

DESENVOLVIMENTO DE UMA CARENAGEM PARA VEÍCULO OFF-ROAD POR MEIO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS

Patrícia Narjara de Almeida Justino – narjarajustino@gmail.com
Universidade Federal de Itajubá
Av. Prefeito Li Guerra, 413, apartamento 106, bloco 03b, Praia
35900-279 – Itabira – Minas Gerais

Diego de Souza Valadares – disvaladares@gmail.com
Universidade Federal de Itajubá
Rua C, 50A, Vila Salica
35900-777 – Itabira – Minas Gerais

José Carlos de Lacerda – jlacerda.cem@gmail.com
Universidade Federal de Itajubá
Rua Irmã Ivone Drumond, Distrito Industrial II
35903-087 – Itabira – Minas Gerais

Carolina Lipparelli Morelli – carollmorelli@gmail.com
Universidade Federal de Itajubá
Rua Irmã Ivone Drumond, Distrito Industrial II
35903-087 – Itabira – Minas Gerais

Resumo: O estudo descrito no presente artigo é resultado de um projeto de extensão desenvolvido pela equipe MountainBaja, por graduandos em engenharia de materiais da Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira (MG) e seus orientadores. Com o intuito de aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula e proporcionar um aprendizado do trabalho em equipe, durante o desenvolvimento de projetos e protótipos, foram analisados diferentes materiais poliméricos reciclados para serem utilizados na carenagem de um veículo off-road. A pesquisa inicial teve como objetivo avaliar os métodos de conformação, a viabilidade de uso e as propriedades mecânicas desses diferentes materiais, tendo resultado na seleção do poli(etileno de alta densidade), PEAD. Na sequência a carenagem do veículo off-road foi fabricada e o veículo participou da competição Baja Nacional SAE Brasil (Sociedade dos Engenheiros da Mobilidade), tendo sido aprovado em todas as provas, com pontuação especial no quesito de inovação e design da carenagem, devido principalmente ao caráter de sustentabilidade do projeto, além do atendimento a todas as normas de segurança exigidas. O resíduo de PEAD foi conseguido através de uma parceria com uma empresa de Itabira-MG, cidade onde fica a Universidade na qual o projeto foi desenvolvido, que tinha interesse em dar uma destinação mais adequada aos frascos plásticos de óleos automotivos usados descartados em grande quantidade (mais de 100 unidades por semana). O resultado do estudo acerca do tema proposto pode confirmar que é possível e viável a utilização de materiais recicláveis de poli(etileno de alta densidade), PEAD, em carenagens de veículos off-road (tipo baja).

Palavras-chave: Material reciclável. PEAD. Veículo tipo baja. Carenagem. Projeto de extensão.



1 INTRODUÇÃO

Os alunos da engenharia de materiais devem aprender conceitos relacionados à seleção, desenvolvimento, processamento e caracterização de materiais, além de fundamentos na área de mecânica e elétrica. Além da teoria vista em sala de aula é fundamental a aplicação desses conhecimentos em trabalhos práticos que favoreçam a consolidação dos aprendizados. Na UNIFEI (Universidade Federal de Itajubá), *campus* Itabira, os conceitos teóricos ligados à engenharia de materiais foram aplicados dentro de um projeto de extensão que visa o desenvolvimento de um veículo *off-road*, na categoria baja, para participação em competições em níveis regional, nacional e internacional administradas pela SAE Brasil (Sociedade dos Engenheiros da Mobilidade).

Além de fomentar a aplicabilidade dos conhecimentos teóricos, o envolvimento de alunos em um projeto de extensão como esse propicia o aprendizado do trabalho em equipe, do cumprimento de prazos, do desenvolvimento de projetos, protótipos e do exercício da disciplina, do comprometimento e da proatividade.

Dentro desse contexto, o presente artigo trata do desenvolvimento de uma carenagem para veículo *off-road* feita conforme as exigências regulamentadas pela SAE, que requer painéis flexíveis que "[...] devem ser projetados para prevenir a intrusão de detritos e objetos externos ao habitáculo do piloto em qualquer condição de pista"[REGULAMENTO BAJA SAE BRASIL (RATBSB) – EMENDA 0 2018, p. 57]. Assim definimos que o termo carenagem representa estes painéis fixados ao veículo para a proteção do piloto. Neste trabalho objetivou-se a viabilidade da construção de painéis de carenagem para veículos baja proveniente de material reciclável, visando a sustentabilidade e inovação. Segundo a CEMPRES (Compromisso Empresarial para Reciclagem) em 2011 aproximadamente 953 mil toneladas de plástico foram recicladas. Dentre os plásticos que podem ser reciclados temos as embalagens de óleos lubrificantes, que são feitas de poli(etileno de alta densidade), PEAD. A Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, em sua NBR-10004, classifica as embalagens de óleo lubrificante usado como resíduo perigoso por apresentar toxicidade e os maiores responsáveis pelo descarte desse material são os centros automotivos. Sabendo disto, foi fechada uma parceria com uma empresa da cidade de Itabira-MG, onde fica nosso campus universitário, a fim de ajudar no destino de seus resíduos, visto que a reciclagem desse tipo de embalagem é difícil de ser realizada.

Desta forma, o presente projeto trata de dar vida a um novo produto de acordo com as especificações do Baja SAE Brasil, colocando em prática tudo que é visto em sala de aula, que é o objetivo maior da competição, e buscando inovação no uso de materiais.

Para confecção de peças plásticas podem ser usadas diversas formas de conformações de materiais poliméricos, como a extrusão, a injeção, o método de conformação por solubilização (*casting*) e a prensagem térmica. No presente projeto, considerando as dimensões das placas que deveriam ser preparadas para montagem da carenagem e as propriedades reológicas e térmicas do material selecionado, foi escolhido o processo da prensagem térmica, seguido da fixação das placas com fitas de borracha, conforme explicado na metodologia.

2 METODOLOGIA

2.1 - Seleção dos materiais e do processo de conformação

Visando a construção de uma carenagem flexível, de fácil manipulação e boa resistência, que permita ser parafusada, cortada e facilmente deformada, sem lascas, rachar ou estilhaçar, temos



como possíveis opções os materiais poliméricos. E objetivando o desenvolvimento sustentável optamos por utilizar os materiais plásticos reciclados. Preliminarmente, foram feitos testes para a escolha do melhor processo de conformação, a fim de se obter uma placa com as características descritas acima, com seis tipos diferentes de materiais poliméricos, conforme descrito adiante.

Paralelamente foi feito um levantamento das possíveis técnicas de conformações a fim de se obter uma placa com uma espessura de aproximadamente 0,3 cm. Com isso chegamos nas técnicas de moldagem em solução (*casting*) e moldagem por pressão a quente, a partir do fundido. A moldagem em solução consiste no espalhamento de uma solução do polímero em uma superfície lisa e evaporação do solvente para obtenção de um filme plástico contínuo. Porém, neste método é necessária uma grande quantidade de solventes orgânicos, muitas vezes tóxicos, que devem ser manipulados em capela laboratorial. Além disso, é um método mais propício para obtenção de filmes finos e existe dificuldade em se obter uma espessura homogênea nas dimensões desejadas.

A moldagem por pressão a partir do fundido, é uma operação de conformação que consiste na fusão e compactação de uma massa (na menor granulometria possível), contida no interior de um molde ou apenas na chapa da prensa, através da aplicação de uma pressão pré-estabelecida. Este método mostrou ser ideal para a confecção das placas desejadas. Diferentes condições de processo foram testadas para a definição da melhor condição, apresentadas mais abaixo.

2.2 - Aquisição e tratamento inicial dos materiais

Inicialmente foi feita a coleta dos diferentes tipos de materiais poliméricos, por meio de uma campanha de coleta na nossa própria universidade, dentre os materiais arrecadados encontram-se: poli(tereftalato de etileno) - PET; poli(etileno de alta densidade) - PEAD; poli(cloreto de vinila) - PVC; poli(etileno de baixa densidade) - PEBD; poli(propileno) - PP; e poli(estireno) - PS. Estes materiais foram higienizados, picados e cortados em tamanhos uniformes com o auxílio do moinho de facas, foram secos em uma estufa e prensados em uma prensa com aquecimento, respeitando as temperaturas de amolecimento e degradação de cada material. Assim, foi possível comparar qual material permitiria obter as características já mencionadas de uma boa carenagem, sendo que o poli(etileno de alta densidade) - PEAD demonstrou ter um potencial uso para esta aplicação. O resíduo de PEAD foi conseguido através de uma parceria com uma empresa da região que possuía como empecilho o descarte das embalagens de óleo automotivo, feito em um volume de 100 embalagens por semana.

2.3 - Confecção do molde e fabricação das placas

O PEAD reciclado moído e seco foi depositados no centro da cavidade de um molde de aço 1020, nas dimensões de aproximadamente 25x25x0,3cm conforme demonstrado na Figura 1. Para ajudar no desmolde das placas, foram utilizadas duas placas de teflon nas dimensões do molde, a fim de formar um sanduiche,.

A espessura utilizada foi baseada nas espessuras das placas de materiais poliméricos geralmente utilizados pelas equipes, de forma a manter uma ótima flexibilidade e alta resistência ao impacto. Foram feitos cálculos da quantidade de material ideal para a dimensão do molde definido, por meio da densidade, como demonstrado abaixo:

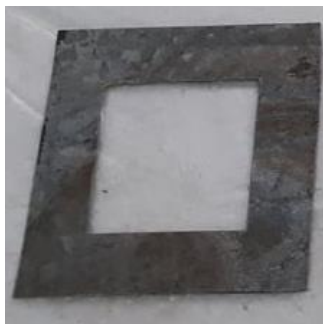
$$m = \rho * v \quad (1)$$

$$m = 0,945 \text{ [g/cm}^3\text{]} * 187,5 \text{ [cm}^3\text{]} = 177,1875 \text{ [g]}$$

Onde ρ é a densidade do PEAD, v é o volume do molde e m é a massa ideal para preencher o molde.

Com isso, foi possível estabelecer os seguintes parâmetros ideais: prensagem a uma temperatura de 225 °C durante 12 minutos e com 6 toneladas de pressão.

Figura 1 – Molde para confecção das placas pelo método de prensagem.

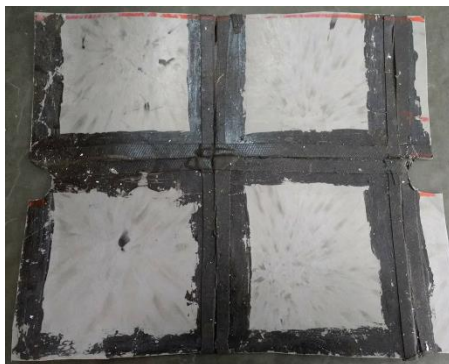


Fonte: Autores do estudo.

2.4 - Junção das placas

Devido ao tamanho da prensa disponível para a conformação das placas (colocar dimensões das placas metálicas da prensa – mais ou menos, não precisa ir lá medir), não foi possível moldar uma placa contínua para fazer toda a lateral da carenagem, de dimensão 120x50x0,3cm, tendo sido necessário o desenvolvimento de um método para junção das placas menores. Utilizando os recursos acessíveis na nossa universidade, foi possível fazer a junção das placas por meio de fita de borracha para recapagem (colocar aqui nome do produto e fabricante). Essa fita apresenta uma cola com sistema de vulcanização que favorece a junção das placas. Sua aplicação é feita de uma maneira bem simples, consistindo na aplicação da fita nas juntas que se deseja unir, como demonstrado na figura 3 abaixo.

Figura 2 – Demonstração da junção das placas utilizando fita de borracha para recapagem (preta).



Fonte: Autores do estudo.

2.5 - Caracterização

A fim de comprovar que o material reciclado de PEAD teria características semelhantes aos seus materiais puros, como, resistência e flexibilidade, foi feita a caracterização de amostras retiradas das placas prensadas por meio dos ensaios de tração e de resistência ao impacto. Para o ensaio de tração foi utilizada a máquina universal de ensaio *EMIC-Instron* e ensaio baseado na norma ASTM D-638-14, com corpos de prova usinados nas dimensões descritas na tabela 1. Para o teste de resistência ao impacto foi utilizada a máquina de teste de impacto *Charpy* de plástico, modelo XJJ – 50series e os corpos de prova foram usinados de acordo com a norma ASTM D6110.

Tabela 1 – Dimensões dos corpos de provas.

DIMENSIONAL (mm)			
CORPO DE PROVA - REDUZIDO			
DIMENSÃO NOMINAL	PADRÃO	ENCONTRADO	
		LADO	
		A	B
W – largura da parte útil	$6,0 \pm 0,1$	5,95	
T - espessura	6	5,75	
R – raio de concordância	6	5,97	5,96
L – comprimento total	100	100,94	
A – comprimento da parte útil	57	32,92	32,46
B – comprimento da cabeça	30	29,95	29,98
C – largura da cabeça	10	10,02	

Fonte: ASTM-D638-14.

Tabela 2 – Propriedades mecânicas.

Materiais	σ (MPa)	ε (%)	E (GPa)	RI (KJ.m ⁻²)
PEAD reciclado	22,00	10,73	0,65	Não quebrou
PEAD virgem	27,78	12,50	0,83	Não quebrou

Fonte: Autores do estudo.

O ensaio de tração nos permite obter os dados de tensão (σ), deformação (ε) e módulo de elasticidade (E). Observando a tabela 2, verificamos que o PEAD reciclado possui resultados próximos aos de corpos de prova extraídos a partir de uma placa de PEAD virgem, de mesmas dimensões e espessuras.

A Figura 5 compara o design do carro projetado com o executado e levado para a competição nacional SAE Brasil, demonstrando assim que o objetivo de fabricação da carenagem a partir de plástico reciclável com propriedades aceitáveis às exigidas pela competição foi atingido.

Figura 5 – Comparação do design do veículo pretendido *versus* o executado (veículo pronto).



Fonte: Autores do estudo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao grande problema de descartes das embalagens de óleo automotivo, pelas empresas de Itabira, vimos à chance de uma possível parceria a fim de dar uma nova utilização ao produto descartado.

Conclui-se então que este projeto conseguiu atender aos propósitos principais de: i) consolidar o conhecimento teórico adquirido pelos alunos em sala de aula através do desenvolvimento de um trabalho prático; ii) exercitar o desenvolvimento de outras competências nos alunos da equipe como aprendizado de trabalho em equipe, cumprimento de prazos e normas, pro atividade e comprometimento; iii) desenvolver um veículo *off-road* capaz de competir na competição SAE Brasil nacional participando de todas as provas previstas a partir de um material reciclado. A partir das caracterizações realizadas foi possível concluir que é possível a substituição dos materiais



utilizados na carenagem de veículos *off-road*, tipo baja, por materiais recicláveis de PEAD, que permitiram ter a resistência ao impacto e a flexibilidade necessárias para esta aplicação.

Agradecimentos

Ao Curso de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Itajubá - *campus* Itabira, à equipe MountainBaja e às pessoas com quem convivemos nesses espaços ao longo desses anos. A experiência de trabalho em equipe foram as melhores para nossas formações pessoais e profissionais.

REFERÊNCIAS

CEMPRE. **PLÁSTICOS**. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/4/plasticos>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

RODA, Daniel Tietz. **Tudo sobre Plásticos: Polietileno (PE)**. Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/materiais/polietileno.asp>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

SAE BRASIL. **Regulamento administrativo e técnico baja sae brasil - emenda 0**. Disponível em: <http://portal.saebrasil.org.br/portals/0/pe/baja_nacional_2018/ratbsb.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2017.

DEVELOPMENT OF AN OFF-ROAD VEHICLE CARRYING BY RECYCLABLE MATERIALS

Abstract: *The study described in this article is the result of an extension project developed by the MountainBaja team, graduated in material engineering from the Federal University of Itajubá - Campus Itabira (MG) and its supervisors. In order to apply the theoretical knowledge acquired in the classroom and to provide a learning of the team work, during the development of projects and prototypes, different recycled polymer materials were analyzed to be used in the fairing of an off-road vehicle. The initial research had as objective to evaluate the conformation methods, the feasibility of use and the mechanical properties of these different materials, having resulted in the selection of poly (high density ethylene), HDPE. Following the fairing of the off-road vehicle was manufactured and the vehicle participated in the competition Baja National SAE Brazil (Society of Engineers of Mobility), having been approved in all tests, with special score in the area of innovation and fairing design, due to mainly to the sustainability character of the project, in addition to meeting all required safety standards. The HDPE residue was achieved through a partnership with a company from Itabira-MG, city where the University where the project was developed, which was interested in giving a more appropriate destination to plastic bottles of used automotive oils discarded in large quantity (more than 100 units per week). The result of the study on the proposed theme can confirm that it is possible and feasible to use recyclable high density polyethylene (HDPE) materials in off-road vehicle fairings (low type).*

Key-words: *Recyclable material. HDPE. Vehicle type low. Fairing. Extension project.*