

MATERIOTECA. Disponível em: <www.materioteca.it>. Acesso em: 19 set. 2013.

MATERIAUTHEQUE. Disponível em: <http://www.paris-valdeseine.archi.fr/services/materiautheque.php>. Acesso em: 22 ago. 2013.

MATERIAL CONNEXION. Disponível em: <http://www.materialconnexion.com/>. Acesso em: 06 jun. 2013.

MATERIÓ. Disponível em: <http://www.materio.com/>. Acesso em: 11 jun. 2013.

MATERIA BRASIL. Disponível em: <http://www.materiabrazil.com/explore>. Acesso em: 30 jun. 2013.

MATWEB. Disponível em: <www.matweb.com>. Acesso em: 19 set. 2013.

POLIMERICA. Disponível em: <www.polimerica.it>. Acesso em: 06 jun. 2013.

Rossi Filho, S. (2001). *Graphos: glossário de termos técnicos em comunicação gráfica*. São Paulo: Cone Azul.

Resumen: *Materialize* es el archivo físico y digital de materiales para ayudar en materias de las carreras de Diseño y Arquitectura y Urbanismo de la FAU USP, resultado del financiamiento de la Pro-Rectoría de Graduación de la USP y que contó con la asociación del “*Materiali y Diseño*”, coordinado por la Prof. Dra. Bárbara Del Corto del Instituto Politécnico de Milano. El archivo digital podrá ser consultado en línea por docentes, alumnos e investigadores, es una plataforma abierta, con acceso irrestricto, para la obtención de informaciones sobre características de los materiales, utilización, procesos de transformación y proveedores brasileños. El archivo físico puede ser consultado en LabDesign en la FAUUSP, mediante programación.

Palabras clave: Diseño de Producto - Materioteca - Material - Archivo - Material Didáctico.

Abstract: *Materialize* is the physical and digital archive of materials to assist in subjects of the Design and Architecture and Urbanism careers of FAU USP, a result of the financing of the Pro-Rectoría de

Graduación of USP and that counted on the association of “*Materiali and Design*”, coordinated by Prof. Dr. Barbara Del Corto of the Polytechnic Institute of Milan. The digital file can be consulted online by teachers, students and researchers, is an open platform, with unrestricted access, to obtain information about characteristics of materials, use, transformation processes and Brazilian suppliers. The physical file can be consulted in LabDesign in the FAUUSP through a programmatic way.

Keywords: Product Design - Materioteca - Material - Archive - Didactic Material.

(*) **Cristiane Aun Bertoldi**, Possui graduação em Licenciatura em Artes Plásticas pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (1991), Mestrado em Estruturas Ambientais Urbanas pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP (2000) e Doutorado em Design e Arquitetura pela mesma instituição (2005). Atualmente é Professora Doutora em Regime de Dedicção Exclusiva no grupo de disciplinas de Desenho Industrial do Departamento de Projeto da FAU USP. Sua atuação na área de Design tem ênfase em atividades de projeto de produto e de serviço, desenvolvimento de produtos cerâmicos, estudos sobre criatividade, linguagem e representação, estudos sobre modelos físicos em projeto. craun@usp.br **Denise Dantas**, Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (1986), especialização em Industrial Design pela Scuola Politecnica di Design di Milano (1990). Concluiu o mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (1998) e o Doutorado na mesma instituição (2005), com pesquisas no campo do Design de produtos. Atualmente é professora em regime de dedicação exclusiva na Universidade de São Paulo. Tem experiência na área de Desenho Industrial, com ênfase em design de produtos, atuando principalmente nos seguintes temas: design centrado no usuário, design de produto, design de embalagem, materiais e design, design e economia criativa. dedantas@usp.br.

O Ecodesign aplicado no desenvolvimento de compósitos - Um estudo de caso na indústria de base de calçados

Kelly Christine Maruch Artiaga y Jairo José Drummond Câmara (*)

Actas de Diseño (2021, julio),
Vol. 34, pp. 205-210. ISSN 1850-2032.
Fecha de recepción: julio 2015
Fecha de aceptación: agosto 2016
Versión final: julio 2021

Resumo: Descrição de uma metodologia de design utilizada para aprimorar desempenhos e custos para bases de calçados à base de poliuretano, através dos princípios básicos do eco-design, trazendo de volta ao ciclo produtivo um resíduo de alto desempenho que seria descartado. O objetivo é de adicionar pó de resíduo industrial de MDF, proveniente da indústria moveleira ao poliuretano, resultando em um compósito de melhor desempenho e menor custo. São descritos os passos necessários para o desenvolvimento do compósito e a sua aplicação em base de calçados.

Palavras chave: Design - Eco-design - Ecoeficiência - Circulação de recursos - Composite.

[Resumos em espanhol e inglês e currículo na p. 210]

Introdução

A busca por uma produção mais limpa e mais eficiente com princípios econômicos e ambientais se baseia no melhor aproveitamento da matéria-prima e na menor geração de resíduos industriais. Todo resíduo gerado é oriundo da matéria-prima comprada e fez parte da produção e se descartado gera um prejuízo para a empresa e para o meio ambiente. A otimização deste processo é um fator estratégico que traz um imediato resultado financeiro, sendo considerado fator-chave para o sucesso das grandes empresas atuais.

Estima-se que no Brasil foram geradas cerca de 180.000 toneladas de resíduos por dia, no ano de 2012, apresentando um aumento de 1,3%, de 2011 para 2012, trazendo consequências indesejáveis ao bem estar da população e a qualidade do meio ambiente.

Essa situação permite levantar as seguintes questões:

- a. Como é que matérias-primas como a madeira, podem ter mais da metade de seu volume descartado em forma de resíduo?
- b. Por que os resíduos desta matéria-prima não podem ser considerados de mesmo valor da matéria-prima de origem, visto que é o mesmo material?
- c. Existem caminhos ou alternativas que permitam a valorização ou a revalorização deste resíduo?

A reciclagem de materiais, ou a reutilização através do desenvolvimento de compósitos são soluções para as questões levantadas, trazendo de volta a matéria-prima para o ciclo produtivo, gerando a obtenção de produtos com custos competitivos além de ser uma necessidade ambiental devido aos crescentes aumentos de resíduos gerados e à escassez da matéria-prima.

O crescimento econômico precisa de investimento para gerar produção e atender a demanda humana. Para isso é necessário que a matéria-prima seja adquirida sem a degradação do meio ambiente. Somente com um pensamento de que é possível usar sem destruir, e que o material usado pode e deve ser repostado, é que o futuro do ambiente estará garantido.

A indústria da madeira, por exemplo, é vista globalmente como uma indústria que usa os recursos naturais de maneira ineficiente. A geração de resíduos acontece na obtenção da matéria prima, durante a produção de um produto e também no descarte deste produto, no fim de sua vida útil, significando uma grande exploração dos recursos madeireiros, de florestas principalmente nativas. No mercado calçadista, mercado de importância econômica, o poliuretano ganhou destaque a partir dos anos 50 devido à baixa condutividade térmica, às boas propriedades mecânicas e físicas, muito superior à de outros materiais tipicamente empregados na produção de solados. Mas tem alto custo e devido ao fato de ser provenientes de fontes não renováveis dificultando o coprocessamento de seus resíduos para a obtenção de material estável.

Há uma necessidade então de estudos referentes a processos de produção, materiais e produtos ecoeficientes e eco-compatíveis. Uma saída é a aplicação dos princípios das tecnologias limpas no desenvolvimento de compósitos, o que inclui os conceitos da Ecologia Industrial na busca destas metas.

Através destes conceitos podemos agregar valor à resíduos, por exemplo, do setor produtivo madeireiro utilizando-os no setor produtivo calçadista. Tais resíduos podem ser transformados em novos materiais que possibilitam gerar novos produtos com um menor custo e mais eficientes. Desta forma pode-se contribuir para a diminuição da pressão exercida aos recursos naturais pelo consumo e também diminuir o descarte indiscriminado e a disposição prejudicial de resíduos no meio ambiente, além de oferecer boas alternativas às matérias primas convencionais.

A presente pesquisa desenvolve e questiona a possibilidade do desenvolvimento de um compósito, aplicando conceitos do ecodesign no desenvolvimento de um material a ter igual, ou melhor, desempenho que o do poliuretano na indústria de base de calçados.

Ecodesign - O uso de tecnologias limpas

A degradação e poluição do meio ambiente vem do modelo atual de produção e consumo, baseado no pensamento de que o meio ambiente é um fornecedor de energia e recursos abundantes ou mesmo ilimitados, assim como é visto, também, como um receptor ilimitado de resíduos. Nesse sistema, linear ou aberto, não há preocupação nem com a eficiência na produção ou com o uso da matéria-prima, nem com a sua origem, nem com a disposição de seus resíduos e as consequências destas ações. A extração dos recursos naturais e a disposição de resíduos são uma das causas dos impactos ambientais negativos nos dias de hoje sendo gerados não só a partir de sistemas industriais, mas também no descarte do produto final.

O ecodesign visa prevenir os problemas ambientais através da redução do uso de matérias-primas e energia, assim como à redução na devolução de resíduos e poluentes à natureza. Visa o melhor aproveitamento de matérias-primas e energia em ciclos fechados no sistema industrial, de modo análogo aos processos naturais e também o melhor compatibilização ou eliminação deste perante a natureza, caso haja o descarte.

O ecodesign é visto como uma ferramenta para concretizar estas tendências, usando como base os conceitos da “Ecoeficiência” e da “Circulação de recursos”, conceitos descritos a seguir.

Ecoeficiência

Ecoeficiência é uma maneira de pensar que visa uma maior produção, com menor consumo de materiais, água e energia, tornando o produto mais competitivo, não comprometendo as finanças, contribuindo para a qualidade de vida e, ao mesmo tempo, reduzindo os impactos ambientais gerados nesse processo. Assim, a Ecoeficiência está fundamentada em metas com princípios econômico, social e ambiental.

A Ecoeficiência maximiza os benefícios econômicos e ambientais reduzindo os custos tanto econômicos quanto ambientais. É uma relação de custo/ benefício onde a primeira nunca pode ser maior que o segundo. Para que estas metas sejam alcançadas, são usados métodos e conceitos tais como a redução de resíduo da matéria-

-prima, que aplica os conceptos da “Produção Limpa”, tais como o Ecodesign¹ que oferece opções de produtos que atendam a uma produção limpa, buscando a economia de recursos naturais e energéticos além de apresentar produtos inovadores.

Circulação de recursos

O modelo ideal de referência seriam os próprios sistemas naturais, fechados, nos quais não cabem os conceitos de resíduos e matéria prima. Procurar-se, então, aproximar-se deles o máximo possível, reduzindo as pressões externas.

Desta maneira, segundo a Ecologia Industrial, o que é considerado resíduo em um processo produtivo é aproveitado como insumo em outro processo, formando, assim, um ciclo de aproveitamento de insumos e fazendo com que a matéria se mantenha constante. Isso resulta em redução na demanda de recursos naturais e na redução de resíduos, minimizando a pressão sobre a natureza.

Compósitos

Um compósito é um material multifásico, resultante de uma mistura macroscópica de dois ou mais materiais, que exibe uma proporção significativa das propriedades das fases que o constituem, buscando uma melhor combinação de propriedades. Compósitos são geralmente constituídos por uma fase matriz, que envolve a outra fase, chamada frequentemente de fase dispersa ou reforço. São classificados pelo material que forma a matriz que é a fase contínua, que envolve outra fase, as fibras e/ou partículas (fase dispersa) formando a mistura. Geralmente a fase dispersa, que pode ser denominada de fase de reforço ou enchimento, é mais resistente que a fase contínua. Além de possuir diversas aplicações por suas propriedades estruturais, compósitos são projetados também para atender aplicações que necessitem de um conjunto de propriedades específicas. Elas podem ser térmicas, elétricas, ópticas e/ou outras.

Considerando os esforços atuais o uso de compósitos com cargas residuais pode trazer diversas vantagens como:

- Redução de custos;
- Aumento de resistência;
- Diminuição do impacto ambiental causado pela indústria de poliuretano e de MDF.

Sabendo as propriedades individuais e a maneira como os componentes interagem entre si, o projetista pode produzir um material sob medida para uma dada aplicação. Ainda, é desejável que o projeto estrutural promova uma sinergia para as características almejadas, ou seja, um somatório de esforços com uma finalidade perante os componentes, tornando as propriedades finais do compósito superiores aos dos constituintes separados.

Compósitos reforçados por fibra vegetal

Os compósitos de melhor desempenho são geralmente aqueles em que o reforço são fibras vegetais podendo

ser natural (fibra de sisal, coco, linho, entre outras) ou industrial como vidro, carbono, entre outras. Vários estudos foram realizados utilizando diversos tipos de matrizes (termoplásticas e termofixas) e reforços naturais na fabricação de compósitos poliméricos.

As fibras vegetais apresentam uma série de vantagens sobre as fibras sintéticas justificando assim o seu uso como reforço em matrizes. Algumas vantagens e desvantagens da fibra vegetal em relação à sintética podem ser observadas:

Vantagens:

- Conservação de energia
- Grande abundância;
- Baixo custo;
- Não é prejudicial à saúde;
- Possibilidade de incremento na economia agrícola;
- Prevenção de erosão;
- Baixa densidade;
- Biodegradáveis.

Desvantagens:

- Baixa durabilidade, devido à natureza das fibras
- Variabilidade de propriedades;
- Fraca adesão em seu estado natural a inúmeras matrizes.

Antes de se estudar o comportamento das fibras vegetais como reforço em uma matriz, seja ela frágil ou dúctil, se faz necessário o estudo e a análise das propriedades destas fibras.

Problematização

Resíduos de MDF - Medium Density Fiberboard (Reforço)

A indústria da madeira vista de maneira global usa os recursos naturais de maneira ineficiente, tanto na obtenção da matéria prima, quanto na fase de produção dos produtos, como também no descarte dos produtos ao fim de sua vida útil. Este comportamento significa uma grande exploração dos recursos madeireiros principalmente das florestas nativas, levando à devastação desses recursos, e a geração de resíduos, desde o corte de uma árvore, até o final do beneficiamento da madeira para a execução de um produto final.

O aproveitamento de toda a árvore pelas indústrias madeireiras está em torno de 30% a 60%, variando de empresa para empresa. Este dado é reforçado pelo Greenpeace que afirma que na atividade madeireira apresenta altos índices de desperdício. Os resíduos desta produção, portanto, são uma grande quantidade de madeira descartada sem um destino correto.

O setor de processamento mecânico da madeira, inclusive as indústrias moveleiras, pouco tem investido na gestão de resíduos. Isso se deve em parte à facilidade de obtenção de matéria-prima e seu baixo custo e a ideia errônea de que a madeira é um recurso renovável, portanto, inesgotável.

No discurso da produção industrial, o ecodesign oferece o conceito da circulação de matéria-prima entre unidades produtivas: o que é considerado resíduo em potencial em um sistema industrial é usado em outro sistema como insumo. Neste caso, o resíduo de madeira poderá ser usado como reforço de um compósito, retornando à indústria como matéria-prima da própria empresa ou de outra empresa.

Poliuretano na indústria calçadista (Matriz)

O poliuretano é uma matéria-prima ideal para ser utilizada como matriz de um potencial compósito produzido com o objetivo de melhorar o desempenho da matriz. A sua indústria gera um alto volume de resíduos sólidos devido à alta demanda por bens de consumo da população mundial. Na década de 60 foram registradas as primeiras utilizações de poliuretano no setor de calçados. Procuravam-se materiais mais confortáveis para produzir solas e palmilhas e o poliuretano permitia obter o produto com as características desejadas. Já em 2007 produzia-se anualmente, no setor de calçados cerca de 230 toneladas de resíduos de poliuretano, correspondendo a 17% do total de resíduos do setor do calçado.

A partir de 1995 foi registrado um aumento contínuo na utilização do poliuretano no setor de calçado com uma produção de 13300 milhões de pares de solas, em 2003 a produção de 16200 milhões de pares e em 2005, 19500 milhões de pares. Entre 1995 e 2005 verificou-se um aumento de 46% na utilização de poliuretano e espera-se que possa existir um aumento 1543 quilo toneladas em 2015.

Na indústria calçadista, indústria de relevante importância econômica no Brasil e diversos outros países no mundo devido ao volume de produção. Nos anos de 2009, 2010 e 2011 foram produzidos somente no Brasil em torno de 813, 894 e 819 milhões de pares respectivamente, totalizando 2.526 bilhões de pares de calçados nestes três anos.

O crescimento da utilização das espumas de poliuretano no setor de calçados mostra que este material é ideal para esta aplicação. O fato de esse material ter se tornado imprescindível deve-se às suas várias vantagens, são elas:

- Baixo peso;
- Baixa abrasão;
- Boa elasticidade;
- Boas propriedades dinâmicas;
- Bom isolamento do frio;
- Boa flexibilidade no frio;
- Boa estabilidade térmica;
- Boa resistência a hidrocarbonetos;
- Produto confortável.

Apesar de todas as vantagens citadas, estes materiais são provenientes de fontes não renováveis. Neste sentido, avalia-se o coprocessamento dos resíduos, a serem utilizados somente moídos ou micronizados, para a obtenção de material estável que poderia ser utilizado em matriz polimérica ou cerâmica.

O poliuretano é um material muito versátil e leve, ideal para aplicação em solados e bases de calçados. Mas há

uma perda grande de matéria-prima no processo de produção. O poliuretano representa cerca de 40% do custo do produto final e a sua perda representa um prejuízo significativo para a empresa, que busca reduzir custos e melhorar desempenhos.

Metodologia

Como objetivo de analisar os benefícios da aplicação do compósito (poliuretano/pó de MDF) como matéria-prima substituta do poliuretano na indústria de saltos e tacos, o projeto visa o melhor desempenho com um menor custo, tornando o produto mais competitivo no mercado e praticando a eco eficiência. Para o desenvolvimento e aplicação desse novo material, inicia-se uma metodologia que segue as seguintes etapas:

Procedimento experimental

- Preparação de amostras de compósito de PU/pó de MDF com diversos teores de pó de MDF.
- Relacionar as densidades dos compósitos obtidos com o teor de pó de MDF.
- Avaliação do efeito da presença do pó de MDF na absorção de água no PU.
- Verificação do efeito do pó de MDF nas propriedades mecânicas do compósito através de ensaios de compressão.
- Desenvolvimento de uma análise comparativa entre o poliuretano puro e os compósitos desenvolvidos com a finalidade de saber se o compósito é adequado para determinada aplicação.

Materiais

Os materiais para a confecção do poliuretano usados nesta pesquisa foram fornecidos, juntamente com as informações de produção e os dados técnicos pela empresa Injet Ciclo, localizada na região de Contagem (MG) e produzidos pela empresa nacional COIM (SP). O resíduo de MDF foi fornecido por uma unidade da Masisa Brasil, madeireira também localizada na região de Contagem (MG).

•Poliuretano

O Poliuretano aqui utilizado é um sistema de três componentes, A, B e um aditivo. O componente A é um diisocianato modificado à base de difenil metano diisocianato (MDI); O componente B é um poliéster saturado sólido (cera); O aditivo tem em sua natureza química glicóis e aminas catalíticas. Esses materiais são fornecidos em compartimentos metálicos não retornáveis, com capacidade média de 200 litros, diferenciados pela cor, devendo ser armazenados a temperatura de 20 a 30 °C.

•Pó de MDF

O pó de MDF aqui utilizado foi coletado a partir um sistema que suga todo o pó gerado no processo de corte e que fica acoplado à máquina de corte de chapas industriais da MASISA. Este dispositivo concentra os resíduos

em grandes compartimentos prontos para serem doados para empresas que administram as rodovias, ou levados para aterros.

Segundo a empresa fornecedora, o MDF tem em sua composição:

- Fibras vegetais de Pinus (*Pinus hondurensis*).
- Fibras de vegetais de Eucalipto (*Eucalyptus grandis*).
- Adesivos; à base de ureia-formaldeído.

Preparação dos corpos de prova

O pó de MDF foi recolhido processado em uma peneira mecânica com malha de 100 mesh no Cetec/MG, o que permitiu a menor granulometria possível. Uma porcentagem foi seca em estufa no laboratório de Polímeros e Compósitos da UFMG, para possibilitar uma análise comparativa do comportamento hidrofílico do compósito.

O compósito foi desenvolvido com base na ficha técnica fornecida pela empresa Injet Ciclo respeitando a proporção de 140 de A / 100 de B (massa/massa).

Foram produzidas amostras com teores variados de MDF. Além disso, foram produzidas amostras nas quais o resíduo de MDF sofreu um pré-tratamento térmico em estufa para secagem a 60°C por 24 h.

Para uma melhor análise comparativa e utilizando com base nas referências de Marinho (2009), Mosiewicki (2009), foram confeccionados 7 (sete) corpos-de-prova sendo:

- PU0% (PU puro)
- PU5% (PU com 5% de pó de MDF)
- PU10% (PU com 10% de pó de MDF)
- PU15% (PU com 15% de pó de MDF)
- PU20% (PU com 20% de pó de MDF)

Com a finalidade de analisar o comportamento da interação dos materiais cuja hidrofiliabilidade é divergente, foram feitos mais dois corpos-de-prova com a madeira tratada em estufa.

- PU15%E (PU com 15% de pó de MDF pré-tratado em estufa)
- PU20%E (PU com 20% de pó de MDF pré-tratado em estufa)

O preparo das amostras seguiu os dados fornecidos pela Injet Ciclo de modo a reproduzir em laboratório todas as etapas supradescritas de produção de saltos e tacos de poliuretano. Tais etapas foram realizadas no Laboratório de Polímeros e Compósitos da UFMG e consistiram em 4 etapas:

1. Aquecimento prévio
2. Mistura Isocianato /Poliol com aditivos
3. Vazamento no molde
4. Acabamento final (retiro de rebarbas e lavagem)

Resultados

• Analisando as amostras através de um microscópico óptico é possível observar que a amostra de poliuretano puro (PU0%) apresenta uma estrutura porosa, com

células fechadas (lacunas). O pó de MDF apresenta uma estrutura fibrosa, devido à celulose na sua composição. Nos compósitos, observa-se que o material fibroso, visivelmente teve uma interação homogênea com a matriz nos compósitos. Esta interação fibra/matriz parece ter diminuído a quantidade de poros, possivelmente justificado por um englobamento da fibra pela matriz preenchendo as lacunas vazias. Porém algumas áreas ainda apresentaram lacunas.

• De acordo com a análise de densidade, obteve-se um aumento na densidade com o aumento do teor do material fibroso. Esse resultado indica que a interação fibra/matriz permitiu a formação de uma menor quantidade de bolhas, possivelmente justificado por um englobamento da fibra pela matriz preenchendo as lacunas vazias.

• Conforme pode ser observado no teste de absorção, a amostra de PU puro apresentou menores porcentagens de absorção de água do que os compósitos. Esse resultado pode ser atribuído ao processo de lixamento que possivelmente deixou o pó de MDF hidrofílico mais exposto, portanto, aumentou seu contato com a água. Além disso, PU20% apresentou uma maior absorção de água em relação aos demais compósitos. Esse fato pode ser explicado também pelo maior teor de pó de MDF hidrofílico no compósito.

No caso das amostras de compósitos, quanto mais o pó de MDF estiver recoberto pela matriz de poliuretano, menor será a absorção de umidade. A grande quantidade de pó de madeira na amostra PU20% dificultou o processamento do compósito, o que pode ter ocasionado no não recobrimento total do pó de MDF, ocasionando no maior inchamento e formação de bolhas maiores conforme foi observado nas análises de MEV.

• De acordo com o teste de resistência, todos os compósitos apresentaram maior resistência à compressão do que o poliuretano puro reafirmando a boa interação entre a matriz e a carga.

Houve uma tendência para o aumento da tensão máxima em compressão com o aumento gradual do teor de MDF nos compósitos.

Outro fator que justifica a resistência à compressão é a estrutura celular da espuma, o material da parede das células, o tamanho e formato das células e o tipo de célula (aberta ou fechada).

O melhor desempenho mecânico em compressão apresentado pelo compósito PU com 20% está de acordo com a pesquisa de NEIRA (2011) que também relacionou o melhor desempenho mecânico ao maior conteúdo de carga adicionada.

Conclusão

Neste estudo uma aplicação industrial de resíduos de MDF foi proposto e demonstrou-se que a reutilização destes resíduos pode ser um instrumento para a sustentabilidade. Compósitos de poliuretano com resíduo de MDF em pó foram produzidos com sucesso. Os resultados obtidos sugeriram uma boa compatibilidade entre os dois

componentes, sem perda de propriedades em relação ao poliuretano puro. Este estudo foi realizado em parceria com uma fábrica de solas e saltos. Do ponto de vista dos autores, os principais ganhos foram o descarte adequado de resíduos de MDF e as potenciais poupanças de custos para a empresa. Estudos futuros podem incluir o uso de resíduos de MDF como carga em compósitos em outros setores da indústria.

Bibliografia

- Baxter, M. (1998). *Projeto de Produto: Guia Prático para o Desenvolvimento de Novos Produtos*. São Paulo: Edgard Blucher. (p. 262)
- Teixeira, M. G. (2005). *Aplicação de conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: O exemplo do resíduo de madeira*. UFBA - Universidade Federal da Bahia.
- Abrelpe. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2012*. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>> Acesso em 10/01/2014.
- Matick, J. S. (2008). *Desenvolvimento econômico e compatibilidade com a preservação ambiental*. Universidade de Marília, UNIMAR.
- Cabral, J. P. C. (2013). *Preparação e caracterização dos resíduos de espumas de poliuretano do setor do calçado para reciclagem química*. Escola Superior Agrária de Bragança, Bragança.
- Covolato, R. A. (2007). *Desenvolvimento de compósito constituído de resíduos de madeira e resina ureia formaldeído com cura incentivada por micro-ondas*. Escola de Engenharia Mauá. São Caetano do Sul.
- Chipanski, E. do R. (2006). *Proposição para melhoria do desempenho ambiental da indústria de aglomerado no Brasil*. 2006. 193f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Manahan, S. E. (1999). *Industrial Ecology. Environmental Chemistry and Hazardous Waste*. USA: Lewis Publishers.
- ICME. International Council on Metals and the Environment. (2001) *Eco-efficiency and Materials: Foundation Paper*. By Five Winds International. Disponível em: <<http://www.icmm.com/page/1626/eco-efficiency-and-materials>>. Acesso em: 20/03/2014.
- Kiperstok, A. & Marinho, M. (2001). "Ecologia Industrial e Prevenção da Poluição: Uma Contribuição Ao Debate Regional". *Bahia Análise & Dados, SEI, V.10, nº4*, pp. 271-279. Disponível em: <<http://www.teclim.ufba.br/>> Acesso em: 12/03/2014.

Callister, W. D. Jr. (2002). *Ciência e Engenharia de Materiais - Uma Introdução*. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 5ª Edição, 589 p.

Ventura, A. M. F. M. (2009). *Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas*. Lisboa: Departamento de engenharia Química e Biológica, Instituto Superior técnico Campus Alameda.

Resumen: Descripción de una metodología de diseño utilizada para mejorar los desempeños y los costos de las bases de calzados a base de poliuretano a través de los principios básicos del ecodiseño, trayendo de vuelta al ciclo productivo un residuo de alto desempeños que sería descartado. El objetivo es agregar polvo de residuo industrial de MDF, proveniente de la industria de los muebles de poliuretano, resultando en un compuesto de mejor desempeño y menor costo. Se describen los pasos necesarios para el desarrollo del compuesto y sus aplicaciones en bases de calzados.

Palabras clave: Diseño - Ecodiseño - Ecoeficiencia - Circulación de recursos - Composición.

Abstract: Description of a design methodology used to improve the performances and costs of polyurethane footwear bases through the basic principles of ecodesign, bringing back to the productive cycle a high performance residue that would be discarded. The goal is to add industrial MDF powder from the polyurethane furniture industry, resulting in a higher performance and lower cost compound. The necessary steps for the development of the compound and its applications in footwear bases are described.

Keywords: Design - Ecodesign - Ecoefficiency - Circulation of resources - Composition.

(* **Kelly Christine Maruch Artiaga**. Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Ouro Preto (REDEMAT- UFOP), e Bacharel em Desenho Industrial pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG). **Jairo José Drummond Câmara**. Pós Doutorado, Université de Montreal País. Professor Cat. VII, Mestrado e Doutorado em Eng. de Mat, REDEMAT - UFOP UEMG CETEC, Brasil.