

Utilização de pneus usados na fabricação de telhas

Roberto Naime (FEEVALE) rnaime@feevale.br
Ronilton da Silva (FEEVALE) ronilton@feevale.br

Resumo: Este trabalho descreve a pesquisa realizada visando dar uma destinação final adequada com reciclagem para a grande quantidade de pneus. Foi estudado através de projeções em programas de CAD-CAM (Computer aided design e computer aided manufacturing) formulações geométricas para reutilização dos pneus na execução de telha. Também foram executados diversos tipos de ensaios para testar a resistência e a eficiência do projeto. Os ensaios estão descritos e ilustrados. A ecotelha se apresenta como projeto tecnologicamente viável, tendo como maior obstáculo aspectos culturais que ainda são determinantes para o mercado adotar este tipo de solução com reciclagem. A continuidade dos trabalhos deverá atender estudos de viabilidade econômica e mercadológica, além da viabilidade técnica aqui comprovada.

Palavras-chave: reciclagem, telhas, pneus.

1. Introdução

O desenvolvimento de novos produtos na área de reciclagem vem sendo estimulado como um meio importante para a geração de sustentabilidade e competitividade produtiva. Produtos cujos resíduos são impactantes quando descartados no meio ambiente tem sido exaustivamente pesquisados para reutilização e reciclagem. Na indústria automobilística, a invenção do pneu proporcionou, desde sua criação, a possibilidade de avanços tecnológicos e também de desempenho, economia e conforto à rotação de veículos automotores, aviões, dentre outros. Mas, na contramão dessa solução vem à geração de resíduos, que tem trazido profundas preocupações ambientais e que muitas vezes tem a sua solução equidistante da realidade de muitas regiões do país e do mundo.

Este projeto propõe analisar a viabilidade do desenvolvimento de uma telha de pneu, com a aplicação de um processo de fabricação de baixo impacto ambiental. Não seria eliminado o problema do descarte dos pneus do meio ambiente, e sim, aumentando sua vida útil na criação de subprodutos, trabalhando fortemente o ciclo de vida destes, em paralelo com pesquisas para reduzir, reutilizar e reciclar.

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade do desenvolvimento de uma telha a partir dos resíduos gerados por pneus inservíveis. Isto engloba a identificação de produtos similares se existirem, no mercado. Também serão avaliados os processos de fabricação da telha, e será montado um protótipo com as telhas fabricadas a partir de restos de pneus. Também serão realizadas avaliações sobre a eficiência da ecotelha produzida em comparação com outras alternativas tecnológicas.

No mundo inteiro, pneus descartados estão formando verdadeiras montanhas de lixo, com iminente ameaça de combustão que pode liberar gases tóxicos para a atmosfera. No Brasil esse volume tem aumentado gerando um descarte ambiental que vem se tornando insustentável.

Diante desse fato, este artigo analisa a viabilidade de desenvolvimento de uma alternativa de reutilização do pneu com a aplicação de um processo de fabricação de baixo impacto ambiental. Isto permite encontrar uma utilidade para os pneus descartados e oferecer uma nova opção de telha para construção civil, mais econômica e durável para a população, contribuindo com a preservação do meio ambiente.

O trabalho avaliou duas formas mais comuns de descarte do pneu no meio ambiente. Primeiramente a destinação mais agressiva ao meio ambiente, é o descarte de pneus ao ar livre, como em campos, matas, rios, córregos, lagos, etc. Além do péssimo aspecto que deixam na paisagem, os pneus assim descartados representam graves ameaças à saúde humana. Na sua forma de tubo aberto retém água que favorecendo a proliferação de insetos nocivos e transmissores de doenças como a dengue. Embora se sofram biodegradação¹, este processo é muito lento (estima-se um prazo não inferior a 150 anos). Os pneus contêm ainda substâncias tóxicas que podem ser liberadas na atmosfera e também contaminar o solo, o lençol freático e os cursos de água.

A disposição dos pneus em aterros sanitários, onde são descartados inteiros, e ocupam muito espaço, dificulta a compactação dos materiais. Algumas cidades proíbem a colocação de pneus inteiros em aterros.

Atualmente existem processos fabris de reutilização do pneu e sua matéria-prima, mas a estrutura necessária para sua disseminação, além do custo, gera um alto consumo energético que ao longo do tempo pode ser um fator negativo na recuperação desse produto através desses processos.

A queima de pneus para aquecer caldeiras é regulamentada por Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) 316 e por Norma Brasileira Recomendada da Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR) de número 11.175. Ela determina que a fumaça emanada se enquadre no padrão I da escala de Reingelmann² para a totalidade de fumaças. Os principais usuários de pneus em caldeiras são as indústrias de papel e celulose e de produtos alimentícios, e em fornos rotativos são as fábricas de cimento, que podem usar até a carcaça inteira e aproveitam alguns óxidos contidos nos metais dos pneus radiais. A queima a céu aberto, que libera emissões gasosas e gera fumaça negra de forte odor, nas quais estará presente o dióxido de enxofre, é proibida em vários países, inclusive no Brasil.

Nessa guerra dos pneus, o Brasil vem se posicionando a frente do resto dos países no que diz respeito à responsabilidade ambiental dos fabricantes do produto. A resolução 258 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação

¹ Biodegradar: Decompor (se) ou tornar (se) inócuo através da biodegradação (um material poluente com o uso de organismos vivos).

² Escala de Reingelmann: Qualquer tipo de processo de combustão que emita fumaça negra acima do padrão (contendo dióxido de enxofre, por exemplo).

final aos pneus inservíveis existentes no território nacional. Esta destinação deve ser ambientalmente correta, prevendo reciclagem ou destinação em valas sanitárias.

As empresas que realizam processos de reforma ou de destinação final ambientalmente adequada de pneumáticos ficam dispensadas de atender ao disposto a esta exigência, exclusivamente no que se refere à utilização dos quantitativos de pneumáticos coletados no território nacional.

Assim, foi idealizada uma proposta de criação de um produto que utilizasse na sua fabricação um processo limpo e que fosse viável economicamente, utilizando o pneu como matéria-prima.

2. Revisão bibliográfica

Ao longo dos anos, há uma crescente preocupação da população com o meio ambiente e o futuro das próximas gerações. Mais que um conceito, o desenvolvimento sustentável é um processo de mudança, onde a exploração de recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento ambiental e a mudança institucional devem levar em conta as necessidades das futuras gerações (ALMEIDA, MELLO, CAVALCANTI, 2002).

Um novo conceito está sendo inserida nas organizações atualmente conhecido como responsabilidade social. Junto com esta nova postura vem o compromisso e a obrigação da organização se envolver com o conjunto de questões sociais, ligadas ao bem-estar da sociedade.

A responsabilidade social, como é chamada com freqüência, implica um sentido de obrigações para com a sociedade. Esta responsabilidade assume diversas formas, entre as quais se incluem proteção ambiental, projetos filantrópicos e educacionais e planejamentos de ações envolvendo interesses da comunidade (DONAIRE, 1999).

A responsabilidade socioambiental corporativa é o comportamento ético dos gestores, que se encontram entre as mais importantes tendências da gestão ambiental moderna. Todas as ações que visem a promover a melhoria da qualidade de vida e da qualidade ambiental são integradas com as necessidades e expectativas humanas, como proteção ao meio ambiente, proteção social, saúde, educação, lazer e organização do trabalho (BIEDRZYCKI, 2005).

Um dos grandes problemas que o mundo está vivendo é a degradação ambiental, devido ao mau uso dos recursos naturais e a maneira inadequada que são descartados os resíduos dos produtos. Segundo Donaire (1999) “Tendo em vista os níveis atingidos pela degradação ambiental, é tarefa prioritária a recuperação desses meios danificados, antes que se transformem em processos irreversíveis”.

Para que uma organização possa se empenhar em atingir os objetivos ambientais ao mesmo tempo em que atinja também os seus objetivos como organização, é preciso que ela tenha um bom programa de gestão ambiental. Esse programa deve estar incluído no planejamento estratégico da organização, e normalmente é divulgado pela organização como um diferencial competitivo.

Num mundo real de competição dinâmica (e não no mundo estático da teoria econômica), tal como a gestão da qualidade, a gestão ambiental vem se tornando uma

vantagem na competitividade e uma exigência de mercado (ALMEIDA; MELLO; CAVALCANTI, 2002).

Com a gestão ambiental, a organização define atividades para serem desenvolvidas, focando nos aspectos ambientais prioritários que devem receber melhorias, e mais tarde, deve ampliar o seu foco para melhorar a organização como um todo. Para estabelecer as prioridades, a empresa deve analisar o ciclo de vida do seu produto, observando atentamente as falhas de cada etapa do ciclo para que as possíveis medidas de correção sejam tomadas.

O conceito de ciclo de vida do produto permite a contabilização dos impactos sobre o meio ambiente, decorrentes de todas as etapas que lhe são peculiares, desde sua concepção mercadológica, planejamento, produção, transporte, consumo e descarte, até o que dele vai para o lixo (ALMEIDA; MELLO; CAVALCANTI, 2002).

Por isso, percebe-se um aumento na procura de soluções que diminuam a degradação ambiental, diminuindo a poluição causada por máquinas, o consumo de energia, de recursos naturais e encontrando uma reutilização para os materiais que já foram descartados. Sempre serão abordados critérios de ecodesign³ que é onde os conceitos de análise de ciclo de vida do produto definem os critérios de projeto a serem utilizados (VENZKE, 2002).

Os ecoprodutos, produtos verdes ou *environment friendly* sinalizam novo paradigma de consumo, que amplia a avaliação do consumidor entre qualidade/preço do produto, incorporando a ela o conceito qualidade/preço ambiental. Por essa atitude militante do consumidor esclarecido, os ecoprodutos se apresentam com um mercado tão promissor (ALMEIDA; MELLO; CAVALCANTI, 2002).

A responsabilidade ambiental passa gradativamente a ser encarada como necessidade de sobrevivência, constituindo um mercado promissor – um novo produto/serviço a ser vendido –, diferenciando a política de *marketing* e de competitividade (BARBIERI, 1997).

Exemplo disso é o fato de que algumas multinacionais compram apenas das empresas exportadoras que tem certificação ambiental e bancos internacionais que para concederem financiamentos exigem que a empresa seja aprovada na avaliação de impacto ambiental.

Formalizando este tema e buscando referências comuns entre diversos autores, um novo produto deve agregar muita pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação. Seguindo este pensamento, Kotler (1996) considerou para seus propósitos que novos produtos incluirão produtos originais, produtos modificados e marcas novas que as empresas desenvolvem dentro de seus departamentos de pesquisa e desenvolvimento, mas também questiona o que os consumidores vêem como produto novo.

Segundo Kindlein (2006), em se tratando de materiais e processos de fabricação, pode-se dizer que o inovar processos e produtos estão diretamente relacionados com o fator mercadológico e econômico, pois uma inovação é potencializada, quando existe o interesse

³ Ecodesign: Projetar lugares, produtos e serviços que, de alguma forma, reduzam o uso de recursos não-renováveis ou minimizem o impacto ambiental. É vista geralmente como uma ferramenta necessária para atingir o desenvolvimento sustentável.

e a apropriação comercial de invenções ou a introdução de aperfeiçoamentos nos bens e serviços utilizados pela sociedade. Assim, segundo o autor a multiplicidade de possibilidades de escolha dos materiais e processos que afetam de forma diferenciada distintos grupos sociais e de interesse, bem como o meio ambiente e a qualidade de vida, caracterizam a dimensão das inovações que hoje são possíveis na área do Design.

As inúmeras possibilidades de uso de um determinado material em Design de Produto ocorrem desde que suas propriedades físicas, mecânicas, químicas, seu custo e sua disponibilidade no mercado possam atender as especificações de projeto.

Para esse trabalho é fundamental conhecer a estrutura construtiva do pneu, visando o posicionamento de corte, e na determinação do material para construção das facas de corte. A construção do pneu é basicamente feita com uma mistura de borracha natural e de elastômeros, denominados também de "borrachas sintéticas". Adicionando-se negro de fumo confere-se à borracha propriedades de resistência mecânica e à ação dos raios ultravioleta, durabilidade e desempenho. A mistura é adicionada em um molde, vulcanizada a um intervalo de temperatura entre 120-160°C com adição de enxofre, compostos de zinco como aceleradores, para a cura da mistura e outros compostos ativadores e antioxidantes. Um conjunto de arames de aço é embutido à lateral do pneu, que se ajusta ao aro da roda. Uma manta de tecido de nylon reforça a carcaça, e a mistura de borracha e elastômeros é moldada com a malha de arame de aço entrelaçada nas camadas superiores. Para o desenvolvimento do produto proposto, serão utilizados somente pneus de veículos de passeio leves. Na figura 1 é possível observar a construção básica de um pneu (RECIPNEUS, 2007).

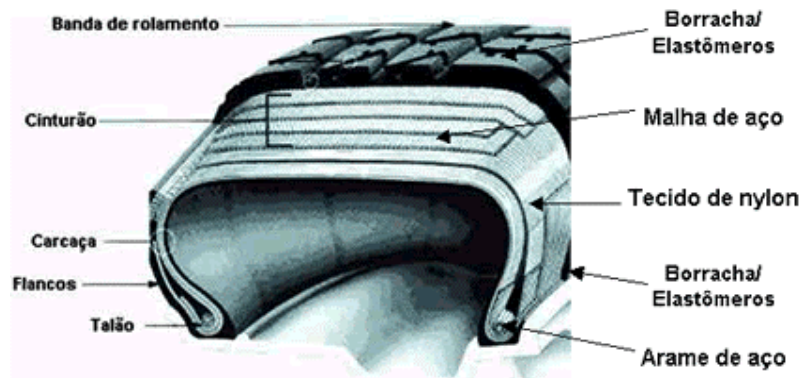


Fig. 1 – Construção Básica do Pneu.

Existem toneladas de matéria-prima para fabricação destas telhas, que já são utilizadas na construção civil. A idéia é misturar a borracha dos pneus à argamassa feita com cimento, areia e água. A argamassa serve para moldar pilares armados com barras de aço e placas retangulares, fixadas nos pilares por meio de uma peça de madeira que recobre a face interna do pilar. O conjunto forma as paredes externas das edificações (KROTH, 2008).

A trituração dos pneus para obtenção de borracha regenerada, mediante a adição de óleos aromáticos e produtos químicos desvulcanizantes⁴ é uma das alternativas para a reciclagem desse material. Com a pasta resultante deste processo, as empresas produzem tapetes de automóveis, mantas para quadras esportivas, pisos industriais e borrachas de vedação, entre outros. No Brasil já há tecnologia em escala industrial que produz borracha regenerada por processo a frio, obtendo um produto reciclado com elasticidade e resistência semelhantes ao do material virgem. Além do processo mecânico, existe uma tecnologia que emprega solventes capazes de separar o tecido e o aço dos pneus, permitindo seu reaproveitamento.

O pó gerado na reforma de pneus e os restos de pneus moídos podem ser aplicados na composição de artefatos como, solados, tubos, tapetes, pisos ou combustível, já que o poder calorífico do pneu é maior que do óleo combustível e do carvão.

Existem cerca de 30 empresas que processam pneus no país inteiro. A capacidade instalada de reciclagem em todas as unidades hoje é de um volume superior a 300 mil toneladas por ano. Com o funcionamento das novas unidades, este número passa para 350 mil toneladas em 2008.

Nos últimos sete anos foram investidos mais de R\$ 49 milhões no setor gerando capacidade de destinação de pneus inservíveis acima de 300 mil toneladas por ano.

Os pneus inteiros são reutilizados como proteção em garagens evitando o choque dos veículos, em pistas de corrida como na Fórmula1, drenagem de gases em aterros sanitários, contenção de encostas e produtos artesanais. No Brasil, os pneus usados são reaproveitados como estrutura de recifes artificiais no mar, visando o aumento da produção pesqueira, mas nenhuma dessas alternativas de destinação é reconhecida pelo IBAMA como ambientalmente adequadas. É possível recuperar energia com a queima de pneus velhos em fornos controlados. Cada pneu contém a energia de 10 litros de petróleo. No Brasil, a utilização como combustível promoveu no período de 1999 a 2004 a destruição de 150 mil toneladas de pneus. Esta quantidade é equivalente a 30 milhões de pneus de automóvel usados, proporcionando economia de 720 mil toneladas de óleo.

Outro exemplo é o asfaltamento à base de borracha de pneu, maior durabilidade do asfalto, também chamado de asfalto ecológico, futuro da pavimentação (ROSSMANN, 2008).

O Brasil produziu em 2006, 54,5 milhões de unidades de pneus. São descartadas 300 mil toneladas por ano de pneus. No entanto, em 2006, o descarte superou este valor em 330 mil toneladas, sendo que 73% deste total (aproximadamente 241 mil toneladas de pneus) foram reciclados. Na tabela 1 a seguir, percentuais de reciclagens nos países.

⁴ Desvulcanizar: Processo que altera as composições químicas do pneu, chamado de reciclagem química ou industrial.

Tabela 1: Percentuais de reciclagem dos pneus nos diversos países

Pneus descartados que são reciclados.	
EUA	75%
Brasil	73%
Europa	66%
Japão	54%

Fonte: <http://www.cempre.org.br>

Diante desses dados, teria 27% de matéria-prima a disposição para a fabricação da Ecotelha, evitando assim os aterros sanitários, queimas, prolongando a sua vida útil na criação de um novo produto.

O telhado é apenas uma parte de uma edificação, mas combinando pesquisas de produtos inovadores ecologicamente corretos de outros componentes que compõem uma construção, podem-se utilizar mais produtos reciclados e assim atrair investimentos, criar uma demanda de novos produtos, empregos e desenvolvimento, como consequência.

Por esses diversos fatores, busca-se através da Ecotelha minimizar esses problemas e colaborar com a gestão ambiental de pequenas e grandes empresas. Além de beneficiar a comunidade com um produto de qualidade e baixo custo, gerando novos empregos.

3. Materiais e métodos

Inicialmente foram projetados protótipos de telha em *Computer Aided Design* (CAD) para orientação do produto final a ser buscado. Posteriormente, foi moldado um pneu para confecção de telha a partir da remodelagem da peça de borracha. A seguir foram realizados ensaios de tração e de fixação nas telhas, simulando as metodologias utilizadas para parafusar e fixar as peças. O último ensaio tecnológico realizado visa aferir a vedação que é conferida por este tipo de cobertura, quando as técnicas de fabricação são adequadas e a montagem do telhado é feita segundo as boas práticas de vedação.

O corte das telhas foi realizado com apoio de uma empresa da Região do Vale dos Sinos - RS. As etapas construtivas do protótipo serão descritas a seguir e seguem a seqüência construtiva do telhado como ela é feita atualmente. Essa preocupação tem como premissa utilizar o conhecimento de montagem de telhados acumulado até os dias atuais por profissionais da área.

Os resultados dos ensaios tecnológicos já realizados são apresentados a seguir, bem como os gráficos com os resultados dos ensaios. Futuramente será necessário ampliar o conjunto de ensaios tecnológicos, englobando os seguintes itens, que foram apenas parcialmente contemplados em alguns ensaios:

- NBR 15310:05 - Componentes Cerâmicos - Telhas - terminologia, requisitos e métodos de ensaio;
- NBR 13.858-2:07 - Telhas de Concreto - Requisitos e métodos de ensaio.
- NBR 11911 - Resistência ao Rasgamento NBR Tipo II;

- NBR 11407-90 (ABNT MB-408/90) - Imersão em Água Destilada NBR - Dureza, Tração, Volume ou Massa;
- NBR 7462-1992 - Resistência à Tração Segundo NBR 7462 - Tipo I;
- ASTM D 573-04, NBR 6565-82 - Envelhecimento Acelerado em Estufa - Dureza – Tração;
- NBR 10025-87, Método B - Deformação Permanente à Compressão Segundo NBR 10025 - Método B;
- ASTM D 3183 – 02 - Preparação de Corpos-de-prova a partir de Artefatos (Rachar, Cortar, etc.)

Após obter os resultados dos ensaios acima mencionados, novos métodos serão homologados, como: utilizar o pneu triturado ou o pó do pneu com aplicações de resina, polímeros e cimento, possibilitando trabalhar com um ângulo menor e moldar a telha melhorando esteticamente o produto.

4. Resultados obtidos

A ecotelha é uma solução para o acúmulo cada vez maior de pneus descartados, pois é uma telha produzida com estes materiais. Foi criado um protótipo funcional a partir da telha, conforme simulação virtual (figura 2), para a realização de testes (Figura 2).



Figura 2 – Geometria Final do Produto (dimensão 210 x 340 mm).

Fonte: Autor.

Este protótipo foi montado com a junção de várias destas telhas a partir do pneu, sob uma base de madeira, tal como as telhas de cerâmica ficam dispostas. No caso da ecotelha o procedimento exigido será o uso de parafusos na fixação. Observando a figura 2, é possível identificar que se trata de uma parte do pneu. Mas não fica claro como foi feito o corte e que esta representação apresentada da peça está com as abas pressionadas para baixo.

A utilização de tecnologias de planejamento de produto objetiva viabilizar a peça resultante do estudo. Conforme Baxter (2003), os produtos desenvolvidos com forte orientação para o mercado, ou seja, diferenciados pela qualidade e valor percebidos pelos clientes como superior aos seus concorrentes, tem 5,3 vezes mais chance de sucesso.

Os cortes são feitos por lâmina contundente que cisalha⁵ o pneu em oito partes iguais, ou seja, os cortes são feitos 45° equidistantes em seu eixo toroidal⁶, sendo assim cada pneu fornecerá 8 telhas. Para os testes práticos foram utilizados 4 pneus totalizando em 32 telhas, suficiente para avaliar os sistemas de montagem e escoamento de água.

Na figura 3, uma simulação de como poderá ficar a montagem. Nesta, observa-se uma região onde haverá contato entre a telha inferior e superior, podendo ocasionar elevação forçada da telha, no sentido de impedir o escoamento de água. Por ser uma montagem virtual, foram feitos testes práticos para responderem a estas questões.

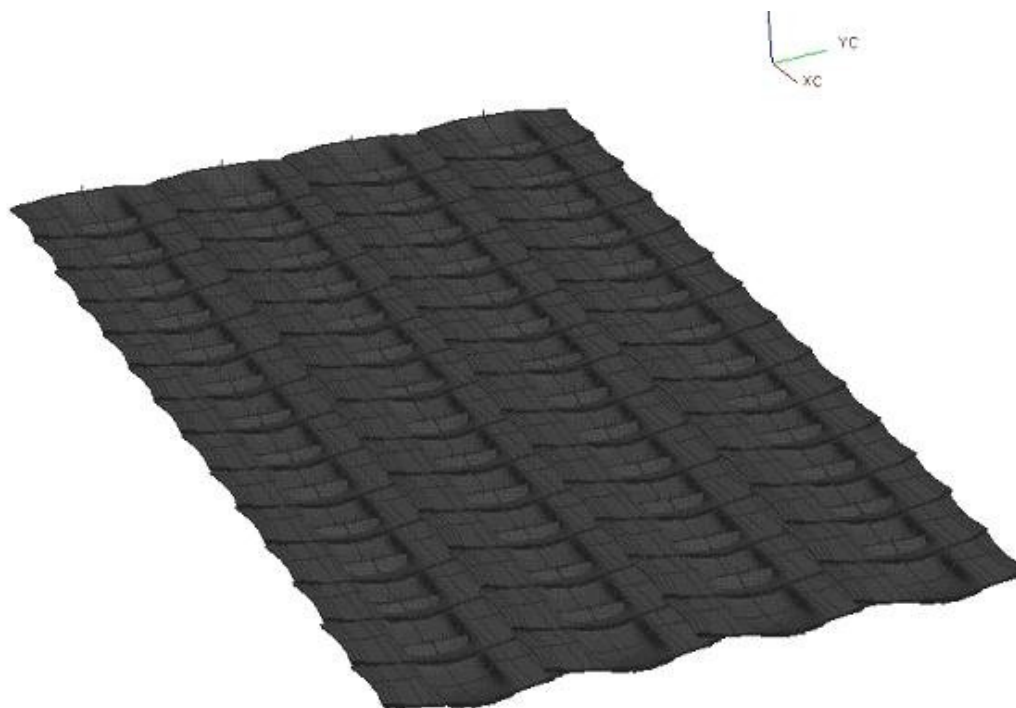


Figura 3 – Geometria Final do Produto (proposta telhado).

Fonte: Autor.

Após as considerações virtuais observaram-se os seguintes procedimentos: levantamento de produtos similares; levantamento de processos de fabricação (corte, conformação e montagem em um protótipo de telhado); busca de matéria-prima; e análise de processos de fixação e vedação. O ensaio de montagem foi realizado na Oficina Tecnológica do Centro Universitário Feevale – Novo Hamburgo/RS. Atualmente a oficina conta com uma estrutura que possibilitou a construção do protótipo no próprio local (Figura 4).

⁵ Cisalha: Grande lâmina, instrumento para cortar e aparar.

⁶ Toroidal: Relativo a toróide (figura geométrica).



Fig. 4 – Vista Parcial da Oficina Tecnológica Feevale.

Para a realização do ensaio mecânico foram cortadas três amostras e realizado o ensaio destrutivo de tração em uma máquina marca Panambra – modelo Versat, da Oficina Tecnológica do Centro Universitário Feevale. O ensaio aplicado teve como objetivo avaliar a carga de tração tolerada pelos pneus utilizados, no sentido de avaliar a possibilidade da telha suportar uma carga humana de até 80 kg. O ensaio foi realizado utilizando-se o próprio parafuso de montagem da telha, como fixador na maquina de tração. Na figura 5 observa-se a maquina de ensaio mecânico destrutivo de tração e compressão.



Fig.5 – Ensaio de Tração.

A Figura 6 a seguir mostra o gráfico de cargas suportadas pelas três telhas ensaiadas, onde a configuração máxima de deslocamento foi de 44,72 mm.

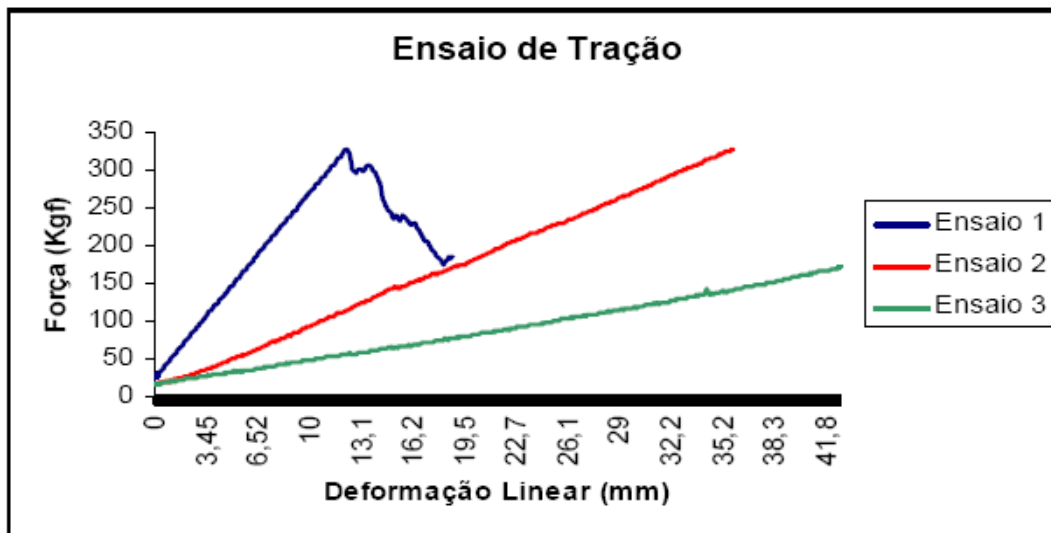


Figura 6: Gráfico de resultados dos ensaios de tração.

Fonte: Do autor

Ao avaliar o gráfico observa-se que a carga mínima suportada pelas telhas é de 122,5 kg. Neste sentido, o produto proposto consegue suportar uma carga de 80 kg que simula o peso de uma carga humana. No primeiro ensaio, foi aplicada uma força máxima até determinar a ruptura do protótipo e medida a deformação linear obtida na ruptura. Nos ensaios 2 e 3 foram aplicadas diferentes forças e medidas as deformações da peça, podendo se observar que não sendo atingida a ruptura, as deformações são bastante próximas, independentemente das forças aplicadas.

Na figura 7a observa-se a telha cortada com auxílio das facas de corte. Na figura 7b é possível observar a estrutura em madeira utilizada, na figura 7c observa-se o parafuso de fixação, e na figura 7d observa-se o equipamento (furadeira-parafusadeira) utilizado para fixação dos parafusos e telhas.



Fig. 7 – Materiais Utilizados no Ensaio.

O processo de fixação das telhas é observado na figura 8. Para a fixação da telha, foi desenvolvido um sistema de encaixe que facilita a montagem e minimiza o uso de parafusos. Devido ao efeito elástico do pneu, não possível a utilização de pregos que são utilizados em telhas de amianto. Por isso a opção funcional e com melhor desempenho, foi a colocação de parafusos tipo broca. Em cada telha foram utilizados dois parafusos.



Fig. 8 – Fixação das Telhas.

Após a montagem do conjunto (Fig. 9a), foi realizado um ensaio de vedação, através da simulação utilizando-se água (NBR 11407-90 ou ABNT MB-408/90) (Fig. 9b). O sistema de montagem mostrou-se eficiente para o ensaio realizado, pois a parte inferior da estrutura manteve-se seca durante o teste (Fig. 9c). Através do ensaio com água, chegou-se a conclusão que o ângulo ideal de caimento do telhado é de no mínimo 37° em relação ao plano horizontal (Fig. 9d).

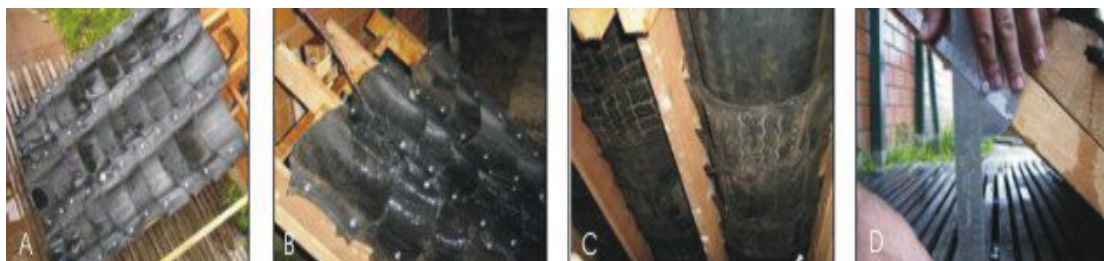


Fig. 9 – Ensaio de Vedação da Montagem.

Depois de realizado o ensaio foi identificada que a geometria da curva do pneu, em função do raio, tende a influenciar no escoamento da água, o que pode vir a resultar no acúmulo de água comprometendo o desempenho da estrutura construída com a ecotelha. Assim, é necessária a continuação desse estudo, visando o desenvolvimento de uma geometria alternativa de contorno que reduza esse efeito, embora que, no ensaio com água não foi constatado nenhum vazamento. O projeto se mostrou viável e com condições de se tornar uma alternativa de reutilização do pneu.

5. Viabilidade tecnológica e mercadológica

A viabilidade tecnológica do projeto é fortemente indicada pelos testes inicialmente já realizados e seus resultados. A complementação dos ensaios tecnológicos, conforme proposto na metodologia, poderá evidenciar definitivamente a viabilidade tecnológica já indicada pelos ensaios preliminares.

A questão mercadológica terá que ser trabalhada objetivando colocar um produto de baixo custo no mercado, que não seja encarecido pela mão de obra especializada que demandará para sua instalação. Para que a boa vedação das ecotelhas seja garantida é necessária sua perfeita execução e instalação nos locais.

Os testes de resistência, tração e vedação já realizados são indicativos de viabilidade. Mas são necessárias alterações culturais que viabilizem a utilização das ecotelhas em larga escala dentro dos processos produtivos do setor de construção civil.

6. Conclusões

A ecotelha se mostra como uma idéia simples, mas de alto valor no mercado da reciclagem e da preservação ambiental. Para fabricar a ecotelha no atual estágio de concepção, é necessário o treinamento de pessoal e a disponibilidade de ferramental capaz de cortar a malha de aço dos pneus radiais.

Também é preciso mão de obra especializada para a instalação da ecotelha garantindo vedação adequada do local em que as mesmas serão instaladas para proteção do ambiente contra as intempéries.

Os chamados ecotelhados geralmente constituem um sistema de cobertura vegetal sobre telhados. Os ecotelhados são constituídos de uma geomembrana impermeabilizante ou telha flexível colocada sobre ripamento longitudinal. Sobre isto vão as ecotelhas convencionais que são bandejas de concreto leve divididas em vasos que impedem a erosão, onde é colocado substrato e plantas resistente a seca, que tem porte baixo e crescimento lento. Já as ecotelhas a partir de pneus não requerem regas nem podas de grama.

A ecotelha aqui proposta é um sistema formado exclusivamente pela reutilização dos pneus, a partir de elaboração geométrica projetada por sistema CAD-CAM (Computer Aided Design e Computer Aided Manufacturing) visando conceber um formato de telha dentro das expectativas dos consumidores, viabilizando a reutilização dos pneus, um dos resíduos que maior impacto produz ao meio ambiente, ao servir de criatório de mosquitos e outros vetores de disseminação de doenças infecto-contagiosas.

Ainda existem estudos tecnológicos para complementar o projeto e amplas barreiras culturais para a viabilização mercadológica, mas a ecotelha é uma idéia simples e de grande valor para a preservação ambiental e a inserção de sustentabilidade na cadeia econômica.

Referências

- ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; MELLO, Claudia dos S.; CAVALCANTI, Yara. **Gestão Ambiental: Planejamento, avaliação, implantação, operação e verificação**. Rio de Janeiro: Thex, 2000. 259p.
- BARBIERI, José Carlos. **Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da agenda 21**. Petrópolis: Vozes, 1997.

BIEDRZYCKI, J. A. **Responsabilidade social – um instrumento de articulação entre o Estado, o mercado e a sociedade civil**. 2005, Monografia (Curso de Pós-graduação em Responsabilidade social e gestão ambiental – MBA – especialização) Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2005.

DONAIRE, Denis. **Gestão Ambiental na Empresa**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1999. 169p.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1996. 676 p.

KROTH, Leandro Agostinho. Engenheiro Civil da Secretaria Municipal de Habitação, Conservação e Segurança do Município de Santa Cruz do Sul (RS). Disponível em: (<http://inovando.fgvsp.br/conteudo/documentos/historias2001/Bom%20Plac.pdf>). Acessado em: 28/05/08.

ROSSMANN, Heiko. Coordenador do Projeto Borracha Natural Brasileira. Disponível em: (<http://www.borrachanatural.agr.br/borrachaviaemail/editorial/060207.php>). Acessado em: 15/ 06/2008.

Compromisso Empresarial para Reciclagem. CEMPRE. Disponível em: (http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?lnk=ft_pneus.php). Acessado em: 27/07/2008.

Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. Disponível em: (<http://www.mma.gov.br/conama>). Acesso em: 04/10/2008