

III-115 – PRODUÇÃO DE TELHAS A PARTIR DA REUTILIZAÇÃO DE EMBALAGENS TETRA PAK E TUBOS DE PASTA DENTAL

Francielle Nicaretta⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Comunitária Regional de Chapecó (Unochapecó).

Rosiléa Garcia França

Professora Adjunta da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS). Professora colaboradora do Mestrado em Ciências Ambientais da Unochapecó. Doutora em Engenharia Civil pela Unicamp. Mestre em Engenharia Oceânica pela Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Engenheira Civil pela FURG.

Patricia Rossoni

Engenheira Civil pela Universidade Comunitária Regional de Chapecó (Unochapecó).

Rebecca Iva Carreiro Simonetti do Pillar

Engenheira Civil pela Universidade Comunitária Regional de Chapecó (Unochapecó).

Endereço⁽¹⁾: Rua Papa João XXIII, 504, Centro - Xanxerê - Santa Catarina - SC - CEP: 89820-000 - Brasil - Tel: (49) 8854-6317 - e-mail: francicaretta@hotmail.com.

RESUMO

Após serem utilizadas, as embalagens Tetra Pak e os tubos de pasta dental transformam-se em resíduos sólidos que, muitas vezes, são depositados de forma inadequada no meio ambiente causando poluição e desequilíbrio ambiental. Neste contexto, o presente trabalho apresenta uma proposta para a reutilização destes materiais na fabricação de telhas, com o propósito de buscar formas de melhoria de suas características técnicas e aumentar a sustentabilidade na indústria da construção civil. Para a concretização do projeto, os materiais foram primeiramente coletados e preparados, tendo sido feita a lavagem, desagregação das embalagens Tetra Pak e a trituração de todos os materiais. As telhas foram fabricadas em uma prensa onde foram submetidas à temperatura e pressão. Em seguida foram moldadas para atingirem o formato desejado. O resultado final consistiu em três tipos de telhas fabricadas a partir dos resíduos: a) Telhas constituídas somente por embalagens Tetra Pak; b) Telhas constituídas somente por tubos de pasta dental; e, c) Telhas constituídas pela mistura de 60 % de tubos de pasta dental e 40 % de embalagens Tetra Pak. Posteriormente, as telhas foram submetidas à avaliações e ensaios. Baseando-se nos ensaios, as telhas fabricadas nos experimentos foram comparadas com as telhas tradicionais 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, consistirem em materiais mais leves e possuírem maior eficiência em relação ao conforto térmico.

PALAVRAS-CHAVE: Embalagens Tetra Pak, Tubos de Pasta Dental, Telhas, Reciclagem, Resíduos Sólidos.

INTRODUÇÃO

Antigamente as embalagens de alimentos eram pesadas, frágeis e ofereciam baixíssima proteção aos alimentos. Com o passar do tempo e os avanços tecnológicos, surgiram as modernas embalagens multicamadas, as quais conferem proteção, assepsia e não necessitam de transporte refrigerado. Como exemplo, podem-se citar as embalagens Tetra Pak e as embalagens de pastas dentais, ambas constituídas principalmente por polietileno e alumínio.

Como se pode perceber, o acelerado desenvolvimento tecnológico e econômico dos últimos anos trouxe uma série de benefícios à população mundial. O problema é que, aliado a este fato, surgiu um comportamento de consumo exacerbado, que por sua vez passou a gerar uma quantidade de resíduos para os quais não existe destinação adequada.

As embalagens multicamadas, por exemplo, apesar de apresentarem inúmeras características positivas, após serem utilizadas, resultam em um tipo de resíduo particularmente preocupante. Somente de embalagens Tetra Pak, Labaki (2003) afirma que no Brasil são jogadas fora aproximadamente seis milhões por ano. Este fato acaba gerando uma imensa quantidade de resíduos que abarrotam os aterros sanitários ou são depositados em

locais sem nenhum tipo de preparação prejudicando o meio ambiente. Além disso, por serem compostas por mais de um tipo de material, estas embalagens se tornam de difícil reciclagem.

Outro fator importante, é que quando não são recicladas ou reutilizadas, as embalagens possuem uma vida muito curta, indo para o lixo imediatamente após a compra ou o uso do produto. Destarte, é de fundamental importância a reutilização desses materiais de forma a aumentar a sua vida útil.

Diante desta situação, os resíduos atualmente não representam apenas um problema ambiental, mas também um problema de ordem econômica e de saúde pública. Os custos de seu gerenciamento estão cada vez mais onerosos, tanto para as indústrias quanto para o poder público.

Uma solução interessante de evitar a disposição inapropriada dos mesmos no meio ambiente trata-se de transformá-los em outros materiais que possam de alguma forma beneficiar as condições de vida da população em geral.

Devido à ampla gama de materiais utilizados na construção civil, este setor é capaz de absorver inúmeros tipos de resíduos. Desta forma, profissionais de várias áreas vêm sendo desafiados na busca de tecnologias ambientalmente eficientes para reciclagem de resíduos, que resultem em materiais com qualidade e em edificações com melhores condições de habitabilidade.

Além da abordagem ambiental, a realização de uma pesquisa visando a produção de telhas a partir de embalagens Tetra Pak e Tubos de Pasta Dental justifica-se pela semelhança entre as necessidades técnicas de uma telha e as características observadas nos materiais componentes das embalagens em estudo (o polietileno e o alumínio). Neste contexto citam-se a alta resistência mecânica, a impermeabilidade, baixa absorção, boa reciclabilidade e excelente isolamento térmico.

No Brasil, a popularidade das telhas de fibrocimento é muito grande. Quando se trata de residências de interesse social, seu uso é praticamente uma unanimidade. Salienta-se, no entanto, que além de promover um baixo conforto térmico para os moradores, várias pesquisas indicam que a fibra do amianto, material utilizado na fabricação de algumas telhas, pode causar danos à saúde humana.

Desta forma, é necessário o desenvolvimento de estudos visando a elaboração de novos tipos de telhas com características técnicas superiores e que sejam produzidas a partir de materiais que preservem a saúde humana e o meio ambiente em geral.

Destarte, o desenvolvimento deste estudo visando a reincorporação de resíduos na produção de telhas pode ser capaz de contribuir para a redução das áreas necessárias para aterro, redução do consumo de recursos naturais não-renováveis, aumento da vida útil dos materiais, melhoria da qualidade dos produtos e da saúde dos trabalhadores, aumento da sustentabilidade econômica e ecológica na construção civil, entre outros benefícios.

MATERIAIS E MÉTODOS

Antecipadamente à realização dos trabalhos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com a finalidade de conhecer as propriedades dos materiais constituintes das embalagens Tetra Pak e dos tubos de Pasta Dental, além de inteirar-se aos estudos já realizados na área da reciclagem e produção de telhas a partir destes resíduos.

Em seguida, foi feita a coleta dos materiais a serem utilizados na fabricação das telhas: as embalagens Tetra Pak e os Tubos de Pasta Dental.

A seguir apresenta-se a descrição das principais etapas da pesquisa.

PRIMEIRA ETAPA: ANÁLISE E PREPARO DOS MATERIAIS

Após a arrecadação, os materiais foram analisados e preparados para a fabricação das telhas. As embalagens Tetra Pak foram abertas, lavadas, desagregadas e trituradas.

A desagregação foi realizada com o intuito de descartar o papelão presente nas embalagens. Parte das embalagens Tetra Pak foi desagregada em um processo simples: as embalagens foram submersas em água e dispostas em um equipamento que realizava a agitação das mesmas por tempo suficiente para que o papelão destacasse. O processo e os resultados podem ser visualizados na Figura 1. O restante das embalagens foi desagregado em um hidrapulper na empresa Tecfort.

Os tubos de pasta dental foram lavados e abertos. Optou-se por descartar as tampas e a parte da embalagem onde estas são rosqueadas. Em seguida, o material foi levado para trituração em um moinho triturador.



Figura 1: Processo de separação dos componentes das embalagens Tetra Pak.

SEGUNDA ETAPA: FABRICAÇÃO DAS TELHAS

A fabricação das telhas foi realizada na empresa Tecfort, a qual atua na confecção de telhas de embalagens Tetra Pak.

Optou-se pela elaboração de três tipos de telhas: a) Telhas fabricadas somente com Tubos de Pasta Dental; b) Telhas fabricadas somente com Embalagens Tetra Pak; e, c) Telhas fabricadas com 60 % de tubos de pasta dental e 40 % de embalagens Tetra Pak.

As dimensões das peças que estavam sendo fabricadas na empresa na data da fabricação das telhas eram de 2,13 m x 0,94 m. Em função da quantidade de material disponível, foram preparadas duas misturas diferentes em uma mesma fôrma.

O processo de fabricação das telhas foi simples. Os materiais triturados foram espalhados sobre uma chapa metálica. A altura de resíduos foi de aproximadamente 5 cm. Buscou-se obter a melhor homogeneidade possível no caso da mistura de embalagens Tetra Pak com Tubos de Pasta Dental. Para dar o formato prévio da telha utilizou-se uma fôrma de madeira que foi retirada logo em seguida.

Para impedir que o material aderisse na prensa, foi colocado também sob e sobre o material das telhas, um filme plástico de alta temperatura de fusão.

Em seguida, o material foi levado até a prensa utilizada para produzir placas (Figura 2) onde foi submetido à temperatura e pressão.



Figura 2: Materiais prontos para serem colocados na prensa (esquerda) e uma das telhas fabricadas sendo levada até a prensa (direita).

A temperatura média para fabricação das telhas foi de 150°C. O tempo de manutenção do material no equipamento foi de 1,5 horas. Após 1 hora, o equipamento foi aberto para que pudesse ser feita uma observação do material. Constatou-se então, que o material dos tubos de pasta dental ainda não havia fundido completamente, ao contrário do polietileno das embalagens Tetra Pak. A telha produzida somente com embalagens Tetra Pak já apresentava um aspecto homogêneo, fato que não se verificava nas demais telhas.

Depois de 1,5 horas, no entanto, quando as telhas foram retiradas da prensa, o polietileno dos tubos de pasta dental também havia fundido. A aparência das telhas no momento em que retiradas da prensa pode ser visualizada na Figura 3. Nesta hora, elas estão flexíveis e quentes.



Figura 3: Uma das telhas fabricadas sendo levada até a prensa.

Em seguida, o material ainda quente foi introduzido em uma prensa que possui a ondulação desejada para a telha conforme se pode observar na Figura 4. Este procedimento durou em torno de 5 minutos, tempo suficiente para as telhas esfriarem e endurecerem.



Figura 4: Esfriamento e moldagem das telhas.

TERCEIRA ETAPA: ANÁLISE DAS TELHAS E REALIZAÇÃO DE ENSAIOS

Após a fabricação das telhas, foram realizados alguns ensaios com o intuito de averiguar suas características físicas e mecânicas.

É importante ressaltar que para a realização destes ensaios, o filme plástico de alta temperatura de fusão que havia aderido à telha no processo de fusão dos materiais para fabricação das telhas, foi retirado para que este não interferisse nos resultados.

A seguir apresenta-se a descrição de todos os ensaios realizados.

a) Análise Tátil e Visual

Primeiramente foi realizada uma análise tátil e visual das telhas a fim de perceber imperfeições, medir a espessura final, analisar a aparência, entre outros.

b) Impermeabilidade

A verificação da impermeabilidade nas telhas de fibrocimento foi realizada conforme os procedimentos relatados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993a) na norma NBR 5642.

c) Densidade aparente

Para a realização do ensaio de densidade aparente foi recortado um corpo-de-prova de cada telha com dimensões de 4,9 cm x 4,9 cm cada. Em seguida, os corpos-de-prova foram saturados e colocados um a um dentro de uma proveta graduada contendo um volume de água pré-determinado. O volume de água na proveta após a imersão dos corpos-de-prova foi anotado e, a partir da diferença entre este e o volume inicial de água, foi determinado o volume de cada corpo de prova.

Realizada a determinação do volume, os corpos-de-prova foram secados em estufa ventilada por 24 horas em temperatura de 50°C, tendo sido, em seguida, determinada a sua massa. A densidade aparente foi então determinada.

Posteriormente o ensaio foi realizado também com um corpo de prova de uma telha de fibrocimento de 6 mm de espessura.

d) Absorção

Para a realização deste ensaio, inicialmente foram recortados corpos-de-prova de 10 cm x 20 cm e estes foram levados até uma estufa para secarem em temperatura de aproximadamente 90°C. O tempo de secagem na estufa foi de aproximadamente 24 horas.

Em seguida, os corpos-de-prova foram pesados e posteriormente imersos em água por um período de 24 horas. Após este tempo, os corpos-de-prova foram novamente pesados e, como constatou-se que a diferença de peso quando comparados com a pesagem anterior era maior do que 0,5 %, foram imersos novamente em água.

Este procedimento se repetiu até que a diferença de peso entre duas pesagens consecutivas não ultrapassasse 0,5 %. Em seguida a absorção de cada corpo-de-prova foi calculada de acordo com a equação prescrita na norma da ABNT NBR 6470.

e) Ensaio de Flexão

Como não foi encontrada aparelhagem para que o ensaio de flexão fosse realizado de acordo com as normas técnicas e a quantidade e dimensões das telhas não eram suficientes, o ensaio foi adaptado de acordo com os materiais e equipamentos disponíveis.

Apesar disso, a partir destes ensaios foi possível observar o comportamento das telhas quando submetidas à flexão e obter uma estimativa das resistências destas telhas. Além disso, como os testes foram realizados com

os três tipos de telhas fabricadas a partir dos resíduos e também com uma telha de fibrocimento convencional, os resultados também são válidos a título de comparação entre os diversos tipos de telhas e materiais.

Para que pudesse ser feita esta comparação, todos os tipos de telhas foram cortados do mesmo tamanho. Foi adotado o comprimento padrão de 80,0 m e uma largura de 47,5 cm.

O ensaio foi realizado no Pórtico de Estruturas do Laboratório de Engenharia Civil da Unochapecó. As telhas foram colocadas sobre dois suportes de madeira horizontais e paralelos posicionados transversalmente às ondas das telhas. O espaçamento entre os suportes foi de 72 cm.

Sobre a telha foi posicionada a célula de carga, procurando colocá-la exatamente no centro do vão livre. Deve-se comentar que somente a célula de carga já é responsável pela aplicação de 40 kgf.

Após posicionada a célula de carga, foi aplicada uma carga gradual até a ruptura do corpo de prova. A aplicação da carga foi feita por meio de um macaco hidráulico procurando-se manter uma velocidade constante.

f) Isolamento Térmico

Este ensaio foi realizado com o intuito de realizar uma estimativa das diferenças de isolamento térmico entre as telhas produzidas neste estudo e as telhas de fibrocimento convencional.

O estudo foi conduzido adotando-se duas células teste de madeira com 0,40 m x 0,40 m de base e 0,50 m de altura com a face superior aberta. Em uma das faces laterais de cada célula teste foram instalados medidores de temperatura digital de maneira que fosse possível medir a temperatura ambiente no interior das células teste.

Na face superior de uma das células teste, foi colocada uma cobertura composta por uma telha de fibrocimento convencional com 6,0 mm de espessura. Na segunda célula teste, foi colocada uma das telhas produzidas nesta pesquisa.

Cada uma destas telhas foi testada em uma sequência de monitoramento onde as duas células teste eram submetidas às mesmas condições de temperatura externa e comparadas as temperaturas internas. Desta forma, foi possível perceber as diferenças de isolamento térmico de cada uma das telhas quando comparadas a uma telha de fibrocimento convencional.

Para aumentar a temperatura do meio externo foram utilizadas quatro lâmpadas de 100 W cada, gerando uma potência total de 400 W em cada célula teste. As lâmpadas foram posicionadas a aproximadamente 7 cm de altura das telhas. O esquema geral da realização do teste pode ser observado na Figura 5.

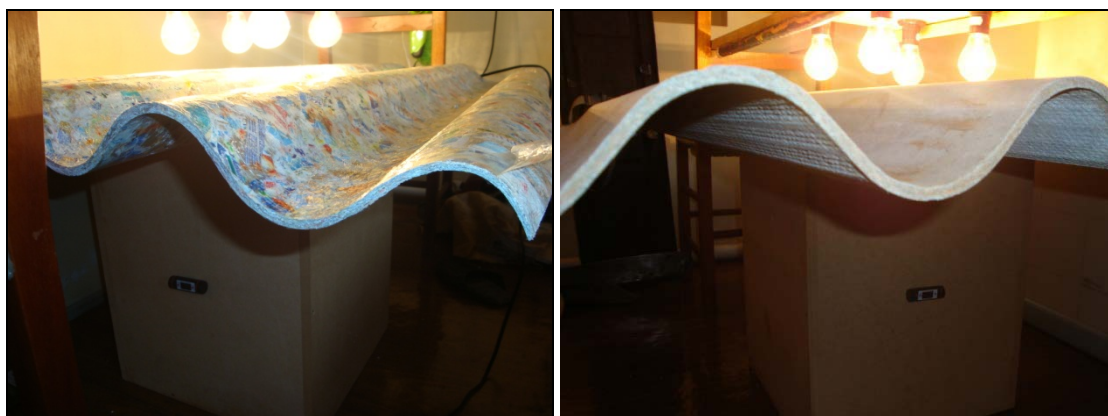


Figura 5: Esquema geral de realização dos testes.

Depois de ligadas as lâmpadas, foram coletadas medições de temperatura a cada cinco minutos de ambas as células testes. O aquecimento foi prolongado por um período mínimo de duas horas para cada telha testada. Passado este período de tempo, as lâmpadas eram desligadas e as coberturas das células retiradas até que a temperatura no interior destas atingisse novamente a temperatura ambiente e outra telha pudesse ser testada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir estão apresentadas os resultados obtidos em cada ensaio realizado.

a) Análise Tátil e Visual

As espessuras finais das telhas resultaram em 4 mm para a telha fabricada somente com embalagens Tetra Pak e 6 mm para as telhas fabricadas somente com tubos de pasta dental ou com a mistura dos dois materiais. Percebe-se, portanto, que as telhas fabricadas com embalagens Tetra Pak necessitam de uma altura maior de material para que fiquem com a mesma espessura das demais.

A telha com aparência mais homogênea é a de embalagens Tetra Pak enquanto a telha produzida com tubos de pasta dental ficou com aparência mais colorida.

Mesmo tendo sido realizada a lavagem dos tubos de pasta dental, as telhas produzidas unicamente com estas embalagens ou com adição das mesmas mantiveram o odor dos cremes dentais que continham. O mesmo não ocorreu com as telhas produzidas somente com embalagens Tetra Pak.

Não foram percebidas imperfeições como trincas, bolhas ou falhas em nenhuma das telhas.

b) Impermeabilidade

Em nenhuma das telhas perceberam-se vazamentos, gotas d'água ou mesmo a formação de manchas de umidade. Sendo assim, os três tipos de telhas fabricados se mostraram impermeáveis à água, fato que já era esperado devido às características físicas dos materiais constituintes das telhas.

c) Densidade aparente

A Tabela 1 apresenta os valores encontrados para as densidades aparentes de cada telha.

Tabela 1: Densidade aparente das telhas.

<i>Corpo-de-Prova</i>	<i>Volume do Corpo-de-Prova (cm³)</i>	<i>Massa do Corpo-de-Prova (g)</i>	<i>Densidade Aparente (g/cm³)</i>
Telha tubos de pasta dental	10,0	9,50	0,95
Telha embalagens Tetra Pak	10,0	12,70	1,27
Telha mistura de embalagens Tetra Pak e tubos de Pasta dental	9,0	7,80	0,975
Telha de fibrocimento	11,0	15,18	1,38

Apesar de ter sido utilizado um método de determinação do volume dos corpos de prova que apresenta baixa precisão, os resultados obtidos demonstraram ser coerentes já que segundo a revisão bibliográfica a densidade do polietileno de baixa densidade varia de 0,91 g/cm³ a 0,94 g/cm³ e a densidade do alumínio é 2,7 g/cm³.

Pode-se perceber que a densidade da telha de tubos de pasta dental foi menor, pois esta possui maior quantidade de polietileno. No entanto, esta densidade foi maior que a densidade do polietileno puro devido à presença do alumínio. A densidade aparente da telha de embalagens Tetra Pak foi maior, devido à concentração superior de alumínio quando comparada com as demais.

Além disso, durante o procedimento de determinação dos volumes dos corpos de prova por imersão em água, foi possível perceber que existia uma diferença na densidade das telhas, pois o corpo de prova da telha produzida somente com embalagens Tetra Pak posicionou-se no fundo da proveta, ou seja, indicou uma densidade maior que 1,0 g/m³ (densidade da água). Os demais corpos-de-prova ficaram posicionados na superfície da água, indicando um valor de densidade inferior a 1,0 g/cm³. Como se pode perceber, os resultados também se mostraram coerentes com este fato.

Comparando-se os resultados obtidos para as densidades das telhas fabricadas a partir dos resíduos plásticos com o resultado obtido para a densidade aparente da telha de fibrocimento, 1,38 g/cm³ constatou-se que as primeiras possuem densidades bem inferiores e são, conseqüentemente, mais leves.

d) Absorção

A absorção obtida para a telha de tubos de pasta dental foi de 5,29% enquanto a absorção da telha de embalagens Tetra Pak foi de 5,54% e a da telha de tubos de pasta dental e embalagem Tetra Pak foi de 6,20%. Observa-se que os valores encontrados são bem superiores aos obtidos por Zuben e Neves (2008) para o compósito polietileno/alumínio que foi de 0,54 %.

Estes valores podem ser devidos à poros ou bolhas existentes nas telhas não perceptíveis à olho nu e, apesar de serem altos quando comparados à absorção do polietileno puro (0,01%) ou com o valor encontrado por Zuben e Neves para a absorção do compósito polietileno/alumínio (0,54%), ainda estão dentro do valor limite determinado pela norma que é de 37%.

e) Ensaio de Flexão

Foi utilizada no teste uma telha de fibrocimento de 6 mm de espessura. Considerando o peso da célula de carga é de 40 kgf, os corpos-de-prova romperam com aproximadamente 125 kgf e 140 kgf.

Para as telhas de embalagens Tetra Pak, não foi possível atingir a ruptura da peça com o equipamento utilizado. Isso ocorreu porque ao aplicar a carga, a telha atingiu a deformação máxima possível para o ensaio no equipamento, no entanto, não rompeu.

Foram ensaiadas duas células teste sendo que a deformação máxima que poderia ser atingida utilizando-se o equipamento ocorreu para forças de 60 kgf e 70 kgf respectivamente, além do peso da célula de carga de 40 kgf. Totalizando, as cargas máximas aplicadas foram de respectivamente 100 kgf e 110 kgf.

Para as telhas com tubos de pasta dental também não se conseguiu atingir a ruptura da peça no equipamento utilizado. Foram ensaiadas duas células teste sendo que a deformação máxima que poderia ser atingida utilizando-se o equipamento ocorreu para forças de 130 kgf e 150 kgf além do peso da célula de carga de 40 kgf. Totalizando, as cargas máximas aplicadas foram de respectivamente 170 kgf e 190 kgf.

Para as telhas fabricadas a partir da mistura de embalagens Tetra Pak e tubos de pasta dental, ocorreu a mesma situação das outras telhas fabricadas com resíduos, não tendo sido atingida a ruptura.

Foram ensaiadas duas células teste sendo que a deformação máxima que poderia ser atingida utilizando-se o equipamento ocorreu para uma força de 100 kgf além do peso da célula de carga de 40 kgf para os dois corpos-de-prova. Totalizando, a carga máxima aplicada foi de 140 kgf em ambas as telhas.

Nos ensaios de resistência à flexão, não foi possível determinar a carga de ruptura das telhas, porém pôde-se chegar a algumas conclusões:

- Antes de romperem as telhas fabricadas a partir de embalagens Tetra Pak e tubos de pasta dental sofrem grandes deformações, o que não acontece com as telhas de fibrocimento de 6 mm, que apresentaram uma ruptura frágil sem dar sinais prévios.
- As telhas fabricadas somente a partir das embalagens Tetra Pak são as que deformam com maior facilidade e apresentam grande elasticidade, possuindo uma capacidade muito grande de voltarem à forma original mesmo após sofrerem grandes deformações;
- As telhas de tubos de pasta dental também apresentam capacidade de sofrerem deformações acentuadas sem romper, porém menor capacidade de retornarem à sua forma original quando comparadas às telhas com embalagens Tetra Pak;

- A carga máxima aplicada na telha de tubos de pasta dental foi superior à carga de ruptura das telhas de fibrocimento o que indica que as telhas de tubos de pasta dental possuem resistência à flexão superior à de fibrocimento.

Também se deve lembrar que as telhas de embalagens Tetra Pak possuíam menor espessura que as demais.

f) Ensaio de Isolamento Térmico

Nos testes de isolamento térmico pôde-se perceber que todas as telhas fabricadas com resíduos apresentaram melhor eficiência do que a telha de fibrocimento.

Os resultados mostraram que na célula teste coberta com a telha fabricada a partir de tubos de pasta dental, o aumento de temperatura interna quando submetida ao aquecimento, foi de 5,60°C (de 19,90°C para 25,5°C). Já na célula teste coberta com a telha de fibrocimento e submetida às mesmas condições da primeira, o aumento de temperatura interna foi de 7,40°C (de 19,70°C para 27,10°C). Isso demonstra uma diferença no aumento de temperatura de 1,80°C. A Figura 6 mostra o aumento da temperatura nas duas células teste ao longo do experimento.

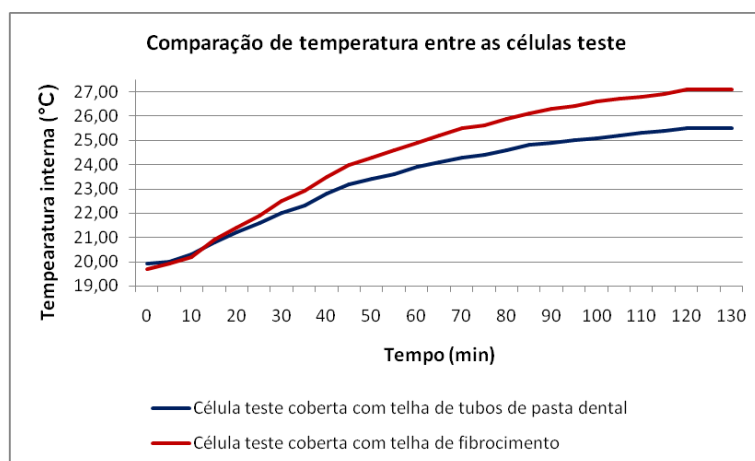


Figura 6: Comparação da evolução da temperatura entre a célula teste coberta com telha de tubos de pasta dental e a célula teste coberta com a telha de fibrocimento.

Na célula teste coberta com a telha fabricada a partir da mistura de embalagens Tetra Pak com os tubos de pasta dental, o aumento de temperatura interna foi de 3,20°C (de 23,60°C para 26,80°C) enquanto na célula teste coberta com a telha de fibrocimento submetida às mesmas condições, o aumento de temperatura foi de 4,70°C (de 23,90°C para 28,60°C). Isso representa uma diferença de 1,50°C no aumento de temperatura interna da célula. A Figura 7 ilustra a diferença de temperatura entre as duas células teste.

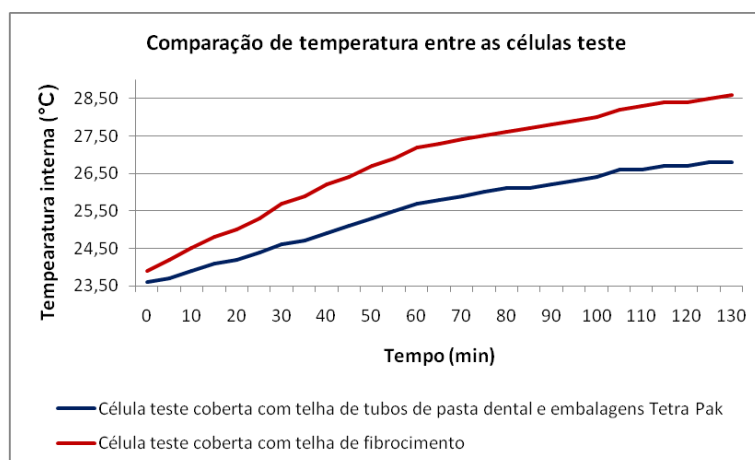


Figura 7: Comparação da evolução da temperatura entre a célula teste coberta com telha de tubos de pasta dental e embalagens Tetra Pak e a célula teste coberta com a telha de fibrocimento.

Na sequência de monitoramento em que foi realizada uma comparação entre a telha fabricada a partir de embalagens Tetra Pak e a telha de fibrocimento, observou-se que o aumento de temperatura interna na célula teste coberta com a primeira telha foi de 5,50°C (de 21,90°C para 27,40°C) e na célula teste coberta com a segunda telha o aumento foi de 6,30°C. Isso demonstra uma diferença no aumento de temperatura de **0,80°C**. A Figura 8 ilustra a diferença de temperatura entre as duas células teste. Isso mostra que apesar da telha de embalagens Tetra Pak ter apresentado apenas 66,67 % da espessura da telha de fibrocimento, essa obteve melhor desempenho no isolamento térmico.

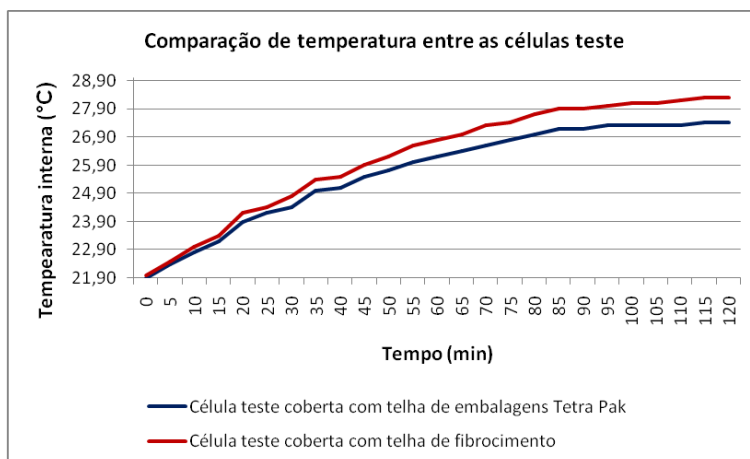


Figura 8: Comparação da evolução da temperatura entre a célula teste coberta com telha de embalagens Tetra Pak e a célula teste coberta com a telha de fibrocimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As telhas fabricadas a partir de resíduos de embalagens Tetra Pak e tubos de pasta dental demonstraram, ao longo da pesquisa, possuir características técnicas para serem utilizadas com as mesmas aplicações das telhas convencionais, podendo até mesmo possuir algumas vantagens em relação a estas.

Observou-se, por exemplo, que as telhas fabricadas a partir dos resíduos resultaram em um material mais leve que proporcionaria facilidade de manuseio e economia no transporte e na estrutura de suporte das telhas. Neste aspecto, as Telhas produzidas a partir de tubos de pasta dental foram as que apresentaram melhores resultados. Além disso, as telhas fabricadas a partir dos resíduos demonstraram possuir maior eficiência em relação ao conforto térmico quando comparadas às telhas de fibrocimento.

Outra vantagem apresentada pelas telhas fabricadas a partir das embalagens Tetra Pak e dos tubos de pasta dental é a capacidade que estas demonstraram de aceitarem grandes deformações antes da ruptura e de voltarem à sua forma original após sofrerem estas deformações. As telhas fabricadas somente a partir de tubos de pasta dental também mostraram ter maior resistência à flexão do que as telhas de fibrocimento. Para as outras telhas não foi possível obter esta informação.

Analisando as telhas do ponto de vista ambiental e do atendimento às dimensões de sustentabilidade, observa-se que os produtos fabricados atendem principalmente às dimensões ecológicas e econômicas da seguinte maneira:

- Ecológica:** As telhas foram fabricadas unicamente com a utilização de resíduos sólidos, evitando que estes sejam descartados diretamente nos aterros sanitários ou lixões; A reciclagem destes resíduos aproveita parcela considerável dos materiais coletados; Há a possibilidade de voltar a reciclar o material após o seu tempo de vida útil, transformando os resíduos em materiais de baixo impacto ambiental; Durante o processo de fabricação das telhas não são gerados resíduos tóxicos. O processo de reutilização das telhas aumenta a vida útil dos materiais.
- Econômica:** Na fabricação das telhas a partir de resíduos esta dimensão está sendo atendida na medida em que um material que estava sendo descartado está sendo revalorizado, podendo vir a gerar empregos em seu processo de produção no caso de produção em escala industrial.

- c) Não foi possível determinar, no entanto, qual das misturas (somente embalagens Tetra Pak, somente tubos de pasta dental, ou 60% de tubos de pasta dental e 40% de embalagens Tetra Pak) é a mistura que apresenta melhores características técnicas, sendo necessária para isto a fabricação de um número maior de telhas e o aprofundamento da pesquisa.

Também é importante observar que, para a fabricação em escala industrial, as telhas fabricadas somente com embalagens Tetra Pak são mais viáveis do ponto de vista da quantidade de matéria prima, pois o consumo destas é bem superior ao consumo dos tubos de pasta dental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ZUBEN, Fernando von; NEVES, Fernando Luiz. Reciclagem do alumínio e polietileno presentes nas embalagens Tetra Pak. 2008. 14p.
2. LABAKI, L.C.; OLIVEIRA M.C.; CIOCHI F.A. A reutilização de embalagens tipo “Longa Vida como isolante térmico para coberturas de fibrocimento sem forro. In: ENECS – ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3., 2003, São Carlos.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6470: Telha de Fibrocimento – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 1993c.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5642: Telhas de fibrocimento – Verificação da impermeabilidade. Rio de Janeiro, 1993a.