

REAPROVEITAMENTO DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE GERADO NA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA

Lucas Phillip Zólio Gonzaga de Moraes, lucaszolio@hotmail.com¹
Hugo Vilaça Lima, hugo.lima@prof.una.br¹
João Marcos de Castro Baker, joao.baker@prof.una.br¹
Orlando Gama da Silva Junior, orlando.silva@prof.una.br¹
Vinicius Vieira Costa, vinicius.costa@prof.una.br¹
Breno Yuri Oliveira Lage, breno.lage@gmail.com¹
Carina Cristina Silva Ferreira de Oliveira, carinacristina@ymail.com¹
Gean Flávio Soares de Melo Nogueira, geanflavio@gmail.com¹
Hiwles Antonio Jorge Moura, hiwleshajm@gmail.com¹

¹Centro Universitário UNA, Av. João Pinheiro, 580 - Lourdes, Belo Horizonte – MG

Resumo: Um dos principais problemas encontrados nas indústrias é a grande quantidade de resíduos gerados durante os processos de fabricação. Em virtude deste cenário, alternativas para a reutilização de resíduos industriais se tornam indispensáveis tanto pelo aspecto social quanto econômico. Desta forma, o presente estudo irá demonstrar o reaproveitamento de resíduos à base de polietileno de alta densidade (PEAD) gerado na indústria metal mecânica. A finalidade deste reaproveitamento é fabricação de produtos (quebra cabeça) empregados em atividades lúdicas. Para a confecção deste produto foi necessário estabelecer a proporção ideal de PEAD reaproveitado e PEAD virgem. As proporções de material reciclado foram de 0%, 20%, 30%, 50% e 100% e o desempenho deste material foi analisado por meio de ensaios mecânicos, tal como, ensaio de tração. Como resultado pôde-se determinar a relação de material reaproveitado e material virgem, que garantisse a melhor vida útil do produto.

Palavras chave: Indústria mecânica, polietileno de alta densidade, reaproveitamento.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Solomons (1987), polímeros são matérias do qual é constituído por macromoléculas, compostas por unidades de repetição. Entre essas unidades existem subunidades moleculares são utilizadas para combinar os polímeros chama-se monômeros e realizam reações de polimerização para se unir uma à outra.

1.1 Morfologia:

De acordo com Billmeyer (1984) *apud* Faria (2002), muitos polímeros são levemente cristalinos. A evidência mais direta é através da difração de raios X. Os testes padrões desses polímeros apresentam regiões ordenadas e desordenadas. Uma evidência adicional vem das características dos polímeros, como a densidade, do qual são intermediárias entre a espécie completamente cristalina e amorfa.

1.2 Classificação dos polímeros:

Segundo Mano (1999), um polímero pode ser classificado de inúmeras maneiras, das quais são classificados em termoplásticos e termorrígidos.

Fonseca (pag. 34, 2005) diz que:

Polímeros termoplásticos se fundem por aquecimento e se solidificam por resfriamento, em um processo reversível. Os materiais são relativamente macios e dúcteis às ligações interpolaes do tipo Van der Waals que são ligações fracas que permitem a reversibilidade. Os polímeros termorrígidos por aquecimento ou outra forma de tratamento assumem estrutura reticulada, com ligações cruzadas, tornando-se uma reação química irreversível ou infusível.

Segundo Piatti (2005), os materiais poliméricos podem ser divididos em três grupos: plásticos (rígidos ou flexíveis) fibras e elastômeros.

Elastômero: É uma macromolécula que apresenta elasticidade em longa faixa na temperatura ambiente. Estrutura molecular parecida ao do termorrígido, porém com um menor número de ligações entre as cadeias.

Fibra: Corpo com alta razão entre o comprimento e as dimensões laterais. Feito de macromoléculas dispostas linearmente com orientação longitudinal.

Plásticos (rígidos ou flexíveis): Plásticos rígidos são aqueles que possuem alto grau de tensão na temperatura ambiente, ou seja, possui grande resistência ao puxar ou esticar, mas se deforma antes de romper. Já os plásticos flexíveis são aqueles que não apresentam resistência quanto a deformação, por consequência tem maior resistência a ruptura.

O polietileno (PE), segundo Piatti (2005), é um dos plásticos mais conhecidos e utilizados e é obtido através da polimerização do etileno, existem dois tipos de polietileno, o de alta densidade (PEAD) utilizado na fabricação de canetas, brinquedos e outros produtos como embalagens plásticas de amaciantes, etc. e o de baixa densidade (PEBD) que é utilizado para fabricação de sacos e sacolas.

Uma propriedade muito importante do PEAD é a atoxidade e suas principais características são: baixo coeficiente de atrito, excelente resistência química, baixo peso específico (0,95 g/cm³), antiaderente, auto lubrificante, boa resistência ao impacto e pode ser moldável e estampável (HIPERMETAL, sd).

Um dos métodos muito utilizado para dar forma aos plásticos é o de injeção, que consiste, basicamente, em transferir um material plástico na forma de fluido para um molde, preenchendo a cavidade do mesmo. Segundo Moro e Auras (2007) é importante definir o tipo de material que sofrerá ação de conformação através de molde de injeção para que seja observado o tipo de contração que o mesmo sofrerá. A contração é a redução volumétrica que o material sofre durante o resfriamento após o processo de injeção plástica, fazendo com que o produto final fique com dimensões menores.

Diante disto torna-se necessárias pesquisas que trate ou reutilize resíduos descartados. Desta forma o presente trabalho tem como objetivo a reutilização do PEAD para fins lúdicos (quebra-cabeças). Processando e injetando os plásticos arrecadados. Analisando as proporções ideais de PEAD reciclado e PEAD virgem. Para isto será estudado as propriedades mecânicas (ensaio de tração, ensaio de flexão e ângulo de contato). Sendo assim, por meio dos resultados obtidos será possível determinar a viabilidade econômica do processo e o preço final dos produtos.

2. MATERIAIS E METODOS

2.1. Materiais

Foi utilizado PEAD misturado (PEAD industrial e PEAD virgem) com 3,44 g/10min de índice de fluidez (190°C/10kg).

2.2. Métodos

O procedimento de reciclagem empregado neste estudo se dividiu em 6 etapas conforme representado na Tabela 1

Tabela 1 – Fases envolvidas na reciclagem de PEAD provido de cavaco industrial.

Etapas	Descrição
Separação	Identificar e Classificar os plásticos PEAD, PEBD, PVC, PET, PP.
Catação	Separação de limalhas de ferro
Trituração	Trituração até chegar em um tamanho igual
Injeção	Injeção no molde para a confecção do produto final
Inspeção	Inspeção no produto final procurando falhas
Rebarbação	Limpeza das rebarbas providas do molde

Separação: Nesta etapa foram os materiais foram separados manualmente e classificados de acordo com cada tipo de plástico, dando ênfase ao PEAD o qual foi utilizado nesse trabalho. Terminada essa etapa foi dada prosseguimento ao procedimento de catação;

Catação: O procedimento de catação foi realizado empregando imãs, o objetivo desta etapa era remover as limalhas de ferro contidas no material. Os materiais que não continham limalhas avançavam para a etapa de trituração e as que continham foram descartadas, pois as limalhas poderiam danificar os equipamentos;

Trituração: Após o procedimento de catação o material selecionado foi triturado, empregando um moinho de facas, o objetivo foi reduzir ao máximo as dimensões do material para que o processo de injeção fosse facilitado.

Injeção: Na etapa de injeção, o PEAD industrial sem limalha foi misturado ao PEAD virgem dando início a produção de quebra-cabeça;

Inspeção: Depois de ser injetado foram feitas análise nos quebra-cabeças a procura de possíveis falhas, tais como, enchimento parcial no molde. As análises que não tinham defeitos visuais foram para a última etapa e as que continham defeito eram moídas e retornava ao processo de injeção.

Rebarbação: Por fim, foram realizadas cortes e lixamento das rebarbas contidas durante o processo de injeção;

Mistura: O PEAD industrial foi misturado com o PEAD virgem com as proporções indicadas.

Injeção: Após o procedimento de mistura, o PEAD foi inserido na injetora marca HIMACO Altis e modelo 2000 – 740 LHT. Esta etapa foi destinada a confecção dos quebra cabeças representado na Figura 2.



Figura 1 – Injetora usada



Figura 2 – Quebra Cabeça

2.2.1. Testes em corpos de prova

Os ensaios de tração e flexão foram realizados no Laboratório de Ensaios mecânicos, UFMG. O equipamento utilizado foi a máquina universal marca Instron, modelo inspekt 20 table blue - Hegewald e Peschke Norma ASTM D638 - Corpo de prova tipo IV - Velocidade do teste de 30 mm/mim.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. RESULTADOS

O resultado a seguir, refere-se ao ensaio mecânico proposto.

3.1.1. Ensaio de tração: A finalidade deste ensaio é definir a resistência no escoamento, recebida através da tensão no escoamento e do módulo de elasticidade. Sendo possível encontrar a deformação no escoamento, a tensão e a deformação na ruptura, assim como a elongação percentual e a tensão máxima.

No gráfico 1.1, são apresentadas, para as amostras de PEAD virgem sem adição de material reciclado (V-1; V-2; V-3; V-4 e V-5), as curvas de tensão x deformação, é possível observar que V-3 tem a maior tensão na ruptura em relação V-1, V-2, V-4 e V-5. Os V-1 e V-4 durante os testes apresentaram bolhas e por conta disso apresentaram os mesmos resultados. Os resultados apresentados o que obteve melhor resultado esperado foi o V-3 devido a sua maior deformação e ao seu limite de ruptura. Considerando o gráfico como resultado foi esperado que o V-3 obtivesse valores melhores sobre V-1, V-2, V-4 e V-5.

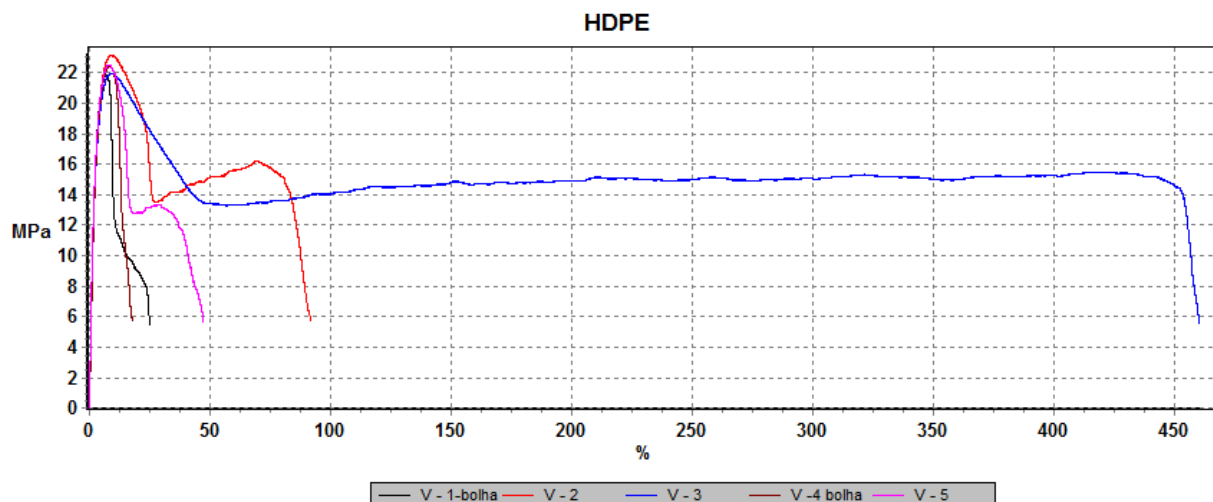


Gráfico 1.1 – Tensão x Deformação para 0% Reciclado

No gráfico 1.2, são apresentadas, para as amostras de PEAD virgem com adição de 20% de material reciclado (R-1; R-2; R-3; R-4 e R-5), as curvas de tensão x deformação, é possível observar que R-2 tem a maior tensão na ruptura em relação R-1, R-3, R-4 e R-5. Os resultados apresentados o que obteve melhor resultado esperado foi o R-2 devido a sua maior deformação e ao seu limite de ruptura. Considerando o gráfico como resultado foi esperado que o R-2 obtivesse valores melhores sobre R-1, R-3, R-4 e R-5.

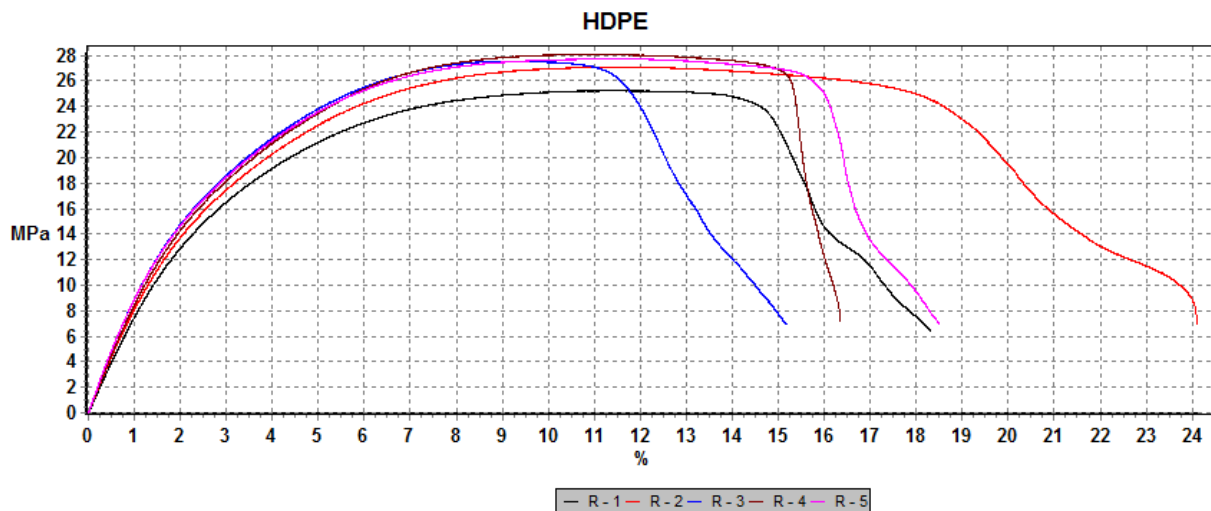


Gráfico 1.2 – Tensão x Deformação para 20% Reciclado

No gráfico 1.3, são apresentadas, para as amostras de PEAD adição de 30% material reciclado (30R-1; 30R-2, 30R-3, 30R-4 e 30R-5) as curvas de tensão x deformação, é possível observar que 30R-1 tem a maior tensão na ruptura em relação 30R-2, 30R-3, 30R-4 e 30R-5. Os resultados apresentados o que obteve melhor resultado esperado foi o 30R-1 devido a sua maior deformação e ao seu limite de ruptura. Considerando o gráfico como resultado foi esperado que o 30R-1 obtivesse valores melhores sobre 30R-2, 30R-3, 30R-4 e 30R-5.

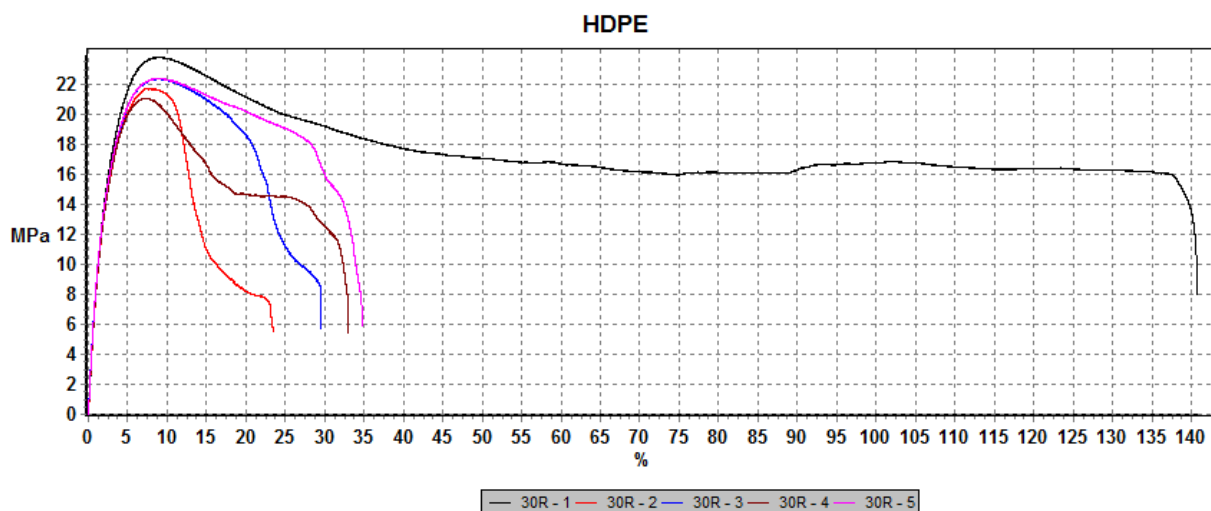


Gráfico 1.3 – Tensão x Deformação para 30% Reciclado

No gráfico 1.4, são apresentadas, para as amostras de PEAD (50R-2, 50R-3, 50R-4 e 50R-5), as curvas de tensão x deformação, é possível observar que 50R-5 tem a maior tensão na ruptura em relação 50R-2, 50R-3, 50R-4. Os resultados apresentados o que obteve melhor resultado esperado foi o 50R-5 devido a sua maior deformação e ao seu limite de ruptura. Considerando o gráfico como resultado foi esperado que o 50R-5 obtivesse valores melhores sobre 50R-2, 50R-3 e 50R-4.

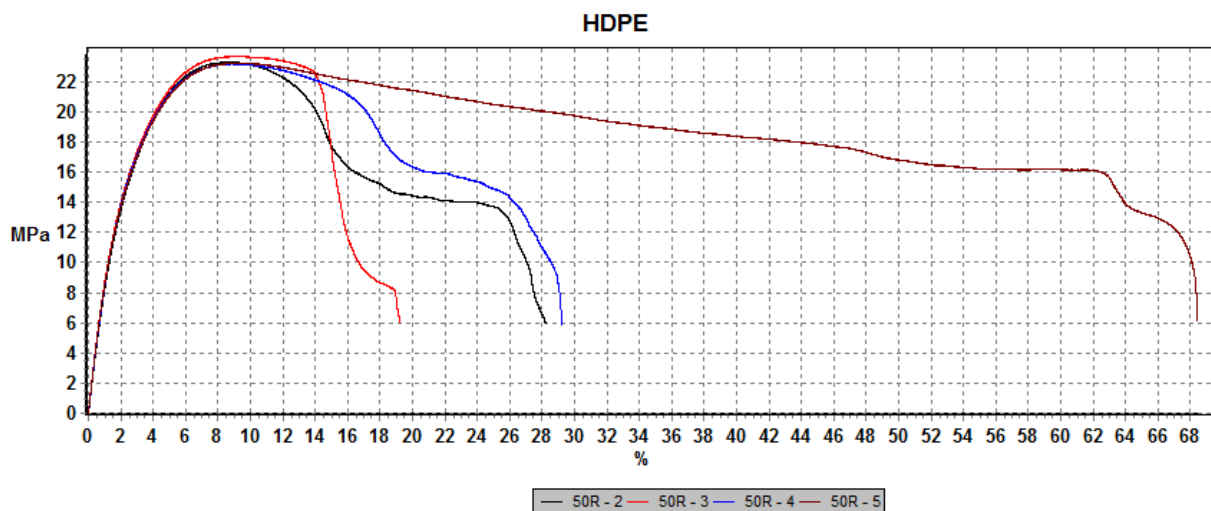


Gráfico 1.4 – Tensão x Deformação para 50% Reciclado

No gráfico 1.5, são apresentadas, para as amostras de PEAD (RB-1; RB-4 e RB-5), as curvas de tensão x deformação, é possível observar que RB-5 tem a maior tensão na ruptura em relação RB-1; RB-4. O RB-5 durante os testes apresentou bolha e por conta disso apresentou baixa deformação. Os resultados apresentados o que obteve melhor resultado esperado foi o RB-4 devido a sua maior deformação e ao seu limite de ruptura. Considerando o gráfico como resultado foi esperado que o RB-4 obtivesse valores melhores sobre RB-1 e RB-5.

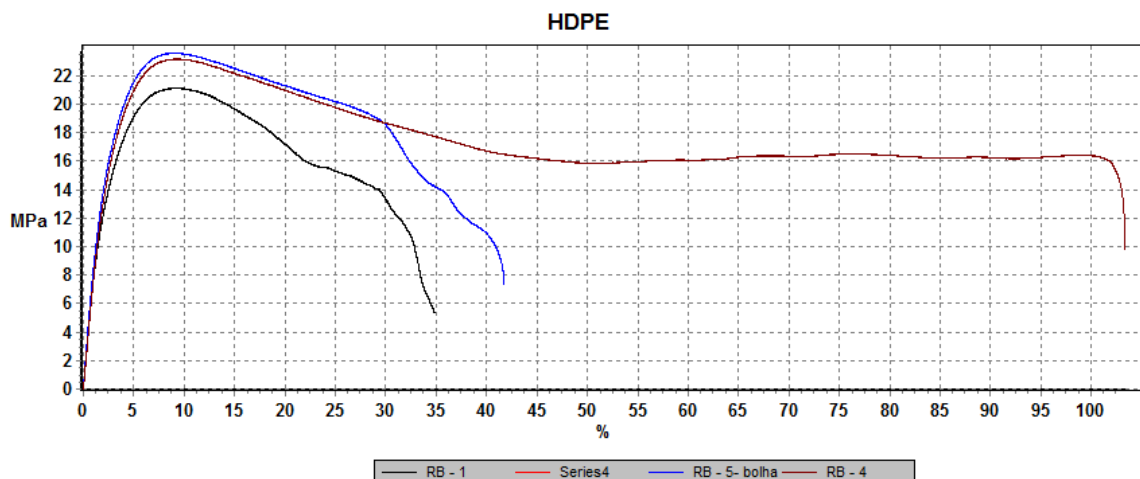


Gráfico 1.5 – Tensão x Deformação para 100% Reciclado

- Viabilidade econômica:

A viabilidade econômica é um fator de grande importância referente a um processo eficiente. Diante disso a reciclagem do plástico é, geralmente, em função da coleta dos resíduos, dos custos e do preço final do produto reciclado. De acordo com a Associação Brasileira de Embalagens – ABRE (2003) – o Brasil, comparado com países desenvolvidos, exibe notáveis índices de reciclagem, por exemplo, 21% dos plásticos rígidos e filmes usados são reciclados atualmente.

A Figura 3 mostra o percentual de plásticos consumidos pelas empresas recicladoras.

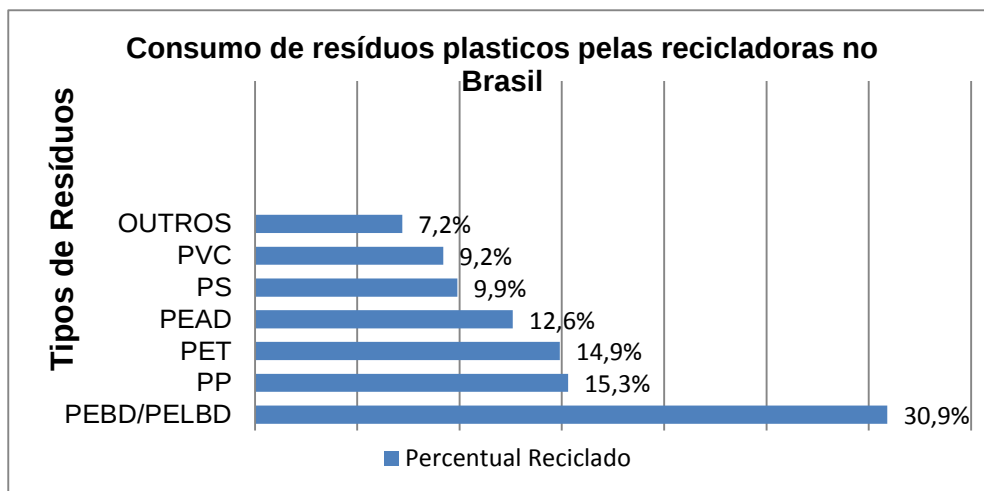


Figura 3: Percentual de resíduo plástico consumido pelas recicladoras. Fonte: STUMPF (2003)

4. CONCLUSÃO

Através das análises realizadas a partir dos ensaios realizados com as devidas proporções, pode-se concluir que:

- As análises dos resultados indicaram que através dos ensaios realizados a proporção que alcançou melhor combinação foi a mistura entre o PEAD virgem com adição de 20% de material reciclado;
- Através dos ensaios mecânicos pode-se concluir que o mais indicado para a produção dos quebra-cabeças era o PEAD virgem com adição de 20% de material reciclado;
- A reutilização do PEAD contribui para a redução de descartes em lugares inapropriados e um novo produto final;

5. AGRADECIMENTOS

À UNA pela iniciação científica e auxílio a pesquisa.

À UMFG pela colaboração dos relatórios dos testes realizados na mesma.
Ao Senai pela colaboração do curso em injeção plástica e das máquinas utilizadas lá.
À RESO pela colaboração do cavaco doado.

6. REFERÊNCIAS

- BILLMEYER JR., F. W. Textbook of polymer Properties. 3ª edição. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- FARIA, A. C. A. Análise micromecânica de compósitos reciclados. 2002. 134f. Dissertação de mestrado. DEMEC/UFMG, Belo Horizonte, 2002.
- FONCECA, F. Desenvolvimento e caracterização de compósitos à base de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) reciclado e fibras vegetais. 2005. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Rede Temática em Engenharia de Materiais, Belo Horizonte. 2005.
- HIMACO. Disponível em: “<http://www.himaco.com.br/monta.asp?link=produtos&cat=3&qual=38>”. Acesso em: 20 de janeiro de 2017.
- HIPERMETAL. Polietileno PEAD. Disponível em: “http://www.hipermetal.com.br/site/produtos/plasticos_industriais/Polietileno.pdf”. Acesso em: 17 de agosto de 2016.
- MANO, E. B. Polímeros. 2ª edição. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda, 1999. 191p.
- MORO, Norberto; Auras, André Paegle. Processos de Fabricação: fundição. Apostila. Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina, Gerência Educacional de Metal Mecânica, Curso Técnico de Mecânica Industrial. Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://norbertocefetsc.pro.br/downloads/fundicao.pdf>. Acesso em: 17 de agosto de 2016.
- Piatti, Tânia Maria. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais / Tânia Maria Piatti, Reinaldo Augusto Ferreira Rodrigues. - Maceió: EDUFAL, 2005.
- PRIMOTECNICA. MECÂNICA E ELETRICIDADE LTDA. Disponível em: “<http://www.primotecnica.com.br/moinho-facas>”. Acesso em: 20 de janeiro de 2017.
- SOLOMOES, T.W.G. Química orgânica. 4ª edição. Rio de Janeiro: Editora S.A., 1987, 280p.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

REUSE OF HIGH DENSITY POLYETHYLENE GENERATED BY THE METALWORKING INDUSTRY

Lucas Phillip Zólio Gonzaga de Moraes, lucaszollio@hotmail.com¹

Hugo Vilaça Lima, hugo.lima@prof.una.br¹

João Marcos de Castro Baker, joao.baker@prof.una.br¹

Orlando Gama da Silva Junior, orlando.silva@prof.una.br¹

Vinicius Vieira Costa, vinicius.costa@prof.una.br¹

Breno Yuri Oliveira Lage, breno.lage@gmail.com¹

Carina Cristina Silva Ferreira de Oliveira, carinacristina@ymail.com¹

Gean Flávio Soares de Melo Nogueira, geanflavio@gmail.com¹

Hiwllles Antonio Jorge Moura, hiwllleshajm@gmail.com¹

¹Centro Universitário UNA, Av. João Pinheiro, 580 - Lourdes, Belo Horizonte – MG

Abstract: One of the main problems encountered in the industries is the large amount of waste generated during the manufacturing processes. By virtue of this scenario, alternatives for the reuse of industrial waste become indispensable both in social and economic aspects. In this way, the present study will demonstrate the reuse of residues based on high density polyethylene (HDPE) generated in the metalworking industry. The purpose of this reuse is to manufacture products (puzzle) used in play activities. For the preparation of this product it was necessary to establish the ideal proportion of reused HDPE and virgin HDPE. The proportions of recycled material were 0%, 20%, 30%, 50% and 100% and the performance of this material was analyzed by mechanical tests such as tensile testing. As a result, it was possible to determine the ratio of recycled material and virgin material, which ensured the best product life.

Key words: Mechanical engineering, high density polyethylene, reuse.