

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE CORPOS DE PROVA OBTIDOS POR INJEÇÃO DE MATERIAIS PLÁSTICOS RECICLADOS COM VARIAÇÃO DE CARGA VIRGEM

Me. Tecg^o Alex Sandro Matos de Oliveira¹
Dr. Eng. Eduardo Nascimento Pires²
Eng. Adolfo Schroeder³

Resumo

O plástico é um material que está presente no nosso dia a dia sob a forma de diversos produtos. Está presente em veículos, embalagens de alimentos, etc. A destinação dos materiais plásticos, após o período de vida útil do produto, nem sempre é adequada, sendo estes materiais encontrados em ambientes totalmente inapropriados. A partir desta perspectiva, a reciclagem possui papel fundamental no ciclo de utilização de plásticos. Além disso, a conscientização sobre o uso deste material e o incentivo à educação científica, este projeto tem como um dos objetivos a coleta de material plástico reciclável, moagem e obtenção de corpos de prova visando a caracterização mecânica. PEAD virgem e tampas plásticas do mesmo material foram utilizadas, sendo realizadas as seguintes composições (em % de massa de PEAD virgem e material reciclado, respectivamente): 100/0, 80/20, 60/40, 40/60, 20/80 e 0/100. Nos ensaios de tração foram obtidos valores não lineares para a força máxima conforme se aumentou o percentual de material reciclado. Nos ensaios de impacto foi possível definir que o aumento da carga de material reciclado reduziu a capacidade do corpo de prova em absorver energia, ou seja, diminuiu a resistência ao impacto.

Palavras-Chave: Reciclagem; Plástico; Caracterização mecânica; Ensaio de tração; Ensaio de impacto.

1. INTRODUÇÃO

Os plásticos constituem uma classe de materiais que desempenharam um papel extremamente importante na nossa sociedade. Isso se deve ao fato de possuir características versáteis que possibilita ser utilizado em diversos produtos. Os valores de produção de plásticos, puxado pela grande demanda deste material para fabricação dos mais variados produtos também apresenta um grande problema ambiental advindo do descarte inadequado. Entre 1950 e 2017, um total de 9,2 bilhões de toneladas de plástico foi produzido, sendo que menos de 10% desta quantidade foi reciclada [1]. No Brasil, em 2019, o volume reciclado foi de 838 mil toneladas de plástico pós-consumo, enquanto em 2018 foram recicladas 757 mil toneladas [2]. A reciclagem mecânica, processo utilizado neste projeto, apresenta como etapas a seleção e separação do material polimérico, moagem, lavagem, secagem e transformação em pellets, sendo posteriormente utilizados em outros processos, como o de injeção [3]. Com a conscientização de alunos quanto à correta separação, descarte e reciclagem deste tipo de material, tem-se a possibilidade de disseminar conceitos que afetam positivamente e de forma significativa nossa comunidade. No Brasil, dentre os principais processos de transformação de

1: Professor do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Caçador

2: Professor do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Caçador

3: Discente do Curso Superior em Engenharia de Produção e Professor Substituto do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Caçador

polímeros, destacam-se a moldagem por extrusão e a moldagem por injeção. Na esfera dos materiais mais utilizados, o polietileno e o polipropileno se destacam, representando mais da metade dos materiais poliméricos utilizados na indústria da transformação do país [4]. Quando há possibilidade de obtenção de polímeros descartados com elevado grau de pureza, há a possibilidade de utilizar este material diretamente no processo de moldagem por injeção, bastando efetuar as etapas de separação, lavagem e moagem. Este é o caso das tampas de garrafas de bebidas, por exemplo. Para avaliar se há diferença significativa entre propriedades de materiais reciclados e virgens, faz-se necessário uma rotina padronizada de testes. A resistência mecânica está entre os principais requisitos usualmente avaliados na concepção de produtos. Assim, este projeto almeja confeccionar corpos de prova feitos com percentuais variáveis de materiais provenientes da coleta de produtos do dia a dia e verificar seu impacto em propriedades como módulo de elasticidade, tensão de escoamento, limite de resistência à tração, bem como resistência ao impacto.

2. METODOLOGIA

Tampas plásticas de caixas de sucos e leites foram coletadas e separadas de acordo com o tipo de geometria. Após a separação, um ensaio de Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) foi realizado para definir o tipo de polímero virgem a ser misturado com o reciclado. Em seguida, as tampas foram lavadas e moídas no moinho triturador do campus. Este material triturado foi utilizado juntamente ao material plástico virgem nas proporções apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1 - Proporções percentuais das composições das cargas

Injeção	Carga		Relação (%)	Descrição
	Virgem (g)	Reciclado (g)		
1°	400	0	100/0	PEAD VIRGEM
2°	400	100	80/20	PEAD/20
3°	210	140	60/40	PEAD/40
4°	160	240	40/60	PEAD/60
5°	80	320	20/80	PEAD/80
6°	0	400	0/100	PEAD RECICLADO

Através de ensaios mecânicos de tração e impacto, foi estudada a influência do aumento do percentual de carga reciclada sobre material virgem sobre as propriedades mecânicas. Foram utilizadas matrizes de injeção de corpos de prova, seguindo as normas ASTM D638 e ASTM D256

A injeção dos corpos de prova para o ensaio de tração foi realizada no laboratório de processamento de polímeros do IFSC Caçador com uma injetora Arburg 320 C. Os parâmetros de injeção utilizados foram: Temperatura de injeção: 200°C; pressão de injeção: 1200 bar; velocidade de injeção: 45 cm³/s; pressão de recalque: 800 bar; tempo de resfriamento: 15 s; volume de dosagem: 35 cm³; descompressão: 8 cm³; força de fechamento: 400 kN. Para cada condição de mistura, foram

injetados cinco ciclos, sendo descartados os cinco primeiros para descontaminação do fuso. A máquina de ensaio universal (EMIC DL2000), do laboratório de caracterização do IFSC Caçador, foi utilizada nos ensaios de tração, sob as seguintes condições: velocidade de ensaio: 40 mm/min; curso limite: 250 mm; célula de carga: 5 kN .

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ensaio FTIR identificou que o material plástico das tampas selecionadas é o PEAD (Polietileno de Alta Densidade). A partir desta informação, foi possível a obtenção da matéria prima virgem para as misturas. Com as misturas entre carga virgem e reciclada, foram realizados os processos de injeção dos corpos de prova de tração e impacto, conforme apresentado na Figura 1:

Figura 1 - corpos de prova injetados: (a) tração; (b) impacto



Ensaio de tração

Verifica-se pelos dados e gráficos que os valores para a força e tensão máxima não apresentaram comportamento linear, de modo que fosse possível determinar com mais precisão a influência da adição de material reciclado ao polietileno virgem. Para melhor compreensão, os dados médios obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Médias e desvio padrão para os ensaios de tração

Corpo de prova	PE VIRGEM		PE + 20%		PE + 40%	
	F max (N)	T máx (MPa)	F max (N)	T máx (MPa)	F max (N)	T máx (MPa)
CP1	713	17	838	20	764	18
CP2	774	18	692	16	678	16
CP3	758	18	694	16	595	14
CP4			750	18	687	16
CP5	817	19	727	17	727	17
CP6	638	15				
média	740	17	740	17	690	16
desvio padrão	60,9	1,4	53,5	1,5	56,6	1,3

Corpo de prova	PE VIRGEM		PE + 20%		PE + 40%	
	F max (N)	T máx (MPa)	F max (N)	T máx (MPa)	F max (N)	T máx (MPa)
CP1	842	20	822	20	781	18
CP2	863	20	893	21	954	23
CP3	802	19	857	20	926	22
CP4	838	20	654	16	972	23
CP5	883	21	863	20	816	19
média	846	20	818	19	890	21
desvio padrão	27	1	85	2	77	2

Nota-se, por exemplo, que os valores para força máxima não são lineares conforme o aumento de carga reciclada. Conforme se aumenta o valor de carga reciclada, os valores de força máxima ora diminuem ora aumentam, apresentando assim um comportamento não linear citado anteriormente. Neste sentido, verifica-se a necessidade de novos ensaios com as mesmas condições para verificação dos dados obtidos.

Ensaio de impacto

A Figura 2 apresenta um corpo de prova fixado à máquina de ensaio e os corpos de prova após o ensaio de impacto.

Figura 2 - corpos de prova injetados: (a) tração; (b) impacto



A Tabela 3 apresenta os dados obtidos nos ensaios de impacto. Nota-se que os dados referentes aos corpos de prova PE/80 (20% de carga virgem de polietileno + 80% de carga reciclada) não foram preenchidos por falhas durante o processo de injeção. Para cada condição foram ensaiados oito corpos de prova. Os valores médios e respectivos desvios para cada condição são apresentados na figura a seguir. Visando facilitar a interpretação dos dados obtidos neste ensaio também foi plotado um gráfico a partir dos valores médios de energia absorvida durante o ensaio, sendo medido em 10 kJ/m².

Tabela 3 - médias e desvio padrão do ensaio de impacto

	média (10 kJ/m ²)	desvio padrão
PE /00	4,465	0,086
PE /20	3,162	0,243
PE /40	1,078	0,044
PE /60	0,561	0,026
PE /80		
PE /100	0,206	0,009

Verifica-se, pelo gráfico, que um aumento na carga de material reciclado reduziu a capacidade do corpo de prova resistir ao impacto, ou seja, absorveu menos energia. Desta forma, se evidencia que para o aumento percentual da carga reciclada haverá o aumento da sua fragilidade. Este fato pode ser atribuído à natureza da matéria prima e aditivos utilizados na fabricação das tampas, bem como à degradação do material à medida que sofreu mais de uma rotina de processamento.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível avaliar a influência da incorporação de material reciclado sobre uma matriz virgem para a fabricação de componentes pelo processo de moldagem por injeção. Foi realizada a coleta e triagem de tampas de produtos alimentícios para uso como material reciclado. A caracterização química por FTIR indicou que o material era constituído por polietileno de alta densidade. Após limpeza e moagem do material, misturas progressivas entre material reciclado e seu contratipo virgem foram realizadas para possibilitar a injeção de corpos de prova de tração e flexão.

Foi observado que o material reciclado possui uma diferença substancial com relação à resistência ao impacto gerando uma sequência de resultados proporcionais, onde quanto maior o teor de material reciclado, menor a absorção de energia por impacto. Com relação à resistência à tração, verificou a necessidade de realização de novos ensaios com as mesmas condições, visto a necessidade de verificação dos dados não lineares obtidos nestes ensaios.

Como possibilidades futuras, salienta-se a produção de cavidade para a produção de peças injetadas com a incorporação do material reciclado.

REFERÊNCIAS

- [1] **Atlas do Plástico: Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Heirich Böll, 2020.
- [2] **Índice de plástico reciclado pós-consumo cresceu em 2019, segundo estudo encomendado pelo Picplast** - Abiplast - Associação Brasileira da Indústria do Plástico
- [3] ZANIN, Maria; MANCINI, Sandro Donnini. **Resíduos plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia**. 2º edição. Editora UFSCAR. 2021
- [4] **ABIPLAST. PERFIL 2021**. São Paulo. ABIPLAST, 2021. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br> > Acessado em 29 de setembro de 2022.