



INCORPORAÇÃO DA BORRA DE CAFÉ AO POLIPROPILENO PARA APLICAÇÃO EM TUBETES UTILIZADOS NO CULTIVO DE PLANTAS

Jeangela dos Santos Nascimento (*), Ananisia Batista dos Santos, Eliomar Bulhões, Rômulo Maziero, Juan Carlos Campos Rubio

* Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis (PPGTECS) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), jnascimento@senai-es.org.br

RESUMO

Muitos estudos têm sido realizados procurando tornar viáveis novas aplicações para a borra do café. Estes estudos incluem a sua utilização como combustível, fonte de celulose e como material de reforço em compósitos. Atualmente, é enorme a pressão política e social para a redução da poluição resultante das atividades industriais. Neste sentido, a reutilização da borra de café apresenta um enorme interesse ambiental, econômico e social. Assim, o objetivo deste trabalho foi a incorporação da borra de café em diferentes porcentagens (10, 30 e 50%), usando como matriz o polipropileno virgem (PP); além de aditivos como o talco e agente pró-degradante, para aplicações no agronegócio – na fabricação de tubetes a serem utilizados no plantio de mudas.

PALAVRAS-CHAVE: Borra de café, Polipropileno, Tubetes.

ABSTRACT

A lot of studies have been carried out trying to make new applications for coffee grounds viable. These studies include its use as a fuel, a source of cellulose and as a reinforcement material in composites. Currently, there is enormous political and social pressure to reduce pollution resulting from industrial activities. In this sense, the reuse of coffee grounds has a huge environmental, economic and social interest. Thus, the objective of this work is the incorporation of coffee grounds in different percentages (10, 30 and 50%), using virgin polypropylene (PP) as a matrix; in addition to additives such as talc and a degrading agent, for applications in agribusiness - in the manufacture of tubes to be used in planting seedlings.

KEY WORDS: Coffee grounds, Polypropylene, Tubes.

INTRODUÇÃO

O progressivo aumento do consumo de bens manufaturados por uma população de aproximadamente oito bilhões de pessoas, graças às evoluções proporcionadas pelo progresso iniciado com a revolução industrial, no século XVIII, tem conduzido o nosso planeta a um colapso ambiental provocado principalmente pela extração desenfreada de recursos naturais e descarte indiscriminado dos resíduos. Estima-se que se o ritmo de consumo humano se manter como atualmente, o consumo dos recursos naturais excederá totalmente a capacidade de recuperação do planeta. Por essa razão, estudos de novos materiais e processos se faz necessário, sobretudo à sobrevivência do homem. É importante que novas alternativas sejam criadas para a preservação das regiões naturais que ainda resistem e a recuperação de áreas já degradadas, também é necessário que novos hábitos sejam desenvolvidos pela sociedade, a união de todas essas ações poderá abrir uma janela de esperança para o planeta Terra. Este projeto visa reforçar a discussão do desenvolvimento de novos materiais e a viabilidade de aplicação destes ao desenvolvimento de produtos já conhecidos no mercado, tendo a produção industrial em larga escala como plano de fundo. O ponto de partida para o desenvolvimento deste projeto, foi a utilização da borra de café.

O cultivo do café desde 1989 ganhou grande reforço dos tubetes, pesquisas apontam que a sua utilização, em detrimento dos famigerados saquinhos de polietileno, oferece uma redução nos custos de produção de aproximadamente 50%, no caso das plantações de mudas de eucalipto. A utilização dos tubetes permite um fácil manuseio e transporte das mudas, economia do substrato utilizado para o cultivo das mesmas, além de ser possível o reuso. A aplicação de saquinhos no cultivo de mudas está cada vez mais em desuso, principalmente pelo fato de que o mesmo não oferece estabilidade à muda e o contato indevido das raízes com o solo podem fazer com que a planta cresça de maneira irregular. Os tubetes atualmente aplicados ao cultivo de mudas de café, são produzidos em material plástico, em muitos dos casos o polipropileno é utilizado como matéria-prima, principalmente pela acessibilidade oferecida pelo seu valor de mercado. No entanto, além de receber aditivos para obter a coloração preta é necessário que o material seja fotoestabilizado com aditivo anti-UV. A crescente preocupação com a escassez de recursos naturais ratifica a necessidade de se buscar novas alternativas nos diversos setores do desenvolvimento.



Neste contexto, a agricultura tem recebido atenção especial, dada a importância da manutenção deste setor para o desenvolvimento humano. Logo, a aplicação de novos materiais em atividades da agricultura é um grande passo para o desenvolvimento sustentável.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Desenvolver tubetes a partir da incorporação da borra de café ao polipropileno.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reduzir a utilização do plástico como principal matéria-prima em serviços/produtos para a agricultura;
- Oferecer alternativa para a destinação da borra de café, geralmente descartada;
- Reduzir a possibilidade dos impactos futuros do plástico à natureza;
- Oferecer material alternativo que contemple a produção do berço ao túmulo.

METODOLOGIA

Materiais

A resina termoplástica utilizada foi o polipropileno EP 440L fabricado pela Braskem (São Paulo, Brasil), descrito pela empresa como um copolímero heterofásico de média fluidez e indicado para o uso em processos de moldagem por injeção. A borra de café foi coletada em residências e estabelecimentos comerciais. Não foi realizado nenhum tratamento superficial das fibras. É importante salientar que não houve controle sobre o tipo de café utilizado para a produção da borra utilizada. A granulometria da borra de café foi realizada com o auxílio de peneiras de 10 *mesh*. O agente de acoplamento utilizado para promover melhor incorporação da fibra natural à matriz polimérica foi o anidrido maleico, na forma de polipropileno graftizado com anidrido maleico. E para melhorar a processabilidade das formulações foi utilizado o talco industrial, produzido e comercializado pela J Reminas Mineração Ltda (São Paulo, Brasil). O talco industrial é utilizado como lubrificante a fim de reduzir o atrito entre a massa polimérica e os componentes da máquina extrusora (canhão, rosca). Para acelerar a degradação do plástico utilizado nas formulações foi necessária a utilização de um agente biodegradante. O aditivo oxibiodegradável utilizado foi o d2wTM, fornecido pela RES Brasil (São Paulo, Brasil), um *masterbatch* polimérico, utilizado na confecção de filmes plásticos e embalagens, não adicionando qualquer outra característica ao material, somente viabilizando a rápida degradação do material. O d2wTM é compatível com polietileno, polipropileno e poliestireno. O fabricante recomenda a utilização de apenas 1% na formulação e a velocidade de degradação do material varia de acordo com a matriz polimérica utilizada e a espessura do filme. As formulações empregadas na realização deste trabalho estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Formulações aplicadas.

Amostras	PP (kg)	Borra de Café (kg)	PP-g-AM (g)	Talco (g)	AB (g)
PPp	5	0	0	0	0
PPp/AB	4,950	0	0	0	0
PPp/AB/TC/PP-g-AM/BC-10	4,365	0,485	50	50	50
PPp/AB/TC/PP-g-AM/BC-30	3,395	1,455	50	50	50
PPp/AB/TC/PP-g-AM/BC-50	2,425	2,425	50	50	50
PPp/BC-50	2,500	2,500	0	0	0

PPp - Polipropileno puro; AB - Agente biodegradante; TC - Talco; PP-g-AM - Polipropileno graftizado com anidrido maleico; BC - Borra de café.

Processamento

A borra de café apresenta estrutura homogênea e por este motivo, não necessitou de moagem. A secagem da borra de café foi feita em estufa a 90 °C. A mistura dos componentes a serem processados para obtenção dos compósitos foi realizada por tamboreamento manual, e as formulações obtidas foram processadas em uma máquina extrusora recuperadora IMACON de rosca 45 mm, com degasagem. Devido à baixa resistência das fibras à altas temperaturas, a temperatura utilizada para o processamento do compósito foi de 190 °C. Para a realização do ensaio do índice de fluidez (IF), foi necessário a secagem do material em estufa a temperaturas que variaram de 90 a 120 °C, por um tempo médio de 1 hora.

Ensaio

Para determinação das condições de processamento do material obtido foi realizado o ensaio do índice de fluidez (2,16 kg e 230 °C), seguindo as especificações da norma ASTM D1238-13. Devido a indisponibilidade de molde para injeção dos corpos de prova, o material foi injetado em molde do produto, neste caso tubetes utilizados na agricultura, apresentados na Figura 1, e os produtos obtidos foram submetidos à análise microscópica e ao ensaio de absorção de água.



Figura 1. Tubetes injetados e utilizados na realização dos ensaios.

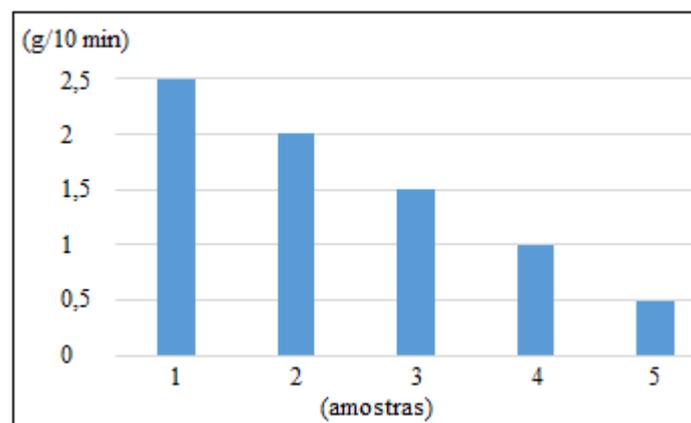
A análise superficial da incorporação dos materiais foi realizada nas amostras injetadas por meio de um microscópio eletrônico de varredura (MEV), localizado no Laboratório de Caracterização do SENAI CIMATEC (Bahia, Brasil). O estudo de absorção de água dos compósitos foi feito de acordo com a norma ASTM D570-98. As amostras foram medidas, pesadas e imersas em água comum, à temperatura ambiente. As amostras foram retiradas semanalmente, secas em estufa, pesadas em balança analítica e novamente recolocadas em banho. Este procedimento foi repetido nove vezes, ao longo de doze semanas.

RESULTADOS

Índice de fluidez

Para fins de comparação – IF fornecida no *datasheet* do material virgem – PPp: 6,0 g/10 min. A adição da fibra e até mesmo do aditivo pró-degradante reduziram consideravelmente a viscosidade do material. Comumente em compósitos com adição de fibras, à medida que a porção de utilização das fibras aumenta, a viscosidade do material tende a aumentar, diminuindo a fluidez, no entanto, o ensaio de fluidez aplicado a este material mostrou valores superiores para as formulações com maior quantidade da borra de café, que as formulações de menores proporções de fibra, conforme mostrada no Gráfico 1.

Gráfico 1. Índice de fluidez.

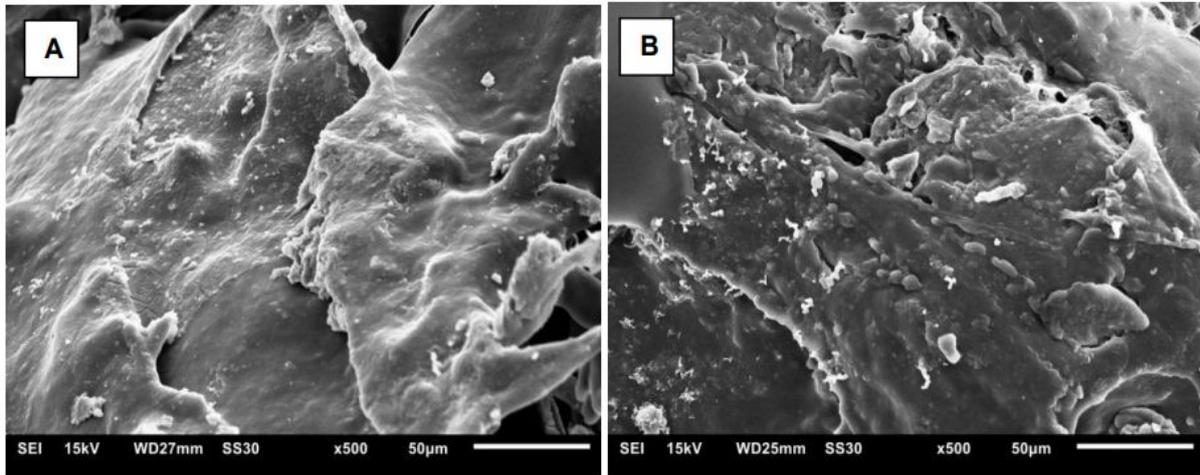


1 - PPp/AB; 2 - PPp/AB/TC/PP-g-AM/BC-10; 3 - PPp/AB/TC/PP-g-AM/BC-30; 4 - PPp/AB/TC/PP-g-AM/BC-50; 5 - PPp/BC-50.

Caracterização microscópica (MEV)

As análises superficiais das amostras mostraram boa miscibilidade entre os componentes, conforme Figura 2. Em comparação realizada, especificamente, entre as formulações de maior proporção de fibra (PPp/AB/TC/PP-g-AM/BC-50 e PPp/BC-50), notou-se pouca diferença na utilização do agente de compatibilização.

Figura 2. Incorporação da borra de café ao polipropileno. A - Com agente de acoplamento, B - Sem agente de acoplamento. Fonte: Laboratório de caracterização, SENAI CIMATEC-BA

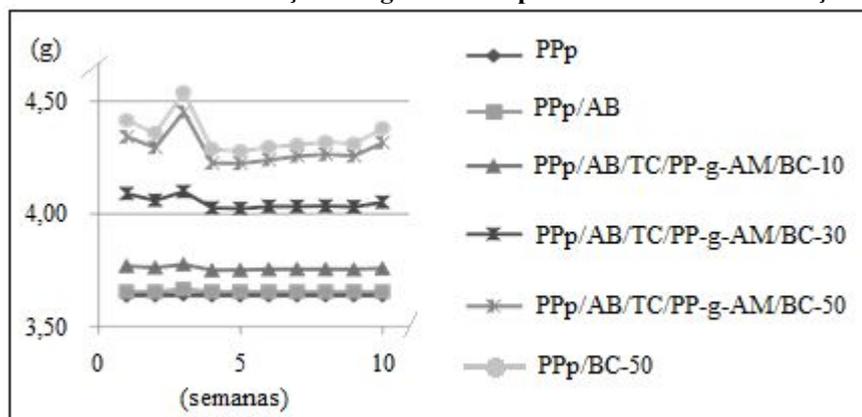


Ensaio de absorção de água

A absorção de água é avaliada pela absorção de umidade pelas amostras promovendo alterações dimensionais. O polímero que possui grupamentos capazes de formar ligações de hidrogênio tende a uma maior absorção de água, que provoca o aumento do peso do material polimérico.

Os tubetes fabricados em polipropileno puro também foram submetidos ao ensaio de absorção e não apresentaram alterações no peso. Para as demais formulações (10, 30 e 50%), os valores apresentados foram decrescendo ao longo do processo, esperava-se que por ser altamente higroscópica a borra de café, elevaria a capacidade de absorção de água pelo material, no entanto, os valores apresentados mostraram o oposto, conforme o Gráfico 2. A cada retirada do banho o material apresentava menor peso, acredita-se ter ocorrido devido à perda de massa do material submerso em água.

Gráfico 2. Influência da absorção de água sobre o peso das amostras em relação ao tempo.



A água utilizada na realização foi a mesma do início ao final do ensaio. Ao longo do período apresentou mudança no seu aspecto visual, de acordo com a formulação da amostra que continha. As formulações com 50% de borra de café apresentaram, no meio do processo, desprendimento das partículas de borra de café, mostrada na Figura 3.



Figura 3. Partículas de borra de café desprendidas da amostra PPp/BC-50 imersa em água.

CONCLUSÃO

A utilização da borra de café se mostrou satisfatória em todos os processos. No entanto, as formulações com maior quantidade de borra de café (30 e 50%), apresentaram maior dificuldade de processamento, em contrapartida mostraram melhores resultados no ensaio de absorção de água e na degradação do material. As formulações com menores porcentagens de café evidenciaram excelente processabilidade e um resultado mediano quanto à absorção de água e consequente degradação.

Na comparação entre as formulações com 50% de borra de café, a amostra com anidrido maleico como compatibilizante, apresentou pouca diferença na interação entre matriz e fase dispersa em relação à formulação que não continha qualquer tipo de aditivo. Seria válido nos estudos seguintes a experimentação de todas as formulações sem a utilização dos aditivos e compatibilizante. Assim, será possível reduzir custos de produção e a utilização de mais um componente químico a ser descartado na natureza. A efetividade do aditivo de oxibiodegradação como acelerador da degradação do material foi inconclusiva, devido ao tempo disponível para a realização do projeto. A utilização do aditivo é recomendada para a produção de filmes, e não há registros da sua utilização em produtos de maiores espessuras e por isso não foi possível estabelecer nenhum comparativo. A recomendação para os próximos ensaios é de que sejam utilizados corpos de prova de menor espessura e que sejam submetidos ao ensaio de envelhecimento ou intemperismo acelerado.

O compósito se mostrou aplicável em diferentes tipos de moldes de injeção, portanto recomenda-se realizar ensaios para avaliar as propriedades mecânicas, a fim de torná-las conhecidas e aplicáveis no desenvolvimento de diferentes produtos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Sustentáveis (PPGTECS) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES), e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGMEC) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pelo suporte e estrutura física. Além do Laboratório de Manufatura do Plástico da Escola Senai do Plástico Antônio Carlos Torres (SENAI-ES) - UO Civit I. Os autores também agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKCELRUD, L. **Fundamentos da ciência dos polímeros**. 4 ed. Barueri: Manole, 2007.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D570-98**: Standard Test Method for Water Absorption of Plastics, 2018. 4 p.
3. _____. **ASTM D1238-13**: Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer, 2013. 16 p.
4. AZEVEDO, A. S. B. **Caracterização e aplicação de fibra de borra de café modificada por tratamento com peróxido de hidrogênio alcalino**. 2007. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2007.
5. BRASIL. Ministério da Educação. **Café**. Brasília, 2005.
6. BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. **Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 6, n. 2, p. 127-139, 2011.
7. CALADO, L. M. **Desenvolvimento de compósitos poliméricos: estudo da sua reologia e extrusão**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado em Química Tecnológica) – Departamento de Química e Biologia, Universidade de Lisboa, Lisboa. 2015.



8. CALLISTER JR., W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC. 2002. 589 p.
9. CAVALCANTI, F. M. **Modelagem do processo de secagem de partículas de polipropileno**. 2017. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2017.
10. EUROMONITOR. **Tendências do mercado de cafés em 2017**. Disponível em: <http://consorcioesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/consumo/tendencias_do_mercado_cafe_2017.pdf>. Acesso em: 19 de novembro de 2018.
11. FARAH, A. **Coffee constituents**. In: CHU, Y. F. (Org.). *Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention*. New Jersey: Blackwell, 2012. p. 21-58.
12. FONSECA, A. C. C. **Produção de carvão ativado utilizando como precursor borra de café e sua aplicação na adsorção de fenol**. 2013. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Processos Ambientais) – Departamento Acadêmico de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. 2013.
13. FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. **Polímeros biodegradáveis: uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos**. *Revista Química Nova*, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006.
14. LOKENSGARD, E. **Plásticos industriais: teoria e aplicações**. 5 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013. 616 p.
15. LOPES, B. L. S. **Polímeros reforçados por fibras vegetais: um resumo sobre esses compósitos**. 1 ed. São Paulo: Blucher. 2017. 43 p.
16. MONTAGNA, L. S. **Desenvolvimento de polipropileno ambientalmente degradável**. 2014. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2014.
17. PETRY, A. **Mercado brasileiro de polipropileno com ênfase no setor automobilístico**. 2011. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2011.
18. RABELLO, M.; DE PAOLI, M. A. **Aditivção de termoplásticos**. São Paulo: Artliber, 2013. 357 p.