

Fabiano Trein, Aguinaldo Santos, Alexandre Vargas, Marco Antônio Rodrigues,
Ana Claudia Trein, Débora Barauna *

Resíduos: a matéria-prima da indústria do futuro



Fabiano André Trein

Dr.; Unisinos <fabianoat@unisi-
nos.br>

Aguinaldo dos Santos

Dr.; Universidade Federal do Pa-
raná - UFPR <asantos@ufpr.br>

Alexandre Silva deVargas

Dr.; Universidade Feevale
<alexandrekbca@gmail.com >

Marco Antônio Rodrigues

Dr.; Universidade Feevale
<marcor@feevale.br>

Ana Cláudia Grehs Trein

Esp.; Universidade Feevale
<atrein11@gmail.com>

Débora Barauna

M.Sc.; Universidade Federal do
Paraná - UFPR <débora.barau-
na1@gmail.com>

Resumo Um dos grandes problemas ambientais da atualidade é o elevado volume de resíduos sólidos gerados pela indústria para suprir a demanda por bens de consumo da população mundial. Neste sentido, a apresentação deste artigo tem como objetivo apresentar casos práticos onde ocorreu a efetiva participação dos autores na utilização de resíduos industriais como matéria-prima na produção de novos produtos, alinhados ao Eco-design. Explicita ainda a importância dos ensaios preliminares para a caracterização dos resíduos, o detalhamento dos processos produtivos necessários à sua incorporação e a validação dos produtos finais em relação à sua aplicação final.

Palavras chave Logística Reversa; Economia Circular; Resíduos.

Waste: the raw material for the industry of the future

Abstract *One of the major environmental problems of today is the high volume of solid waste generated by the industry to supply the demand for consumer goods of the world population. In this sense, the presentation of this article aims to present practical cases where the authors' actual participation in the use of industrial waste as raw material in the production of new products, in line with Eco-design, took place. It also explains the importance of the preliminary tests for the characterization of the residues, the details of the productive processes necessary for its incorporation and the validation of the final products in relation to their final application.*

Keywords Reverse logistic; Circular Economy; Waste.

1 - Introdução

Atualmente, situações decorrentes da globalização e da busca incansável por menores custos levam, por parte das empresas, à utilização de técnicas, processos e materiais, muitas vezes não condizentes com as necessidades de sua sustentabilidade. Elementos estes não alinhados com o próprio meio no qual estão inseridas pelo impacto ambiental que geram e pelos efeitos antrópicos futuros em decorrência de sua inadequação (LEITE, 2013).

Em meio a essa expansão mundial, há uma crescente preocupação com as questões de reutilização dos resíduos e o crescimento de barreiras ao comércio internacional de diversos produtos, oriundos principalmente de empresas de setores tradicionais, como é o caso da construção civil, da indústria petroquímica, alimentícia, entre outras, localizadas em sua maioria, em países desenvolvidos e em desenvolvimento, os quais afetam consideravelmente o meio ambiente (INMETRO, 2009).

De acordo com Gatelli (2011), a gestão ambiental e o tratamento dos resíduos tornaram-se obrigações dentro das empresas, de forma generalizada. Com isso, a busca pela redução dos impactos ambientais e a minimização dos custos nas mais diversas áreas tornou-se uma estratégia de sobrevivência necessária para manter a competitividade das empresas no mercado.

Consciente da importância de se usar tecnologias alternativas, que reduzam os custos de disposição final, e de avaliar as questões eco-sustentáveis de cidadania e da preservação do meio ambiente, este artigo visa exemplificar *cases* práticos de utilização de resíduos industriais como matéria-prima na produção de novos produtos, alinhados ao Eco-design. Explicita ainda a importância dos ensaios preliminares para a caracterização dos resíduos, o detalhamento dos processos produtivos necessários à sua incorporação e a validação dos produtos finais em relação à sua aplicação final.

Este artigo representa na forma escrita, os conceitos apresentados na palestra nacional, de mesmo título, no II Congresso Internacional e VIII Workshop: Design & Materiais 2017, realizado na cidade de Joinville – Santa Catarina.

2 - Logística Reversa e o Eco-design

Segundo Gadea et al. (2010), os processos industriais geram uma enorme quantidade de resíduos, sendo que, a maioria sem um uso específico, acabam dispostos em aterros industriais. É necessário, portanto, que se estabeleçam procedimentos ou métodos de reutilização destes resíduos no sentido de minimizar este impacto ambiental. Segundo Cruz (2009), as empresas têm feito uma restrição ao conceito de crescimento e passaram a introduzir as questões de ecologia e de sustentabilidade como critério fundamental das atividades de negócio, tornando-se também uma função da administração.

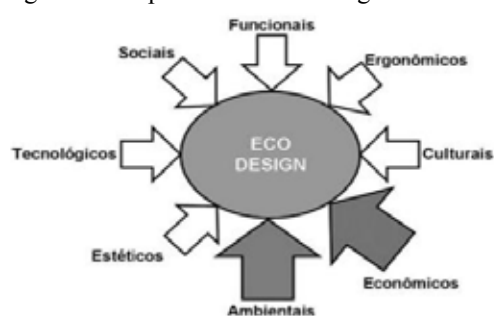
Um indicador da demanda ambiental atual é a adesão das empresas aos processos de certificações ambientais e, em alguns casos, até florestais e hídricos, solicitados pelos mercados, especialmente os internacionais, exigindo do setor produtivo a responsabilidade ambiental e social na exploração dos recursos naturais, com a máxima preservação possível destes recursos.

De acordo com Silva et. al. (2006), o consumismo desenfreado e a ausência de programas que se preocupam desde a extração da matéria-prima (berço) até o descarte pelo consumidor final (túmulo), passaram a ser argumento para pesquisas, com o intuito de elaborar projetos comprometidos e que possam minimizar o impacto sobre a natureza.

Papanek (1977) já afirmava que o design tinha a responsabilidade social com esses aspectos, e que o profissional da área deveria elaborar projetos com essa preocupação, utilizando ferramentas adequadas para tomada de decisões, de forma que os recursos sejam melhores aproveitados, tanto na escolha do material quanto no processo de fabricação, procurando avaliar todos os requisitos necessários em todas as fases do seu ciclo de vida.

De acordo com Pazmino (2007), para criar um produto com critérios ecológicos ou fazer um re-design de um produto já existente, o designer deve estar atento às decisões que precisa tomar em todas as fases do ciclo de vida do produto: pré-produção, produção, uso, descarte, reciclagem, reuso, etc., para que a minimização do impacto ambiental do produto ocorra de forma a atender seus objetivos. Com isso, é possível perceber que os principais objetivos de produtos desenvolvidos com foco no eco-design são o econômico e o ambiental, conforme pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Aspectos do Eco-Design



Fonte: Pazmino (2007)

Como exemplo desta mudança de comportamento, pode-se visualizar a Figura 2, elaborada por um órgão público, onde já contempla a logística reversa dos materiais, considerando todas as etapas do ciclo de vida e a reciclagem como alternativa anterior à disposição final.

Figura 2 – Mapeamento do Ciclo de Vida do Produto – Engenharia Reversa



Fonte: COMEC (2014)

O atual consumo de madeira em grande escala, por exemplo, pelos diversos setores da sociedade, faz com que surjam discussões e questionamentos sobre os impactos dos resíduos madeireiros ao ecossistema, instigando a ciência florestal no desenvolvimento de pesquisas sobre soluções mitigadoras dos impactos ambientais gerados nos processos produtivos, onde se tem a matéria-prima madeira ou painéis compensados de madeira como principais componentes do processo (LA MANTIA, 2002). Neste contexto, existe a demanda por soluções que viabilizem a utilização de resíduos de painéis de madeira, oriundos do setor moveleiro, da construção civil e outros setores onde ocorre elevado descarte desses produtos, para compor novos materiais que fechem o ciclo produtivo e possam ser reaproveitados. Essas soluções podem favorecer o melhor aproveitamento da matéria-prima, proporcionando maior valor agregado ao produto bem como novas propriedades que melhoram o desempenho dos mesmos.

No caso das indústrias do setor coureiro-calçadista, por utilizarem diversos tipos de materiais para a produção de calçados, bolsas e acessórios, citam-se as solas de borracha, o couro, os materiais têxteis e os laminados sintéticos, os quais geram uma quantidade considerável de resíduo após seu uso, o que tem causado problemas ambientais, inclusive no que tange a locais e formas pouco apropriadas para a sua armazenagem e disposição (ROBINSON, 2009).

Um mau controle deste descarte ou a não reutilização dos resíduos pode causar um agravamento do dano ambiental regional, e a busca por alternativas para o reaproveitamento faz-se urgentemente necessária (TREIN ET AL., 2014).

Pode-se citar ainda o caso das fibras sintéticas, em geral poliéster, combinadas com tecidos naturais, como o algodão são hoje recobertas por camadas poliméricas (compósitos) sintéticos, em especial os poliuretanos, oriundos da reação química entre os polióis e isocianatos. Conhecidos e tratados como materiais sintéticos, esses materiais modificados são mais leves, versáteis, disponíveis em várias formas, duráveis e flexíveis. Sua utilização, portanto, começa a ser cada vez mais intensificada e ampliada na indústria calçadista na substituição de materiais tradicionais, como o couro, gerando por sua vez, uma nova soma de resíduos contaminantes.

O copolímero de etileno-acetato de vinila (EVA) é um dos materiais mais utilizados na indústria brasileira em diversas partes do calçado, sobretudo no solado, pois é leve e macio, possuindo baixa massa unitária (180 kg/m^3), boa resistência ao desgaste e podendo ser produzido em diversas cores. De acordo com Andrade e Medeiros (2012), o EVA é fornecido para a indústria do calçado na forma de chapas expandidas retangulares com mais ou menos 1m^2 cada uma, de onde é recortado, por um processo mecânico, o formato da sola, entresola ou palmilha para o calçado. O resíduo de EVA em questão é composto pelos retalhos que sobram neste processo de corte. Conforme pesquisa realizada em empresas produtoras de calçados na região do Vale dos Sinos no RS, pode-se constatar que a incidência de resíduo varia de 12% a 20% sobre o consumo de EVA, dependendo do processo empregado no corte (ANDRADE E MEDEIROS, 2012). Desde o início de sua utilização, na década de 70, na área calçadista, em especial nos calçados esportivos em função de seu menor custo e peso, a sua aplicação tem crescido quase que exponencialmente ano a ano.

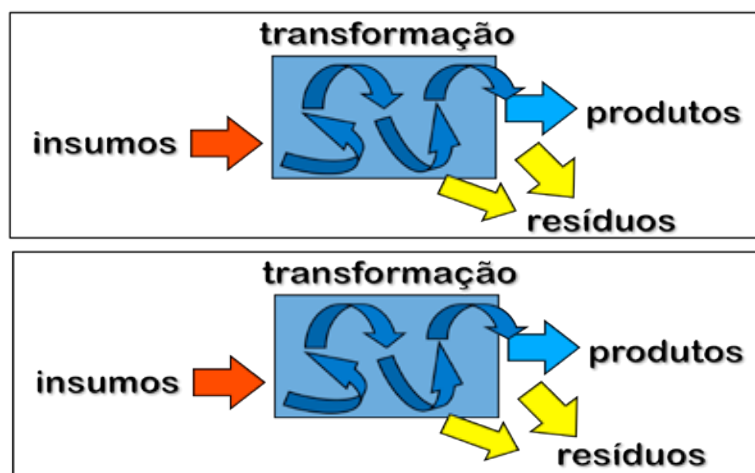
Atualmente, mais de 17 bilhões de pares de solados de EVA têm sido produzidos anualmente pelo mundo, o que gera uma enorme quantidade de resíduos. Além dos percentuais de resíduos citados pela ASSINTECAL (2014), somam-se ainda a geração de resíduos dos processos de preparação e asperação (desbaste com lixa) das solas de EVA, onde os níveis de descarte podem chegar até 35%, conforme Santiago et. al. (2009).

Também considerando a importância e a necessidade dos estudos sobre reciclagem de resíduos de construção no tocante ao uso pela própria indústria da construção civil, em especial os cimentos de baixo impacto ambiental, Jalali et. al. (2012) apresentam que a tendência da produção de concreto com agregados reciclados juntamente com o gerenciamento de resíduos da construção civil despontam como algumas das atividades que mais vêm sendo pesquisados no meio técnico, fatos que podem ser comprovados pelos inúmeros eventos realizados nos últimos anos, entre eles o estudo e o desenvolvimento dos geopolímeros.

A empresa IMC de São Paulo procurou inovar visando reduzir o desperdício de materiais, buscando a sustentabilidade na construção, em resposta às exigências governamentais e do mercado consumidor e à crítica ambiental. A sustentabilidade hoje é tema caro à IMC, já que a IMC é grande consumidora de matérias-primas. Estima-se que 50% dos recursos materiais extraídos da natureza estão relacionados à atividade de construção, e mais de 50% da produção de resíduos provêm do setor. Exemplos de produtos que incorporam o conceito de desenvolvimento sustentável são a torneira automática, que é 20% mais econômica que a convencional; a torneira eletrônica, 40%; e a válvula de descarga automática, que reduz em 50% o valor da conta de água (COELHO, 2007).

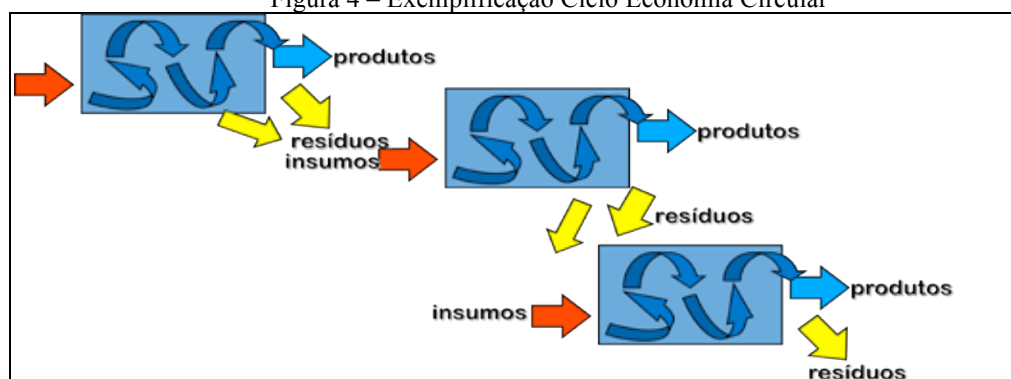
Entretanto, de acordo com Barauna et al. (2017) na economia ou gestão de materiais da maioria das realidades industriais, as coisas orientam-se pelo modo linear entre a extração, a produção, a distribuição, o consumo e a destinação final dos resíduos, conforme Figura 3.

Figura 3 – Modelo Tradicional de Extração, Produção, Distribuição, Consumo e Destinação Linear



Este modo de gestão trata-se de um sistema em crise. O ideal seria a economia dos materiais ser regida por um sistema em ciclo. De acordo com a Fundação Cradle to Cradle® (C2C) com a teoria do “berço ao berço”, propõe-se o conceito da economia circular e o processo de design para se pensar soluções para a gestão de novos materiais utilizando resíduos de processo anteriores como matéria-prima, considerando o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva dos materiais e produtos por dois ciclos, um biológico e outro técnico, conforme figura 4.

Figura 4 – Exemplificação Ciclo Economia Circular



De acordo com a figura 4, A teoria do “berço ao berço”, “ao invés de tentar reduzir os fluxos de materiais lineares prevê a sua reformulação em ciclos circulares de nutrientes. Assim, o valor uma vez criado, os resíduos gerados tornam para um novo ciclo natural (biológico) e/ou técnico (tecnológico). Barauna et al. (2017) explicam que, muitas vezes “os produtos são desviados do fluxo de resíduos e convertidos em usos que apresentam maior valor quanto às suas aplicações originais”.

Através dos conceitos da economia circular, logística reversa, inovação social, economia distribuída e economia criativa discute-se o problema da demanda por novas formas de projetar o uso dos recursos materiais tornando-o mais significativo e aprofundando as relações com a ideia de um novo mundo material, no qual se tenha maior compreensão das consequências políticas, culturais, ambientais, sociais e econômicas das escolhas de materiais e processos produtivos (BARAUNA ET AL., 2017)

De acordo com Medina e Naveiro (1998), um dos mais importantes resultados não mensuráveis desse sistema é a nova forma de aprendizado introduzido nas organizações envolvidas. A parceria de especialidades toma a própria pesquisa uma forma de aprendizado que transfere conhecimentos durante sua execução por toda a equipe. A difusão de conhecimentos necessários à introdução da nova tecnologia na produção é rápida e direta dispensando mecanismos intermediários.

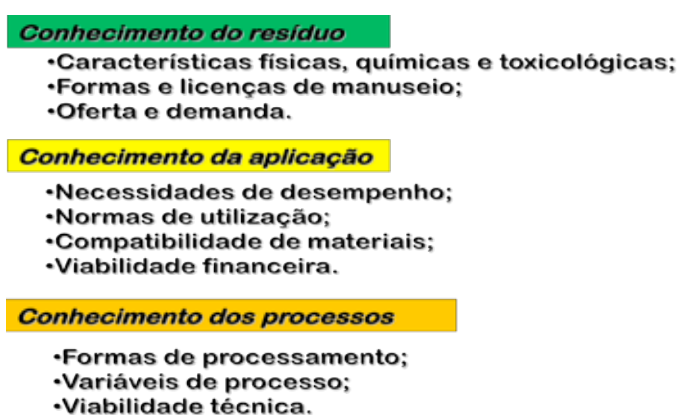
O novo sistema tem se mostrado especialmente eficiente no campo da engenharia de materiais por dois motivos principais. Primeiro porque os avanços no campo dos materiais são fruto de conhecimentos científicos interdisciplinares e de investigações e testes de desempenho que requerem diferentes especializações. E, segundo, porque as inovações em materiais têm custos elevados, devido ao longo tempo de maturação, ao preço dos insumos e equipamentos, aos testes, padronização até a certificação final, além das mudanças tecnológicas produtivas e organizacionais na fase da produção industrial. Nesta última década, a pesquisa científica e tecnológica, especialmente a P&D, vem assumindo novas formas no sentido de uma concepção sistêmica e integrada. De uma maneira geral, o que mais chama a atenção nesse processo, no campo dos materiais, é a grande variedade de descobertas de propriedades dos novos usos e da variedade de aplicações desenvolvidas. O resultado final é um número muito grande de materiais alternativos aos que vinham sendo tradicionalmente utilizados. Há um abandono do multi uso -um mesmo material para vários produtos- no sentido de uma especialização maior dos materiais - várias opções de material para um mesmo produto.

Como resultado minimiza-se tempo, trabalho e recursos financeiros dispendidos a cada projeto, além dos impactos ambientais, e maximiza-se desempenho, segurança, conforto e competitividade para o produtor e satisfação do consumidor final. Tudo isso com um ganho adicional de competência técnica geral para os setores envolvidos.

3 - Metodologia

A metodologia aplicada aos *cases* apresentados seguiu 3 etapas principais, que são: o conhecimento do resíduo, o conhecimento da aplicação e o conhecimento dos processos de transformação, conforme Figura 5.

Figura 5 – Etapas para a aplicação da Economia Circular



Na etapa do conhecimento do resíduo, são determinadas as características físicas, químicas e toxicológicas dos resíduos, suas formas e licenças de manuseio, bem como a análise quantitativa de oferta e demanda.

Na etapa do conhecimento da aplicação, é fundamental o conhecimento das características finais de desempenho dos produtos finais, bem como normas de utilização, compatibilidade de materiais e sua viabilidade financeira de processamento.

De posse das informações iniciais dos resíduos utilizados e da aplicação final dos produtos a serem obtidos, definem-se as etapas e processos para a sua execução. Nesta etapa, explicitam-se as formas de processamento, suas variáveis de processo e a viabilidade técnica e funcional para a sua execução.

4 – Resultados e Discussão

A seguir serão apresentados *cases* de aplicação prática da utilização de resíduos como matéria-prima para o desenvolvimento de novos materiais, conforme as bases da economia circular e logística reversa.

4.1 – Do Calçado para a Construção Civil: neste *case*, resíduos têxteis recobertos com poliuretano e de solas de EVA (Copolímero Etileno-acetato de Vinila) (Figura 6) da indústria calçadista foram processados de acordo com uma formulação específica e foram utilizados como agregado leve em substituição à areia convencional na construção civil.

Figura 6 – Resíduos da indústria calçadista



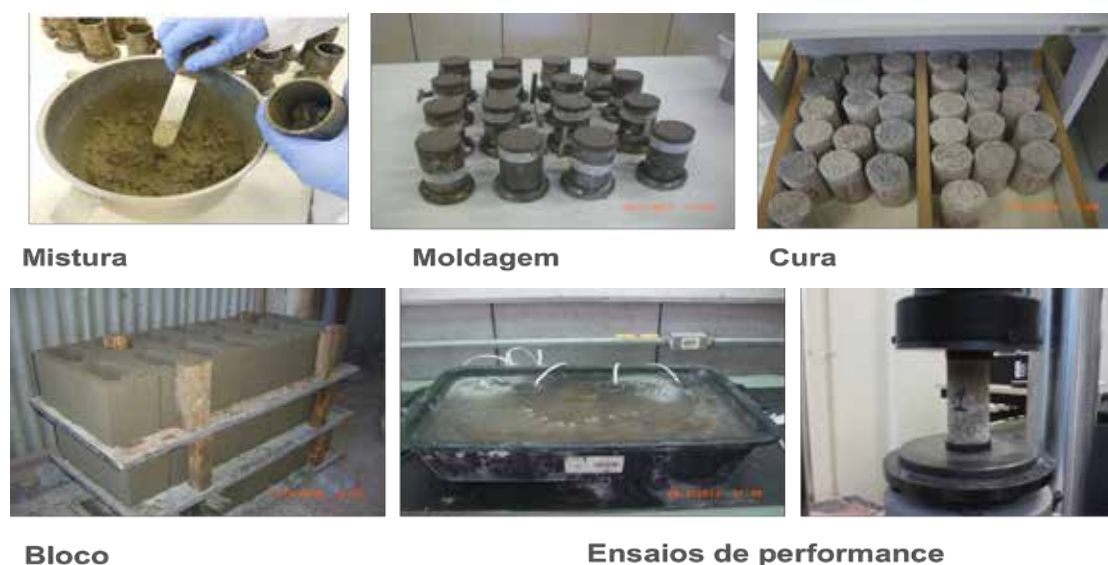
Estes resíduos foram moídos, extrusados, novamente moídos até a obtenção do agregado leve reciclado, conforme Figura 7.

Figura 7 – Processos para a obtenção do Agregado Leve Reciclado



Através de uma formulação adequada à sua utilização, o agregado leve reciclado foi incorporado à massa cimentícia para o desenvolvimento de elementos da construção civil, mais leves, mais baratos e de mesmo desempenho estrutural, conforme Figura 8.

Figura 8 – Mistura, moldagem e testes dos novos elementos da construção civil



4.2 – Da Ornamentação para a Parede: neste *case*, resíduos do processo de corte, polimentos e acabamento dos blocos de mármore (Figura 9) da indústria da ornamentação foram processados de acordo com uma formulação específica e foram utilizados como substituintes à areia em argamassa de assentamento na construção civil.

Figura 9 – Resíduos da indústria da ornamentação



As formulações de argamassas obtidas foram testadas conforme as normas específicas de desempenho, como o Ensaio de Consistência e a Resistência ao Arrancamento, conforme Figura 10.

Figura 10 – Ensaio de performance na argamassa de assentamento



Obteve-se um produto cuja formulação conseguiu substituir, em sua totalidade, a areia e a carga pelo pó de mármore, com igual processabilidade, consistência e expressiva redução de custo.

4.3 – Da Indústria Moveleira para a Construção Civil: neste *case*, resíduos da indústria moveleira (Figura 11) que utiliza placas de MDF (*Medium Density Fiberboard*) na confecção de móveis e utensílios são incorporados à uma formulação polimérica para a obtenção da chamada “madeira plástica”, tecnicamente conhecida como NWPC (*non-wood plastic composites*).

Figura 11 – Resíduos da indústria moveleira



Resíduos de MDF

Estes resíduos foram moídos, incorporados a uma matriz polimérica a base de PVC (Policloreto de Vinila), extrusados e peletizados, conforme Figura 12.

Figura 12 – Processamento para a obtenção do pellet de NWPC



Os *pellets* de NWPC foram novamente extrusados ou injetados para a obtenção de novos produtos para os mais variados mercados: construção civil, calçado, automotivo, metal-mecânico, entre outros. Peças (Figura 13) como assoalho e decks, postes, roda-pés, peças técnicas, tubos e apoios com ótimas propriedades de não inflamabilidade e não propagação da chama, baixa absorção de água e alta resistência à intempérie são os diferenciais em relação aos materiais tradicionais como madeira e aço.

Figura 13 – Novos produtos de NWPC





4.4 – Do Vestuário para a Construção Civil: neste *case*, resíduos têxteis (Figura 14) oriundos da indústria do vestuário foram processados no sentido de obter novos elementos para a construção civil.

Figura 14 – Resíduos da indústria têxtil

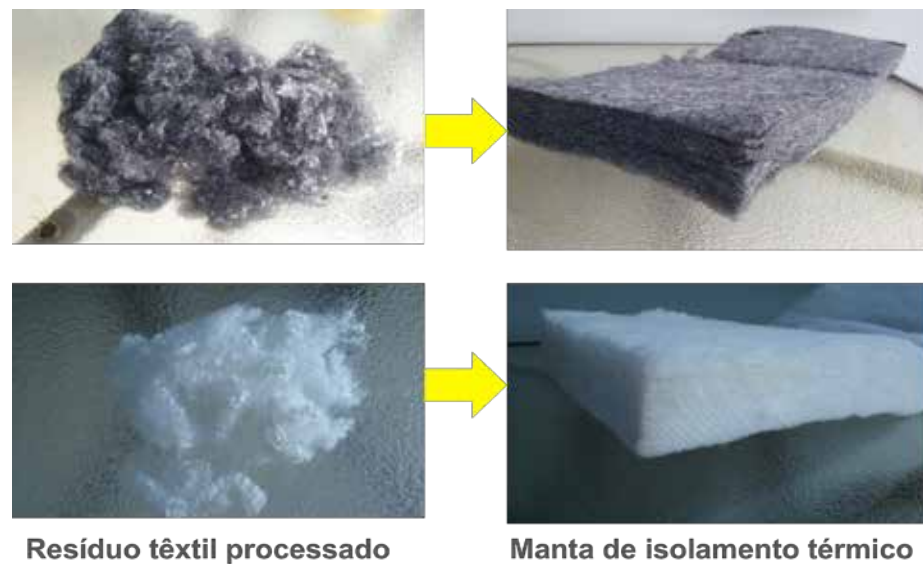


Resíduo têxtil

Estes resíduos foram moídos, aglutinados com fibras virgens e novamente termo-

mecanicamente formados através do processo de *wet-laid*, onde obteve-se mantas de diversas espessuras e gramaturas (Figura 15), no intuito de atuarem com a função de isolantes térmicos em modelos construtivos modulares ou contínuos.

Figura 15 – Mantas de Isolamento Térmico



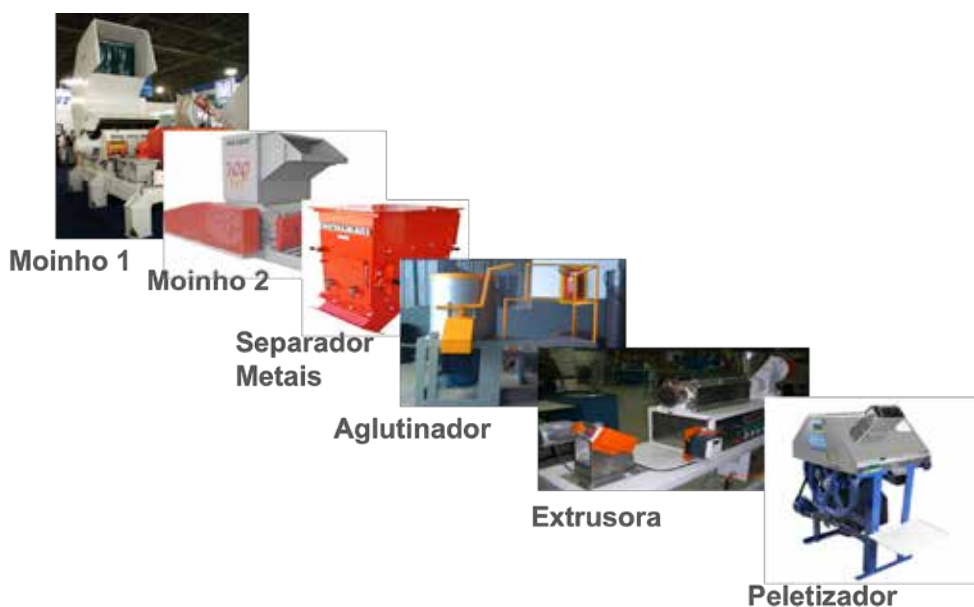
4.5 – Do Calçado para a Calçado: neste típico *case* de logística reversa, uma tradicional fabricante de sapatos femininos e outra focada em artigos esportivos (Figura 16), promoveram a coleta de seus produtos após o uso, em uma campanha de marketing e fidelização com a marca.

Figura 16 – Processamento de sapatos usados



Estes resíduos foram moídos, tiveram seus metais separados por imã, micronizados, aglutinados em matrizes poliméricas, extrusados, encapsulados e peletizados conforme as características dos futuros novos materiais, de acordo com a Figura 17.

Figura 17 – Processos para o encapsulamento dos resíduos



Uma vez obtido o *pellet*, direcionou-se o mesmo para o processo de injeção, onde novos materiais foram criados, segundo as particularidades do design e da sua funcionalidade técnica, conforme Figura 18.

Figura 18 – Novo produto obtido através do processo de injeção



5 – Conclusões

As oportunidades de novos materiais apresentadas e a aplicabilidade prática dos novos produtos obtidos através dos conceitos da Logística Reversa e Economia Circular produzidas a partir do resíduos das indústrias evidenciam um caminho cada vez mais sólido a ser trilhado, não só pela área do Design, como também pela Engenharia de Materiais. Com a escassez dos recursos naturais em função do aumento desenfreado do consumo mundial, a necessidade de substituir as matérias-primas tradicionais por resíduos da própria indústria ou de outra é uma realidade cada vez mais clara no mundo industrial.

No entanto, é importante destacar que o sucesso da escolha do método e dos novos produtos finais perpassa pela clara definição das características de performance requeridas pelas normas e critérios de desempenho. Nenhum processamento de resíduos e sua utilização total ou parcial como matéria-prima tem sentido se o produto final não tiver aceitação ou aplicabilidade real.

Paralelo a tudo isso, destaca-se ainda o dimensionamento físico-financeiro, de forma que todas essas novas etapas de processamento precisam ser mensuradas também no aspecto econômico. Custos de processamento do resíduo para deixá-lo na característica disponível para ser usado como matéria-prima não pode ser superior ao já praticado pelo processo atual acrescido do custo de disposição atual.

Adicionalmente, sob o aspecto ambiental e sustentável destaca-se que nos *cases* apresentados o reprocessamento do rejeito, que antes era descartado no meio ambiente, pode ser reciclado em um novo material compósito, minimizando os efeitos ao meio ambiente e o impacto antrópico.

Referências

- ANDRADE, L.; MEDEIROS, R. **Reaproveitamento de rejeitos de EVA para a produção de placas utilizáveis na construção civil**. Revista Científica Linkania Master. Ano 2. No. 3. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE COMPONENTES PARA COURO, CALÇADOS E ARTEFATOS - ASSINTECAL – **Quantificação do Uso de Materiais da Indústria Calçadista**. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Desempenho de Edificações Habitacionais**. Rio de Janeiro; 2013.
- BARAUNA, D.; SOUZA, S.; TREIN, F.A.; RAZERA, D.L. **Design para a Sustentabilidade na Economia de Materiais: uso de resíduos no desenvolvimento de produtos**. Revista Mix Sustentável - Edição 07/V3.N3. 2017.
- COELHO, L. **Tecnologia contra o desperdício**. Revista Arquitetura e Urbanismo, 22(161), 82-86. 2007.
- COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba. **Logística Reversa**. 2014.
- CRUZ, M.P.; **Aplicação de resíduo industrial para isolamento térmico: uma proposta para utilização do poliuretano de mamona com agregado de resíduo plástico termofixo**. Dissertação de Mestrado Programa de Engenharia de Produção, UFRN. Natal, RN, 2009.
- GADEA, J.; RODRIGUEZ, P.L.; CAMPOS, P.L.; GARABITO, J.; CALDERÓN, V. **Lightweight mortar made with recycled polyurethane foam**. Cement & Concrete Composites, v.32. p. 672 – 677. 2010.
- GATELLI, E. **Processo de Couro: aproveitamento eficiente da pele e subprodutos da cadeia**. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. UFRGS. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA – INMETRO, **Manual para implementação do REACH – Barreiras Técnicas às Exportações**. 1ª Edição. Rio de Janeiro. 2009.

JALALI, S.; PACHECO-TORGAL, F.; DING, Y. **Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): an overview**. Construction and Building Materials v.30.714 – 724. 2012.

LA MANTIA, F. **Handbook of Plastics Recycling**. Shropshire, UK: Rapra Technology Limited. 2002.

LEITE, P.R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. Pearson Prentice Hall, 2ª ed. São Paulo. 2013.

MEDINA, H.; NAVEIRO, R. M. **Materiais Avançados: Novos Produtos e Novos Processos na Indústria Automobilística**. Revista Produção. V.8, N. 1, p.29-44. Belo Horizonte. 1998.

PAPANEK, V. **Design para el mundo real: Ecologia humana e cambio social**. Madrid: Ediciones Blume, 1977.

PAZMINO, A. V. **Uma reflexão sobre Design Social, Eco-Design e Design Sustentável**. I Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. Anais. Curitiba, 2007.

ROBINSON, L.C., **Estudo sobre o nível de evolução da indústria calçadista para o desenvolvimento de calçados ecológicos**. Dissertação de Mestrado Ambiental – Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, 2009.

SANTIAGO, E.; LIMA, P.; LEITE, M.; TOLEDO FILHO, R. **Mechanical behavior of recycled lightweight concrete using EVA waste and CDW under moderate**. Revista IBRACON de Estruturas de Materiais, v.2, p. 211 – 221. 2009.

SILVA, R.C.; SANGOI, R.F.; ESPINOZA, M.W. **Relatório sobre a Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Estado do Rio Grande do Sul**: FEPAM e FNMA, 27p. 2006.

TREIN, F.; VARGAS, A.; RODRIGUES, M.; GOMES, J. **Evaluation of the Mechanical and Environmental Behavior of Alkali-Activated Mortars Containing PU/EVA-Based Waste**. Congresso Luso-brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis - CLB-MCS. Guimarães, Portugal. 2014.