

ASPECTOS AMBIENTAIS DA SUBSTITUIÇÃO DE COMPONENTES EM FIBRA DE VIDRO POR COMPONENTES EM ABS (ACRILONITRILA BUTADIENO ESTIRENO) EM UMA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE CARROCERIAS DE ÔNIBUS

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE REPLACEMENT OF FIBER GLASS COMPONENTS BY ABS (ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE) IN A BUS MANUFACTURING COMPANY

Jociel Simões Júnior¹, Nelson Brambratti Júnior², Marcelo Hemkemeieri³

¹Engenheiro Mecânico, aluno do Programa de Projeto e Processos de Fabricação, Universidade de Passo Fundo, RS, E-mail: jocielsimoes@gmail.com

²Engenheiro Mecânico, aluno do Programa de Projeto e Processos de Fabricação, Universidade de Passo Fundo, RS, E-mail: jbrambatti@gmail.com

³Professor do Programa de Projeto e Processos de Fabricação, Universidade de Passo Fundo, RS
E-mail: marceloh@upf.br

RESUMO

A utilização de componentes em plástico (ABS) ou compósito (polímero reforçado com fibra de vidro – PRFV) sempre despertou o interesse de engenheiros da indústria de diversas áreas, principalmente devido ao seu peso específico baixo combinado com boa rigidez e resistência. A utilização de componentes em ABS ou compósito nas indústrias vem substituindo enormemente a utilização de chapas de metal. Tais materiais possuem propriedades mecânicas que justificam sua utilização, no entanto, a reciclagem dos resíduos de plástico ou compósito, ao contrário do metal, depende de cada tipo de matéria prima e condição do resíduo após o processamento do produto final. Neste artigo são apresentadas particularidades do processo de fabricação de componentes em ABS e fibra de vidro que são utilizados em uma empresa de ônibus do Sul do Brasil, com a intenção de abordar os aspectos ambientais de cada processo. Com base no tema exposto concorda-se que a fibra de vidro é extremamente útil e possui um grande mercado na indústria de materiais leves, porém, deve-se atentar também aos perigos que os compósitos de fibra de vidro representam para o meio ambiente. Logo, o ABS é vantajoso, pois se trata de um termoplástico (100% reciclável), podendo retornar ao processo como matéria prima direta.

Palavras-Chave: Fibra de Vidro, ABS, Reciclagem, Reutilização, Carrocerias.

ABSTRACT

The use of plastic (ABS) or composite (glass fiber reinforced polymers) parts has always aroused the interest of industry engineers from different areas mainly due to its low specific weight combined with good stiffness and endurance. The use of ABS or glass fiber composite components is quite significant in the general industry and is replacing the use of metal plates in many cases. Such materials have mechanical properties that justify their use, however, their recycling of those, differently of metal plates, depends on each type of raw material and condition of the residue after processing the final product. This article presents particularities of manufacturing of components in ABS and fiber glass composite which are used in a bus manufacturing company in southern Brazil, with the intention of addressing the environmental aspects of the case. Based on the above theme is agreed that the fiber glass composite are extremely useful and have a big market in the lightweight materials industry, however, one should also pay attention to the dangers that the fiber glass represents to the environment. Therefore, the ABS is advantageous because it is a thermoplastic polymer (100% recyclable), allowing return to the process as raw material directly.

Keywords: Fiber Glass, ABS, Recycling, Reuse, Bodywork.

1 – INTRODUÇÃO

Dentre os materiais compósitos, o reforço tipo fibra de vidro tem despertado grande interesse em engenheiros da indústria de diversos setores como automotiva, da construção, mecânica, metalúrgica, farmacêutica, naval, aeronáutica, aeroespacial, entre outras.

A produção de fibras de vidro teve início na antiga Síria, Grécia e Egito. Há, aproximadamente, 250 a.C. artesãos começaram a produzir as fibras por meio de uma vara de vidro aquecida para aplicar como relevo sobre a superfície de produto acabados. Comercialmente, a fibra de vidro começou a ser desenvolvida no ano de 1939, no

decorrer da 2ª Guerra Mundial, com o intuito de fornecer rigidez e leveza aos equipamentos bélicos (OTA, 2004).

Atualmente, as fibras de vidro são aplicadas em mais de 35.000 produtos, sendo que as mais utilizadas são as do tipo E (E-glass). Essas fibras são obtidas a partir de uma mistura de óxidos de Si, Al, B, Ca e Mg e são normalmente usadas como reforços para termoplásticos devido ao seu baixo custo (OTA, 2004).

A fibra de vidro é composta por filamentos muito finos de vidro, que se agregam por meio de aplicações de resinas, silicones, fenóis e outros compostos solúveis em solventes orgânicos. Ela também recebe outra substância

catalisadora que pode conter óxidos de potássio, ferro, cálcio e alumínio (SOARES *et al.*, 2007).

As fibras de vidro possuem geralmente de 5 a 20 microns de diâmetro e suas superfícies não são livres de falhas, além de estarem intrinsecamente ligadas a irritações na pele humana (WAMBUA; IVENS; VERPOEST, 2003). Essas fibras são usadas para reforçar matrizes poliméricas, de modo a obter compósitos estruturais e componentes moldados. Os compósitos de matriz plástica reforçada com fibras de vidro apresentam as seguintes características favoráveis: elevado quociente entre resistência e peso (resistência específica), boa estabilidade, boa resistência ao calor, à umidade e à corrosão, facilidade de fabricação e custo relativamente baixo. Por esse motivo é de longe o reforço mais utilizado (BARCELLOS; SOUZA; SELKE, 2009).

Segundo GE SPECK (2009), as resinas de ABS são copolímeros formados por um componente elastomérico (butadieno) e dois componentes termoplásticos amorfos (acrilonitrila e estireno). O componente elastomérico, o butadieno, é responsável pela flexibilidade e resistência ao impacto. O estireno proporciona fluidez, brilho e dureza, e a acrilonitrila é responsável pela resistência térmica, química e rigidez. Por meio do balanceamento destes três componentes, obtém-se excelentes relações de custo/desempenho, tornando-os capazes de atender a uma grande variedade de mercados, como as indústrias automobilísticas, eletroeletrônica, eletrodoméstica, de brinquedos etc. Para Vossen (2009), o ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno) é um termoplástico que consiste em uma fase de borracha (butadieno) dispersa em uma matriz de SAN (copolímero de acrilonitrila Estireno), também denominado terpolímero.

As principais propriedades das resinas de ABS são: boa resistência ao impacto, boa resistência térmica, alta rigidez, alta dureza, excelente estabilidade dimensional, baixa contração de moldagem, baixa absorção de umidade, brilho superficial e boas propriedades dielétricas. Em termos de processamento, o ABS pode ser injetado, extrudado e soprado.

Segundo Wright, *apud* Vossen (2009), o *stress cracking* é o termo que descreve o aparecimento de trincas e fragilização de um material plástico devido à atuação simultânea de esforços, tensões, e o contato com fluidos específicos. Muitas vezes o esforço é provocado durante o processo de moldagem e pode induzir a falha em campo. O contato com fluidos pode ser por imersão ou por conter líquidos como em tubos, garrafas etc., ou ainda pelo uso de adesivos, tintas, vernizes, agentes de limpeza e lubrificação. Os efeitos podem ser desde o comprometimento da aparência até a ruptura.

A conscientização das empresas de transformação de plásticos quanto à diminuição da geração de resíduos poliméricos vem trazendo benefícios ao meio ambiente. Este benefício vem desde a redução do consumo de matéria prima até a economia de água e energia elétrica. Outra estratégia adotada pelas empresas para reduzir o impacto ambiental é reintroduzir o descarte ou resíduo polimérico no processo produtivo, transformando-o em um

produto de menor valor agregado ou destinado a uma mesma aplicação.

O departamento de engenharia da Volkswagen do Brasil, por exemplo, calcula que, entre peças e componentes, são empregados polímeros numa proporção entre 8 a 10 por cento do volume e peso em seus diversos modelos de automóveis e utilitários.

O PRFV (polímero reforçado com fibra de vidro) desperta o interesse das indústrias, porém, também constitui uma ameaça, pois possui uma baixa degradabilidade, além de conter resinas tóxicas ao meio ambiente e a saúde dos trabalhadores envolvidos (KEMERICH *et al.*, 2013). A substituição destes materiais ainda enfrenta dificuldade com relação a manutenção das propriedades mecânicas (SOARES *et al.*, 2007).

O objetivo deste artigo foi discutir, sob o ponto de vista ambiental, as principais vantagens e desvantagens da utilização do ABS ou compósito por meio de um estudo de caso numa indústria de carrocerias de ônibus do Sul do Brasil.

2 – DESENVOLVIMENTO

Esta pesquisa, na forma de estudo de caso, foi desenvolvida junto a uma indústria de carrocerias de ônibus do Sul do Brasil avaliando os impactos ambientais da substituição da fibra de vidro pelo ABS na fabricação de carrocerias de ônibus.

2.1 – Fabricação dos componentes em fibra de vidro

Geralmente os processos de fabricação de compósitos de fibra de vidro são *Spray Up*, *Vacuum Forming* (moldagem a vácuo) e *RTM Light*.

O processo de laminação, *Spray Up*, conforme Figura 1, consiste em aplicar resina e fibra de vidro na superfície de um molde e em seguida utilizam-se roletes metálicos para eliminação de bolhas de ar que comprometem a qualidade da peça. É feita em molde aberto, com possibilidade de produzir uma grande variedade de peças. Se um bom acabamento da peça é desejado, deve-se aplicar gel *coat* sobre o molde. Características do processo *Spray Up* são os baixos valores de investimentos e a aplicação para pequenos volumes.

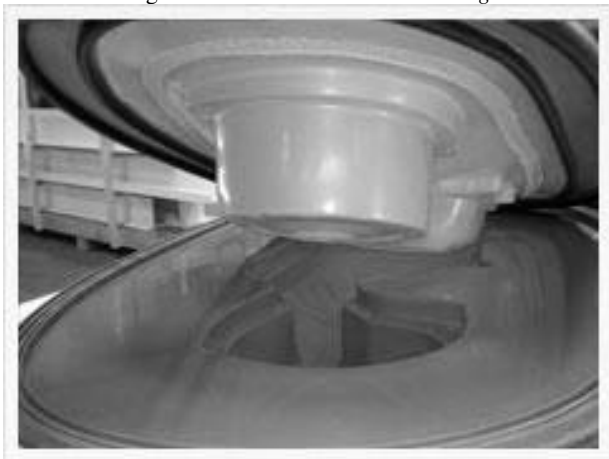
Figura 1 – Laminação pelo processo de *spray-up*





O Processo *Vacuum Forming*, conforme Figura 2 – moldagem à vácuo, é para médios volumes de produção. A versatilidade oferecida pelo sistema possibilita baixos investimentos em moldes de resina ou alumínio. As peças moldadas podem ter formas em alto e baixo relevo, ser texturizadas e na cor final do produto.

Figura 2 – Processo *Vacuum Forming*



O RTM *Light*, conforme Figura 3, é um sistema de produção de peças de plástico reforçado em moldagem fechada assistida por vácuo e com uso de baixa pressão, que une as vantagens do RTM às propriedades de materiais de última geração, como mantas moldadas, enxertos e resinas avançadas. As peças moldadas tem boa resistência à corrosão e resistência à alta temperatura.

Em comparação com o sistema aberto (*spray-up*), o RTM *Light* emite muito pouco estireno no meio ambiente, obedece a um sistema de padronização e regularidade de produção (em sistema e em produto final), praticamente isola o trabalhador do contato com a resina e permite extrema flexibilidade de uso (peças de pequenas e enormes dimensões, estruturais ou em material sanduíche).

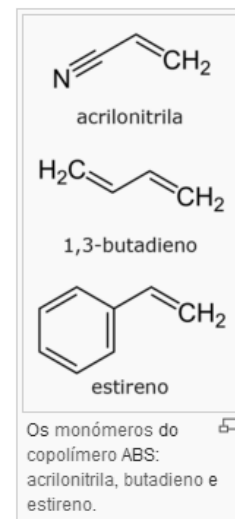
Figura 3 – Processo RTM *Light*



2.2 – Fabricação dos componentes em ABS

Conforme visto acima, O ABS é um copolímero (Figura 4) derivado de três monômeros: acrilonitrila, butadieno e estireno. A acrilonitrila é um monômero sintético produzido a partir do hidrocarboneto propileno e amoníaco; o butadieno é um alceno que se obtém a partir da desidrogenação do butano, um dos processos de obtenção economicamente viáveis; e o estireno produz-se a partir da desidrogenação do etilbenzeno, um hidrocarboneto aromático obtido na reação do etileno com o benzeno.

Figura 4 – Monômetros do ABS

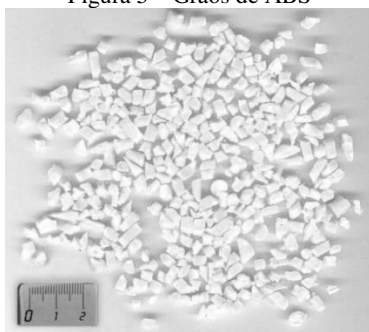


O copolímero do ABS é obtido por meio da polimerização da acrilonitrila e do estireno na presença do polibutadieno. As proporções desta composição podem variar de 15% a 35% de acrilonitrila e 40% a 60% de estireno, com 5% a 30% de butadieno. O resultado é uma longa cadeia de polibutadieno interligada por cadeias curtas de acrilonitrila com estireno, poli(estireno-co-acrilonitrila). Os grupos de nitrilas das cadeias vizinhas, por serem polares, atraem-se uns aos outros ligando as

cadeias, fazendo assim com que o ABS seja mais forte que o poliestireno puro, vulgarmente conhecido por esferovite. O estireno confere-lhe uma superfície brilhante e impenetrável, e o butadieno, que é uma substância borrachosa, dá-lhe uma flexibilidade que se estende às temperaturas baixas.

Os grãos de ABS, conforme Figura 5, podem ser encontrados em tipos adequados para moldagens por injeção, extrusão, por sopro, expansível e para conformações a quente. Alguns tipos de ABS são compostos com outros tipos de resinas tendo a finalidade de atingir propriedades especiais. O ABS é característico pela facilidade na sua moldagem. Outras resinas ABS são empregadas para alterar a rigidez do PVC para sua utilização em tubos, chapas e peças moldadas.

Figura 5 – Grãos de ABS



A principal forma de fabricação de componentes em ABS para a indústria de ônibus é o *Vacuum Forming*. É um processo de termoformagem onde uma chapa plástica é aquecida sobre um molde com o formato da peça desejada. Quando a chapa alcança sua temperatura de moldagem, é sugada na direção do molde por um forte vácuo, assumindo assim o formato do molde. As bordas que sobram das peças são recotadas e posteriormente reaproveitadas.

2.3 – Estudo de caso

Muito se discute as diferenças entre o ABS e a Fibra de Vidro na utilização em carrocerias de Ônibus. Com base nesta discussão, seguem algumas comparações.

2.3.1 – Características de design – tecnologia

Nota-se cada vez mais a presença do plástico embarcado em ônibus. A justificativa é que o plástico reduz o custo e o peso, economiza combustível e melhora o nível de segurança de motoristas e pedestres, além de proporcionar melhor acabamento, de permitir concepção mais moderna, bonita e versátil aos veículos. Hoje, os polímeros estão fortemente presentes no ambiente interno do veículo, como painel, bancos, forração, tampos, retrovisor, direção e outros. Também estão presentes no motor em tampos, cabos, filtros, bujões de água, óleo e combustível. Na parte externa, em grades, faróis e lanternas, para-choques, em frisos, calotas, espelhos retrovisores.

2.3.2 – Características físicas

Fisicamente, o ABS e o PFRV, são materiais com baixo peso específico, o que lhes confere a vantagem de dar leveza para os componentes. Quando os componentes em ABS e PFRV com espessuras semelhantes são comparados, ambos possuem uma boa rigidez e boa resistência que, quando necessário, são melhoradas com uma estrutura em alumínio ou aço. Oferecem um bom equilíbrio entre resistência à tração, ao impacto e à abrasão, resistência ao calor e resistência química.

2.3.3 – Características de modelagem (peça final)

Considerando a modelagem de peças, o ABS possui um tempo menor de tiragem de peças, de 30% a 40% menor do que peças em fibra de vidro. O ABS passa pelo aquecimento da chapa, conformação da chapa sobre o molde e resfriamento da mesma. Já o PRFV, passa pela deposição da fibra e resina sobre o molde e após deve passar pelo tempo de cura, o que é relativamente demorado, quando comparado com o tempo de resfriamento da chapa de ABS.

2.3.4 – Características econômicas

Quando se trata de investimentos de aquisição de consumos e equipamentos, os processos de fabricação de peças para ambos os materiais são muito parecidos. Os moldes para tiragem das peças são praticamente iguais, pois ambos possuem moldes em fibra de vidro. Sobre a matéria prima, devido ao ABS ser um termoplástico e ser 100% reciclável, as chapas em ABS são coextrudadas em duas camadas que geralmente dividem-se em 60% de matéria virgem e 40% de matéria reciclada, barateando a matéria prima. Já o PFRV é constituído de resina poliéster, que sendo um termofixo não volta a cadeia produtiva. Os resíduos e peças danificadas de PFRV são 100% descartados e muitas vezes com grandes custos econômicos.

2.3.5 – Característica do processo de fabricação dos componentes

Uma das principais desvantagens do processo de produção de componentes em PFRV são as emissões de estireno e as partículas de fibra de vidro em suspensão no ar que estão diretamente ligadas a irritações e problemas nos olhos, pele, nariz e gargantas. Sendo assim, medidas devem ser tomadas para otimizar o processo produtivo para evitar ao máximo a geração indevida destes produtos que tem como característica uma degradabilidade muito lenta, gerando problemas para saúde, ambientais e econômicos. Deve-se ainda ter atenção com a saúde do trabalhador que estiver envolvido com o processo de fabricação para que este use corretamente o equipamento de proteção individual e se mantenha seguro das ameaças que possam vir a lhe prejudicar.

2.3.6 – Características da reciclagem – resíduos

A geração de grandes quantidades de rebarbas na fabricação dos componentes do PFRV é responsável pela maioria dos resíduos do processo. Uma alternativa para esses resíduos está na reincorporação na construção civil, por meio da moagem dos resíduos gerados no processo e da mistura destes em argamassas, ou até mesmo na construção de calçamentos. Ainda é um processo caro, pois se trata de um material extremamente duro e de difícil moagem, necessitando uma grande quantidade de energia. Atualmente o destino da grande maioria dos resíduos com fibra de vidro são aterros sanitários de Classe 1, que se destinam a resíduos industriais perigosos, caracterizados por serem inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e/ou patogênicos, possuindo um grande custo de manutenção pelo responsável dos resíduos.

O ABS, por ser um polímero termoplástico, é composto de longos fios lineares ou ramificados, sendo assim, diferente do PRFV. A vantagem deste material está na remoldagem, pois este plástico pode ser reciclado várias vezes. O interesse na reciclagem primária do ABS é crescente, principalmente para a indústria automobilística que utiliza muito este material. A reciclagem primária pode ser realizada pela própria indústria de transformação de polímeros ou empresa terceirizada. O material a ser reciclado é proveniente do corte das rebarbas de peças, aparas dos moldes, peças defeituosas, entre outros. Os resíduos destinados a esta recuperação são reciclados para minimizar, às vezes zerar, a quantidade de descartes. Sendo também um resíduo de reciclagem primário, existe a possibilidade de retorno econômico pela venda do mesmo.

Os veículos brasileiros, conforme destacam fornecedores de peças e acessórios, levam de 100 a 150 quilos de material plástico, enquanto que na Europa chegam a 200 quilos (REVISTA ENGENHARIA, 2013). Obviamente, caminhões e ônibus consomem muito mais peças e componentes fabricados com essa matéria prima.

Atualmente, na região da serra gaúcha cresce o acúmulo de resina poliéster reforçada com fibra de vidro, atingindo a marca de 80 toneladas por mês, o que vem gerando grande transtorno quanto ao depósito em aterros locais e inutilização de matéria prima (FONTAN, 2009). A facilidade em obtenção destes compósitos tem gerado problemas ambientais, pois há a geração de grandes quantidades de rebarbas na fabricação das mantas de fibra de vidro (FONTAN, 2009).

A composição básica dos laminados é de 70 a 75% de resina poliéster insaturada e de 25 a 30% de fibra de vidro. Porém, testes de calcinação demonstraram que no resíduo, a proporção é praticamente o inverso, com aproximadamente 70% de fibra de vidro e 30% de resina (GRIJÓ; BRUGGER, 2011). Segundo Silva (2010), “esta variação ocorre devido à forma de confecção do laminado, pois o refugo é composto principalmente pelas rebarbas geradas no processo”.

Segundo Fontan (2009), “os resíduos gerados contêm elevados teores de cargas minerais, porém fibra de vidro e resina em menor proporção”. Já Joshi *et al.* (2003) afirmam que “a fibra de vidro em sua forma original é um

material seguro, mas quando tratada, ela recebe metais tóxicos, como o cromo, tornando-se tóxica”.

O principal problema se daria no momento da produção da fibra de vidro, quando trabalhadores podem entrar em contato direto com o material ou com seus fragmentos, irritando olhos, pele, nariz e garganta. Altos níveis de exposição a fragmentos de fibra de vidro podem agravar asma e bronquites (ORTH; BALDIN; ZANOTELLI, 2012). Cerca de 80% das dermatoses ocupacionais são produzidas por agentes químicos como solventes e resinas que são amplamente utilizados pela indústria de compósitos (ORTH; BALDIN; ZANOTELLI, 2012). Além dos problemas ambientais, um dos principais riscos diz respeito ao “pó de fibra” resultante do manuseio e do corte da própria fibra ou do compósito. Esse “pó” pode causar irritações temporárias (JOSHI *et al.*, 2003).

Outro problema relacionado à laminação de componentes com fibra de vidro refere-se às emissões de estireno durante o processo de fabricação. O estireno e alguns produtos fabricados a partir dele, dentre eles a resina poliéster, são muito voláteis e liberam vapores tóxicos prejudiciais à saúde. As vias de entrada no organismo podem ser: inalação, olhos e pele. Na pele, pode causar irritações futuras. Se inalado, a superexposição pode causar irritação do sistema respiratório e outras membranas mucosas. Quando em contato com os olhos, pode causar irritação moderada, incluindo sensação de queima, lágrimas, vermelhidão ou inchaço. A exposição repetida ou prolongada ao estireno pode causar ainda, náuseas, perda de apetite, depressão do Sistema Nervoso Central e debilidade geral (ORTH; BALDIN; ZANOTELLI, 2012).

CONCLUSÃO

Dentro da indústria de ônibus, onde o ABS e o PFRV são fortemente utilizados principalmente para o acabamento e características visuais, existe uma vantagem quando se trata do ABS. A princípio o ABS e o PFRV possuem características físicas, mecânicas e estéticas muito parecidas, mas as aparências acabam por aí, pois quando se trata do processo produtivo as vantagens do ABS sobre o PFRV são claras. A fabricação de componentes em ABS é muito mais limpa, pois, a fabricação de peças em PFRV oferecem riscos à saúde dos trabalhadores devido aos produtos voláteis e particulados em suspensão no ar. Quando se trata da reciclagem de resíduos e peças defeituosas, essa substituição de matéria prima fica ainda mais evidente, pois o ABS é um material termoplástico totalmente reciclável que volta à cadeia de produção novamente como matéria prima. Já a fibra de vidro de sobras de PFRV é totalmente descartada e gerando custos para a manutenção o desse resíduo em aterros.

A busca pelo desenvolvimento está intrínseca ao comportamento humano, porém, deve-se juntamente deste aliar práticas sustentáveis, reutilizando/reaproveitando os materiais inutilizáveis em outros ciclos, para que haja uma redução de energia nos processos produtivos e, desta forma, moldar um novo comportamento à cultura do ser

humano como um todo, objetivando um futuro sustentável.

REFERÊNCIAS

- BARCELLOS, I. O.; SOUZA, A. C.; SELKE, A. E.; Incorporação de Lodo Industrial em Compósitos de Resina Poliéster. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 2, p. 155-159, 2009.
- FONTAN, O. **Aplicação de tramas de fibras de pupunheira (Bactris Gasipaes, H.B.K.) em compósitos híbridos com fibra de vidro em matriz de resina poliéster insaturado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos), Universidade da Região de Joinville, SC, 2009.
- GE, GENERAL ELETRIC, SPECK. **Catalogo**. Sem data. Pesquisado em 2009.
- GRIJÓ, P. E. A.; BRUGGER, P.; Estudo Preliminar para Gestão Ambiental na Produção de Pranchas de Surfe. In: **International Workshop Advances in Cleaner Production**, São Paulo, SP, 2011.
- KEMERICH, P. D. C.; PIOVESAN, M; BERTOLETTI, L. L.; ALTMAYER, S.; VORPAGEL, T. H. Fibras de vidro: caracterização, disposição final e impactos ambientais gerados. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v. 10, n. 10, p. 2112-2121, 2013.
- JOSHI, S. V.; DRZALB, L. T.; MOHANTYB, A. K.; ARORAC, S. Are natural fiber composites environmentally superior to glass fiber reinforced composites? **Composites: Part A**, v. 35, p 371–376, 2003. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2003.09.016>.
- LJUNGBERG, L. Y.; EDWARDS, K. L. Design, Materials Selection and Marketing of Successful Products. **Materials & Design**, Surrey, v. 24, n. 7, p. 519-529, 2003.
- LIMA, R. M. R. **Aplicação da AET como Contribuição ao Projeto para Meio Ambiente com Ênfase na Reciclagem**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2003.
- MORETTO, T. B. C. **Estudo de caso: Reciclagem de ABS aditivado com retardante de chama**. Trabalho de conclusão de curso (graduação), Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Graduação em Engenharia de Materiais, 2009.
- ORTH, C. M.; BALDIN, N.; ZANOTELLI, C. T. Implicações do processo de fabricação do compósito plástico reforçado com fibra de vidro sobre o meio ambiente e a saúde do trabalhador: o caso da indústria automobilística. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v. 12, n. 2, p. 537-556, 2012.
- OTA, W. N.; **Análise de compósitos de polipropileno e fibras de vidro utilizados pela indústria automotiva nacional**. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia)- Universidade Federal do Paraná, PR, 2004.
- REVISTA ENGENHARIA**. Engenho Editora Técnica Ltda. São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com/portal/>. Acesso em: 02 fev. 2015.
- SILVA, H. S. P. **Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras de curauá e híbridos com fibras de vidro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- SILVA, R. A.; REZENDE, M. C. **Erosão em Compósitos à Base de Fibras de Vidro/Kevlar e Resina Epóxi de uso Aeronáutico**. São José dos Campos, SP, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/po/v13n1/15073.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2012.
- SOARES, R. R.; VIEIRA, C. A. B.; FREIRE, E.; AMICO, S. C.; ZATTERA, A. J. **Influência do tipo de fibra nas propriedades de compósitos processados por moldagem por transferência de resina**. Departamento de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul, RS, Anais do 9º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2007.
- VOSSSEN, C. A. **Nacompósitos de ABS/PA e argilas organofílica**. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- WAMBUA, P; IVENS, J; VERPOEST, I. **Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?** Elsevier Science, Belgium, 2003. PMID:12585602.