

ESTUDO DA RECICLAGEM DE MATERIAIS PLÁSTICOS LEVES PARA FORMAÇÃO DE COMPÓSITOS COM FIBRA DE MILHO NOS CURSOS DE ENGENHARIA E ENSINO MÉDIO

Patrícia S. Alves – patricias@san.uri.br

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Departamento de Ciências Exatas e da Terra

Endereço: Av. Universidade das Missões, 464

CEP: 98802-470 – Santo Ângelo – Rio Grande do Sul

Flávio Kieckow – fkieckow@san.uri.br

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Departamento das Engenharias e Ciência da Computação

Endereço: Av. Universidade das Missões, 464

CEP: 98802-470 – Santo Ângelo – Rio Grande do Sul

Camila M. Reinaldo – camilamoreirareinaldo@gmail.com*

Colégio Tereza Verzeri, Ensino Médio

Endereço: Avenida Getúlio Vargas, 1694

CEP: 98800-000 – Santo Ângelo – Rio Grande do Sul

Resumo: Os polímeros leves em geral não despertam interesse aos recicladores devido ao seu baixo peso, ocupa muito espaço e, na maioria dos casos, encontram-se sujos com alimentos ou material orgânico. O descarte correto de resíduos sólidos é um conceito que deve ser ensinado diariamente nas residências, escolas, universidade e ambiente de trabalho, pois um dos desafios da sociedade presente é reduzir os resíduos sólidos produzidos e, ao mesmo tempo, intensificar a reutilização e reciclagem dos resíduos descartados. Este trabalho relata a experiência de um projeto desenvolvido entre graduandos da engenharia química e alunos do ensino médio com o objetivo de reciclar materiais poliméricos leves aplicando-os na produção de material compósito com fibra de milho, uma fonte renovável. A fibra é abundante na região noroeste do Rio Grande do Sul, pois o milho é dos principais produtos agrícolas do estado. Foram adicionadas diferentes quantidades de fibra ao material polimérico e obtidas as blendas. Testes de caracterização mecânica foram realizados para avaliar a resistência das amostras. Os resultados foram satisfatórios para incorporação de até 2% de fibra. O compósito será utilizado em aplicações “não nobres”, de “primeiro acabamento”, como placas para a construção civil ou revestimentos internos. O viés do projeto é a educação ambiental de alunos e professores da escola de ensino médio envolvida, da própria Universidade e da comunidade em geral, considerando a divulgação dos resultados por meios midiáticos, palestras e Congressos.

Palavras-chave: Plásticos leves. Fibra de milho. Reciclagem. Compósito.

1 INTRODUÇÃO

Para os autores Foo e Hameed (2009), nas últimas duas décadas a diminuição na geração de resíduos e a preservação ambiental vêm sendo tópicos dos desafios colocados à sociedade, com foco na reciclagem. Há uma tendência mundial em buscar recursos naturais alternativos em substituição às fibras sintéticas, que sejam ecologicamente corretos, desenvolvendo novos produtos, gerando emprego e renda, utilizando o desenvolvimento de novas tecnologias para a construção civil e em outras áreas onde isto torna-se possível (MARLON, 2009; MOREIRA, 2016).

A coleta de lixo é realizada em quase 90% dos municípios brasileiros, porém, a coleta seletiva, que recolhe o material a ser reciclado, não chega a 15% dos municípios. Muitos dos materiais, que poderiam ser reciclados no Brasil, ainda são destinados a aterros e lixões. O plástico representa 13,5% do total de resíduos sólidos gerados, e é o principal produto reciclável enterrado ao invés de ter a destinação correta da reciclagem (IPEA, 2012).

Uma das vantagens dos polímeros termoplásticos está no processo de reciclagem dos materiais. Após seu uso, estes materiais podem ser lavados, picados, secos e reciclados. Atualmente, temos muitas empresas recicladoras que reaproveitam estes materiais, trazendo eles novamente para o processo de produção.

A sacola plástica de supermercado (Polietileno de alta densidade – PEAD) por ser leve, não é um dos produtos mais procurados na coleta para a reciclagem. Geralmente ela é reutilizada como saco de lixo, e acaba não sendo reciclada como os outros produtos. Às vezes fica suja e acaba entupindo tubulações e saídas de esgotos da cidade. O copinho plástico de polipropileno (PP) também é leve, e devido ao mesmo motivo anteriormente descrito, muitas vezes não são os produtos mais procurados para a reciclagem.

As fibras naturais são uma alternativa para formar materiais compostos quando adicionadas a matriz polimérica. Normalmente melhoram as propriedades do polímero e reduzem custos da composição polimérica e/ou da geração de efluentes (CORRADINI, MATTOSO, 2008; LEÃO *et al*, 2001).

A utilização das fibras vegetais, tais como juta, algodão, sisal e coco, como reforço em comparação às cargas inorgânicas possui muitas vantagens, tais como: obtenção de materiais de baixa densidade, menor abrasão durante processamento, altos níveis de preenchimento que resultam em aumento na rigidez, elevado módulo específico e aumento na durabilidade (CORRADINI, MATTOSO, 2008; SAMIR, ALLOIN, SANCHES, 2004).

Além disso, as fibras naturais são biodegradáveis, provenientes de fontes renováveis de grande disponibilidade e de baixo custo (CORRADINI, MATTOSO, 2008; MOHANTY, MISRA, DRZAL, 2002)

Salazar et al (2005) informa que o Brasil se destaca como o terceiro maior produtor de grãos, ficando atrás apenas da China e dos E.U.A. Considerando a produção de milho, são milhares de toneladas produzidas, em contrapartida são toneladas de resíduos agrícolas descartados.

Muitos pesquisadores estudaram os efeitos e desafios da utilização das fibras naturais em compósitos (ROWELL *et al*, 1997; WAMBUA, IVENS, VERPOEST, 2003; FAHIM, ELHAGGAR, 2012)

O processamento de compostos termoplásticos modificados com fibras naturais é bastante complexo devido à natureza higroscópica e hidrofílica das fibras lignocelulósicas. Se o material não for adequadamente seco, antes do processamento, haverá a formação de um produto com porosidade e com microestrutura semelhante a um expandido estrutural. Esta distribuição de porosidade é influenciada pelas condições de processamento e, conseqüentemente, trará comprometimento às propriedades mecânicas do material modificado (MARINELLI *et al*, 2008).

Para melhorar a adesão da fibra da espiga de milho com a matriz polimérica (PEAD) é realizado o tratamento de mercerização (solução de NaOH, 5%).

Através desse tratamento a tensão superficial e conseqüentemente a molhabilidade das fibras se tornam maiores, melhorando também a ligação por meio da forma mecânica de entrelaçamento entre a matriz e a superfície rugosa das fibras. A mercerização também proporciona o desfibrilamento das fibras, ou seja, a desagregação das fibras em microfibras, aumentando assim a área superficial efetiva disponível para o contato com a matriz líquida. Segundo Mallick, (1988) muitos compósitos nos quais foram utilizadas fibras mercerizadas, as propriedades mecânicas foram superiores àqueles nos quais foram utilizadas fibras não-tratadas. O tratamento das fibras com ar ionizado é outro método empregado para melhorar a adesão interfacial fibra/matriz polimérica. A viabilidade desse tratamento foi evidenciada em fibras de curauá tratadas com ar ionizado na moldagem de compósitos fenólicos (PAIVA, WANDERSON, FROLLINI, 1998).

A preparação da fibra da espiga do milho, como fibra natural para aplicação em polímeros reciclados será uma tentativa de ganhar propriedades, numa chapa para aplicações não nobres. A fibra será utilizada sem tratamento e após tratamento de mercerização para comparação de resultados.

Muitas aplicações de polímeros reciclados são chapas de uso geral na construção civil, pisos, jardineiras, bancos, moerões e cercas rurais. Outra vantagem para seu uso, são preços menos elevados que os de materiais puros.

O objetivo deste projeto é utilizar a palha da espiga do milho, como fibra natural, com e sem tratamento químico, em polímeros reciclados (o de Polietileno de Alta Densidade, PEAD oriundo das sacolinhas de supermercado e o Polipropileno, PP oriundo de copinhos plásticos descartáveis) para geração de placas poliméricas para aplicações não nobres. Assim como a conscientização e mobilização da comunidade para assuntos relacionados a reciclagem de materiais plásticos, assim como gerando valor a um resíduo da biomassa de milho.

2 PARTE EXPERIMENTAL

A pesquisa foi desenvolvida pelos acadêmicos e professores do curso de Engenharia Química da URI Santo Ângelo e alunos do ensino médio de uma escola particular por meio de um projeto pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para o Ensino Médio – PIBICEM/CNPq e PIIC/EM/URI. Além do estímulo a IC, a proposta tem apelo tecnológico e sustentável, e principalmente educacional, pois servirá para incentivar os estudantes

envolvidos, e de outras escolas, a reciclar materiais plásticos e destinar de forma correta os resíduos orgânicos de suas casas, gerando uma consciência social na região de abrangência do projeto.

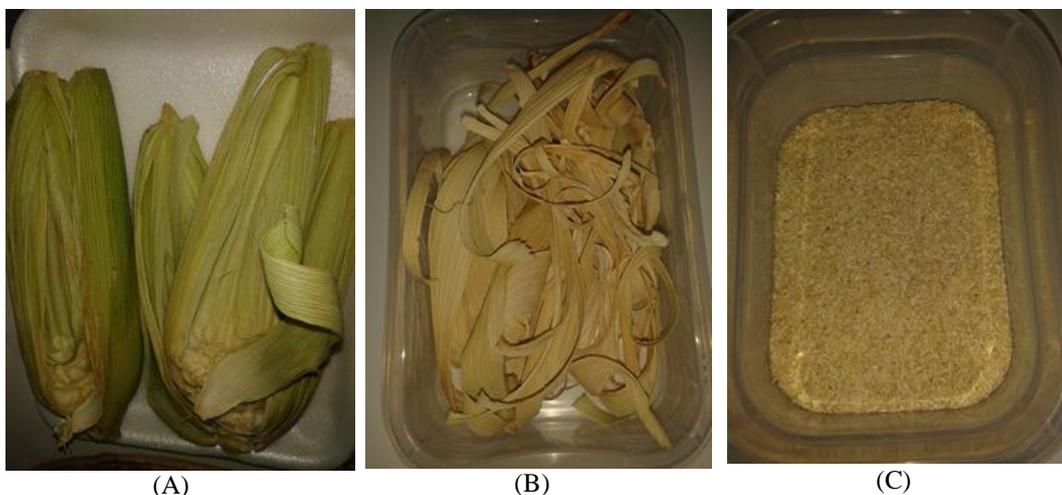
2.1 Coleta de material

Foi realizada a coleta de sacolas plásticas e copos plásticos na Universidade e na escola envolvida. O material plástico coletado – sacolas de mercado (PEAD), foi lavado, secado e cortado em tamanho adequado para o reprocessamento. O corte foi manual, com tesoura, em dimensões de aproximadamente 1cm.

2.2 Preparação das Fibras

As espigas de milho também foram coletadas, limpas e separadas as palhas para secagem e moagem. A Figura 1 apresenta a preparação das fibras para processamento do compósito. As fibras foram secas 48h em temperatura ambiente e 4h a 60°C em estufa convencional. A moagem foi realizada em moinho de facas com peneira de 10 Mesh (2mm de abertura).

Figura 1 – Preparação da palha de milho para obtenção dos filmes poliméricos sem tratamento químico: (A) Palha sem secagem; (B) Palha de milho após secagem; (C) Palha de milho após moagem.



Fonte: os autores

2.3 Composição das amostras

As amostras foram preparadas tendo em sua composição 1, 2 e 3% de fibra de milho moída (Figura 1C) em balanço com o plástico granulado para o reprocessamento, percentual em peso.

Neste primeiro momento, os ensaios preliminares foram realizados em duplicata. A Tabela 1 apresenta a composição das amostras.

Tabela 1 – Composição dos compósitos de PEAD reciclado e fibra de milho sem tratamento

Amostras (% PEAD)	Fibra de milho (%)
Referência (100%)	0
Amostra 1 (99%)	1
Amostra 2 (98%)	2
Amostra 3 (97%)	3

Fonte: os autores

2.3 Obtenção dos Filmes/placas

Os filmes ou placas foram realizados em prensa hidráulica de laboratório, contendo aproximadamente 20g de material polimérico (PEAD) reciclado na temperatura de 160°C, com pressão de 4,4 kgf/cm². O material polimérico foi pré-aquecido por 2 minutos, antes da compressão. Tempo de compressão de 2 minutos, com resfriamento direto (por convecção após a retirada do filme) até a temperatura ambiente. A Figura 2 apresenta o filme de compósito de PEAD reciclado com a fibra de milho.

Figura 2 – Compósito de PEAD reciclado com fibra de milho (1% de fibra)



Fonte: Os autores

2.4 Propriedades Mecânicas

Os ensaios mecânicos de tração uniaxial, foram realizados no Laboratório de Ensaios Mecânicos de Materiais da URI Santo Ângelo, em máquina universal EMIC modelo DL 300kN. Utilizou-se uma célula de carga de 2kN integrada ao software TESC para controle dos parâmetros dos ensaios. A velocidade de ensaio foi de 25mm/min. Os ensaios de tração basearam-se na norma ASTM D638, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. A Figura 3 apresenta o corpo-de-prova do compósito durante o ensaio de tração e após sua ruptura. Determinou-se a tensão limite de resistência e o alongamento das amostras.

Figura 3 – Ensaio de tração do compósito: (A) durante o ensaio; (B) após o ensaio;



(A)

Fonte: Os autores



(B)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados médios dos ensaios mecânicos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de tração das amostras de PEAD reciclado com as fibras não tratadas.

Amostra	Força máx (N)	Alongamento (mm)	Área (mm ²)	Limite de Resistência (MPa)
Referência	50	105,4	5,1	9,6
1%	153	22,8	11,1	13,8
2%	87	80,1	10	8,7
3%	18	10,2	8	2,25

Fonte: os autores

As propriedades mecânicas extraídas do ensaio de tração mostram que, para um o incremento de 1% de fibra de milho no compósito, houve um reforço da matriz, um aumento na resistência do compósito de cerca de 44%, mas com prejuízo significativo da plasticidade. Observa-se que as espessuras das amostras não ficaram uniformes devido à falta de controle de parâmetros na prensa utilizada. As amostras com 2% de fibra de milho perderam um pouco de resistência mecânica e alongamento, a resistência caiu 9% e o alongamento 24%. A amostra com 3%, excedeu a quantidade de fibras na composição e gerou pontos de ruptura na matriz.

No momento estão em desenvolvimento os filmes com copinhos de PP e filmes com fibras tratadas (pelo processo de mercerização). Esses resultados foram preliminares.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto sugere uma alternativa mais viável economicamente e ecológica para resíduos de materiais plásticos leves e biomassa de milho. Também se trabalha com a possibilidade de gerar produtos para aplicações na construção civil como placas, revestimentos internos, filmes em geral, pisos ecológicos, pranchetas de material reciclado e coberturas com posterior acabamento.

Os resultados preliminares indicam que há possibilidades de uso da fibra de milho com PEAD reprocessado para a produção de material compósito na proporção de até 2% de incorporação de fibra.

Embora, o assunto não seja inédito no meio acadêmico, para a Universidade e Região, é de interesse científico, pois o produto gerado da pesquisa pode ser aplicado para os produtos da região oriundos do milho e ao mesmo tempo reforçando novos processos de transformação dos plásticos.

Nas escolas e Universidade, será trabalhado a educação ambiental. A conscientização do de estudantes de ensino fundamental e médio quanto ao correto descarte dos resíduos é fundamental para a sustentabilidade, além de estimular alternativas para agregação de valor aos produtos agrícolas da região.

O estudo que está sendo realizado servirá de incentivo à introdução à pesquisa para alunos do ensino médio por meio do projeto. A divulgação em congressos, palestras e feiras também fazem parte do escopo de divulgação e conscientização sustentável. Tudo para incentivar a reciclagem de materiais plásticos e utilização das fibras vegetais da região.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Santo Ângelo pela infraestrutura e apoio financeiro por meio das bolsas de Iniciação Científica. O Grupo de pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia de Processos - GDEP também agradece ao Laboratório de Ensaio Mecânicos e Materiais pelos testes de caracterização mecânica.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, **ASTM D 638** "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics, 2014.

CORRADINI, E; AGNELLI J.A.M; DE MORAIS, L.C; MATTOSO, L.H.C - **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, p.353, (2008).

FAHIM, I.S; ELHAGGAR, S.M. **Natural Resources**, 3, 6-10, 2012.

FOO, K. Y., HAMEED, B. H., **Journal of Hazardous Material**, 172, p. 523, (2009)

IPEA, 2012. Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico. Perfil 2015. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. ABIPLAST

- KOBAYASHI, M; NOBRE A.D. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 18, nº 2, p. 92-99, 2008
- LEÃO, A. L.; CARASHI, J. C.; TAN I. H.; KOZLOWSKI, R. & Manys, S. - **Plast. Ind.**, 31, p.214, (2001).
- MALLICK, P. K. - **Fiber-Reinforced Composites**, Marcel Dekker Inc., New York, 1988.
- MARCON J. S., “Estudo da modificação da fibra Proveniente da Coroa de Abacaxi para a Formação de Compósitos Poliméricos”, In: **Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros Unesp**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, (2009).
- MARINELLI, A.L; MONTEIRO, M.R; AMBRÓSIO, J.D; BRANCIFORTY, M.C;
- MOHANTY, A. K.; MISRA, M. & DRZAL, L. T. - **J. Polym. Environ.**, 10, p.19, (2002).
- MOREIRA, T.M; Seo E.S.M. **Revista Matéria**, 21, p.1054, (2016).
- PAIVA, J. M. F.; WANDERSON G. T. & FROLLINI, E. - **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, 9, p.170, 1999
- ROWELL, R.M; SANADI, A.R; CAULFIELD, D.F; JACOBSON, R.E. **Lignocellulosic-Plastics Composites**, 1997.
- SALAZAR, R.F.S., SILVA, G.L.P., SILVA, M.L.C.P., “Estudo da Composição da Palha de Milho para Posterior Utilização como Suporte na Preparação de Compósitos”, In: VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, UNIFRA. **Anais**. Santa Maria, RS, Brasil, (2005).
- SAMIR, M. A. S. A.; ALLOIN, F.; SANCHES, J. Y. & Dufresne, A.- **Polymer**, 45, p.4149, (2004).
- WAMBUA,P; IVENS, S; VERPOEST, I. **Composites Science and Technology** , v. 63, nº9, p. 1259-1264, 2003.

STUDY OF THE RECYCLING OF LIGHT PLASTIC MATERIALS FOR COMPOSITION FORMATION WITH CORN FIBER IN THE ENGINEERING AND MEDIUM EDUCATION COURSES

Abstract: *Lightweight polymers generally do not interest recyclers because of their low weight, they take up a lot of space, and in most cases they are dirty with food or organic material. The correct disposal of solid waste is a concept that should be taught daily in homes, schools, universities and workplaces, as one of the challenges of today's society is to reduce solid wastes produced and, at the same time, to intensify the reuse and recycling of waste, discarded waste. This paper reports the experience of a project developed between chemical engineering undergraduates and high school students to recycle light polymer materials by applying them to the production of composite material with corn fiber, a renewable source. Fiber is abundant in the northwest region of Rio Grande do Sul, because maize is one of the state's main agricultural products. Different amounts of fiber were added to the polymer material and the blends were obtained. Mechanical characterization tests were performed to evaluate the strength of the samples. The results were satisfactory for incorporation of up to 2% fiber. The*

composite will be used in "non-noble", "first-finish" applications such as building boards or internal coatings. The bias of the project is the environmental education of students and teachers of the secondary school involved, the University itself and the community in general, considering the dissemination of results through media, lectures and Congresses.

Key-words: *Lightweight plastics. Fiber of corn. Recycling. Composite.*

Organização:



Realização:

