a fim de livrar o papel das impurezas e para que o mesmo possa passar por um processo subsequente de branqueamento, que visa melhorar as qualidades do papel. Após o branqueamento a celulose é novamente depurada e enviada para a secagem. Forças de sucção a vácuo acrescentam uma possibilidade a mais para drenar a água que ainda contém. Na saída da tela formadora o conteúdo de umidade da folha de papel gira ao redor de 85%. No final do processo o papel é secado em secadores cilíndricos de ferro fundido, aquecidos por vapor, os quais podem atingir até 120°. (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO, 1976).

O papel, após a secagem é submetido a uma pressão que controlará a sua espessura e promoverá a lisura do mesmo. Essa pressão é exercida por dois cilindros que realizam um contra o outro uma pressão constante (calandra). Após o corte das bobinas e das folhas ocorre o enfardamento do produto já pronto para ser utilizado. (MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO, 1976).



Figura 06 – Bobinas de kraft na ondulateira

FONTE: Copercaixa, 2006



Figura 07 – papelão ondulado saindo da ondulateira

FONTE: Copercaixa, 2006



Figura 08 – Saída de chapas da ondulateira

FONTE: Copercaixa, 2006

## 1.4.2 Visão Geral da Fabricação do Papelão Ondulado

O papelão ondulado atualmente é produzido em grandes máquinas, cada vez mais automatizadas, as quais são freqüentemente tão compridas quanto um campo de futebol. Neste local as bobinas de papéis são selecionadas pelo peso, largura, tipo de papel, gramatura e tonalidade, e podem ser tão largas quanto a máquina e pesando algumas toneladas.

O papel a ser ondulado é denominado miolo sendo que este passa por um processo de amaciamento com vapor e depois é passado por um par de cilindros dentados chamados de corrugadores. As ondas podem ser moldadas em diferentes tamanhos, sendo classificadas por suas alturas e designadas com letras do alfabeto. Após o papel ser ondulado uma outra folha lisa de papel já está pronta para ser colada a ele, formando o chamado papelão ondulado de face simples. A cola utilizada é feita principalmente a base de amido de milho e é aplicada no topo de cada onda. As várias folhas são combinadas a velocidades que tipicamente são da ordem de 250 metros por minuto.

Esta chapa contínua de papelão ondulado é cortada na largura desejada. Nesta mesma fase de operação são acrescentados ao papelão ondulado os vincos, de acordo com o especificado. Estes vincos são usados para proporcionar a marcação correta das linhas de dobra da chapa e são posicionados de acordo com as especificações contidas na ordem de fabricação. Saindo da máquina em chapas contínuas já na largura correta, o papelão ondulado é então cortado no comprimento adequado. Formam-se assim as chapas de papelão ondulado que, após serem empilhadas em fardos do tamanho conveniente, são transportadas para a fabricação de caixas ou acessório.

## 1.5 Características Estruturais e Dimensionais do Papelão Ondulado

O papelão ondulado apresenta diferentes características contra choque, compressão e esmagamento, dependendo do tipo de ondulação empregado. Em geral a direção de ondulação numa caixa é vertical, para oferecer máxima resistência ao empilhamento. O tipo de ondulação é caracterizado pela altura das ondas e pelo número de ondas em certo comprimento, conforme mostrado abaixo:

Tipo de Onda	Altura da Onda (mm)	Número de Ondas em 10 cm
A	4,2 a 5,0	11 a 13
B	2,5 a 3,0	16 a 18
C	3,5 a 4,0	13 a 15
E	1,2 a 1,5	31 a 38

A seguir é detalhado as características de cada tipo de onda:

- **onda A:** tem amplo efeito amortecedor e isolante. Embora este tipo de onda confira ao papelão ondulado boa capacidade de absorção de choques e maior resistência à compressão na direção topo/fundo da caixa, é mais difícil de vincar e dobrar para a formação da embalagem. Este tipo de onda praticamente não é usado no Brasil;
- **onda B:** foi desenvolvida para ser utilizada em caixas pequenas de fabricação supervinco, em que a facilidade de dobrar é de grande importância. Oferece grande resistência ao empilhamento (20% mais que a onda C e 30% mais que a onda A). Devido ao seu maior número por unidade de comprimento, é utilizada quando se precisa maior resistência ao esmagamento, proporcionando também boa superfície para impressão;
- **onda C:** suas características apresentam uma combinação das duas anteriores. Tem propriedades intermediárias às ondas A e B e é a mais empregada nas embalagens de transporte onde há a necessidade de que a caixa suporte as condições de empilhamento;



Figura 09 – Chapas estocadas prontas para uso

FONTE: Copercaixa, 2006

Tabela 1 – Tipos de Onda e Altura do Papelão Ondulado

- **onda E:** utiliza-se essa onda em embalagens de consumo de dimensões reduzidas. Pelo seu elevado número de ondas por unidade de comprimento, também proporciona boa superfície de impressão. Também conhecido como papelão micro-ondulado, vem sendo empregado na fabricação de display para chocolates, balas e pirulitos, gomas de mascar e produtos afins, em substituição ao cartão, quando se deseja maior resistência mecânica. Seu emprego para essa finalidade no Brasil, ainda é pequeno comparado com outros países, mas visualiza-se um grande potencial de aplicação.

O mais usual no mercado brasileiro é a utilização de onda B e C para a produção de papelão ondulado com onda simples e para onda dupla a combinação das ondas B e C.

Como existem diversos papelões ondulados, é preciso escolher o tipo ideal em função do produto a ser contido nas caixas. Produtos enlatados, por exemplo, suportam cargas relativamente grandes na direção topo-base e, portanto, nos empilhamentos não se exige da caixa com muita resistência nesta direção. Porém, as paredes das latas se amassam com relativa facilidade, exigindo proteção lateral, que neste caso pode exigir um papelão ondulado de parede simples com onda B.

## 1.6 Testes de Qualidade em Papelão Ondulado

Nas especificações dos papelões ondulados os testes físicos mais solicitados são:

### 1.6.1 Gramatura

É a determinação do peso do papelão em  $g/m^2$ . É uma característica importante para a especificação do mesmo (método de Ensaio ABPO-PO/3).

### 1.6.2 Capacidade de absorção de água (Cobb)

Mede a quantidade de água absorvida em uma das faces de um corpo de prova de papelão ondulado por unidade de área. É também chamado de Cobb Test e é expresso em quantas gramas de água absorvidas por metro quadrado e permite avaliar a absorção de cola, tintas, umidades ao meio ao que o papelão seja exposto (método de Ensaio ABPO-PO/5).

### 1.6.3 Resistência ao estouro ou arrebentamento (Mullen)

É a resistência oferecida pela chapa de papelão ondulado a uma pressão até o seu estouro, quando aplicado de maneira uniforme e crescente mediante um diafragma elástico. Expressa em  $\text{kg}/\text{cm}^2$  ou  $\text{kPa}$  (método de Ensaio ABPO-P/6).

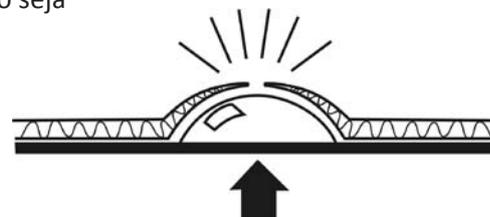


Figura 10 – Resistência ao estouro

Fonte: Embrart, 2006

### 1.6.4 Resistência ao esmagamento

É a resistência ao esmagamento das ondas do papelão ondulado, de face simples ou parede simples, quando submetido a um esforço de compressão aplicado verticalmente às superfícies planas das chapas. Não se aplica ao papelão ondulado de parede dupla ou múltipla. Expressa em  $\text{kg}/\text{cm}^2$  ou  $\text{kPa}$  (método de Ensaio ABPO-PO/7).

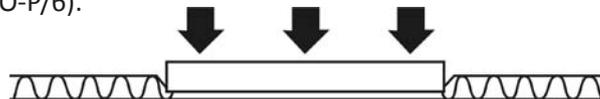


Figura 11 – Resistência ao esmagamento

Fonte: Embrart, 2006

### 1.6.5 Resistência à compressão de coluna

É a resistência à compressão do papelão ondulado a uma força aplicada no sentido paralelo da onda. É o teste mais importante, junto com a gramatura, para dimensionar uma caixa de papelão ondulado, pois determina sua capacidade de

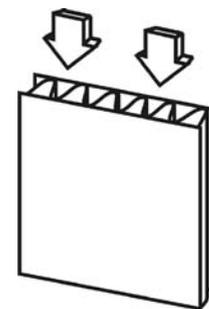


Figura 12 – Resistência à compressão de coluna (idem)

Fonte: Embrart, 2006

resistência ao empilhamento das caixas construídas com este material. Expressa em kgf/cm ou kN/m (método de Ensaio ABPO-PO/8).

## 1.7 Impressão no Papelão Ondulado

### 1.7.1 Aspectos gerais

Existem diferentes processos de impressão em papelão ondulado, como a impressão flexográfica, serigráfica e jato de tinta diretamente no papelão, e impressão off-set, com posterior acoplagem no papelão. Cada uma destas opções apresenta diferenças de aplicação, custo, qualidade e impactos ambientais.

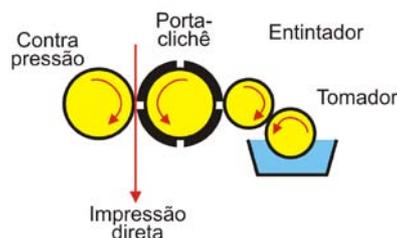


Figura 13 – Esquema básico do processo flexográfico de impressão

Fonte: ABFLEXO (2006)

A flexografia é o processo mais utilizado, com tintas e vernizes a base d'água, imprime de 1 a 5 cores mais verniz, dependendo do equipamento (vide Figura 13). A serigrafia é um processo normalmente utilizado para pequenas tiragens, para trabalhos que não necessitam de muitas cores ou grande qualidade de impressão (p.ex.: caixas para pizzas).

O processo de impressão off-set é realizado com tintas a base de óleos minerais ou vegetais, e permite a aplicação de vernizes oleosos ou a base d'água e laminações.

No Brasil, o método mais comum de impressão no papelão ondulado é a “flexografia”. Este processo consiste em um método de impressão tipográfica rotativa que emprega pranchas (formas) de borracha e tintas líquidas de secagem rápida. O sistema de impressão flexográfica tem como características principais a utilização de uma forma flexível em alto relevo,

utilização de tinta líquida (à base de água ou solvente), sistema de impressão direto (ABFLEXO, 2006).

A flexografia é um método de impressão que está em rápida transformação, ideal para gráficos de embalagens e para impressão/conversão. A flexografia começou na década de 1920 nos EUA e inicialmente era chamada de impressão “com anilina” por causa das tintas, ou pigmentos, que eram utilizados na época. O nome caiu em desuso e realizou-se uma votação entre os fornecedores nos EUA. No 14º Fórum do Instituto de Embalagens, em outubro de 1952, foi anunciado que o processo a partir desse momento seria chamado de processo de impressão “flexográfica” (ABFLEXO, 2006).

Após a 2ª guerra a flexografia deu grandes passos em termos de evolução e utilização. As chapas de impressão flexográfica apareceram por primeira vez no começo da década de 1970. Para entender-se melhor o princípio do processo flexográfico uma analogia adequada é o carimbo, que recebe tinta somente nas áreas que estão em alto relevo (característica vinda da xilogravura). Esta forma é fixada no cilindro porta-formas na impressora, onde através de sistemas apropriados de entintagem, é realizada a aplicação da tinta na superfície da imagem em alto relevo. Existem diversos tipos de forma que podem ser utilizados em flexografia, dependendo das características do impresso a se reproduzir, máquina a ser utilizada, substrato que será utilizado na impressão, etc (ABFLEXO, 2006).

O avanço mais recente na impressão em papelão ondulado é a impressão digital direta em sua superfície, baseada na tecnologia de jato-de-tinta. Este processo, embora ainda

pouco presente na América do Sul, apresenta grande potencial de crescimento dado sua rapidez e capacidade de produção de pequenos lotes a baixo custo. Esta possibilidade vem de encontro a uma tendência de mercado baseada na personalização cada vez maior das embalagens. Além disso, possibilita aplicações gráficas em outros produtos feitos em papelão ondulado, como mobiliário, displays, brinquedos e outros.

### **1.7.2 Aspectos de sustentabilidade**

O requisito ambiental deve fazer parte do planejamento da impressão, na escolha dos fornecedores, dos processos de impressão e tipos de tintas e acabamentos utilizados, até na divulgação da utilização destes procedimentos. Levar em consideração as restrições de projeto advindas da inclusão do requisito ambiental, como uso de tintas atóxicas, diminuição do número de cores, processos de impressão com menor consumo de energia, entre outras, requer planejamento, e esta seção destina-se a mostrar alternativas sustentáveis nesta fase do projeto.

O desafio maior é tornar as implicações do atendimento dos requisitos ambientais em vantagem competitiva.

### **1.7.3 Planejamento**

É de fundamental importância que a dimensão ambiental no que tange à impressão do papelão ondulado tenha um processo de planejamento que busque continuamente rever especificações de produtos e processos. Para este planejamento é importante manter-se informado sobre os últimos desenvolvimentos em tintas, papelão, acabamentos

e processos de impressão. Novas tecnologias e o resgate de velhas técnicas eficientes para o design e áreas afins estão ocorrendo constantemente. Abaixo são apresentadas algumas recomendações a respeito:

- Verificar se a quantidade de materiais impressos está o mais próxima possível da real necessidade para que não sejam impressos materiais além daqueles que serão efetivamente utilizados;
- Utilizar a menor quantidade de cores quando possível, sem comprometer a qualidade do projeto gráfico;
- Evitar grandes áreas chapadas em processos de impressão flexográfica, pois elas diminuem a resistência e a capacidade de empilhamento do papelão ondulado, além de poder trazer considerável economia de tinta;
- Evitar o uso de sangras (imagens ou áreas de impressão que “sangram” [vazam] para fora da superfície final do material), pois as aparas sem impressão são mais fáceis de reciclar;
- Certificar-se de incluir dados sobre a porcentagem de material reciclado que está sendo utilizado, sobre certificações e/ou símbolos que incentivem a reciclagem na superfície do papelão.

#### 1.7.4 Seleção do Papelão Ondulado

Quanto à seleção do papelão ondulado é importante levar em consideração os aspectos apontados abaixo:

- Escolher papelão reciclado com selos ou certificações ambientais, de acordo com os requisitos de projeto;
- Considerar a utilização de papelão reciclado que não tenha sofrido processo para eliminação de resíduos de tinta, pois dessa maneira ele consumiu menos energia na sua reciclagem;
- Para papelão que contém papéis com fibras virgens escolher

aqueles com certificação FSC (vide maiores informações no site do Conselho Brasileiro de Manejo Florestal - [www.fsc.org.br](http://www.fsc.org.br));

- Verificar entre os papelões que possuem uma das faces com papel branco, ou que utiliza processo de acoplagem, se esse papel utilizou processo de branqueamento sem cloro: TCF (Totally Chlorine Free) ou ECF (Elemental Chlorine Free);

### 1.7.5 Tintas e Acabamentos

Quanto à seleção de tintas e acabamentos as recomendações incluem:

- Escolher tintas atóxicas a base de água ou a base de óleos vegetais, se utilizar impressão off-set. As tintas a base de óleos vegetais promovem a redução ou eliminação de compostos organo-voláteis (VOCs - altamente tóxicos e contribuidores do aquecimento atmosférico) e também são à base de recursos naturais renováveis;
- Muitas tintas de alto brilho e fluorescentes contêm altos níveis de metais pesados, que podem contaminar o solo ao fim de sua vida útil, além de apresentarem riscos a saúde e ao meio ambiente durante o processo de impressão;
- Recomenda-se que no processo de impressão off-set para acoplagem, se não for possível a utilização de tintas a base d'água ou de óleos vegetais, escolher tintas com menos de 10% de VOCs;
- A impressão off-set para posterior acoplagem oferece maior qualidade de impressão e preserva as características físicas do papelão ondulado, como resistência e capacidade de empilhamento;
- Os vernizes tradicionais oleosos, de processos off-set, contêm solventes nocivos a saúde e ao meio ambiente. Recomenda-se utilizar vernizes à base d'água que são menos tóxicos e secam rapidamente em comparação com os oleosos;

- Evitar laminação plástica desnecessária. Ela é adequada para acondicionamento de alimentos, de produtos que são submetidos à umidade ou para embalagens que precisem ser impermeáveis, porém dificulta a reciclagem. Se o material tiver que incluir este processo optar, quando possível, por laminações mais finas. Já existem no mercado vernizes a base d'água com características de impermeabilidade e resistência à umidade;
- Evitar, sempre que possível, usar etiquetas adesivas (alguns adesivos demoram mais de 200 para se decompor), caso contrário escolher aquelas com cola a base de água.

### 1.7.6 Considerações Gerais

A adequada seleção de fornecedores tem implicação direta no impacto ambiental causado pelas soluções gráficas para o papelão ondulado. No processo de impressão off-set para acoplagem, por exemplo, sugere-se procurar por gráficas com processos de gravação direta na chapa de impressão (sem o fotolito, cujo processo de gravação utiliza produtos químicos, consome muita água e gera efluentes líquidos tóxicos).

Mostrar que o produto/processo está contribuindo com o desenvolvimento sustentável é parte importante na educação ambiental. Para tanto é importante que o público seja adequadamente informado através do próprio produto de papelão ondulado. Exemplo de ação neste sentido inclui a fixação de informações sobre os materiais e procedimentos ambientais utilizados, como por exemplo: “esta embalagem foi impressa em papelão 100% reciclado usando tinta atóxica a base de água”, ou “esta embalagem utilizou papelão com certificação de origem e verniz a base de água” ou “esta embalagem foi projetada levando

em consideração critérios ambientalmente sustentáveis, divulgue esta idéia!”.

Da mesma forma recomenda-se inserir dados ambientais na superfície sempre que utilizar materiais ou processos com características ambientais positivas, como a norma ambiental ISO 14000, o símbolo de produto reciclado (colocar porcentagem de fibras recicladas) e o símbolo indicando que o produto é reciclável.



PDF 02

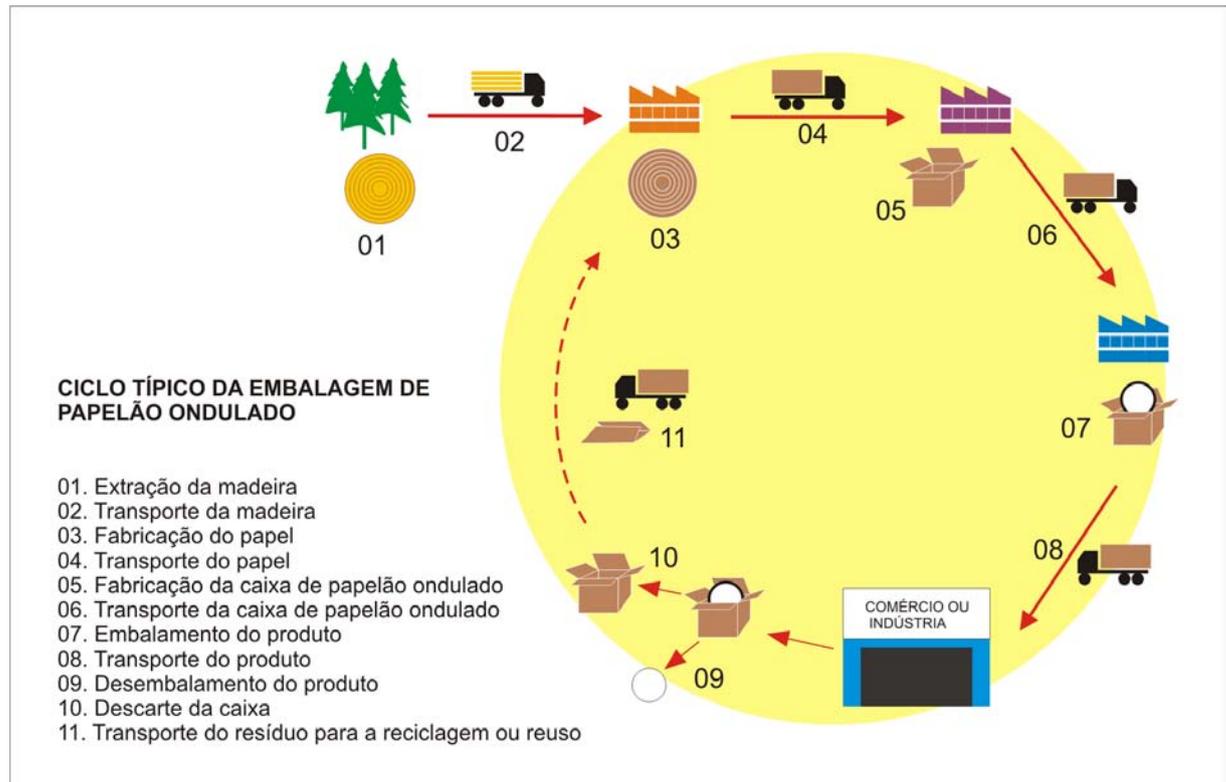
## 1.8 O Papelão Ondulado e o Meio Ambiente

### 1.8.1 Vantagens do Papelão Ondulado

A reciclagem do papel é bastante antiga. Estima-se que já nos anos 105 d.C. já se utilizava o papel reciclado em produtos de qualidade menos refinada. À medida em que o pensamento crítico a respeito do ciclo de vida dos produtos aumentou, também aumentou o interesse do homem pela reciclagem. Atualmente esta demanda tem resultado na produção de equipamentos dedicados e específicos ao processo de reciclagem do papel e, de maneira especial, do papelão ondulado.

O papelão ondulado é um material 100% biodegradável e reciclável, além de possuir resistência a choques, variações de temperatura e compressão. A sua contribuição à proteção ambiental ao processo de reciclagem acontece durante a produção, pois utiliza materiais descartáveis e os materiais auxiliares utilizados via de regra não são agressivos ao meio ambiente: tintas atóxicas, colas e insumos neutros; no uso, pois não apresenta qualquer risco conhecido à saúde humana ou ao meio ambiente, e por ser descartável evita também a sua

contaminação; no descarte, ao aliviar a pressão nos aterros por ser um material reciclável e 100% biodegradável, e cuja taxa de reaproveitamento está em contínuo crescimento (ABPO, 2005).



O papelão ondulado possui vantagens em relação a outros materiais no que tange à reciclagem. É de fácil coleta em grandes volumes comerciais e apresenta fácil identificação quando misturados com outros tipos de papeis, o que resulta num processamento com custo relativamente baixo. O papelão apresenta tempo reduzido de decomposição em aterros sanitários. Além disto, quando misturado a outros resíduos torna-se fonte de nitrogênio aos microorganismos.

Figura 14 – Ciclo típico da embalagem de papelão ondulado

FONTE: Arquivo do Núcleo de Design & Sustentabilidade

Outra vantagem do papelão ondulado é o fato de que o uso de aparas gasta 10 a 50 vezes menos água do que o processo que utiliza celulose virgem, e conseqüentemente uma redução no consumo de energia. A reciclagem representa um grande fator econômico e social para o setor papelero, por sua contribuição à conservação de recursos naturais e energéticos e pela proteção ao meio ambiente.

Com a elevação do custo da madeira e o aumento de sua demanda tem ocorrido como consequência ampliado o interesse pela reciclagem de papeis. A quantidade de madeira economizada com a substituição de fibras virgens de celulose por uma tonelada de aparas, considerando-se uma perda de 20% nas aparas (devido a impurezas) é de 4 metros cúbicos. Isto equivale a dizer que uma tonelada de aparas corresponde a um rendimento lenhoso de uma área plantada de até 350 metros quadrados. No quesito referente ao consumo de energia, pode-se afirmar que se economiza mais de 50%, quando se compara a produção de papel miolo com aparas, com a produção de celulose e papel (CEMPRE, 2004).

As caixas produzidas em papelão ondulado são consumidas principalmente pelas indústrias de embalagens, as quais são responsáveis por 64,5% das aparas recicladas no Brasil. Utiliza-se para a produção de novas chapas de papelão ondulado cerca de 18,25% dessas aparas (CEMPRE, 2004).

O Brasil está entre os dez países com maior taxa de reciclagem de papel, ocupando a 9ª posição de acordo com PPI (2001). Em 2002 a produção do papelão ondulado no país foi de 2,1 milhões de toneladas, sendo 77,3% deste volume é reciclado (CEMPRE, 2004). O total de papel recuperado através da

reciclagem em 2002, segundo a BRACELPA (2005), foi de 3.017.400 toneladas, sendo 61,7% de caixas de papelão ondulado. Grimberg & Blauth (1998) apresentam na Tabela a seguir indicadores da reciclagem do papel no Brasil.

material	peso relativo no lixo domiciliar brasileiro	produtos recicláveis	rejeito	taxa de reciclagem no Brasil *
papel	25%	papel branco papel misto papelão jornais revista e impressos	carbono celofane plastificados parafinados metalizados	37%

Tabela 2 – Indicadores da Reciclagem de Papel no Brasil (Grimberg & Blauth, 1998)

O valor do papel ondulado varia conforme a região e o preparo do material após a separação do lixo. Existem países que já estão conscientizados com a importância da reciclagem, investindo em instalações de indústrias depuradoras, que fornecem fardos de celulose secundária, sem que estas necessitem de equipamentos para a preparação da polpa de aparas (CEMPRE, 2004).

### 1.8.2 O Processo de Reciclagem do Papelão Ondulado

O processo de reciclagem começa com o encaminhamento das aparas de papel, pelos aparistas, às indústrias papeleiras. O material é desagregado no “hidrapulper”, que separa as fibras transformando-as em uma mistura homogênea. Logo após, são retiradas as impurezas (fitas adesivas e grampos metálicos) por meio de peneiras. No caso do papelão ondulado, ao contrário do papel de escritório, não se faz necessária a aplicação de técnicas de limpeza finas, retirada de tintas, branqueamento do material e lavagens especiais. (CEMPRE, 2004).

O papel reciclado de melhor qualidade será utilizado para a capa externa da caixa de papelão, o de nível intermediário para revestir as camadas internas das caixas e o de qualidade mais inferior para o miolo do papelão ondulado.

O rendimento da reciclagem depende do pré-processamento do material (seleção, limpeza, prensagem), que é realizado pelo aparista. O Papelão ondulado que teve em sua fabricação a aplicação de tintas, e/ou tratamento anti-umidificação com resinas insolúveis em água promovem a inviabilidade da reciclagem desse material, além disso, ceras, plásticos, manchas de óleo, terra, pedaços de madeira, barbantes, cordas, metais, vidros, entre outros materiais, dificultam o processo de reciclagem. Admite-se no processo de reciclagem a presença de no máximo 1% de materiais contaminantes do volume e a perda total no reprocessamento não deve ultrapassar os 5%. A umidade altera as condições normais do papel, também dificultando a reciclagem (CEMPRE, 2004).

Outro fator limitante para a reciclagem é a mistura com a caixa ondulada amarela, que possui fibras recicladas que perderam a sua resistência inicial. Admite-se no processo de reciclagem a presença de no máximo 1% de materiais contaminantes do volume e a perda total no reprocessamento não deve ultrapassar os 5%. A umidade altera as condições normais do papel, também dificultando a reciclagem (CEMPRE, 2004).

Papel e papelão, presentes em grande quantidade no lixo urbano, são frequentemente descartados por estarem sujos de resíduos orgânicos e misturados com papéis sanitários. A produção de rejeitos (tudo aquilo que não se aproveita na

triagem que retorna ao lixão ou aterro sanitário, como as embalagens compostas de vários materiais ou a vácuo, papel carbono, isopor, tecidos, etc.) é, em média, de 42% (Grimberg & Blauth, 1998).

O valor do papel ondulado varia conforme a região geográfica, a proximidade com centros de processamento, e o processo utilizado no preparo do material após a separação do lixo. Existem países que já estão conscientizados com a importância da reciclagem, investindo em instalações de indústrias depuradoras, que fornecem fardos de celulose secundária, sem que estas necessitem de equipamentos para a preparação da polpa de aparas.

### **1.8.3 Implicações dos Princípios do Design Sustentável**

Existem três alternativas mais comumente utilizadas para o processo de selagem ou união de um produto a base de papelão: fechar com fita adesiva, grampear uma orelha externa ou internamente e colar uma orelha externa ou internamente. No caso de embalagens o uso de fita adesiva é usado em caixas cujo conteúdo não ultrapasse 10 kg de peso. Contudo, um dos objetivos centrais do design sustentável é justamente evitar a utilização destes materiais através do uso mais intensivo de soluções de dobra como o CFG. Caixas supervinco, por exemplo, possibilitam selagens próprias e especiais, e não necessitam elementos adicionais.

#### **1.8.3.1 Extensão da Vida Útil**

Um tratamento frequentemente utilizado no papelão para conferir maior desempenho em impermeabilização é a



PDF 03 e 04

parafinação, tanto nas capas como nas ondas (coating).

Esta técnica tem se mostrado bastante eficaz, desde que não seja imerso o papelão totalmente na água. Esse sistema é utilizado em caixas que embalam carne, peixe, hortaliças, legumes e frutas.

Contudo, a parafinação dificulta a reciclagem e, sob a ótica da sustentabilidade, é uma prática a ser evitada. Tem-se observado um número crescente de esforços na busca por produtos que confirmem esta impermeabilização ao papelão sem impedir sua reciclagem.

- Explorar o sentido das ondas e os tipos papelão de acordo com o projeto: o uso correto do sentido e tipo das ondas propicia a adequada resistência ao produto e, conseqüentemente, maior segurança. Além disso, evitam-se amassamentos e desgaste precoce do material, que poderiam reduzir o ciclo de vida do produto;
- Evitar Grampos: por serem metálicos, os grampos podem estragar o maquinário que faz a reciclagem do papel ou retardar o processo de reciclagem quando de sua retirada, ocasionando perdas de tempo e energia;
- Usar cola de Amido: a cola de amido é um adesivo à base vegetal, bastante forte e que pode ser facilmente removida com água, por isso não contamina o papelão ondulado permitindo sua reciclagem;
- Prever o aproveitamento de resíduos do processo: não havendo a possibilidade de se evitar a produção de resíduos em um determinado processo, deve-se prever a sua utilização em parte do produto que se esta desenvolvendo ou em outros produtos, impedindo-se que esse resíduo seja eliminado no meio ambiente através do seu descarte.
- Facilitar a montagem e desmontagem: quando esse processo é muito complexo, pode-se inviabilizar a separação de materiais, dificultar o transporte, permitir a montagem/desmontagem

incorreta ou prejuízos ao produto durante esse processo ou, ainda, exigir o uso de mão-de-obra especializada, implicando-se em mais custos ao produto final.

- Facilitar a compactabilidade: produtos com menor volume são mais facilmente transportados, evitando-se gastos energéticos e o uso de recursos demandados por transportes de grandes volumes.
- Utilizar tintas à base de água ou óleo de soja para acabamentos: essas tintas não contaminam o papelão ondulado, permitindo sua reciclagem. Além disso, não são tóxicas, ou seja, são mais adequadas para brinquedos.
- Projetar para a embalagem fazer parte do produto: a importância da embalagem fazer parte do produto está na redução do uso de recursos e no aumento do ciclo de vida do produto (embalagem). Reduz-se o uso de recursos porque parte do novo produto deverá prever em sua composição o material da embalagem em vez de outros materiais e aumenta-se o ciclo de vida da mesma porque ela não será descartada assim que o produto for colocado em uso pelo consumidor final. Uma estratégia para esse requisito é a utilização de marcas e vincos necessários para o novo produto na parte interna da embalagem ou que seu layout contenha sugestões de desdobramentos em outros produtos.

## 1.9 Uso Tradicional do Papelão: Embalagens

### 1.9.1 Contexto Histórico e Econômico

O papelão ondulado na forma de caixa foi utilizado pela primeira vez por um produtor de cereais que conseguiu a aprovação oficial para utilizá-lo no transporte de seus produtos. Surgiram aí as primeiras embalagens de papelão ondulado (ABPO, 2004).

No início do século XX apenas 20% das embalagens eram de papelão ondulado ou de chapas de fibra e o restante praticamente era de madeira. Cinquenta anos após a tendência se invertia: 80% de todas as embalagens de transporte eram de papelão ondulado. A resistência em trocar uma embalagem de madeira para uma de papelão ondulado era elevada, pois à primeira vista as diferenças de resistências eram enormes. Mas o custo, a praticidade, a facilidade de obtê-las, o pouco peso e o pouco espaço para estocá-las, foram fatores determinantes para sua introdução e utilização.



PDF 10,  
11 e 12

### 1.9.2 O papelão ondulado no mercado mundial de embalagens

De modo geral, percebe-se que há uma tendência mundial de crescimento no consumo de papelão ondulado, conforme pesquisa feita em 2005 pela WPO – Organização Mundial de Embalagem em parceria com a consultoria inglesa Pira. Do ponto de vista ambiental este crescimento não é desejável, pois o aumento no consumo de recursos e energia implica em maior pressão sobre o meio-ambiente. O ideal seria a adoção de novas formas de atendimento das necessidades ligadas ao mercado do papelão ondulado, baseadas na extensão da vida do material e na redução da quantidade de resíduos gerados. Os sistemas produto-serviço (PSS) apresentam-se como uma boa alternativa, pois buscam integrar ganhos ambientais, econômicos e sociais (MANZINI e VEZZOLI, 2005). Para isso, o desenvolvimento de PSS já conta com metodologias e ferramentas específicas, como o MePSS (Methodology for Product Service Systems) e o SDO (Sustainable Design Toolkit), ambos desenvolvidos pelo Instituto Politécnico de Milão, em parceria com outras instituições européias.

Estimado em 2006 em cerca de US\$ 459, projeta-se para o mercado mundial de papelão ondulado um crescimento para US\$ 556 bilhões em quatro anos. Segundo o estudo, o mercado deve expandir significativamente na Ásia. A Índia deverá apresentar o maior crescimento entre os asiáticos (14,2%/ano), chegando a US\$ 13 bilhões em quatro anos. Em seguida vem a China com crescimento anual estimado em 8,2%, chegando a US\$ 51 bilhões em 2009. Quanto aos europeus, o maior crescimento fica por conta da Polônia, com crescimento médio de 11%/ano e estimativa de US\$ 6 bilhões em 2009. A Rússia permanece como maior mercado de embalagens na Europa, com previsão de 18,5 bilhões de dólares em quatro anos.

O setor de alimentos atualmente é o que mais consome embalagens e deve continuar crescendo a taxas de 4,6% ao ano. Contudo, o maior crescimento (7,1%) deverá acontecer no setor de medicamentos. O papel e o papelão representam mais de 38% do mercado atual de embalagem, com movimento em torno de US\$ 176 bilhões em 2004, e este número tende a crescer cerca de 4,2% ao ano, com previsão de cerca de 216 bilhões de dólares para 2009 (EMBALAGEMMARCA, 2005).

Segundo a ICCA (2004), o mercado do papelão ondulado tem apresentado crescimento ao longo dos últimos anos em nível internacional, como se pode perceber no quadro abaixo, que compara o ano de 2004 ao de 2003 por bimestre. Nota-se que a Ásia é o grande produtor mundial, com mais de 53 milhões de metros quadrados e crescimento de 9% em apenas um ano. Com isso, os asiáticos dominam mais de um terço do mercado mundial de papelão ondulado. A produção norte-americana e européia é quase equivalente, com pouco mais de 40 milhões de

m<sup>2</sup> cada uma, mas os norte-americanos apresentaram crescimento um pouco maior. Quanto aos produtores da América Latina, apesar da participação inferior à de asiáticos, norte-americanos e europeus, é significativo o crescimento de quase 10%, o mais alto entre todos os mercados produtores. O Brasil tem um papel importante neste crescimento, como veremos no item 1.9.3.

Tabela 3: Produção de papelão ondulado em milhões de metros quadrados por continente.

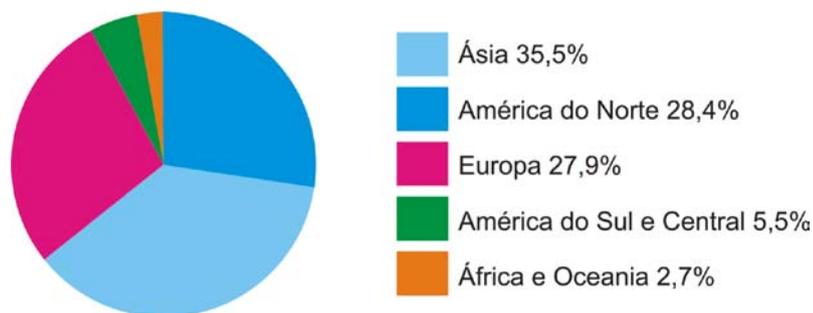
FONTE: ICCA - International Corrugated Case Association, 2005

	2004	2003	CRESCIMENTO em %
Asia	53,036	48,537	9,0
América do Norte	42,367	41,255	2,7
Europa	41,563	40,862	1,7
América Central	8,163	7,441	9,7
Oceania	2,324	2,272	2,3
África	1,693	1,660	2,0
TOTAL	149,147	142,126	4,9

A menor fatia de mercado pertence à África e Oceania, e mesmo esses apresentaram um pequeno crescimento, de cerca de 2%. O menor crescimento é o do mercado europeu.

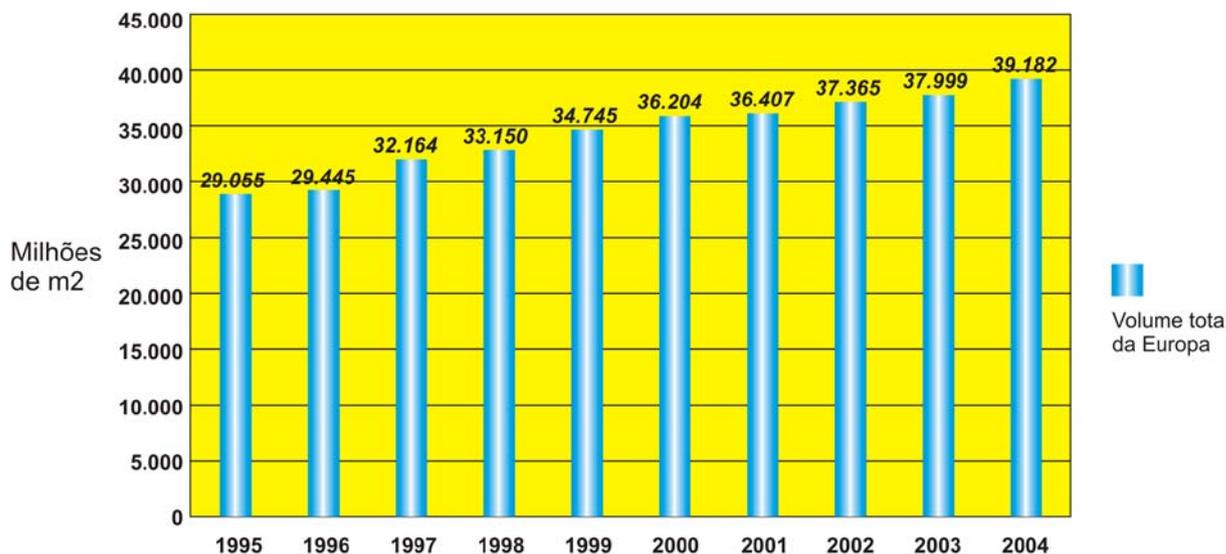
Gráfico 1: Participação (em %) na produção de papelão ondulado por continente.

FONTE: ICCA - International Corrugated Case Association, 2005



Contudo, mesmo o mercado europeu tem apresentado crescimento contínuo ao longo dos últimos dez anos, como se pode perceber no gráfico abaixo, o que demonstra a relativa estabilidade e potencial deste mercado.

Relatório Anual FEFCO 2004  
Chapas em Milhões de M2 na Europa



### 1.9.3 O papelão ondulado no mercado nacional de embalagens

A participação da produção brasileira é decisiva nos números do mercado sul-americano. Dos pouco mais de oito milhões de m<sup>2</sup> (América Central e do Sul), mais de 3,9 milhões são produzidos no Brasil, representando quase metade do total. Nos últimos cinco anos o mercado tem oscilado entre 3,7 e 3,9 milhões de m<sup>2</sup>, com uma queda significativa em 2003, ano em que a produção caiu para 3,4 milhões.

Expedição Anual de Caixas, Acessórios e Chapas		
Ano	Toneladas	1.000 m <sup>2</sup>
2000	2.048.937	3.737.772
2001	2.061.022	3.701.603
2002	2.144.113	3.920.175
2003	1.885.916	3.464.750
2004	2.106.832	3.918.961

Gráfico 2: Produção de chapas de papelão ondulado na Europa.

Fonte: Anuário estatístico FEFCO – European Federation of Corrugated Board Manufacturers, 2005

Tabela 4: Expedição anual de caixas, acessórios e chapas de papelão ondulado.

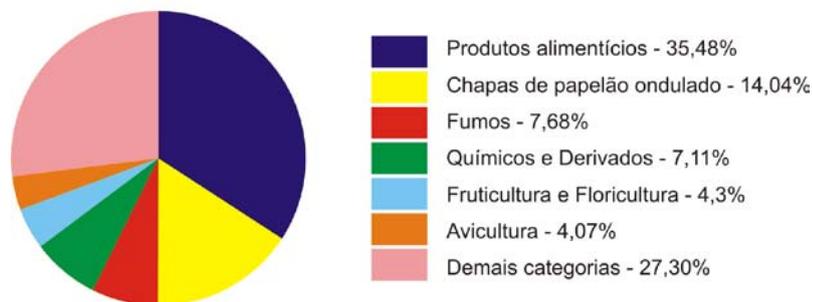
FONTE: ABPO, 2005

Segundo a ABPO (Boletim Estatístico de Maio/2005), a indústria alimentícia continua sendo a grande consumidora do papelão ondulado produzido no país. Mais de um terço de toda a produção (em toneladas) de papelão ondulado são destinadas a esse mercado. Uma distribuição mista ocupa o segundo lugar, e a produção de chapas fica na terceira posição. Em seguida, a indústria de fumos e tabacos, com 7,69%, supera a indústria química, fruticultura, floricultura e avicultura.

Gráfico 3: Distribuição setorial do consumo em Maio/2005 - % sobre toneladas.

FONTE: ABPO, 2005

**Distribuição setorial do consumo em maio/2005 - % sobre toneladas**



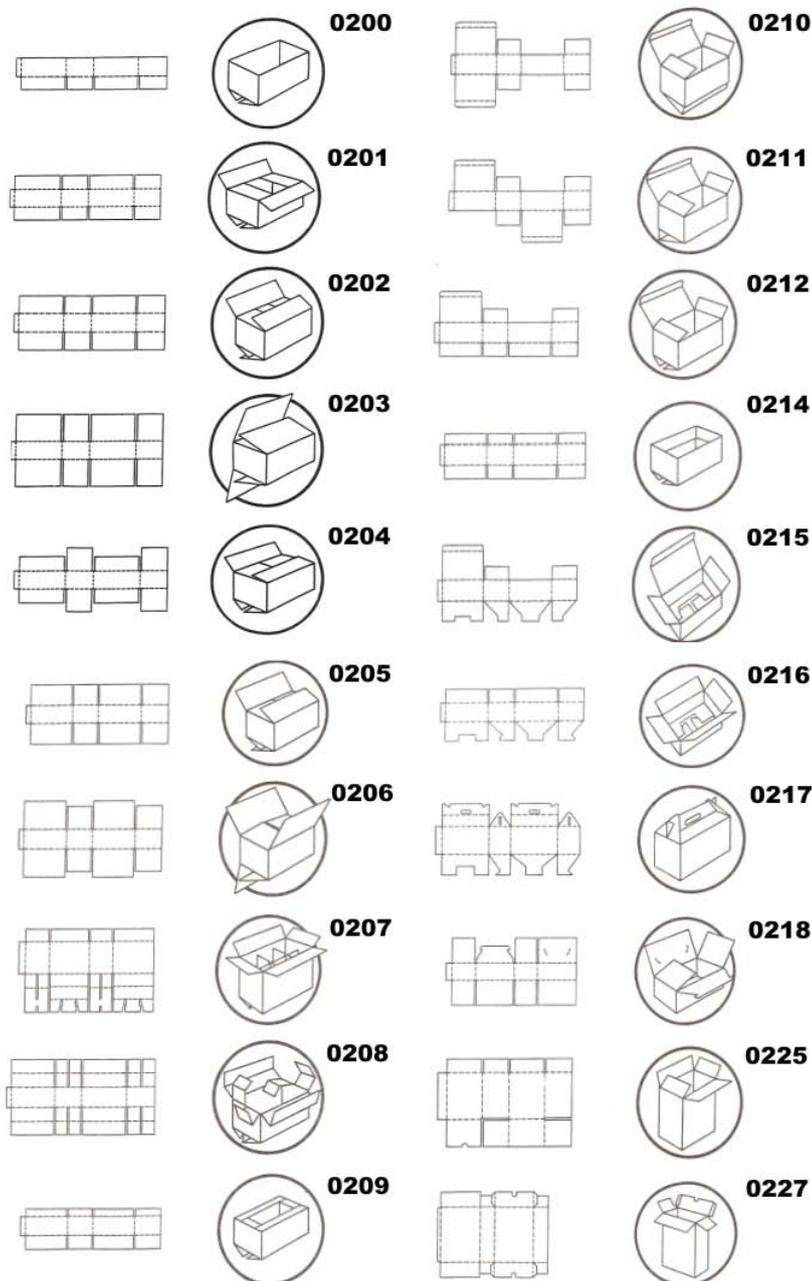
#### 1.9.4 A regulamentação do mercado de embalagens para exportação

Segundo a APEX – Agência de Promoção de Exportações e Investimentos, o estímulo ao desenvolvimento sustentável é política prioritária do Governo Federal para a atração de investimentos e sua manutenção no país, a geração de renda e emprego e ao incremento das exportações. Conforme a agência, alguns setores são estratégicos para expansão, e possivelmente para exportações. Entre eles são citados os de semicondutores, fármacos, softwares, aeroespacial, bens de capital, infra-estrutura, bioenergéticos e outros. Além disso, diversos exemplos de

Arranjos Produtivos Locais (APLs) têm papel importante, entre eles os pólos de alta tecnologia, parques tecnológicos, pólos de fabricação de calçados, móveis, cerâmica, madeira, automotivo e aeroespacial. O setor de embalagens em papelão ondulado tem papel estratégico neste contexto, pois atende a vários tipos de indústrias, inclusive às citadas anteriormente (APEX, 2005). Com relação às normas que regem o mercado de embalagens para exportação, além da recente NIMF 15 - Norma Internacional de Medidas Fitossanitárias, há normas específicas de qualidade, dimensionamento e gestão ambiental. A qualidade é contemplada principalmente pelas normas ISO 9001, e a gestão ambiental pela ISO 14000. Quanto ao dimensionamento, rotulagem, terminologia e outros, a normatização é feita pela ABNT, por meio das CB-23 – Comissões de Estudo de cada setor de embalagens. No caso do papelão ondulado, a SCB-23:002 é a comissão responsável pelos estudos (ABRE, 2005).

Como já visto, atualmente o papelão ondulado está presente em embalagens de praticamente todos os setores da economia. Segundo dados da Associação Brasileira de Embalagens, o valor bruto da produção de embalagens cresceu 1,13% em 1997 de 2004 para 2005, alcançando picos de 17,63% para as embalagens de fibra natural, 8,94% para as de material plástico e 7,43% para as de papelão ondulado. Para atender a esta demanda, foi estabelecida a classificação de diferentes estilos de caixas de papelão ondulado e se aplica a todas as indústrias de e a todos os usuários de caixas de papelão ondulado (classificação ABPO-PO/C1). O critério utilizado na classificação dos diferentes estilos foi o de dar a cada caixa um número. Este critério é universal, adotado por todas as nações.

## 1.10 Caixas tipo Normal



São basicamente constituídas de uma peça com junta grampeada, colada, ou com fita gomada e com abas na parte superior e/ou na parte inferior. As caixas normais são produzidas em máquinas tradicionais com facas de matriz rotativa, que fazem seus cortes e vincos contínuos no sentido longitudinal e transversal à onda. São entregues achatadas, prontas para uso e requerem selagem para as abas (pertencem a GRUPO 2).

Figura 15 – Caixas Tipo Normal  
Fonte: Embrart, 2006

## 1.11 Caixas tipo Telescópico

Consistem de mais de uma peça e são caracterizadas por uma tampa e/ou fundo encaixando sobre o corpo da caixa (pertencem ao GRUPO 3).

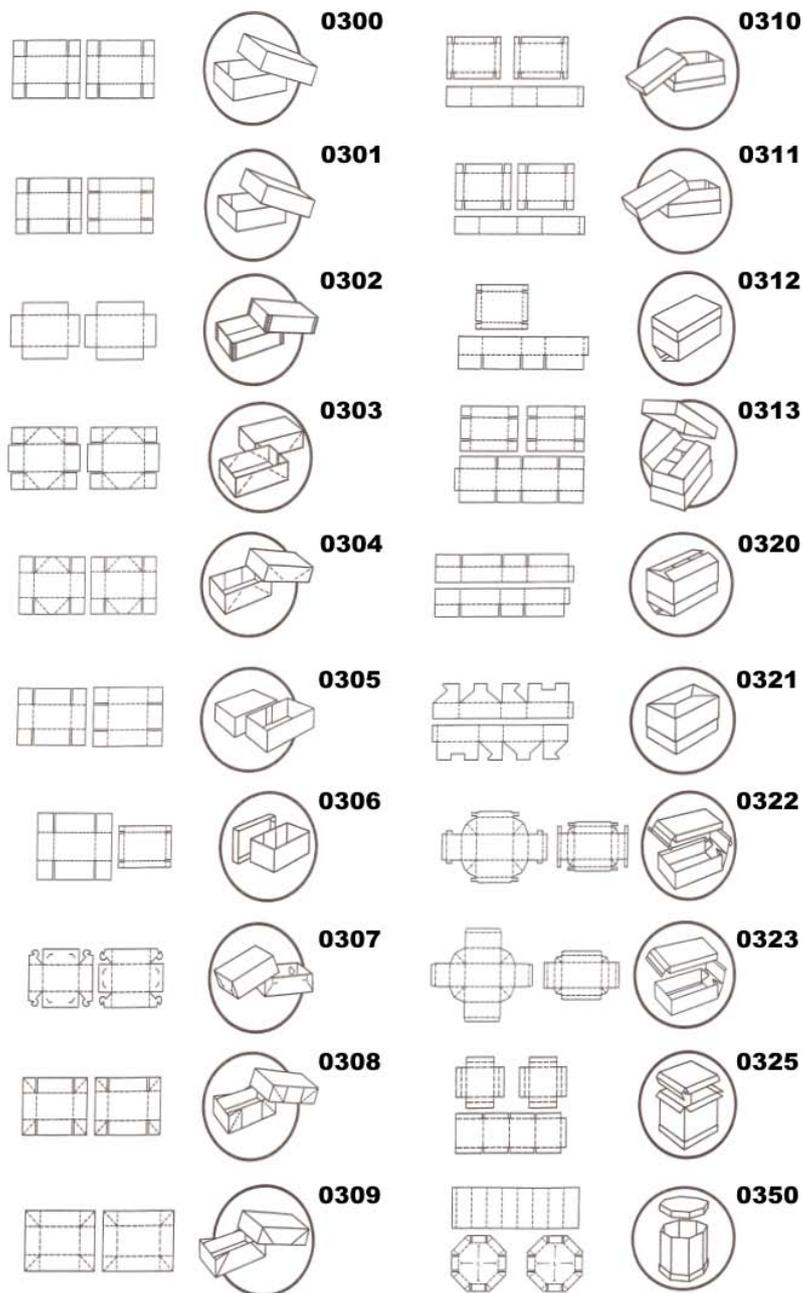
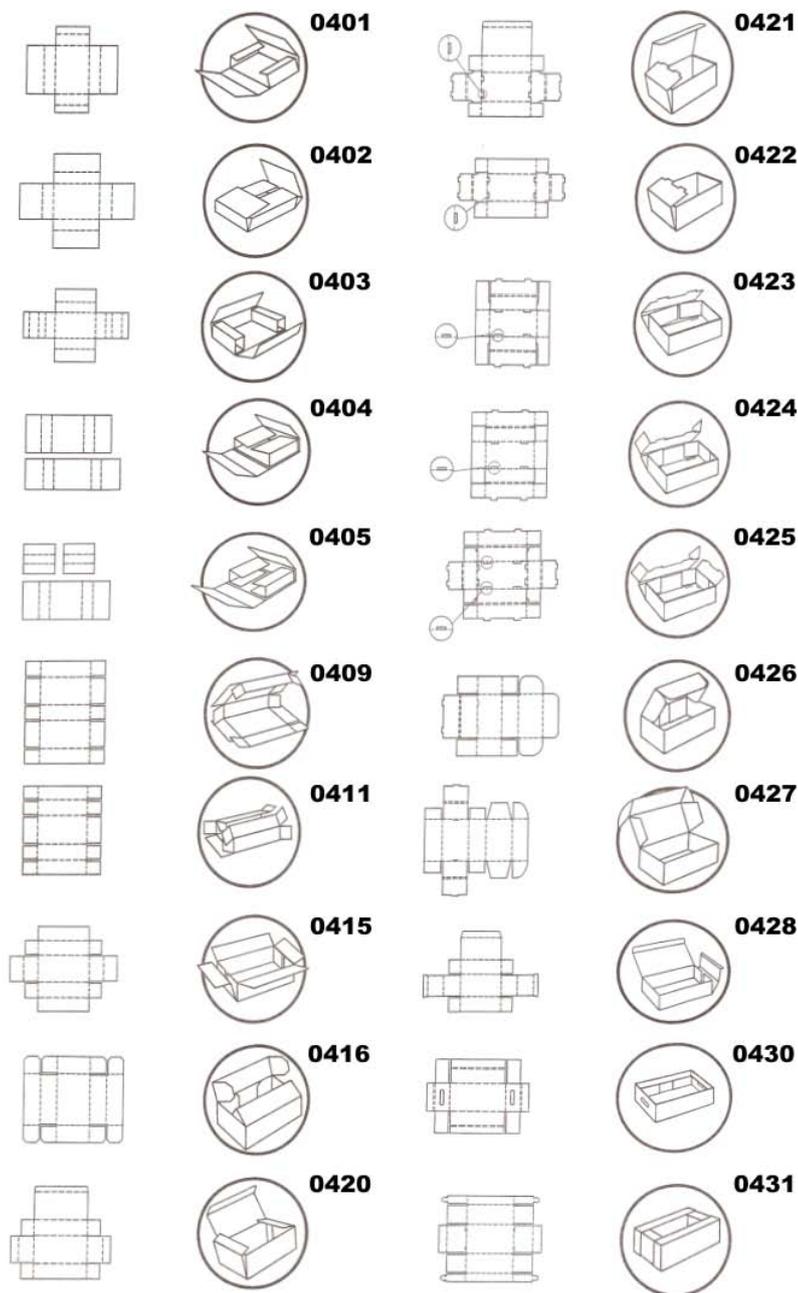


Figura 16– Caixas Tipo Telescópico

Fonte: Embrart, 2006

## 1.12 Caixas tipo Envolvório



São constituídas, usualmente de uma peça. O fundo da caixa se dobra para formar duas ou todas as paredes laterais e a tampa. As caixas podem ser montadas sem a necessidade de grampos ou fita gomada (pertencem ao GRUPO 4).

Figura 17 – Caixas Tipo Envolvório  
Fonte: Embrart, 2006

### 1.13 Caixas tipo Gaveta

São constituídas de várias cintas que se introduzem em diferentes direções, uma nas outras. Este grupo também inclui cintas externas para outras caixas (pertencem ao GRUPO 5).

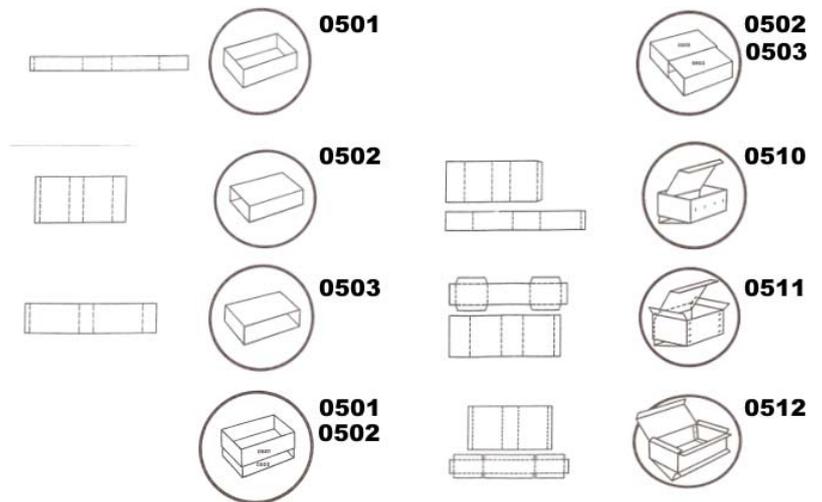


Figura 18 – Caixas Tipo Gaveta  
Fonte: Embrart, 2006

### 1.14 Caixas tipo Rígido

Constituídas de duas peças separadas para formação das testeiras e um corpo que requerem grampeamento, ou operação semelhante, para a montagem da caixa (pertencem ao GRUPO 6).

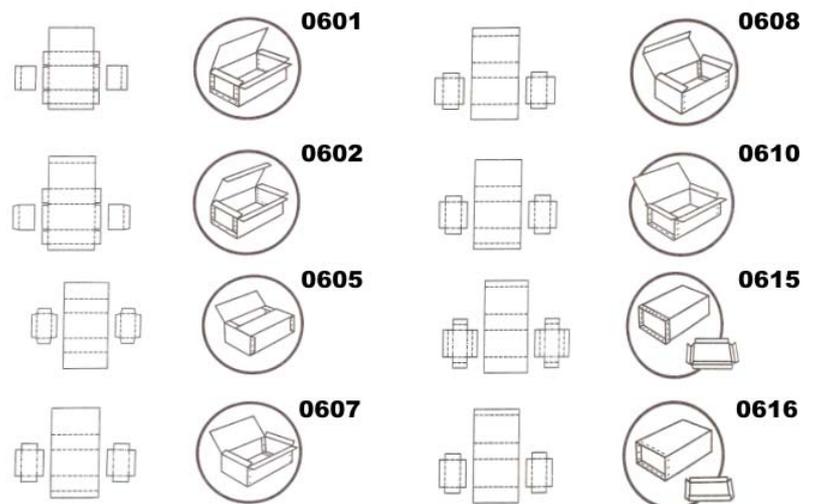
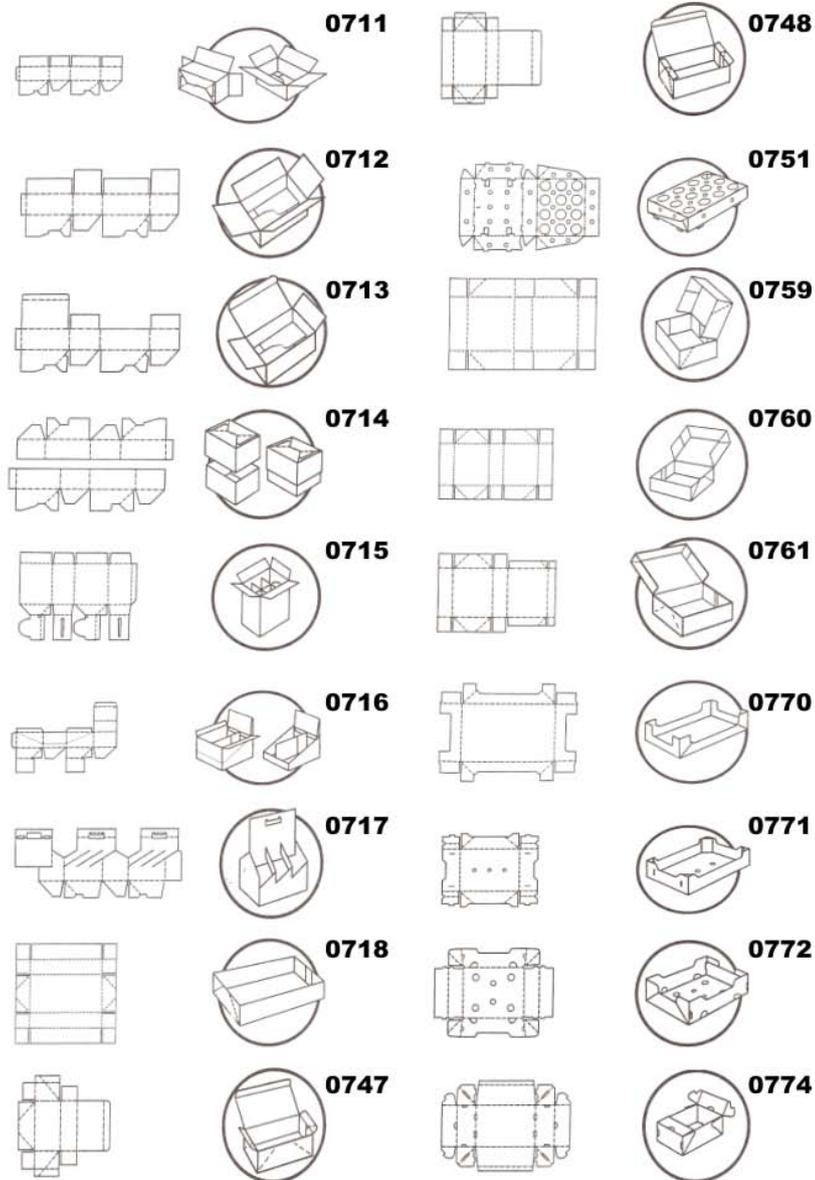


Figura 19 – Caixas Tipo Rígido  
Fonte: Embrart, 2006

## 1.15 Caixas tipo Pré-montado ou Fundo Automático



Consistem basicamente de uma peça, são entregues planas e prontas para uso mediante simples montagem. Pertencem ao GRUPO 7.

Figura 20 – Caixas Tipo Pré-Montado ou Fundo Automático  
Fonte: Embrart, 2006

## 1.16 Acessórios

São constituídos de acessórios utilizados internamente nas caixas, tais como cintas de reforço, tabuleiros, divisorias, separadores, entre outros. São normalmente empregados para efeito de amortecimento em embalagens e para separar unidades de um produto que pode ser danificado por atritos sobre si mesmos.

Em papelão, os acessórios atingem a resistência desejada através de um grande número de voltas do material sobre si mesmo, ou ainda, utilizando o papelão em múltiplas camadas (pertencem ao GRUPO 9).

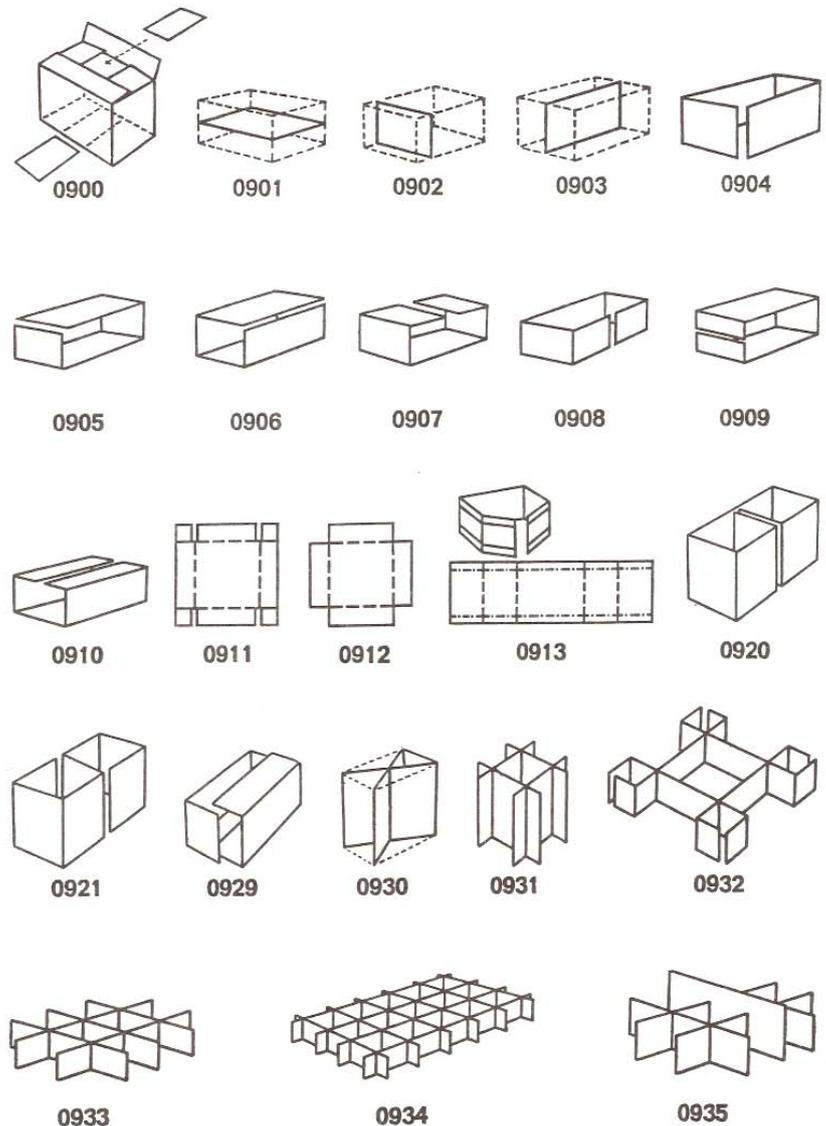


Figura 21 – Acessórios para Embalagens (Parte I)  
Fonte: Embrart, 2006

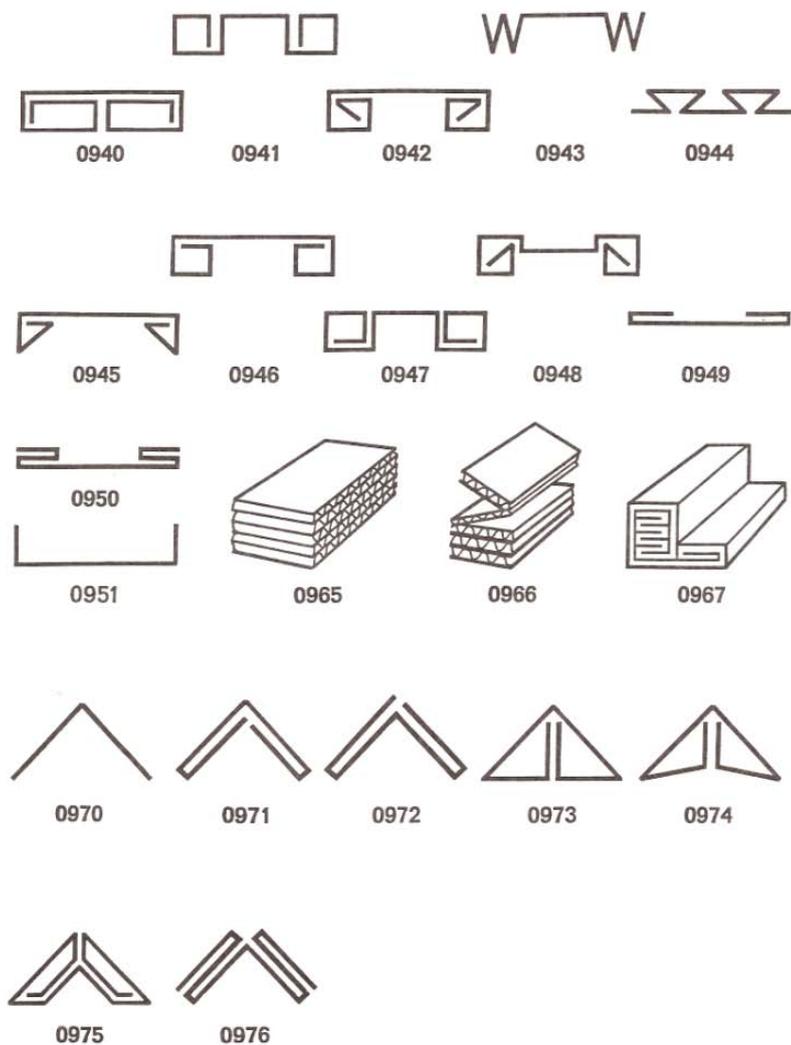


Figura 22 – Acessórios para Embalagens (Parte II)

Fonte: Embrart, 2006

## 1.17 Caixas Supervinco

Toda caixa que possua cortes arredondados, vincos oblíquos ou interrompidos, necessita de uma faca especial para sua fabricação. Essas facas são constituídas de lâminas de aço fixadas em um suporte plano de madeira e em geral são chamadas de “Caixas com Supervinco” conforme ilustra a figura ao lado.

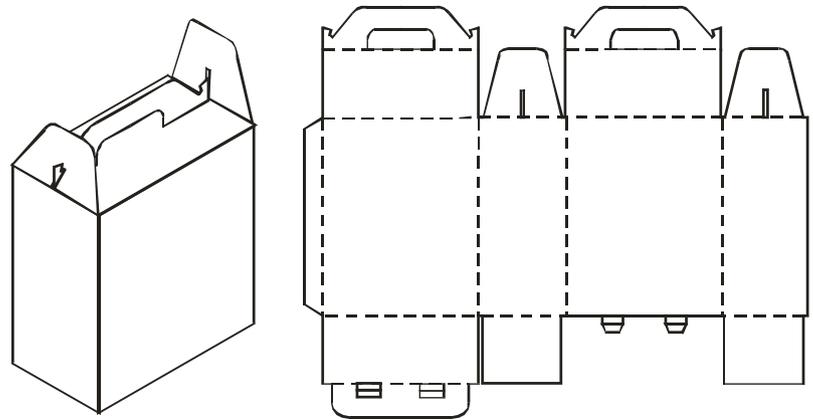


Figura 23 – Caixa com Supervinco

Fonte: Embrart, 2006

Caixas supervinco, assim como caixas normais, necessitam de folgas internas. Num projeto, essas folgas são dadas em acréscimos que se somam ao comprimento e à altura, garantindo a introdução e remoção do produto embalado e possibilitando o uso de calços.

Apesar de sua relevância como matéria prima para embalagem nas últimas décadas houve um aumento do número de iniciativas que visaram à utilização do papelão em produtos diversos, conforme capítulo seguinte.



## 2 USO DO PAPELÃO NO DESIGN DE PRODUTOS DIVERSOS



PDF 01

### 2.1 Contexto Histórico

Na década de 60 o arquiteto Frank Gehry começou a utilizar o papelão ondulado como matéria-prima para elaboração de móveis e em 1972 lançou a linha de móveis chamada “Easy Edges”, composta por 14 peças que exploraram as características estruturais e estéticas do material. Após quinze anos lançou a segunda linha de móveis em papelão ondulado, a linha “Experimental Edges”. A partir de um produto comum, produzido industrialmente, Gehry obteve móveis leves, robustos e macios, com textura e linguagem formal próprias (Ribeiro, 2000) A seguir encontram-se algumas imagens dos móveis projetados por Frank Gehry em papelão ondulado.

Figura 26 – Cadeira Bubbles, linha Experimental Edges, Frank Gehry, 1987  
FONTE: Arcoweb, 2006

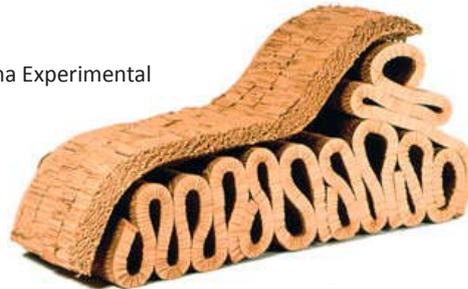


Figura 27 – Cadeira, linha Experimental Edges, Frank Gehry, 1987  
FONTE: Arcoweb, 2006



Figura 24 – Wiggly Chair – Llinha Easy Edges – Frank Gehry (1972)  
FONTE: TheMagazine, 2006



Figura 25 – Cadeira de balanço Contour Rocker, Frank Gehry 1972  
FONTE: Arcoweb, 2006

A aplicação desse material também vem ocorrendo principalmente nos países desenvolvidos na produção de uma grande gama de produtos que exploram as características estruturais, estéticas e ambientais do papelão ondulado, conforme ilustra a figura a seguir. Os enfoques destes produtos vão desde produtos para situações de emergência até brinquedos de caráter puramente lúdicos. A característica de leveza do papelão é o principal atributo utilizado porém outros atributos como a facilidade de execução de encaixes e o potencial de compacidade do produto final.



Figura 28 – Aplicações Diversas do Papelão Ondulado

FONTE: <http://www.returdesign.se>

Na Suécia, por exemplo, produtos que tem o papelão ondulado como matéria-prima já estão sendo comercializados pela empresa Retur Design. A filosofia desta empresa é baseada em quatro princípios: repensar, reduzir, reutilizar e reciclar. A empresa tem a preocupação com as várias etapas que estão relacionadas com a produção dos produtos desde a escolha dos materiais, o processo de produção, até as implicações administrativas e sustentáveis.

A eliminação parcial ou total de resíduos é uma característica central em seus projetos, sempre havendo a preocupação em reduzir a zero a quantidade de resíduos envolvidos no processo. A utilização do conceito de módulos é bastante utilizada para alcançar esse objetivo. As imagens a seguir ilustram alguns dos produtos comercializados pela Retur Design.



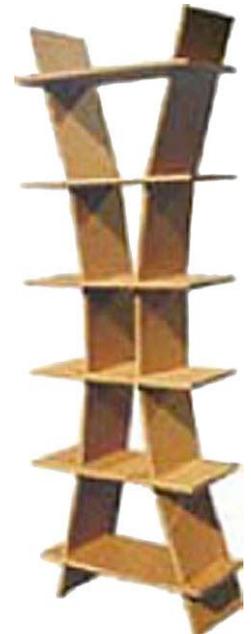
Figura 30 – Altaren, expositor, Retur Design  
 FONTE: <http://www.returdesign.se>

Figura 29 – Infowall, display, Retur Design  
 FONTE: <http://www.returdesign.se>



Figura 31 – 2Kaos, estante, Retur Design  
 FONTE: <http://www.returdesign.se>

Figura 32 – 2exhylla, estante, Retur Design  
 FONTE: <http://www.returdesign.se>



A mesma empresa também vem produtos de pequeno porte com funções diversas que variam de cadeiras até lustres, conforme ilustra as imagens a seguir.



Figura 33 – Workchair, cadeira, Retur Design  
FONTE: <http://www.returdesign.se>

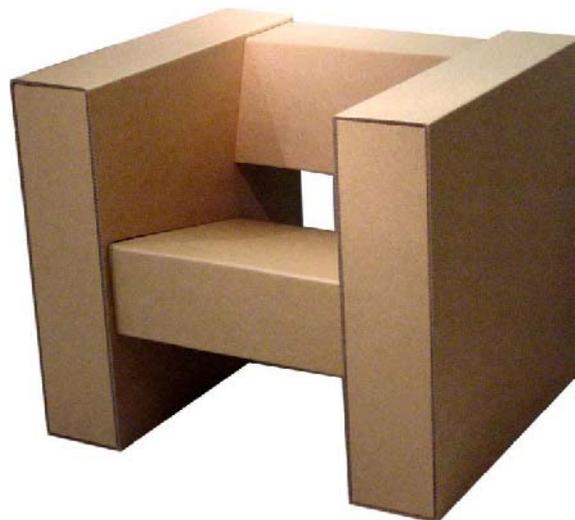


Figura 34 – Boxy, estante, Retur Design  
FONTE: <http://www.returdesign.se>



Figura 35 – Divan, assento, Retur Design  
FONTE: <http://www.returdesign.se>

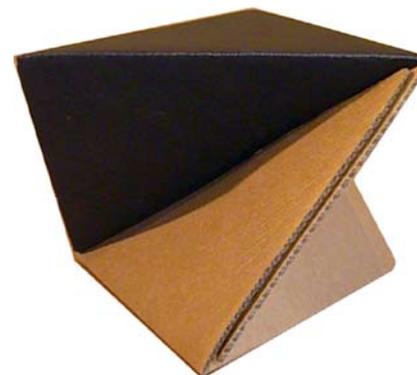


Figura 36 – Ztol, assento, Retur Design  
FONTE: <http://www.returdesign.se>

## 2.2 Insights: exemplos de Oportunidades para o Designer

Os exemplos seguintes provêm de insights obtidos através de projetos de pesquisa desenvolvido pelo Núcleo de Design & Sustentabilidade da UFPR em parceria com a empresa Embrart e das agências de fomento FINEP e CNPq.

### 2.2.1 Mobiliário para Eventos de Curta Duração

Um uso estratégico do papelão ocorre quando da produção de mobiliário para eventos de curta duração ou onde há a necessidade de regular movimentação do mesmo. Eventos com estas características incluem desde concertos musicais até ações de emergência onde há a necessidade de provimento rápido de infra-estrutura em locais de difícil transporte.

Abaixo um exemplo de mobiliário com esta característica é a banqueta para bar desenvolvida no Núcleo de Design & Sustentabilidade da UFPR. Como mostra a figura a seguir a chapa de papelão para confecção desta banqueta é composta por seis partes, sendo utilizadas três dobras CFG alinhadas. Durante a aplicação da técnica, observou-se que na prática,

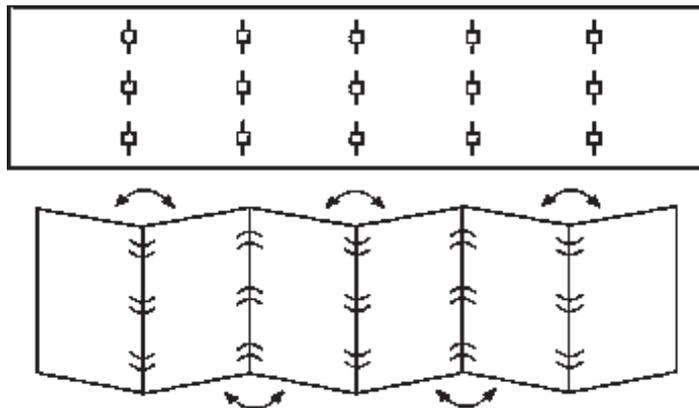


Figura 37 – Desenho Esquemático do CFG  
 FONTE: SANTOS, UTIME e SAMPAIO, 2005

A base é montada inicialmente dobrando o papelão na demarcação CFG, como se fosse uma sanfona. O resultado final são três faces originadas das combinações das partes do papelão unidas duas a duas num ângulo de aproximadamente 360°. Estas faces são dispostas em uma divisão de 120°, de modo a estabelecer uma base de sustentação firme para a banqueta. Concluindo a montagem da banqueta, o assento, com vincos previamente preparados para o encaixe, é posicionado à base.



Figura 38 – Banquetas em CFG durante exposição na UFPR

FONTE: Arquivo do Núcleo de Design & Sustentabilidade

A foto ao lado apresenta esta banqueta em exposição realizada na Sala Arte & Design da UFPR.

Esta banqueta explora as grandes vantagens que a técnica CFG proporciona. Quando o assento da banqueta é desencaixado, a base é dobrada novamente como uma sanfona e pode ser guardada junto ao assento de modo prático e compacto, economizando o espaço que ocuparia caso não fosse desmontável.

Além disso, notou-se a possibilidade de trabalhar com cores e/ou texturas sobre a superfície de cada lado do produto, já que tanto o assento quanto a base podem alternar suas faces visíveis ao usuário. Vale lembrar que a base, se fosse trabalhada com o método de vinco, não teria a possibilidade de dobrar suas faces para ambos os lados, impossibilitando trabalhar com mais de uma aparência estética no mesmo produto, e deixando de agregar valor decorrente da cor.

Através de um estudo de caso foi possível estabelecer uma série de recomendações e considerações sobre a adequação do papelão ondulado aos princípios do design sustentável em eventos de curta duração, conforme apresentado a seguir:

- Adequação do ciclo de vida: é possível estender a vida útil do papelão muito além das práticas atuais observadas quando do seu uso em embalagens. Foram identificados durante o estudo vários exemplos de produtos duráveis fabricados com o papelão. Contudo, dado a sua característica higroscópica, que compromete seu desempenho estrutural, verificou-se que o ciclo de vida do papelão ondulado adequa-se a funções que também revelem ciclos de vida curtos como é o caso de “feiras” e outros eventos desta natureza;
- Leveza: eventos de curta duração demandam infra-estrutura que por sua vez usualmente implica em grandes volumes de transporte e, dependendo da complexidade e tamanho do evento, podem comprometer a pontualidade no cronograma do mesmo. Neste sentido, o papelão ondulado no projeto de produtos oferece a vantagem de reduzir significativamente os pesos e volumes de transporte, aumentando a velocidade de realização desta operação;
- Compactabilidade: o uso adequado de cortes e vincos, incluindo-se a tecnologia CFG, possibilita a redução drástica de todos os volumes transportados sem prejuízo do desempenho estrutural;
- Superfícies passíveis de utilização para fins de merchandising: sendo o papelão de origem renovável faz-se possível a utilização de sua superfície para ações de marketing em eventos de curta duração. Uma vez que os pigmentos utilizados não comprometam a reciclagem do papelão o uso do produto de papelão com esta função aumenta ainda mais seu valor agregado para eventos desta natureza;

- Montagem não requer mão-de-obra especializada: um requisito do design sustentável é a possibilidade de envolvimento de mão-de-obra local. No caso da montagem de produtos a base de papelão, normalmente não se requer grande especialidade para sua montagem. Para tanto é importante a aplicação de princípios do “Design da Informação”, possibilitando a montagem intuitiva dos produtos;
- Menor custo: embora não tenha sido este o foco do estudo, geralmente produtos a base de papelão são consideravelmente mais baratos que seus concorrentes imediatos (madeira e metal);

Para que o produto projetado a base de papelão ondulado possa de fato viabilizar uma vida útil mais ampla do próprio papelão ondulado, é fundamental que se evite a utilização de materiais que impossibilitem sua reciclagem. Assim, deve-se evitar ao máximo a utilização de grampos ou colas insolúveis em água ou qualquer outro material que não possa ser integrado ao processo de reciclagem do papelão ondulado.

Finalmente, entende-se que uma estratégia bastante viável de se agregar maior valor aos produtos embalados a base de papelão ondulado é o projeto de embalagens que podem ser transformadas em sub-produtos. Da mesma forma, os próprios produtos a base de papelão ondulado podem ser desenvolvidos de maneira tal a incorporar a embalagem em sua estrutura.

### 2.2.2 Palete de Papelão Ondulado

O papelão ondulado é um material que já está sendo utilizado com a finalidade de substituir outros que demonstram problemas em relação ao aspecto ambiental, logístico e de descarte do material, como é o caso da madeira e do EPS



(Expanded Polystyrene Foam), e está cada vez mais presente no mercado sob a forma de diversos produtos.

Exemplo desta tendência é o palete de papelão em substituição ao palete de madeira, particularmente nos casos onde está direcionado à exportação de produtos. Nestes casos as leis internacionais são bastante rigorosas quanto as questões ambientais sendo que em vários países o palete de madeira deve obrigatoriamente passar por um processo de fumigação, para eliminar qualquer possibilidade desse material conter organismos xilófagos, que possam causar desequilíbrio biológico para o país. Além disso, a madeira após ser utilizada no palete recebe como destinação a incineração, o que eleva consideravelmente o custo final do produto exportado.

Em projeto de pesquisa desenvolvido no Núcleo de Design & Sustentabilidade, em parceria com a empresa Embrart, foram desenvolvidos conceitos de paletes a base de papelão. A base da caixa-palete mostrada na próxima figura, por exemplo, aproveita resíduo do próprio processo de produção do papelão ondulado: o tubete. Além disso, utiliza sistema de encaixe para facilitar a reciclagem e evitar a contaminação do material com aplicação de grampos, colas ou outros materiais contaminantes.

Outro conceito desenvolvido nesse projeto de pesquisa é um modelo de palete incorporado à caixa (conforme figura abaixo), em que se privilegiou a simplicidade e a facilidade na fabricação e no transporte. Esse conceito possibilita a compactação e também aproveita os resíduos de tubetes.

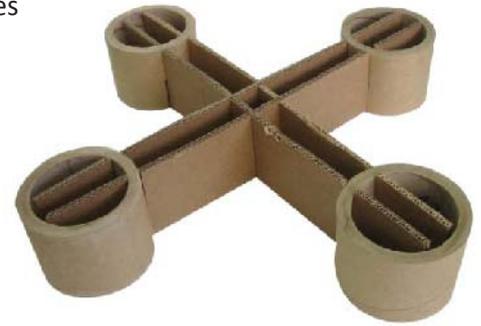


Figura 39 - Soluções para Paletes de Papelão (I)

FONTE: Arquivo do Núcleo de Design & Sustentabilidade



Figura 40 - Soluções para Paletes de Papelão (II)

FONTE: Arquivo do Núcleo de Design & Sustentabilidade



## 2.3 Mobiliário para a População de Baixa Renda

A população de baixa renda caracteriza-se como aquela com renda igual ou inferior a 3 salários mínimos. De acordo com o PNAD (2001), no Brasil vivem 169.369.557 de pessoas com renda de até 3 salários mínimos, incluindo aqueles sem declaração de rendimento ou que recebem apenas outros benefícios. O Paraná aparece como quinto estado brasileiro com maior número de famílias com rendimento mensal de até 3 salários mínimos, com um total de 6.085.981 pessoas, isto é, aproximadamente 70% da população (PNAD, 2001). As fotos a seguir apresentam soluções de mobiliário para sala de estar e quarto onde estas características econômica desta população foi considerada e, ao mesmo, tempo, procurou-se conferir maior valor agregado.



Figura 41 – Mobiliário para Sala de Estar em Papelão

FONTES: Arquivo do Núcleo de Design & Sustentabilidade

A habitação destinada à população de baixa renda é normalmente chamada de “habitação de interesse social”. Dados do PNAD (1999) mostram que o déficit habitacional brasileiro, estimado em mais de seis milhões de unidades. Esta tipologia de habitação é demandada em áreas como (ABIKO, 1995):

- Assentamentos de famílias desabrigadas ou instaladas em áreas de risco, ou seja, encostas de rios e morros;
- Áreas de invasão ou ocupação irregular – espaços de baixo valor econômico, porém próximos a centros urbanos, destinados a uso institucional – praças, áreas verdes – e para futuros equipamentos comunitários como escolas, postos de saúde e outros;
- Locais de preservação ambiental (mananciais, por exemplo).

Um fator relevante a considerar-se em projetos para população de baixa renda é o problema das habitações inadequadas, ou seja, aquelas sem banheiro ou com áreas pequenas em relação ao número de moradores, entre outras deficiências. Prado e Pelin (1993), utilizando o conceito de moradias inadequadas, estimaram em 1992 o déficit total de moradias para o Brasil em aproximadamente 12,7 milhões de unidades.

O problema da inadequação das habitações de interesse social tem sido tratado, geralmente, sob a ótica da arquitetura e engenharia civil. No entanto, há uma contribuição fundamental que o mobiliário pode conferir na alcance desta adequação, sendo este um dos impactos centrais do presente trabalho no que tange à qualidade de vida do público alvo.

O mercado brasileiro é particularmente carente em soluções do tipo Faça-Você-Mesmo (*do-it-yourself*) para móveis e a maioria das soluções contempla as camadas mais ricas da sociedade. Produtos deste tipo são convenientes para as camadas mais pobres pela redução dos custos e também pela familiaridade e hábito desta população em montar seus próprios móveis. Vide exemplo de produto conceitual desenvolvido por alunos de graduação através de curso de extensão desenvolvido pelo Núcleo de Design & Sustentabilidade.

Os projetos de produtos Faça-Você-Mesmo abrangem o campo sócio-pedagógico-cultural. Ainda que sejam kits pré-fabricados, que supõem uma ligação com a industrialização, defendia a autoconstrução como forma



Figura 42 – Mobiliário para Quarto em Papelão Ondulado

FONTE: Arquivo do Núcleo de Design & Sustentabilidade

de diminuir o efeito massificador e padronizado dos produtos industrializados (FOLZ, 2003). Os manuais técnicos ou outros elementos para o apoio à montagem devem ser de fácil interpretação no caso específico do público de baixa renda uma vez que o analfabetismo no Brasil é de 29,4% e na Região Sul é de 21,8% (IBGE, 2001).

O projeto de mobiliário para a habitação de interesse social tem como condição de contorno não só o baixo poder aquisitivo desta população e, também, as limitações de espaço físico propriamente dito. Segundo ROSSO (1980, p. 18), estudos determinaram que abaixo de 8m<sup>2</sup>/pessoa as condições físicas e mentais seriam fatalmente prejudicadas.

## 2.4 Brinquedos

Atualmente, cerca de 33 milhões das crianças brasileiras com idade entre 0 e 9 anos pertencem às famílias de classes D e E (IBGE, 2002), cuja renda é de ½ salário mínimo per capita. Sendo esse rendimento tão baixo, muitas vezes os pais não têm condições de oferecer brinquedos aos seus filhos, tanto de qualidade estética e de materiais como de qualidade para o desenvolvimento social, educacional e motor da criança.

De acordo com Croney (1978), o crescimento da criança é marcado por mudanças em três aspectos: aumento de tamanho, de área e de peso: do nascimento até a maturidade, há um aumento de três vezes e meia da estatura; sete vezes da superfície da pele e vinte vezes do peso.

Tais características fazem com que muitos dos brinquedos fiquem obsoletos rapidamente, por tornarem-



PDF 09

se inadequados às dimensões físicas e ao desenvolvimento intelectual e motor das crianças. Para Costa (1997), além dessas mudanças, a criança naturalmente cansa-se facilmente dos brinquedos e é ávida por novidades.

De acordo com Costa (1997) os brinquedos ecológicos têm boa aceitação pelos pais brasileiros, no entanto, ainda são escassas as alternativas nesse sentido além dos “bichinhos em extinção” feitos em pelúcia ou brinquedos em madeira, que vendem mais por sua tradicionalidade que pela consciência da renovabilidade desse material.

Segundo a ABRINQ (2006), no Brasil existem cerca de 4.500 tipos diferentes de brinquedos, no entanto, não foi encontrado nenhum elaborado através do uso de papelão ondulado durante uma pesquisa prévia em sites de brasileiros e lojas de Curitiba. Mesmo no exterior, são poucos os brinquedos desenvolvidos com esse material, como pode-se observar nas figuras ao lado e abaixo.



Fig. 45: CardBoy, personagem em papelão ondulado  
Fonte: [www.designboom.com](http://www.designboom.com)



Fig. 46: Molson Indy Car, carro de brinquedo em papelão ondulado  
Fonte: [www.yorku.ca](http://www.yorku.ca)



Fig. 43: Playhouse, casa de brinquedo em papelão ondulado  
Fonte: [www.myveryownhouse.com](http://www.myveryownhouse.com)



Fig. 44: Castelo de brinquedo em papelão ondulado  
Fonte: [www.retirementwithapurpose.com](http://www.retirementwithapurpose.com)



Fig. 47: Triciclo em papelão ondulado  
Fonte: [www.capcon.it](http://www.capcon.it)

Fig. 48: Buggye Box, carro infantil em papelão ondulado  
Fonte: [www.toydirectory.com/hidden](http://www.toydirectory.com/hidden)



Jamie Matear e Chris Hamden, ambos canadenses, perceberam esta oportunidade de mercado através da observação direta do quanto os filhos de Hamden gostavam de brincar com grandes caixas de papelão convertidas em casinhas e assim criaram a empresa Creative Corrugate em 2001. Segundo Burden (2002), a missão da empresa é a de “projetar através do design, produzir e introduzir no mercado brinquedos de papelão ondulado que sejam divertidos, seguros e com responsabilidade sócio-ambiental”.

Com relação à diversão das crianças, um estudo realizado pelo MYST (2003) aponta que a relação entre o custo de um brinquedo e a quantidade de horas que a criança brinca com o mesmo por dia da semana é de 1 a 2 horas por dólar para os veículos de papelão ondulado do tipo Buggie Box cujo preço é de \$ 19,95. Essa relação foi denominada quociente de diversão e o índice apresentado pelos brinquedos de papelão ondulado apenas é alcançado pelo computador ou televisão.

No Núcleo de Design & Sustentabilidade foi desenvolvido um brinquedo do tipo Aviãozinho de Balançar para que se pudesse avaliar e testar os requisitos de brinquedos para crianças e as características do papelão ondulado. Esse tipo de brinquedo foi definido em virtude da necessidade de se trabalhar com formas orgânicas, de média complexidade e com produto similar em metal ou polímero existente no mercado para que se pudesse comparar os resultados em relação a aceitação da criança e dos pais.

O uso do Papelão com onda tripla com cinco chapas utilizadas em paralelo e com o sentido da onda na vertical em relação ao peso da criança conferiu maior resistência ao produto, podendo esse suportar peso testado acima de 75kg, para o caso

de duas crianças sentarem juntas no brinquedo ou mesmo o pai ou mãe com a criança.

No caso do papelão ondulado, a opção por um produto de forma orgânica gera necessariamente resíduos em seu processo de produção. Sendo assim, adotou-se essa opção para que se pudesse gerar alternativas para o resíduo resultante, demonstrando idéias e a viabilidade de sua utilização no próprio produto.

O resíduo gerado através da linha curva do avião foi utilizado como distanciadores entre as chapas, reduzindo-se o número necessário dessas para criar o volume do avião e evitando-se o processo de “empilhamento” das chapas, que exige o uso de mais material e cola.

Para que o produto fosse facilmente transportado, optou-se por utilizar um sistema de encaixe para as asas, reduzindo-se o volume total do brinquedo. A asa foi, dessa forma, projetada para que não tivesse área maior que a lateral do avião, para que permitisse o transporte das duas peças sem criar pontas ou volume a mais daquele necessário para o corpo do avião. Devido a abrasividade do Papelão Ondulado, houve a necessidade de utilização de um revestimento do assento com espuma e tecido para que essa área não machucasse a criança, visto que há atrito entre o corpo da criança e o brinquedo durante seu uso. Para que se viabilizasse a posterior reciclagem desse material, mesmo com o revestimento, essa peça foi desenvolvida para que seja encaixada no corpo do avião, podendo separar-se os materiais facilmente.

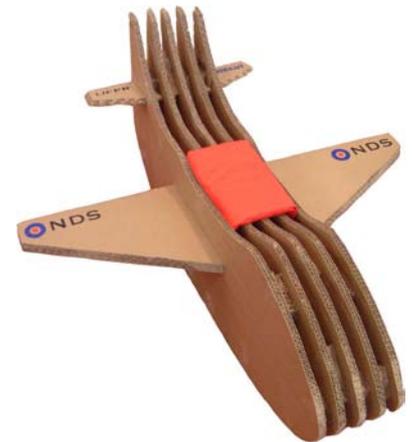


Fig. 49: Protótipo do Avião Balança  
 FONTE: Arquivo do Núcleo de Design & Sustentabilidade

O presente estudo de caso permitiu diagnosticar a escassez de literatura científica e mesmo de produtos elaborados em papelão ondulado, destacando-se o caso dos brinquedos.

Através da revisão bibliográfica, benchmarking e estudo de caso, foi possível constatar a viabilidade da utilização do material em questão para o desenvolvimento de brinquedos sustentáveis, devendo-se continuar o projeto para a embalagem e validar o produto com relação à montagem pelas crianças e pais, além do cálculo do quociente de diversão indicado pelos pesquisadores do MYST (2003). O projeto permitiu, ainda, observar a necessidade de se direcionar esforços para a criação de brinquedos em papelão como estratégia ambiental, econômica e social.

### 3 DIRETRIZES DE PROJETO

As diretrizes de projeto constantes neste capítulo tem como origem principal a literatura e as experiências práticas em embalagens. A aplicação destas diretrizes no projeto de produtos diversos visa ao uso adequado do material, otimizando suas características físico-mecânicas e o desempenho no produto projetado.



PDF 08

#### 3.1 Resistência do Papelão Ondulado

Papelão Ondulado é uma estrutura laminar cujas propriedades são expressas em termos de Resistência à Compressão de Coluna, Resistência ao Arrebentamento, Resistência ao Esmagamento, Espessura da Estrutura entre outras propriedades.

- Resistência de Coluna, por estar ligada diretamente à resistência da caixa à compressão, é considerada o parâmetro mais importante para o desempenho no empilhamento;
- Resistência ao Arrebentamento, por sua vez, tem sido ligada a fatores de desempenho relativos a manuseio rude, choques ou quedas que possam provocar o rompimento da embalagem;

A Resistência de Coluna e Resistência ao Arrebentamento não são parâmetros que se relacionam diretamente, isto é, nem sempre um aumento na Resistência de Coluna corresponde a um aumento na Resistência ao Arrebentamento (ABPO, 2004).

#### 3.2 Vincos e Compensações

É possível vincar um papelão em três diferentes sentidos em relação à onda: longitudinal (no sentido da onda), transversal (contra a onda) e oblíquo.

Figura 50 – Vincos e Compensações

Fonte: Embrart, 2006

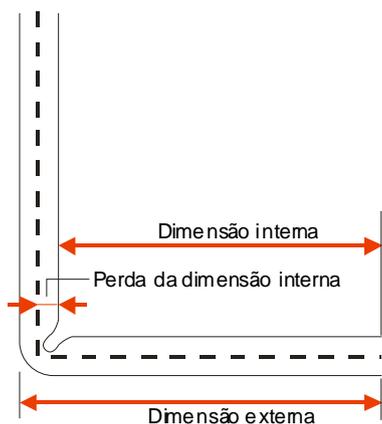
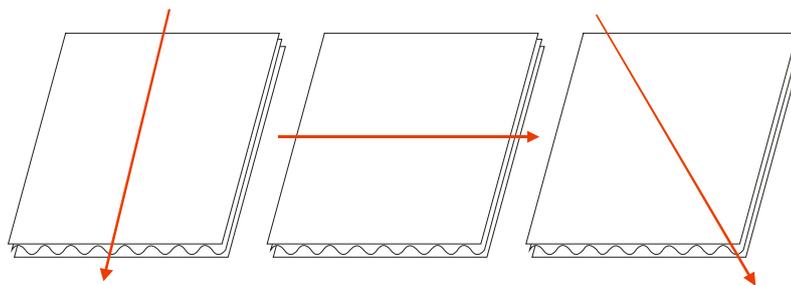


Figura 51 – Dimensões do Papelão Quando da Execução de Dobras

Fonte: Embrart, 2006



Acima desenhos esquemáticos dos sentidos de vincos possíveis em papelão ondulado. Da esquerda para a direita: vinco longitudinal, transversal e oblíquo. Os vincos no sentido transversal são os mais resistentes, além de apresentarem menor esmagamento nas capas externas. Num vinco à  $90^\circ$ , pode-se admitir que, em relação à face horizontal, haja uma perda de dimensão interna equivalente à metade da espessura do papelão. A tensão na face externa cresce com o tamanho da onda, conforme ilustra a figura ao lado. Note-se que a perda ocorrida devido à dobra é equivalente à metade da espessura do papelão.

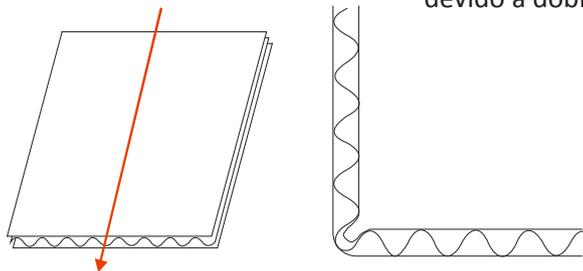
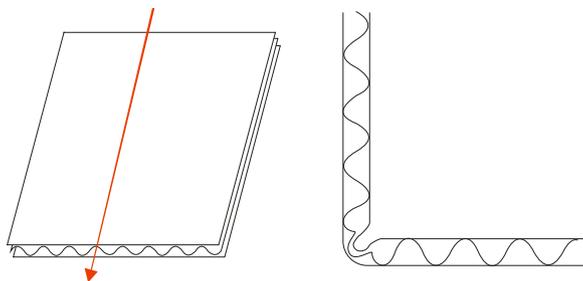


Figura 52 – Direção Adequada das Ondas

Fonte: Embrart, 2006



Os vincos no sentido longitudinal são mais frágeis, menos perfeitos, apresentando grande amassamento das capas externas, maior flexibilidade, sendo mais favoráveis a manobras de retorno. Nesse vinco, podem ocorrer duas coisas distintas: o vinco cair sobre a crista da onda e anulá-la, ou cair sobre uma depressão, o que significa não esmagar a onda, mas fazê-la ceder. Em qualquer um dos casos, a perda das dimensões internas será superior à verificada no vinco transversal, conforme ilustram as figuras ao lado.

Figura 53 – Direção Adequada das Ondas

Fonte: Embrart, 2006

Na elaboração de qualquer produto a partir do papelão ondulado, devem ser verificadas essas perdas de dimensões, para poder haver uma compensação no momento do corte do material. Compensações são acréscimos lineares às dimensões internas do produto, para que se mantenha o volume interno e/ou externo desejados.

### 3.3 A Tecnologia CFG

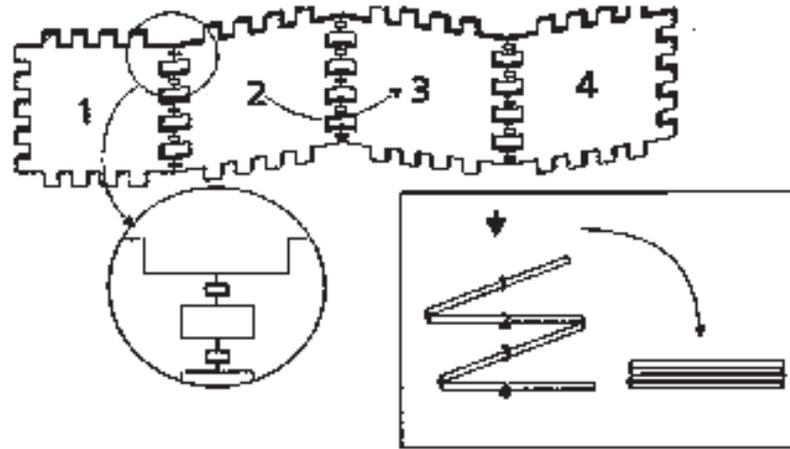
Uma inovação recente no que tange o design de produtos a base de papelão é a técnica de dobra chamada CFG – Cussion/Folder/Gluer, desenvolvida pela empresa japonesa Tokan Kogyo Co. Ltd. Esta empresa, especializada em embalagens de plástico e papel desde 1950, desenvolveu a técnica quando se viu diante de um desafio quando do aumento do rigor regulamentações ambientais impostas pelo governo japonês no projeto de embalagens. Analisando fatores de resistência, flexibilidade de uso e sustentabilidade, o papelão ondulado foi o material escolhido para atuar nas embalagens e melhorar a integridade dos produtos acondicionados. Porém, ao desenvolver os primeiros projetos, a empresa detectou a necessidade de sanar um problema de interface que o próprio papelão transparecia: suprir, através das embalagens, todas as necessidades de projeto sem utilizar qualquer outro material.

A tecnologia CFG utiliza uma solução de dobradiça para embalagens que é estruturalmente, esteticamente e funcionalmente mais eficaz que o método tradicional. A técnica CFG permite que se possa manusear uma região de dobra por tempo indeterminado sem as reações adversas já comentadas. Este método é realizado com facas que cortam todas as camadas



de papelão e, caso um vinco para determinada direção seja feito, o CFG o realiza sem que haja necessidade de virar o papelão. A figura a seguir ilustra a aplicação desta tecnologia no produto desenvolvido por Martins (2005).

Figura 54 – Tecnologia CFG Aplicada a Brinquedo Infantil  
 FONTE: MARTINS, 2005



A importância desta técnica é a economia de tempo, custos e material (pois sem esta solução seria mais adequado utilizar outra matéria prima para realizar a função de dobradiça do que o método de corte e vinco). Outra grande vantagem é a flexibilidade de manuseio desta “dobradiça”, que pode virar para os dois lados da chapa sem que as diferencie em aparência e desempenho. Com o CFG a chapa pode ser dobrada em qualquer angulação sem acarretar nenhum problema, além de ser bastante eficaz para o empilhamento de chapas de papelão ondulado, que com a técnica podem dobrar como a estrutura de sanfona. Vale ressaltar que a técnica CFG pode ser aplicada com as ondas do miolo do papelão em qualquer direção (horizontal, transversal e oblíquo), assim como o método de vinco, mas com a vantagem de apenas necessitar vínculo em um dos lados da chapa (vide figura ilustrativa ao lado).



Figura 55 - Exemplo de Aplicação da Tecnologia CFG como Calço de Embalagens

FONTE: [www.embrart.com.br](http://www.embrart.com.br)

Quando se manuseia o papelão pequenos problemas estruturais ocorrem, particularmente na dobra. Como todo papel é formado por fibras, ao dobrar o papelão ondulado as fibras se rompem. Em um papel de fina espessura, é praticamente imperceptível este rompimento, e o papel pode ser manuseado de ambos os lados da dobra sem maiores problemas. O papel eventualmente poderia acabar rasgando na hipótese de ser dobrado várias vezes no mesmo local, pois suas fibras se romperiam totalmente. É importante também que as larguras das áreas de corte apresentem o dobro da espessura do papelão. Assim, a chapa pode ser manuseada livremente para ambos os lados da dobra.

No caso do papelão ondulado, composto por várias camadas de papéis alternadas com estruturas onduladas, o processo de dobra torna-se complexo. Se o papelão for simplesmente dobrado, suas fibras dificultam o rompimento devido ao reforço das camadas de onda, evitando assim que o papelão permaneça dobrado por tempo indeterminado, além de que na região da dobra, as fibras rompidas ficariam aparentes e desiguais, prejudicando o produto sob o ponto de vista estético. Para resolver esta interface problemática de dobra, os produtos a base de papelão ondulado usualmente preveem um sistema de vinco através da ajuda de corte. Com a adoção do CFG este processo é simplificado pois não o processo de fabricação tem um número de etapas mais reduzido, não necessitando virar a chapa para a realização de todos os vincos.

Sob a ótica do Design Sustentável uma das vantagens do CFG é a possibilidade de minimizar perdas e refugos do material. Contribui para reduzir o consumo de energia durante a produção

(por não necessitar virar a chapa para cortar ou vincar no processo industrial, como supracitado). Minimiza partes e componentes extras (pois evita a utilização de outros materiais para efetuar o papel de dobradiça) e evita junções frágeis (por ser uma técnica que permite uma boa resistência em ambos os lados da dobra). Esta técnica facilita a desmontagem e separação de componentes adicionais (não precisa ser desmontado, pois já é parte do próprio material que viabiliza o produto).

A utilização do CFG é bastante intuitiva sob a ótica do usuário, elevando a expectativa de vida dos produtos e a extensão da vida dos materiais (a técnica permite uma dobra perfeita do papelão, sem que o material se danifique e desgaste com o passar do tempo).

### **3.4 Desenvolvimento de Embalagem de Papelão Ondulado**

Para desenvolver uma embalagem, é preciso conhecer o produto a ser embalado, seu peso, sua condição de empilhamento e estocagem e suas dimensões. Geralmente o tipo de papelão a ser utilizado depende da dimensão necessária da embalagem, peso e característica física do produto. Para diferentes tamanhos de embalagens utilizam-se diferentes tipos de ondas de papelão ondulado.

A especificação do papelão ondulado depende das condições de movimentação, armazenagem e transporte. Quando não se tem experiência anterior ou embalagens semelhantes são necessários alguns testes práticos de campo ou de laboratório. Todo e qualquer produto embalado, independente de sua forma, terá as medidas básicas de: comprimento C, largura

L e altura H, sempre nesta ordem. O comprimento (C) será sempre maior ou igual à largura(L). A altura(A) poderá ser maior ou menor que o comprimento(C) ou a largura(L). As medidas específicas de uma embalagem de papelão onduladas são as medidas internas desta embalagem e as medidas externas do produto embalado e sempre seguirão a ordem CxLxA e serão fornecidas em milímetros.

Todas as caixas necessitam de folgas internas.

Num projeto, essas folgas são dadas em acréscimos que se somam ao comprimento, largura e à altura, garantindo a introdução e remoção do produto embalado e possibilitando o uso de calços.

### **3.5 Dimensionamento Estrutural da embalagem de Papelão Ondulado**

Uma vez estabelecido o tipo, as dimensões da embalagem de papelão ondulado e a carga que irá suportar durante o empilhamento é necessário calcular a resistência à compressão, que o material que constituirá a caixa de papelão ondulado, deverá ter.

#### **3.5.1 Determinação teórica da resistência à compressão**

A partir de alguns dados obtidos da embalagem, tais como perímetro, espessura e o valor do Teste de Coluna para o papelão empregado, podemos determinar a resistência à compressão que a embalagem irá suportar através da fórmula simplificada de McKee. Os estudos de McKee foram baseados em caixas-estilo normais. Para os modelos especiais o mais indicado é que a Resistência à Compressão seja determinada através de ensaio prático com amostra da embalagem.

É possível o uso da Fórmula de McKee com algum fator de correção para esses estilos especiais. Para determinação dos fatores de correção específicos são muito importantes a experiência do projetista e o histórico de resultados práticos encontrados.

A Fórmula de McKee adotada pelos fabricantes de embalagens de papelão ondulado filiados à ABPO (Associação Brasileira de Papelão Ondulado) é a seguinte:

$$E = k.c.v e.z$$

Onde:

- E – Resistência a compressão da caixa em kgf
- k – Constante de valor 5,6 para Onda Simples e 4,9 para Onda Dupla
- c – Coluna mínima em kgf/cm
- e – Espessura mínima em cm
- z – Perímetro em cm

Segundo a ABPO (2006) existem variações nos valores constantes adotados na Fórmula de McKee. Algumas empresas utilizam 5,87 para todas as estruturas de papelão ondulado; outros adotam os valores determinados pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) que são 5,6 para parede onda simples C e 4,9 para parede dupla BC. Não foi calculada pelo IPT uma constante para a Onda B. Na prática, a indústria tem utilizado para a Onda B a mesma constante calculada para a Onda C.

É importante ressaltar que ao se utilizar a constante 5,87 para a Onda BC ao invés de 4,9 calculado pelo IPT, a Resistência à Compressão será 20% maior. Já para as Ondas B e C a diferença revela-se pouco significativa.

### 3.5.2 Capacidade de empilhamento

A capacidade de empilhamento de uma caixa de papelão ondulado é calculada a partir da resistência a compressão calculada, dividindo-se o valor encontrado por um fator de segurança que pode variar dependendo das condições de armazenamento e manuseio. Essas condições de armazenamento e armazenagem são detalhadas a seguir:

#### a) Tipo de Empilhamento

O empilhamento pode ser colunar (quando as caixas são empilhadas exatamente umas sobre as outras) ou trançados (quando a pilha de caixas é montada cruzando as caixas para melhor “amarração” do bloco). Para se obter melhor desempenho da embalagem de papelão ondulado indica-se o empilhamento colunar pois ele permite que se usufrua de toda a resistência que a embalagem oferece. Para usar o empilhamento colunar e mesmo assim manter uma boa “amarração” do bloco recomenda-se usar chapas de papelão entre as camadas de caixas.

#### b) Umidade relativa do Ar

O papelão ondulado por apresentar porosidade superficial é naturalmente higroscópico, ou seja, tende a absorver a umidade presente no ambiente onde está armazenado. Toda essa umidade absorvida reduz a resistência da embalagem ao empilhamento. Quando dimensionamos uma embalagem de papelão ondulado é importante que o cliente saiba informar o nível médio de umidade dos ambientes por onde essa embalagem circulará.

#### c) Tempo de armazenagem

A vida útil da embalagem depois de receber o produto também é outro fator que influencia diretamente a resistência

ao empilhamento. Quanto maior for esse tempo menor será a capacidade de empilhamento da embalagem, devido à fadiga natural do material.

Após a realização de diversos testes de laboratório, para cada uma dessas variáveis foram estabelecidos valores que fazem a correção dos resultados e se determina o coeficiente de segurança para cada caso, ou seja, a embalagem é dimensionada considerando-se as reais condições de uso de cada cliente.

Os valores são os seguintes:

#### Tipo de Empilhamento

- Colunar: 100% da Resistência ao Empilhamento
- Traçado: 55% da Resistência ao Empilhamento

#### Fator de Umidade

- Seco: 100% da Resistência ao Empilhamento
- 25%: 90% da Resistência ao Empilhamento
- 50%: 80% da Resistência ao Empilhamento
- 75%: 65% da Resistência ao Empilhamento
- 85%: 50% da Resistência ao Empilhamento
- 90%: 40% da Resistência ao Empilhamento

#### Fator de Fadiga (Tempo de Estocagem)

- Período Curto: 100 % da Resistência ao Empilhamento
- 10 dias: 65% da Resistência ao Empilhamento
- 30 dias: 60% da Resistência ao Empilhamento
- 100 dias: 55% da Resistência ao Empilhamento
- 1 ano: 50% da Resistência ao Empilhamento

#### Fator de Segurança

Considerando-se os 3 elementos citados acima, podemos estabelecer o Fator de Segurança a ser usado no

dimensionamento da embalagem. É normal para a maioria dos casos um coeficiente igual a 4. Para termos a carga de colapso é necessário que a Carga Real seja conhecida e sobre ela seja aplicado o Fator de Segurança. A fórmula é a seguinte:

$$\text{Carga Real} = (\text{Total de caixas empilhadas} - 1) \times \text{peso bruto de cada caixa.}$$

Existem duas formas de se estabelecer a carga de colapso. Na primeira multiplica-se diretamente a Carga Real pelo Fator de Segurança previamente estabelecido. Na segunda, aplica-se sobre a carga real os valores referentes às reduções de cada tópico citado acima (Tipo de Empilhamento, Fator de Umidade e Fator de Fadiga). Todos esses valores são cumulativos.

Exemplo:

Carga Real: 56 Kg

Empilhamento Trançado:  $56 \div 55\% = 102$  Kg

Umidade de 90%:  $102 \div 40\% = 255$  Kg

Estocagem de 25 dias:  $255 \div 60\% = 425$  Kg

Ao dividirmos a Carga de Colapso (425Kg) pela Carga Real (56 Kg) chegamos ao Fator de Segurança específico dessa situação (7,6).

### 3.5.3 Materiais a serem reciclados (papel velho)

São materiais que já foram utilizados e que contém fibras de celulose. Podemos incluir: papeis utilizados, caixas de papelão que já foram utilizadas como embalagens, as quais normalmente já estão parcialmente danificadas, o refil e demais resíduos das fábricas de papelão ondulado, aparas de fábricas de sacos de papel, sacos de papel já utilizados.

### 3.6 Testes físicos em papéis

A maneira usual de se avaliar um papel é através de ensaios de natureza mecânica, química e estrutural. Instrumentos de ensaios permitem medir características físicas, óticas, superficiais e outras. Estas propriedades são influenciadas por fatores tais como: tipos de madeira, processo de obtenção das fibras, limpeza, umidade, formação da folha, prensagem, secagem, tipos de aditivos utilizados, etc. A seguir citamos alguns testes concernentes às propriedades físicos-mecânicas do papel, com enfoque específico as papeis utilizados na fabricação do papelão ondulado.

#### 3.6.1 Gramatura

Indica a quantidade de massa de papel (fibras) por unidade de área. A gramatura afeta todas as propriedades mecânicas do papel. Normalmente é expressa em gramas por metro quadrado ( $\text{g}/\text{m}^2$ ).

#### 3.6.2 Espessura

Define a espessura de uma folha de papel. Também afeta as propriedades mecânicas do papel. É expressa em milímetros (mm).

#### 3.6.3 Permeabilidade ou Porosidade

A resistência à passagem do ar é definida como porosidade e é expressa como o tempo (em segundos) para a passagem de um determinado volume de ar através de uma superfície padronizada de papel. Esta variável é usada como meio indireto para estimar a penetração de tintas de impressão.

### 3.6.4 Resistência a Tração

É a resistência a um esforço de tração uniformemente crescente em uma folha de papel até a ruptura. Determina a resistência a forças a que é submetido durante aos outros processos de fabricação e utilização. Está diretamente associado à resistência individual das fibras, comprimento médio das fibras e uniformidade de formação. É expressa em Newton ou kgf.

### 3.6.5 Alongamento

Simultaneamente ao teste de tração pode-se medir o alongamento ou alongação, que representa a percentagem de estiramento do corpo de prova antes da ruptura, em relação ao seu comprimento inicial. Determina a capacidade do papel em sofrer e absorver impactos. É expresso em %.

### 3.6.6 Resistência ao rasgo

Este teste permite avaliar a força necessária para continuar um rasgo previamente iniciado. O resultado é expresso em grama força (gf). Permite avaliar a formação da folha e a composição das fibras.

### 3.6.7 Resistência ao Estouro

Mede-se a pressão necessária para romper uma amostra de papel ao exercer uma força que comprime um diafragma de borracha contra a amostra fixada firmemente. Tal dispositivo se chama Mullen e é expresso em  $\text{kgf/cm}^2$  ou  $\text{kPa/cm}^2$ . A propriedade medida é uma combinação de resistência à tração, ao rasgo e alongação. É um teste aplicado com relativa frequência pelo setor e apresenta normas já bastante consolidadas a nível

nacional e internacional. O desempenho do papel quanto à resistência ao estouro é função das quantidades e tamanhos de fibras, variação de gramatura, presença de aditivos e impurezas, grau de entrelaçamento das fibras.

### **3.6.8 Umidade**

Essa propriedade do papel é inerente ao processo de fabricação, além de detectar deliberação do fornecedor de papel em suprir maior teor de água, devido ao papel ser comercializado por peso. Adota-se como ideal que o papel contenha 8% de água.

### **3.6.9 Absorção de água (Cobb)**

Mede a quantidade de água absorvida por um corpo de prova de papel por unidade de área. E também chamado de Cobb test e é expresso em quantas gramas de água absorvidas por metro quadrado e permite avaliar a absorção de cola, tintas, umidades ao meio ao que o papel seja exposto. Com a adição no papel de cola de breu e sulfato de alumínio consegue-se um papel de baixa absorção de água.

### **3.6.10 Resistência ao esmagamento de onda**

Mede a resistência de um papel ao esmagamento de onda recém formadas a quente em um corpo de prova pré-dimensionado. Conhecido como C.M.T. (Concora Médium Test). É expresso em kgf.

### **3.6.11 Resistência ao amassamento de anel**

Mede a resistência do papel a um esforço de compressão. Avalia a resistência a compressão ou ao empilhamento de uma embalagem de papelão ondulado. Conhecido como R.C.T. (Ring Crush Test). É expresso em kgf.

## 4 CONCLUSÃO

A importância da sustentabilidade, hoje, justifica-se na situação atual da indústria que busca basear-se fundamentalmente em recursos renováveis, otimizar o ingresso de recursos não-renováveis, evitar o acúmulo de lixo e ainda utilizar na concepção de produtos princípios sócio-éticos. Estes últimos implicam na colaboração para a inclusão de mão-de-obra de comunidades locais, gerando novos empregos e outros benefícios econômicos duradouros e mais justos socialmente, sem destruir a cultura local. Conforme Ullmann (2005), o designer deve analisar o seu impacto dos seus projetos na natureza e também sua contribuição para a sociedade contemporânea.



## 5 REFERÊNCIAS

- ABFLEXO. Disponível em: <<http://www.abflexo.org.br>>. Acesso em: 10 de outubro de 2004.
- ABIKO, A. K. **Introdução à gestão habitacional**. São Paulo, EPUSP, 1995. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12., 1995.
- ABRINQ. **Informações Básicas para Criação e Design de Brinquedos e Jogos**. Disponível para download no site <[www.abrinq.com.br](http://www.abrinq.com.br)>. Acesso em 12 Maio de 2005.
- ADDISON, K. **What to do with a cardboard carton**. Disponível para download no site <<http://journeytoforever.org>>. Acesso em: 12 de maio de 2005.
- APARAS SÃO JUDAS. Disponível em: <<http://www.aparassaojudas.com.br/reciclagem.html>>. Acesso em 14 Julho 2005.
- ARACRUZ. Disponível em: <<http://www.aracruz.com.br>>. Acesso em: 04 de maio de 2006.
- ARCOWEB. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br>>. Acesso em: 07 de maio de 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br>>. Acesso em: 04 de maio de 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PAPELÃO ONDULADO. Disponível em: <<http://www.abpo.org.br>>. Acesso em: 02 de abril de 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. Disponível em: <<http://www.abre.org.br>>. Acesso em: 28 de março de 2006.
- BAGMAKERS. Disponível em: <<http://www.bagmakersinc.com/imagenew.html>>. Acesso em 14 de julho de 2006.
- BURDEN, T. (2002) **Thinking Inside the Box**. Disponível para download no site <<http://www.iris.yorku.ca/projweb/DesignforSustainability/index.html>>. Acesso em: 10 de Agosto de 2005.
- CARTON INDUSTRY. Disponível em: <<http://www.cartonindustry.com/paperduplex.htm>>. Acesso em: 14 de julho de 2006.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br>>. Acesso em: 02 de abril de 2004.

- COLOMBO, Francesca. Artigo produzido para o Terramérica, projeto de comunicação dos Programas das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) e para o Desenvolvimento (Pnud), realizado pela Inter Press Service (IPS) e distribuído pela Agência Envolverde, 2005.
- COOPERCAIXA. Disponível em: <[http://www.coopercaixa.com.br/pq\\_industrial.asp](http://www.coopercaixa.com.br/pq_industrial.asp)>. Acesso em: 14 de julho de 2004.
- COSTA, S. B. et alli. Anais do Seminário Materiais & Design - Painel 2: Brinquedos. São Carlos: IBICT / CNPq / FIESP / UFSCar, 1997.
- CRONEY, John: **Antropometria para Diseñadores**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1978.
- DRUMMOND, Daniela Medeiros Devienne. Biblioteca Digital da Unicamp. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000321919>>. Acesso em: 10 de novembro de 2004.
- EMBASOLD. Disponível em: <<http://www.embasold.com.br>>. Acesso em: 30 de abril de 2004.
- EMBANNEWS ON LINE. Disponível em: <<http://www.embanewsonline.com.br/entrevista.htm>>. Acesso em: 04 de maio de 2004.
- EMBRART – SOLUÇÕES EM EMBALAGENS. Disponível em: <<http://www.embrart.com.br>>. Acesso em: 03 de abril de 2004.
- FOLZ, R. **Mobiliário na Habitação Popular: discussões de alternativas para melhoria da habitabilidade**. São Carlos: RiMa, 2003.
- Grimberg, Elisabeth & Blauth, Patricia. **Coleta Seletiva: Reciclando Materiais e Reciclando Valores**. Pólis - Instituto de Estudos, Formação e Assessoria em Políticas Sociais. No 31, 1998. IBGE. Censo2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2005.
- KAZAZIAN, T. **Haverá a idade das coisas leves**. São Paulo: Ed. Senac, 2005
- LEWIS, H. & GERTSAKI, J. **Design + Environment**. UK: Greenleaf, 2001
- MANZINI, Ezio & VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. São Paulo, editora Edusp, 2002.
- MARTINS, M. **A Toca do Tatu**. Curitiba, 2004. Trabalho de Graduação do

- Curso de Design de Produto, Universidade Federal do Paraná, p. 90-97.
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO. **Manual de Planejamento de Embalagens**. Rio de Janeiro, Atelier de Artes e Edições MG Ltda - 1976.
- MYST-Technology. (2003) Environmental Benefits of Box Toys.  
Disponível para download no site <<http://myst-technology.com/mysmartchannels/public/item/6911?model=grid2-content>>. Acesso em: 22 de abril de 2005.
- PANERO, J. & ZELNIK, M. **Dimensionamento Humano para Espaços Interiores**. Barcelona: Gustavo Gilli, 2002.
- PNAD - PESQUISA NACIONAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2001/>>. Acesso em: 15 de julho de 2005.
- PRADO, E. F. S. ; PELIN, E. R. **Moradia No Brasil: Reflexoes Sobre O Problema Habitacional Brasileiro**. 80 p. SAO PAULO: USP, 1993.
- REDE DESIGN BRASIL - **Para um design solidário e sustentável?**  
ULLMANN, Cristian, 2005. Disponível em: <<http://www.designbrasil.org.br/portal/artigos/exibir.jhtml?idArtigo=159>>. Acesso em: 15 de junho de 2005.
- RETUR DESIGN. Disponível em: <<http://www.returdesign.se>>. Acesso em: 02 de maio de 2005.
- REVISTA PPI – Pulp & Paper International, de julho de 2002,
- Ribeiro, Airton. Frank O. Gerhy - **Móveis em papelão ondulado e madeira laminada**. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br>>. Acesso em: 15 de junho de 2005.
- ROSSO, T. **Racionalização da Construção**. p. 18. São Paulo: FAU Universidade de São Paulo, 1980.
- SANTOS, Aguinaldo dos, UTIME, Leticia Horiuchi, SAMPAIO, Claudio Pereira de. **Aplicações da tecnologia CFG - Cussion Folder Glue - no design de mobiliário para a habitação de interesse social**. In: 3º Congresso Internacional de Pesquisa em Design, 2005, Rio de Janeiro. Anais do 3º Congresso Internacional de Pesquisa em Design. 2005.
- THE MAGAZINE. Disponível em: <<http://www.themagazine.info>>. Acesso em: 11 de abril de 2005.

DESIGN E PRODUÇÃO GRÁFICA

papel reciclado

SUZANO - [www.suzano.com.br](http://www.suzano.com.br)

impressão digital e acabamento

TECNICÓPIAS - [www.tecnicopiasonline.com.br](http://www.tecnicopiasonline.com.br)

projeto de design gráfico sustentável

AURUS - [www.aurus.art.br](http://www.aurus.art.br)

