



## XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

### PLACAS RECICLADAS DE EMBALAGENS LONGA VIDA: CARACTERIZAÇÃO, DESIGN E PROPOSTAS PROJETUAIS.

CUNHA, Érica C. (1); SICHIERI, Eduvaldo P. (2)

(1) Instituto de Arquitetura e Urbanismo – IAU-USP, (16) 98112 0593, e-mail: ericacris@yahoo.com

(2) Instituto de Arquitetura e Urbanismo – IAU-USP, e-mail: sichieri@sc.usp.br

#### RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar os resultados obtidos na tese de doutorado sobre o estudo das placas recicladas provenientes de embalagens “longa vida”, sua caracterização e suas possibilidades de uso na arquitetura e design. São apresentados dados técnicos e estéticos sobre este material. Alguns problemas foram identificados: tecnicamente, são poucos os dados publicados que apresentam a caracterização dessas placas, desta forma, um dos objetivos foi a complementação dos dados técnicos, através de ensaios de condutividade térmica e calor específico, absorptância, envelhecimento acelerado em câmara UV e o ensaio complementar de transição vítrea. Além disso, a percepção da dificuldade na aceitação estética devido a aparência da placa e pouco design incorporado aos produtos e objetos resultantes, também levaram ao objetivo da caracterização estética. A partir desses problemas, e da observação do uso funcional crescente dessas placas foram traçadas as hipóteses da pesquisa: A caracterização técnica pode aumentar a confiabilidade para especificação das placas. As placas também podem ser mais atrativas para especificação, se utilizadas com design incorporado e em contexto com outros materiais. Com os dados sistematizados pode-se concluir que as placas de polietileno-alumínio, provenientes da reciclagem das embalagens podem ser utilizadas, eficientemente, em várias superfícies arquitetônicas e em produtos variados.

**Palavras-chave:** placas recicladas de embalagem longa vida, materiais reciclados, construção alternativa.

#### ABSTRACT

*This article aims to present the results in a doctoral thesis on the study of recycled plates from packaging "long life", their characterization and their potential for use in architecture and design. Aesthetic and technical data on this material are presented. Some problems were identified: Technically, there are few published data show that the characterization of these plates, thus one of the goals was to complement the technical data, by testing thermal conductivity and specific heat absorptance, accelerated aging and UV camera additional test glass transition. In addition, the perceived difficulty in acceptance due to aesthetic appearance of the plate and bit design embedded products and the resulting objects, also led to the goal of aesthetic characterization. From these problems, and observation of increasing functional use of these plates the hypotheses of the research were outlined: The characterization technique can increase the reliability for specifying plates. The plates can also be more attractive for specifying, when used with design and incorporated in context with other materials. With standardized data it can be concluded that the polyethylene - aluminum plates, from recycling of packaging can be used efficiently in several architectural surfaces and varied products.*

**Keywords:** Plates recycled of long life packaging, recycled materials, alternative construction.

## 1 INTRODUÇÃO

Na década de 70 do século XX, segundo Peltier e Saporta (2009) os resíduos de embalagens haviam assumido uma importância considerável nas latas de lixo domésticas e começaram a ser estigmatizadas pelos ecologistas como símbolo de desperdício e uma das culpadas pela poluição do planeta. Atualmente, além do termo “lixo útil”, já consolidado na sociedade, o lixo começa a ser entendido como uma segunda matéria-prima que, com o respaldo do design e da tecnologia, pode gerar produtos de qualidade. Barbosa (2002) diz que para agir sobre o lixo, para refletir criticamente sobre ele, é preciso que a categoria “lixo” seja destruída. A sustentabilidade, neste caso tem sido base para tecnologias inovadoras e abordagens de design, como diz Edwards (2008), representando um novo paradigma e proporcionando nova forma estética e cultural a paisagem. Novas fontes de matéria-prima, novos componentes construtivos, novo design.

As embalagens “longa vida”, recebem esse nome devido a capacidade que tem de conservar os alimentos acondicionados por muitos meses. Um dos motivos desta eficiência na conservação é a composição material destas embalagens. São três materiais: papel (75%), polietileno de baixa densidade (20%) e alumínio (5%), organizados alternadamente em várias camadas. Esses materiais, no processo de reciclagem pós uso das embalagens, são triturados com água, onde o papel se dissolve e é retirado da mistura, sobrando portanto, o polietileno e o alumínio, com uma pequena porcentagem de sobra de papel (figura 1). Essa mistura restante, de polietileno e alumínio, vai para a empresa produtora das placas onde serão ainda mais trituradas, pesadas, organizadas em uma fôrma metálica e colocadas, como um sanduíche, em uma prensa quente. Ao permanecerem na prensa, a alta temperatura, o polietileno irá fundir, adequando-se ao formato da fôrma (em forma de placa) e então retirada ainda quente da prensa. Esta placa quente pode ser colocada sobre superfície ondulada (moldando-se então uma telha ondulada), ou simplesmente deixada no plano para esfriamento, permanecendo em forma plana.

**Figura 1: Da embalagem longa vida à placa reciclada.**



Fonte: Cunha (2011)

Existem variadas proporções de misturas de materiais para fabricação das placas recicladas que se utilizam de embalagens longa vida ou que tenham papel e plástico. Algumas levam uma quantidade grande de papel que permanecem na mistura triturada e prensada, o que as destinam para fins não muito duráveis, como os tapumes provisórios. Este estudo não tratou destas placas, e sim das descritas anteriormente, com pouquíssimo

papel restante na mistura e, portanto, com melhores características de impermeabilidade, entre outras.

Normalmente, as placas recicladas são usadas para produção de objetos sem muito design incorporado, como casinhas de cachorro, lixeiras, forros de galpões, tapumes de obras e, o mais comum, como telhas.

O objetivo da pesquisa foi traçar um quadro de caracterização técnica e estética como referencial para identificação do perfil do material e, a partir disso, apresentar propostas projetuais de uso na arquitetura e em design de produto.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada, baseou-se na complementação dos dados técnicos e estéticos existentes, sistematizando estas informações e propondo um perfil de caracterização para o material. Por fim foram propostos alguns projetos com o objetivo de demonstrar novas possibilidades de uso da placa em situações mais contextualizadas no universo arquitetônico e de design.

Por limitações financeiras da pesquisa, os resultados de projeto obtidos ficaram em nível gráfico.

Tecnicamente complementou-se os dados pré-existent sobre o material, com alguns ensaios: de condutividade térmica e calor específico, absorvância/refletância, envelhecimento acelerado em câmara UV e o ensaio complementar de transição vítrea.

Esteticamente, o caminho foi o estudo referenciado em sua forma e textura originais, sem a tentativa de encapar, revestir ou descaracterizar a aparência original do material reciclado, isso como meio de valorizar a identidade dos materiais reciclados e suas implicações sustentáveis. A caracterização estética foi baseada em comparações com os materiais da biosfera, litosfera e tecnosfera; sugerindo as composições materiais mais harmônicas a partir destas referências de naturezas materiais.

## 3 CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA

Para complementação das características técnicas publicadas em relatórios existentes, foram realizados os **ensaios de Condutividade Térmica e Calor específico**, que são importantes para calcular várias outras características térmicas dos materiais, como a Resistência térmica e a Transmitância térmica; o **ensaio de Refletância**, que, em consequência, possibilita determinar a **Absorvância** do material, dado importante para identificar o quanto o material reflete e absorve de energia solar. A fim de verificar o comportamento das placas perante as intempéries, foi realizado **ensaio que simulou a exposição do material aos raios Ultravioleta e nebulização de água**, complementado com ensaio de **Análise Dinâmico-Mecânica**<sup>1</sup> para identificar os efeitos causados por essa exposição na integridade das placas.

<sup>1</sup> “A análise dinamo-mecânica é um método termoanalítico desenvolvido para a caracterização do comportamento mecânico de um material, quando este é submetido a forças dinâmicas (frequência – carga oscilante) a um programa controlado de temperatura.” (WENDHAUSEN, 20--, p.35)

Por esta pesquisa buscar caracterizar tanto os dados técnicos, quanto os estéticos e de possibilidades projetuais de forma equivalente, traçando um panorama equilibrado sobre as placas, houve um limite na definição da quantidade de ensaios técnicos.

### 3.1 Ensaios de refletância e Absortância à radiação solar

O ensaio pode identificar qual a porcentagem de refletância e absortância das placas recicladas de embalagens longa vida por comprimento de onda dos raios solares (UV – Ultra Violeta, VIS (visível) e IV – Infra Vermelho), conforme tabela 1.. Os raios UV são os responsáveis, de forma geral, pela degradação dos materiais e, os IV, pelo calor. Os resultados foram os seguintes.

**Tabela 1 : Porcentagem de Refletância e Absortância das Placas Recicladas de Embalagens Longa Vida, por comprimento de onda (UV, VIS e IV).**

	Media dos 3 pontos (%)	
	Absortância	Refletância
UV ajustada	72	28
VIS ajust	54	46
IV ajust	36	64

Fonte: Cunha (2011).

A tabela apresenta os resultados de Refletância e Absortância para cada faixa de comprimento de onda, proporcionando a identificação, principalmente, do quanto de calor (IV), e de raios de degradação (UV), foram absorvidos e refletidos pela Placa Reciclada de Embalagens Longa Vida.

Com relação ao IV, percebe-se, pela tabela, que a porcentagem de refletância é bem maior (64%) do que a porcentagem de absortância (36%). Isso indica que as Placas Recicladas de Embalagens Longa Vida podem funcionar bem como barreiras contra o calor.

O fato da absortância aos raios UV ser bem maior (72%) do que a refletância (28%), pode, a princípio, indicar fragilidade da placa reciclada à exposição em áreas externas. Porém, esse dado deve ser avaliado em conjunto com os resultados do ensaio de Análise Dinâmica Mecânica, que indicou que a ação do UV desbotou e enrijeceu a placa, mas sem danificar suas características essenciais e integridade.

Na média dos resultados da quantidade de energia radiante total que atingiu a superfície da placa, 46,4% foi absorvida e 53,6% foi refletida.

### 3.2 Ensaios de condutividade térmica e calor específico.

O ensaio de condutividade térmica adotado foi pelo método do fio quente paralelo. Esse método foi testado e descrito por Santos et al (2004), que utilizaram a técnica de fio quente paralelo normalizada para materiais cerâmicos, para a determinação da condutividade térmica de polímeros. Os resultados apresentaram uma **Condutividade Térmica de 0.8099 W/(m.K)** e **Calor Específico de 931.3583 J/kg.K**.

Comparando-se a condutividade térmica ensaiada, com a condutividade térmica de placas usadas para ambientes internos, como as placas de gesso acartonado [0,35 W/(m.k)], as placas de aglomerados densos [0,20 W/(m.k)] e compensados [0,15 W/(m.k)]; percebe-se que a condutividade térmica da placa reciclada é maior; porém, comparando-se com

placas usadas para fechamentos externos, como as de fibrocimento [0,95 W/(m.k)], percebe-se que a placa reciclada tem condutividade térmica menor [0,80 W/(m.k)]. Esses dados indicam que **as Placas Recicladas de Embalagens Longa Vida podem ser favoráveis no desempenho de proteção da condução do calor**. Este é um indicativo preliminar, que analisa o material individualmente; porém, o desempenho irá variar de acordo com o conjunto de materiais que estiverem compondo a envolvente do edifício.

### 3.3 Ensaio de envelhecimento acelerado e Análise Dinâmico Mecânica.

Este ensaio simula a ação do sol, especialmente os raios UV (ultra violeta) e da chuva sobre o material. São simulados por lâmpadas fluorescentes e vapores de água. Após quase 3 meses de exposição das placas, o que se pôde notar foram alterações nos aspectos visuais e de flexibilidade. Visualmente, as placas que ficaram expostas por 2000 horas ficaram um pouco mais opacas em sua superfície, em comparação com as placas que não foram ensaiadas. A exposição também endureceu um pouco as placas, diminuindo, portanto, sua flexibilidade.

Esses dados foram comprovados no ensaio de DMA (Análise Dinâmico Mecânica) que demonstrou que as placas tornaram-se mais rígidas conforme o aumento da exposição ao UV, sofrendo um aumento também de sua propriedade mecânica. Mesmo assim, observando-as ao microscópio, permaneceram com a integridade de sua estrutura.

### 3.4 Proposta de classificação técnica

Aos dados técnicos já publicados sobre as placas, foram acrescentados os dados ensaiados nesta pesquisa. A classificação técnica apresenta-se no Quadro 1 e tabelas 2 e 3:

**Quadro 1: Classificação geral das placas recicladas de embalagem longa vida.**

<b>Categoria</b>	<b>Classificação</b>	
Quanto à procedência	Material da tecnosfera	Não são renováveis pela natureza.
Quanto à origem e processo de obtenção	Artificiais	Materiais reciclados
Quanto ao potencial de sustentabilidade e impacto ambiental	Sustentável	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Evita o descarte das embalagens nos lixões.</li> <li>○ Material de fácil acesso em todas as regiões mundiais devido à disponibilidade de matéria prima (embalagens longa vida)</li> <li>○ Recicláveis – se reintegra à tecnosfera.</li> <li>○ Recoloca as embalagens de volta ao ciclo de vida</li> </ul>
Quanto à composição da matéria-prima	Compostos	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Polietileno – aprox. 70%</li> <li>○ Alumínio – aprox. 25%</li> <li>○ Resíduos de papel e de plásticos 5% (variável)</li> </ul>
Quanto à estrutura interna	Mista	Cristalina
Quanto à composição química	Mista	Minerais e Orgânicos
Quanto à função do componente	Não estrutural	Vedação e proteção (revestimentos) de superfícies Fabricação de objetos variados.

Fonte: Cunha (2011) com referência nas categorias de propriedades apresentadas em Arqtema (2005).

**Tabela 2 : Características dimensionais das placas recicladas**

<b>Tamanho (m)</b>	<b>Espessura (mm)</b> <b>A espessura pode variar em até 10%, de acordo com fabricante.</b>	<b>Peso (kg)</b> <b>Dados aproximados</b>
1,10 x 2,20	4	8,5
	6	14,0
	8	18,0
	10	19,0
	15	28,0
Densidade média	934 kg/cm <sup>3</sup>	

Fonte: Cunha, 2011.

**Tabela 3: Propriedades gerais. Dados compilados complementados com ensaios**

<b>Propriedades</b>		<b>Resultados</b>
Propriedades Mecânicas	Resistência à tração	7,62 Mpa*
	Alongamento na ruptura	4,2 % *
	Resistência à flexão	15,1 Mpa*
Propriedades Térmicas	Índice de propagação de chamas	Médio - Classe D*
	<b>Capacidade de conduzir o calor</b> <b>Condutividade térmica</b>	<b>0.8099 W/mK **</b>
	<b>Capacidade de armazenar calor. Calor específico</b>	<b>931.3583 J/kg.K**</b>
	<b>Refletância</b>	<b>53,6 %**</b>
	<b>Absortância</b>	<b>46,4 %**</b>
Propriedades Químicas	<b>Resistência à UV</b>	<b>A ação dos raios ultravioleta deixa as placas mais opacas, com perda de brilho superficial.</b> <b>A ação do UV enrijece as fibras poliméricas das placas, deixando-as menos flexíveis e aumentando sua resistência mecânica.</b> <b>A ação do UV não degrada as placas.</b>
Absorção de água	Este dado pode variar muito, de acordo com a quantidade de papel restante na matéria-prima e qualidade da prensagem.	10,3%***(variável)






Fonte:,\* Relatórios do Laboratório de Construção civil da EESC-USP e relatórios coletados no site da empresa IBAPLAC (2009). \*\*Dados de ensaios. \*\*\*Média dos resultados dos ensaios do IPT e LaMEM

#### **4 CARACTERIZAÇÃO ESTÉTICA**

A partir de várias análises referentes às origens dos materiais, como da biosfera, litosfera e tecnosfera; de comparativo visual com os diversos materiais existentes, foi proposta a seguinte classificação estética (quadros 2 e 3):









**Quadro 2: Classificação quanto aos elementos visuais**

Elementos visuais	Características atuais	
Formato	Retangular	
Tamanho	1,10 x 2,20	
Espessura	4 ,6, 8, 10 e 15 mm	
Cor	Cinza metalizada com salpicado colorido	
Brilho	Superfície semi-brilho. Refletora.	
Textura	Mesclada e salpicada. Superfície, com pequenas ondulações (irregularidades).	
Tratamento e acabamento da superfície	Sem tratamento	
	Película de poliéster proveniente da fabricação: solta. Não é acabamento. Faz parte do processo de moldagem da placa. Se não retirar, acaba soltando com o tempo	
	Opção de Películas coloridas (azul e amarelo)	

Fonte: Cunha (2011)

**Quadro 3: Semelhanças visuais e de origem.**

Categorias	Semelhanças	
Origem do material (tecnosfera)	Materiais de origem semelhante: Metais, concretos, vidros, tintas (cores), borrachas, acrílicos, policarbonatos.	
		
Semelhanças visuais	Granitos e outras placas recicladas.	
		
		
		

Fonte: Cunha (2011).

Esse “mostruário” de características e opções de composições permite observar as placas através de um panorama estético mais criterioso do que olhar para o material individualmente e ter simplesmente uma referência de “gosto pessoal”. Com esses resultados foi possível criar um processo de identificação dos pontos fortes e fracos das placas. Foi essencial para as decisões dos projetos apresentados nos resultados finais.

## **5 PROPOSTA PROJETUAL.**

Este é um dos resultados de projeto proposto para uso das placas recicladas em contextualização com outros materiais e sistemas construtivos (figuras 2 e 3), com o objetivo de elevar seu valor estético visual, além de dar forma mais imponente para o design, destacando suas qualidades visuais e formais, ao invés de escondê-las.

**Figura 2: Vista externa da proposta com uso de placas recicladas em uma vedação externa curva e na cobertura.**



Fonte: Cunha (2011)

**Figura 3: Vista interior do espaço com uso de placas recicladas: Painéis, mobiliário e luminária.**



Fonte: Cunha (2011)



Neste Projeto foi evidenciado o trabalho com curvas. O painel frontal é estruturado no sistema *Steel Frame* e pode ter diversas larguras ou compor várias camadas, de acordo com as necessidades de proteção térmica. Uma ou duas camadas de placa podem compor cada lado do painel (interno e externo). As juntas podem ser preenchidas com mástique cinza e será necessário o uso de parafusos inoxidáveis para fixação das placas. A cobertura utiliza a telha reciclada da maneira padrão. Internamente o mesmo painel pode ser visto, em conjunto com outros objetos com uso das placas recicladas: a luminária e o banco ondulado. A materialidade escolhida para compor este projeto foi: externamente, placas de concreto, porta metálica e janelas de vidro. Internamente, o uso de piso em porcelanato e pastilhas de vidro, e uma cor forte para contraste e mesmo identidade com os pontos coloridos existentes na placa.

## **6 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES**

O uso das Placas Recicladas de Embalagens Longa Vida é instigante e desafiador como material construtivo, por serem placas recicladas e recicláveis, por terem respondido tecnicamente ao longo do tempo às intempéries, à impermeabilização e proteção térmica, assim como por estarem conquistando interesse de pesquisa, na área do design e da arquitetura.

Para responder às questões da problemática dessa pesquisa, esse trabalho buscou abordar o material de forma “holística” e abrangente. Com o desenvolvimento da pesquisa pode-se comprovar as hipóteses apresentadas mas, naturalmente, pela extensão de pontos a serem identificados, os dados pesquisados não encerram a caracterização do material.

Ficou comprovada a característica de reflexão como um ponto positivo para as condições de proteção térmica, já que, assim como reflete quase 50% dos raios visíveis (VIS), também reflete ainda mais o calor (reflexão dos raios IV = 64%).

A exposição aos raios UV enrijecem as fibras da placa e tornam sua superfície um pouco mais opaca, mas não compromete sua eficiência enquanto impermeabilidade e proteção térmica.

Os ensaios de condutividade térmica pelo método do fio quente paralelo podem sofrer algumas diferenças de resultados, devido a técnica ter sido adaptada para as placas.

Os dados compilados evidenciaram as potencialidades do material estudado, trouxeram contribuição para melhor referência para sua especificação e conclusão de que a Placa Reciclada de Embalagem Longa Vida pode se estabelecer mais firmemente enquanto material para design de produto e arquitetônico-construtivo, pois tem perfil técnico e estético para tais funções.

## REFERÊNCIAS

ARQTEMA – Grupo de Pesquisa em Arquitetura, **Tecnologia e Materiais, Materiais de Construção III: Polímeros na Arquitetura e na Construção Civil**, São Carlos: EESC – USP. 2005. 247p.

BARBOSA, J.C.L. **O projeto de nosso lixo de todo dia**. I Congresso Internacional de pesquisa em Design / V Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design – Anais, Vol. 5: Ecodesign. 2002.

CUNHA, E. C. **Placas recicladas de embalagens longa vida: caracterização, design e propostas projetuais**. Tese de Doutorado. Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**, Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008, 226p.

IPT. **Relatório de Ensaio N° 890 824: Determinação de propriedades físicas em amostras de plástico**. (2002 a) Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Disponível em: <[http://www.ibaplac.com.br/824/cert\\_1\\_824.html](http://www.ibaplac.com.br/824/cert_1_824.html)> Acessado em: 20-07-2011.

IPT. **Relatório de Ensaio N° 890 868: Determinação do índice de propagação de chamas em amostras de plástico**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2002 b). Disponível em: <[http://www.ibaplac.com.br/868/cert\\_2\\_868.html](http://www.ibaplac.com.br/868/cert_2_868.html)> Acessado em: 07-08-2009.

LAMEM. **Relatório técnico: Ensaaios em chapas e telhas de material reciclado**. Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira, 2001. Disponível em: <[http://www.ibaplac.com.br/fipai/cert\\_2\\_fipai.html](http://www.ibaplac.com.br/fipai/cert_2_fipai.html)> Acessado em: 20-07-2011.

PELTIER, F. e SAPORTA, H. **Design sustentável: caminhos virtuosos**, São Paulo: Editora Senac. 2009.

SANTOS, W. N. et al. **Método de fio quente na determinação das propriedades térmicas de polímeros**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol.14, nº5, p.354-359, 2004. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/po/v14n5/23070.pdf>>. Acesso em: 15 ago, 2010.

WENDHAUSEN, Paulo A. P. **Apostila de Análises Térmicas**. Elaboração de Guilherme V. Rodrigues e Otávio Marchetto. Universidade Federal de Santa Catarina: Departamento de engenharia mecânica,. [20--]. Disponível em:< <http://www.materiais.ufsc.br/Disciplinas/EMC5733/Apostila.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2011.