

ANÁLISE MECÂNICA E FÍSICO-QUÍMICA DE TELHAS ECOLÓGICAS CARTONADAS EM DIFERENTES IDADES DE UTILIZAÇÃO

Julierme Siriano da Silva (Engenheiro Civil e UFT) E-mail: julierme_piu@uft.edu.br

Juan Carlos Valdés Serra (Professor e UFT)

Maria Carolina de Paula Estevam D'Oliveira (Professor e UFT)

Resumo: A telha ecológica de embalagens cartonadas apresenta-se como um dos materiais recicláveis alternativos da construção civil que proporcionam benefícios ambientais, sociais e econômicos. No entanto, não há normas em vigor que regulamentam a sua fabricação e utilização. Este trabalho estuda o desempenho mecânico e físico-químico destas telhas expostas a intempéries por diferentes períodos de utilização. Para o estudo, foram retiradas amostras de telhas ecológicas cartonadas nas idades 3, 6 e 10 anos de utilização dos telhados dos prédios da Universidade Federal do Tocantins além de amostras de uma telha não utilizada para atuar como referência. As telhas com tempo de utilização de 3 anos apresentaram patologias devido ao intemperismo, perdendo eficiência na resistência à tração e flexão. As telhas com 6 e 10 anos apresentaram acentuadas perdas das propriedades mecânicas e físico-químicas, afetando o bom desempenho do telhado.

Palavras-chave: Telhas ecológicas; Análise; Desempenho; Vida útil.

MECHANICAL AND PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS OF ECOLOGICAL TILES OF CARTONS IN DIFFERENT AGE OF USE

Abstract: Ecological tile carton packaging presents itself as one of the alternative construction materials that proportion environmental, social and economic benefits. However, there are no standards governing their manufacture and use. This work studies the mechanical, physical and chemical performance of these tiles exposed to weather for different periods of use. For the study, samples were taken of ecological tiles in ages 3 carton, 6 and 10 years of use from the rooftops of the buildings of the Federal University of Tocantins as well as samples of a tile not used to act as a reference. The tiles with time of 3 years presented pathologies due to weathering, losing efficiency on tensile strength and bending. The tiles with 6 and 10 years old showed severe losses of mechanical and physic-chemical properties, affecting the good performance of the roof.

Keywords: Ecological tiles; Analysis; Performance; Useful life.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, de 2010 a 2014 a geração de resíduos cresceu 29%, enquanto que o crescimento populacional nesse mesmo período foi de 3,7% (ABRELPE, 2014). Neste contexto, a construção civil tem papel fundamental em busca de conceitos que trabalhem o desenvolvimento sustentável no mundo, estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas globais sejam provenientes da construção (BRASIL, MMA, 2012).

O conceito de construção sustentável estrutura-se no princípio de tornar as construções menos agressivas ao meio ambiente desenvolvendo projetos que utilizem recursos naturais de forma racional, porém sem deixar de atender as necessidades humanas (TSAI & GUEVARA, 2013).

O desenvolvimento tecnológico configura-se como um grande aliado para desenvolvimento de matérias-primas que possam agregar valor aos produtos e ao mesmo tempo atender às exigências ambientais e sociais (NEVES, 2005). É o caso das embalagens

cartonadas de Tetra Pak, que no Brasil, desde ano 2000, estão sendo reutilizadas para a fabricação de placas e telhas (TETRA PAK, 2015).

A composição típica de uma embalagem Tetra Pak é de 70% de papelão (papel kraft), 25% de polietileno e 5% de uma folha de alumínio (HAYDARY *et al.*, 2013). As camadas de papelão dão forma à embalagem, enquanto a camada de alumínio impede as penetrações do ar, luz e microrganismos. A película de polietileno evita que os alimentos que entram em contato com o alumínio (MOURAD *et al.*, 2008).

Para a produção das telhas, primeiramente, realiza-se a separação do papel do polietileno e alumínio em um equipamento hidrapulper que permite que as fibras presentes na embalagem se destaquem e fiquem suspensas possibilitando a retirada por bombeamento (ZUBEN & NEVES, 1999). Em seguida, o polietileno contendo alumínio é triturado em pequenos fragmentos usando-se moinhos de faca, sendo encaminhadas para prensas utilizadas para a produção de placas de compensado, estas realizam a fusão das placas em temperatura de trabalho de aproximadamente 180 °C (CERQUEIRA, 2002). O teor de polietileno na esteira de fibra se derrete e se liga de alumínio e pedaços juntos sob a forma de uma matriz elástica compacta (AYRILMIS *et al.*, 2008). Por fim, as placas passam por um processo de resfriamento, para cura e endurecimento das camadas plásticas (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Além dos benefícios ambientais esses materiais trazem uma série de benefícios econômicos e sociais, apresentando menor custo de mercado e gerando empregos relacionados à coleta seletiva e seu processamento (CERQUEIRA, 2002). E apresentando-se como alternativa à utilização de telhas produzidas com amianto, que segundo diversos autores, tais como Jung *et al.* (2015) e Nam *et al.* (2014), o descrevem como extremamente cancerígeno, causando doenças respiratórias graves, tais como asbestose pulmonar, câncer no pulmão e outros órgãos, e o mesotelioma maligno.

Vargas *et al.* (2014) realizaram um estudo com diferentes embalagens como enchimento de lajes de tamanho 1m x 3 m, e obteve sucesso com a aplicação de embalagens tetra pak.

Nicaretta *et al.* (2011) em ensaios realizados em telhas de embalagens Tetra Pak e telhas de fibrocimento constatou-se que as telhas fabricadas a partir dos resíduos podem ser utilizadas com as mesmas aplicações das telhas convencionais podendo até mesmo possuir algumas vantagens em relação a estas, tais como: maior capacidade de sofrerem deformações antes da ruptura, capacidade de voltarem à sua forma original após deformações, consistem em materiais mais leves e possuem maior eficiência em relação ao conforto térmico.

Araújo *et al.* (2008) por meio de ensaios de tração e de flexão, densidade e de absorção de água constataram que as telhas recicladas de embalagens Tetra Pak demonstraram resultados mais satisfatórios que as telhas de fibrocimento tanto na caracterização mecânica como físico-química. E também apresentam melhor desempenho térmico quando comparada as telhas fibrocimento, pois possuem alumínio em sua constituição que refletem os raios solares.

O reaproveitamento das embalagens Tetra Pak como forro contribuiu para redução dos valores médios de índice de temperatura e umidade, índice de temperatura de globo e umidade e carga térmica de radiação em modelos físicos em escala reduzida de instalações rurais (SILVA *et al.*, 2015).

No entanto, não há normas que regulamentam a sua fabricação e utilização, limitando-se às informações dos fabricantes que trabalham com garantia de 3 anos contra defeitos de fabricação. Assim, devido ao recente crescimento na utilização deste material e aos poucos

estudos realizados em torno de sua vida útil, entende-se que informações que venham auxiliar na sua utilização e manutenção.

As telhas Tetra Pak foram empregadas nos prédios da Universidade Federal do Tocantins a partir do ano de 2006. Desta forma, há telhados compostos com telhas que se enquadram com as datas de vida útil que vão de aproximadamente 3, 6 e 10 anos. Alguns destes telhados já apresentaram problemas visíveis, tais como a escamagem da camada superficial de alumínio, perda da capacidade de sofrer deformação e desagregação do alumínio e o polietileno.

Segundo Garcez *et al.* (2012) o telhado é o elemento mais vulnerável de um edifício, devido à exposição em diferentes temperaturas, radiação solar, chuva e neve, vento e agentes biológicos. O que torna, na maioria das situações, patologias em pequenas áreas de um telhado mais graves do que em outros elementos de um edifício.

O desempenho térmico também pode ser afetado ao longo do tempo devido ao acúmulo de poeira do solo na superfície do telhado, o que pode acarretar a perda da refletância (IHARA *et al.*, 2016).

As cargas de ventos, que possuem um processo interativo com os vários componentes de edifício bastante complicado, devido à pressão aerodinâmica que se desenvolve como fluxo de ar sobre e ao redor do prédio, são grandes causadoras de danos, em particular nos telhados (OZMEN *et al.*, 2016).

Realizar inspeções e acompanhamentos regulares são fundamentais para prever e evitar cenários de falhas, incluindo colapsos do telhado, que pode vir a colocar as pessoas em perigo.

A inspeção visual de todos os componentes que fazem parte do sistema de cobertura, incluindo sistemas de fixação, podem prever falhas e anomalias importantes, tais como a corrosão de parafusos de fixação, infiltração por ressecamento do silicone das juntas, oxidação de rufos e calhas e a deterioração da telha (NAKAMURA, 2012).

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização físico-química, mecânica e térmica destas telhas em diferentes datas de vida útil para que sejam avaliadas em torno de seu desempenho.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Para a realização da pesquisa foram coletadas amostras de telhas de embalagens de Tetra Pak de vários telhados dos prédios da Universidade Federal do Tocantins, utilizando como critério de escolha o tempo de utilização.

As amostras de telhas de 3 anos de utilização foram retiradas do prédio de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional. As amostras de 6 anos do prédio destinado a Universidade da Maioridade – UMA. As amostras de 10 anos foram retiradas dos prédios L4 e L5 contruídos para serem utilizados como laboratórios.

Para os ensaios de tração e de flexão foram coletadas 15 amostras de cada idade de utilização. As idades correspondem a 3, 6 e 10 anos. Além das amostras coletadas nos prédios, também realizou ensaios em amostras novas que ainda não foram utilizadas, para trabalhar como referência.

Foram confeccionadas quarenta corpos de prova com dimensões de 20 cm de comprimento e 3 cm de largura para os ensaios de tração e de flexão.

2.2 Metodologia

Em primeiro momento foi realizado uma análise tátil e visual das telhas coletadas, buscando aferir patologias e imperfeições em sua superfície e corpo da telha.

Em seguida, com as amostras das telhas coletadas, foram realizados os ensaios mecânicos à tração e flexão pelo equipamento da marca EMIC Linha DL no Laboratório de Materiais do Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA.

Para a realização dos ensaios foi utilizada a metodologia de Araújo *et al.* (2008).

2.2.1 Propriedades mecânicas

Resistência à tração

O ensaio de resistência à tração realizou-se conforme a *ASTM D 698/98 - Tensile Properties of Plastics*. Onde, os corpos de prova foram submetidos a tensões de tração.

Segundo Araújo *et al.* (2008) para o cálculo da tensão de tração deve determinar a força por unidade de área ou intensidade das forças distribuídas numa certa secção transversal, denominada tensão atuante indicada pela letra grega σ (sigma).

A equação para a obtenção da tensão compõe da divisão o módulo de P da força axial pela área A da barra de secção transversal, conforme a equação 1:

$$(1) \sigma = \frac{P}{A}$$

Resistência à flexão

O ensaio de Resistência à flexão foi realizado de acordo com a *ASTM D 790 / 98 - Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*.

Conforme a NBR 13818 (1997) foram calculados os valores de Carga de ruptura e Módulo de resistência à flexão, conforme as Equações 2 e 3:

$$(2) CR = \frac{F.L}{b}$$

Onde:

CR é a carga de ruptura (N);

F é força de ruptura (N);

L é a distância entre as barras de apoio (mm) e;

b a largura do corpo de prova (mm).

A partir da Equação 3 calculou-se o módulo de resistência à flexão:

$$(3) MRF = \frac{3.F.L}{2.b.e^2}$$

Onde:

MRF é o módulo de resistência à flexão (MPa)

b a espessura do corpo-de prova (mm).

2.2.2 Propriedades físico-químicas

Os ensaios para a determinação das propriedades físicas das telhas foram realizados no Laboratório de Materiais do Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA.

Determinação da densidade

Para determinar a densidade utilizou-se a norma *ASTM D 792/13 - Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement*. Que descreve os métodos de ensaio para a determinação do peso específico (densidade relativa) e da densidade de plásticos sólidos em formas de folhas, hastes, tubos, ou artigos moldados.

Foram confeccionados cinco corpos de prova para cada amostra de telha para a determinação da densidade. Para o cálculo da densidade absoluta foi utilizada a Equação 4.

$$(4) d = \frac{m}{V}$$

Determinação da absorção de água

Para os ensaios de Absorção de Água utilizaram-se as normas *ASTM 570/98 - Water Absorption of Plastics*. Esta norma descreve o método de ensaio que abrange a determinação da taxa relativa de absorção de água por plásticos quando imerso. Este método de ensaio destina-se a aplicar-se ao teste de todos os tipos de plásticos.

Para a realização deste ensaio foram retiradas amostras de 20 cm x 3 cm que foram secadas durante o período de 24 horas sob temperatura de 50 °C. Em seguida, os corpos de provas foram imersos em um recipiente com água durante 24 horas e novamente pesados.

Para o cálculo da absorção de água foi utilizada a equação prescrita na norma da ABNT NBR 7581-1:2012 descrita a seguir:

$$(5) \text{ Absorção(\%)} = \frac{P_{\text{umido}} - P_{\text{seco}}}{P_{\text{submerso}}} * 100$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise tátil e visual

No telhado com telhas com idade de utilização de 3 anos observou-se diversas patologias, tais como Ressecamento do silicone e da borracha presente nos parafusos de que prendem a telha que favorece a infiltrações, desprendimento de uma telha em decorrência do ventos como pode ser verificado na 1.

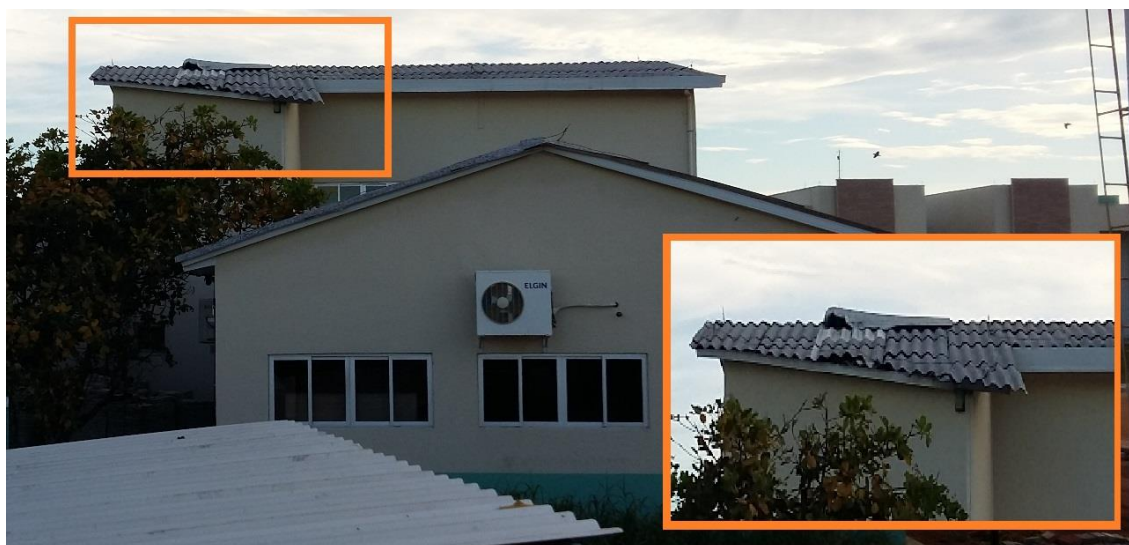


Figura 1 – Destacamento de telha de 3 anos de utilização

O arrancamento da telha ocorreu devido ao processo interativo de cargas de ventos paralelos com a estrutura. Segundo Watanabe (2015) ações de ventos paralelos produzem esforços de sucção vertical sobre o telhado, puxando-o na direção perpendicular ao do vento.

Outro fator que deve se considerar está na concepção do projeto do telhado. Segundo Blessmann (2004), telhados com quatro águas podem reduzir até a metade os pontos de sucção de vento, evitando o arracamento de telhas. Este tipo de telhado ditribuiem as cargas nas quatro direções, enquanto os de duas águas apenas para suas laterais.

Nas idades de 6 e 10 anos apresentaram manifestações patológicas mais graves. A escamagem da superfície de alumínio da telha devido ao intemperismo foi a mais comum. Esta anomalia pode levar a perda da eficiência de reflexão térmica e a perda da estanqueidade da telha e pode estar ligado ao envelhecimento das partículas de polietileno.

A degradação de componentes constituídos de materiais poliméricos ocorre numa grande variedade de ambientes e condições de serviço, e muitas vezes limita o tempo de vida de serviço. A degradação ocorre como o resultado da química dependente do ambiente ou ataque físico, muitas vezes causado por uma combinação de agentes de degradação, e pode envolver vários mecanismos químicos e mecânicos. Por exemplo, muitos polímeros são propensos à degradação provocada pelos agentes atmosféricos, em que as reações fotoquímicas, envolvendo fótons solares ultravioletas e o oxigênio atmosférico, conduzem a cisão da cadeia. As reações químicas podem ser aceleradas por temperaturas elevadas causadas pelo efeito de aquecimento do sol (TURNBULL & WHITE, 1994).

Shah *et al.* (2008) salientam que a degradação reflete nas alterações das propriedades dos materiais poliméricos, tais como características mecânicas, ópticas ou elétricos, em fissuras, rachaduras, erosão, descoloração ou delaminação.

A perda da camada superior de alumínio resulta também na perda de resistência à abrasão. Com o aumento do escoamento das águas pluviais sobre a cobertura de telhas ecológicas ocorre o transporte sedimentos do próprio material.

Foram detectadas fissuras e rupturas devido às cargas de ventos que desagregam o alumínio e o polietileno.



Figura 2 – Patologias telhas com idades de 6 e 10 anos de utilização

Deformações no corpo da telha devido ao gradiente térmico e águas de telhados superiores. Este fator está associado à perda de resiliência do material, que segundo Silva e Motta (2005), na física e na engenharia, está associado à capacidade máxima de um material de suportar tensão sem se deformar de maneira permanente.

As telhas com 10 anos de utilização apresentaram bolor em sua face interna devido à presença de umidade. Souza & Silva (2008) salienta que o bolor configura-se como uma alteração na superfície de materiais que sendo consequência do desenvolvimento de microorganismos pertencentes ao grupo dos fungos, considerado como um grande problema com grandeza econômica e ocorrência comum em regiões tropicais.



Figura 3 –Bolor em sua face interna do telhado

3.2 Propriedades mecânicas

3.2.1 Resistência à tração

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos para os ensaios de resistência a tração dos corpos de prova coletados:

Tabela 1 - Resistência à tração das telhas ecológicas em diferentes idades

CPs	Não Utilizadas		3 anos		6 anos		10 anos	
	Força (N)	σ (Mpa)	Força (N)	σ (Mpa)	Força (N)	σ (Mpa)	Força (N)	σ (Mpa)
CP 1	21576.56	4.79	9750.45	2.17	7521.18	1.67	4892.09	1.09
CP 2	18457.87	4.1	12371.03	2.75	6547.87	1.46	3988.51	0.89
CP 3	22478.9	5	8420.01	1.87	6481.04	1.44	4897.43	1.09
CP 4	24621.54	5.47	11543.67	2.57	7080.68	1.57	4713.31	1.05
CP 5	20066.85	4.46	11060.11	2.46	7587.27	1.69	5097.99	1.13
MÉD.	21,440.34	4.76	10,629.05	2.36	7,043.61	1.57	4,717.87	1.05

Pode-se observar que a medida que os anos passarão as telhas perderam resistência a tração, chegando a menos 30% com 10 anos de utilização.

3.2.1 Resistência à flexão

A tabela 2 apresenta os valores obtidos nas diferentes idades da resistência à flexão das telhas nas diferentes idades:

Tabela 2 - Resistência à flexão da telha ecológica em diferentes idades

CP	Não Utilizadas			3 anos			6 anos			10 anos		
	F (N)	CR (N)	MRF (MPA)	F (N)	CR (N)	MRF (MPA)	Força (N)	CR (N)	MRF (MPA)	F (N)	CR (N)	MRF (MPA)
CP 1	297.9	177.56	7.4	88.9	51.95	3.85	63.98	37.88	1.88	53.98	31.96	1.58
CP 2	312.23	186.1	7.75	81.75	47.78	3.54	69.38	41.08	2.04	49.38	29.24	1.45
CP 3	277.44	165.36	6.89	79.38	46.39	3.44	62.53	37.02	1.84	52.53	31.1	1.54
CP 4	302.11	180.07	7.5	77.15	45.09	3.34	59.03	34.95	1.73	53.03	31.4	1.56
CP 5	266.96	159.12	6.63	84.93	49.63	3.68	61.28	36.28	1.8	51.28	30.36	1.51
Média	291.33	173.64	7.23	82.42	48.17	3.57	63.24	37.44	1.86	52.04	30.81	1.53

A partir dos valores da tabela percebe-se que a degradação e a ação do intemperismo na telha ecológica reduz sua resistência ao decorrer dos anos. Essa perda de resistência pode ser causada pelo ressecamento do polietileno, fazendo com que a telha perca sua flexibilidade.

3.3 Propriedades físico-química

A Tabela 3 apresenta a os valores da densidade e absorção de água:

Tabela 3 – Absorção de água telha ecológica em diferentes idades

Telhas	Densidade (g/cm ³)	Absorção
Não Utilizadas	1.45	4%
3 anos	1.38	14%
6 anos	1.1	21%
10 anos	0.93	40%

Conforme o tempo de utilização aumenta, aumenta-se a capacidade de absorção da telha. Esse fator pode ser causado, em primeiro momento, pela perda da camada de alumínio da superfície, e depois pela degradação da própria telha.



Figura 3 – Absorção de água telha ecológica em diferentes idades

O desagregamento também pode atenuar essa situação, pois os poros que surgem entre a o alumínio e o polietileno favorecem a entrada da água.

A ausência de normas que regulamentam os materiais feitos com embalagens cartonadas favorece a produção de produtos com baixa qualidade. O que impede, por exemplo, que o consumidor deste produto, saiba qual seria a resistência mínima a flexão.

A norma ABNT NBR 13818 (ABNT, 1997) que regulamenta placas cerâmicas para revestimento fixa variações de espessura o Módulo de Resistência à Flexão Mínimo respectivo, desclassificando as amostras que não a atendem.

3.4 Soluções para manter o bom funcionamento do telhado

A perda do desempenho deste material ao longo do seu tempo de utilização sofreu uma grande queda devido a vários fatores. Neste contexto, realizar inspeções regulares para a realização de ações mitigadoras e corretivas é a melhor solução para sanar alguns problemas nas telhas.

Para manter as telhas atuando bom desempenho o ideal deve se realizar vistorias e manutenções preventivas com determinada frequência. E substituindo as telhas danificadas.

Prever a instalação de subcobertura em um telhado pode relacionar-se com a necessidade de reduzir a carga térmica que incide no interior da edificação e de evitar que vazamentos nas telhas cheguem à laje ou ao forro. Também neste caso, a subcobertura pode ajudar a aumentar a vida útil da cobertura, pois evita que o madeiramento da estrutura do telhado entre em contato com a água (LOTURCO, 2014).

4. CONCLUSÕES

Com o passar do tempo às telhas sofreram forte degradação com perdas mecânicas e físico-químicas.

As manifestações patológicas visuais e tácteis apresentadas nas telhas com 3 anos de utilização foram de arrancamento. Nas com idades de 6 e 10 anos foram escamagem, fissuras e até rompimento, deformações devido à perda da resiliência, transporte de sedimentos e bolor.

Com o tempo ocorrem perdas da resistência à tração e flexão e o aumento absorção de água. Esta degradação está diretamente ligada à exposição do polietileno contido na telha à radiação UV que afeta a sua estrutura afetando seu desempenho.

Devido ao crescimento da utilização dos produtos feitos com embalagens cartonadas Tetra Pak e seu impacto no mercado da construção existem uma necessidade de regulamentação quanto as suas propriedades. Definir parâmetros mínimos exigíveis para fabricação, marcação, declarações em catálogos, recebimento, inspeção, amostragem, ensaios opcionais complementares, métodos de ensaios e aceitação das placas e telhas de embalagens recicladas de cartonadas.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. 2014. Disponível em <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>. Acesso 01/03/2016.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13818, Placas Cerâmicas – Especificações e Métodos de Ensaio**, ABNT, 1997.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 7581-1:2012 Versão Corrigida: 2014**, **Telha ondulada de fibrocimento Parte 1: Classificação e requisitos**, ABNT, 2014.

_____. American Society for Testing and Materials. **ASTM D 698/98 - Tensile Properties of Plastics**, ASTM, 1998.

_____. American Society for Testing and Materials. **ASTM D 790 / 98 - Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials**. ASTM, 1998.

_____. American Society for Testing and Materials. **ASTM D 792/13 - Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement**. ASTM, 2013.

_____. American Society for Testing and Materials. **ASTM 570/98 - Water Absorption of Plastics**. ASTM, 1998.

ARAÚJO, D. C.; MORAIS, C. R. S.; ALTIDES, M. E. D. *Avaliação mecânica e físico-química entre telhas convencionais e alternativas usadas em habitações populares. Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v.3, p.50-56, 2008.

AYRILMIS, N.; CANDAN, Z.; HIZIROGLU, S. *Physical and mechanical properties of cardboard panels made from used beverage carton with veneer overlay. Materials & Design*, 29 (2008), pp. 1897-1903

BLESSMANN, J. *Ação do vento em telhados a quatro águas. In: JORNADAS SUDAMERICANAS DE INGENIERIA ESTRUCTURAL, XXXI, 2004, Mendoza. 19p.*

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. *Construção Sustentável. Disponível em <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel> Acesso em 01/03/2016.*

CERQUEIRA, M. H. *Placas e telhas produzidas a partir da reciclagem do polietileno/alumínio presentes nas embalagens Tetra pak. Artigos Técnicos, Tetra Pak, 2002.*

CHIEN, A.; MAXWELL, R.; CHAMBERS, D.; BALAZS, B.; LEMAY, J. *Characterization of radiation-induced aging in silica-reinforced polysiloxane composites. Radiation Physics and Chemistry*, v. 59, p. 493 – 500, 2000.

GARCEZ, N.; LOPES, N.; BRITO, J.; SILVESTRE, J. *System of inspection, diagnosis and repair of external claddings of pitched roofs. Construction and Building Materials. Volume 35, October 2012, Pages 1034–1044*

HAYDARY, J.; SUSA, D.; DUDAS, J. *Pyrolysis of aseptic packages (tetrapak) in a laboratory screw type reactor and secondary thermal/catalytic tar decomposition International Journal of Integrated Waste Management, Science and Technology Waste Management*, 33 (2013), pp. 1136-1141

IHARA, T.; JELLE, B. P.; GAO, T.; GUSTAVSEN, A. Accelerated aging of treated aluminum for use as a cool colored material for facades. *Energy and Buildings*, Volume 112, 15 January 2016, Pages 184-197

JUNG, H. S.; CHA, J. S.; KIM, S.; LEE, W.; LIM, H. J.; KIM, H. Evaluating the efficiency of an asbestos stabilizer on ceiling tiles and the characteristics of the released asbestos fibers. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 300, 30 December 2015, Pages 378-386

LOTURCO, B. Subcoberturas: indicadas para impermeabilizar e isolar termicamente os ambientes, mantas exigem especificação e compra acertadas. *Revista Construção Mercado - Negócios de Incorporação e Construção Civil*. Editora PINI Edição 157 - Agosto/2014.

MOURAD, A. L.; GARCIA, E. E. C.; VILELA, G. B.; ZUBEN, F. V. Influence of recycling rate increase of aseptic carton for long-life milk on GWP reduction. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(4), 2008. 678-689

NAKAMURA, J. Check-up predial. *Revista Técnica*. São Paulo: PINI, Edição 184, Junho/2012.

NAM, S. N.; JEONG, S.; LIM, H. Thermochemical destruction of asbestos-containing roofing slate and the feasibility of using recycled waste sulfuric acid. *J. Hazard. Mater.*, 265 (2014), pp. 151-157

NEVES, F. L. Novos desenvolvimentos para reciclagem de embalagens longa vida. *Tetra Pak Brasil*. 2005.

NICARETTA, F.; FRANÇA, R. G.; PILLAR, R.; ROSSONI, P. Produção de telhas a partir da reutilização de embalagens Tetra Pak e tubos de pasta dental. In: 26 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre - RS. Anais do 26 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.. Rio de Janeiro - RJ: ABES, 2011.

OZMEN, Y.; BAYDAR, E.; VAN BEECK, J. P. A. J. Wind flow over the low-rise building models with gabled roofs having different pitch angles. *Building and Environment*. Volume 95, January 2016, Pages 63-74

OLIVEIRA, F. B.; OLIVEIRA, E. S. B.; RODRIGUES, E. F. Logística reversa e sustentabilidade: gargalos e a importância diante do cenário competitivo. *Revista Científica da Ajes*, Juína, v. 3, n. 6, 2012.

SHAH, A. A.; HASAN, F.; HAMEED, A.; AHMED, S. Biological degradation of plastics: a comprehensive review. *Biotechnol. Adv.*, 2008; 26: 246-265.

SILVA, K. C. P.; CAMPOS A. T.; JUNIOR, T. Y.; CECCHIN, D.; LOURENÇONI, D.; FERREIRA, J. C. Reaproveitamento de resíduos de embalagens Tetra Pak® em coberturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande, PB, UAEA/UFPA* v.19, n.1, p.58-63, 2015.

SOUZA, M. F.; SILVA, A. P. *Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. Dissertação Curso de Especialização em Construção. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: Janeiro/ 2008.*

TETRA PAK. *Tetra Pak Sustainability Update 2015. Disponível em <http://www.tetrapak.com/br/sustainability/sustainability-report>. Acesso em: 01/03/2016.*

TSAI, A. L. T.; GUEVARA, A. J. H. *A inovação e a importância das construções sustentáveis Boletim de inovação e sustentabilidade, BISUS 1s 2013, USP.*

VARGAS, A.; SILVA, B. V.; ROCHA, M. R.; PELISSER, F. *Precast slabs using recyclable packaging as flooring support elements. Journal of Cleaner Production Volume 66, 1 March 2014, 92–100.*

WATANABE, R. M. *A ação do vento nas edificações. 2015. Disponível em: <http://www.ebanataw.com.br/roberto/vento/index.php> . Acesso em: 05/03/2016.*

WHITE, J. R.; TURNBULL A. *Review – weathering of polymers: mechanisms of degradation and stabilization, testing strategies and modeling, Journal of Materials Science, v.29, p.584-613, 1994.*

ZUBEN, F. V.; NEVES, F. L. *Reciclagem do alumínio e do polietileno presentes nas Embalagens Cartonadas Tetra Pak. Seminário Internacional de Reciclagem do Alumínio, pág. 96–109, 1999.*