

Desenvolvimento de filamentos para impressora 3D com mistura de amido de mandioca e ABS

Palavras-Chave: Termoplásticos, Impressão 3D, Extrusão

Autores/as:

**Cecília Simões Martins Pereira, Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI/UNICAMP,
Campinas, SP.**

**Prof. Dr. Rafael Augustus de Oliveira (orientador), Faculdade de Engenharia Agrícola-
FEAGRI/UNICAMP, Campinas, SP.**

**Prof^a. Dr^a. Viviane de S. Silva (coorientadora), Instituto Federal do Sul de Minas, Carmo
de Minas, MG.**

INTRODUÇÃO:

Os plásticos oriundos do petróleo são materiais de versatilidade elevada e estão presentes na maioria das indústrias, comércio e lares. Entretanto, devido a sua resistência à decomposição, têm causado preocupação no setor ambiental, por causa dos danos que o acúmulo de lixo de fontes não orgânicas possa trazer para fauna e flora (ALVES et al., 2013). Logo, pesquisar matérias primas de fontes renováveis e degradáveis incentiva a procura por possibilidades sustentáveis, de baixo custo e que protegem a saúde da população e o meio ambiente. Dessa forma, essa pesquisa teve como fundamento explorar materiais alternativos para minimizar os impactos ambientais provocados pela produção e descarte incessante de produtos com plásticos e derivados do petróleo. Assim, a troca parcial por biomateriais, tais como amido e fibra, é um fator crucial dentro das alternativas socioambientais (MARTIN et al., 2009; ANDRADE, AUGUSTO e JARDIM, 2010). O objetivo do projeto foi desenvolver um filamento de amido de mandioca incorporado ao ABS (Acrilonitrila butadieno estireno) para aplicação em impressão 3D.

O trabalho visou estudar o ABS, um produto termoplástico eficaz e econômico, além de apresentar facilidade em assumir diversas formas e cores por moldagem térmica por meio de extrusão ou injeção, devido às suas características de resistência mecânica, térmicas e solubilidade em alguns solventes orgânicos (CALLISTER, 2015; SANCHEZ JUNIOR, 2021). Já o amido utilizado, proveniente da mandioca, é uma biomassa vegetal essencial para a produção e uso comercial no Brasil. De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, o amido é a fécula que é extraída das raízes do tubérculo, que é utilizada em processos alimentícios e farmacêuticos, a qual se apresenta como agente promissor na substituição de materiais oriundos do petróleo.

Para unir os dois materiais, usou-se o processo de extrusão, comumente usado em indústrias de plásticos, que consiste em alimentar o funil com o material polimérico e por meio da temperatura e velocidade da rosca transportadora, os materiais derretem e se fundem, passando pela matriz e formando filamentos da mistura (HECK, 2006). A utilização do amido na extrusora tem como vantagem ser um recurso renovável, que reduz o custo do processo e aumenta a biodegradabilidade dos materiais resultantes. Para usar essa mistura em impressão 3D, é necessário que os filamentos sejam uniformes e com as quantidades de cada material adequadas para receber a moldagem térmica e sua deposição fundida. Portanto, a pesquisa visou o desenvolvimento de novas estratégias para obter compósitos biodegradáveis, a partir da produção de biomateriais de baixo custo para o uso como filamentos utilizados na impressão 3D.

METODOLOGIA:

O trabalho teve como foco a produção de compósitos extrusados (filamentos) de ABS (Acrilonitrila butadieno estireno) com AM (amido de mandioca), por meio das etapas exibidas na Figura 1. Os polímeros utilizados neste trabalho foram o ABS (3D LAB Indústria LTDA) e o amido de mandioca (AM) (Yoki, produzido pela General Mills Brasil Alimentos, Paranavaí, PR).

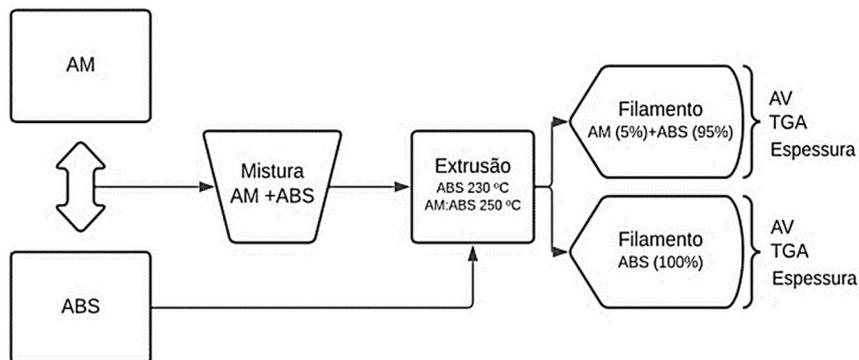


Figura 1. Fluxograma das etapas de processamento de extrusão filamento de AM:ABS e ABS.

Para a produção dos filamentos foi necessário preparar um total de 10 gramas de material compósito para cada ensaio, que foi homogeneizado, em misturador cilíndrico de alumínio manual, durante 3 minutos. As duas amostras ABS e AM:ABS foram processadas em extrusora de rosca simples (Filmaq 3D CV, Curitiba-PR, Brasil) com controle de velocidade. A extrusora foi alimentada de forma contínua e a temperatura da zona de aquecimento foi mantida fixa, de acordo com pré-testes. O material foi obtido sob forma de filamentos cilíndricos com auxílio de uma matriz com bico de 3 mm, acoplado à saída da extrusora.

CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E FILAMENTOS

Espessura

Para verificação da espessura média (mm) foi utilizado um paquímetro digital (CD-8, CSX-B, Mitutoyo Sul América Ltda, SP, Brasil), com a medição em 10 pontos do filamento (ASTM D 5947-03).

Análise visual (AV)

Os filamentos foram avaliados visualmente quanto à uniformidade de cor e textura com o intuito de verificar fissuras, bolhas, manchas vistas a olho nu. A digitalização das imagens dos filamentos foi realizada com um celular da marca “Zenfone pro max” em fundo preto. Para apuração da AV, foi utilizada uma escala de pontuação (0-10 pontos) para análise dos filamentos, em que se realiza a somatória das características propostas e, de acordo com o resultado obtido, classifica-se o material como ótimo (10-8 pontos), bom (7-5 pontos), ruim (4-3 pontos) e/ou péssimo (2-0 pontos) (Figura 2).

Forma		Coloração		Estrutura		Maleabilidade	
Filamento uniforme	2,5	Branco	2,5	Lisa	2,5	Maleável	2,5
Filamento disforme	1,25	Beje claro	1,25	Aspera	1,25	Não maleável	1,25
Filamento quebradiço	0	Caramelo	0	Ondulada	1,25	Quebradiço	0

Escala de pontuação de análise visual:

Ótimo: 10-8 pontos, material extrusado adequadamente, com material liso, coloração visual característica da matéria-prima, estrutura íntegra e produto maleável (com movimentação sem a ocorrência de quebra).

Bom: 7-5 pontos, material extrusado, porém com deformidades ou espessuras diferentes.

Ruim: 4 - 3 pontos, material extrusado, porém com deformidades como coloração alterada, não maleável.

Péssimo: 2- 0 pontos, extrusão ineficiente.

Figura 2. Escala de análise visual (AV).

Análise termogravimétrica (TGA)

A Análise Termogravimétrica (TGA) foi realizada a fim de caracterizar a faixa de degradação dos filamentos produzidos (ABS e ABS:AMIDO). O ensaio foi realizado em equipamento (Shimadzu, modelo TGA 50M, Kyoto, Japão), do Laboratório de Caracterização de Biomassa, Recursos Analíticos e de Calibração da Faculdade de Engenharia Química (UNICAMP), com temperatura variando de 25 °C a 1000 °C e taxa de aquecimento de 10 °C/min, em atmosfera de nitrogênio (fluxo de 50 ml/min) em cadinho de alumina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

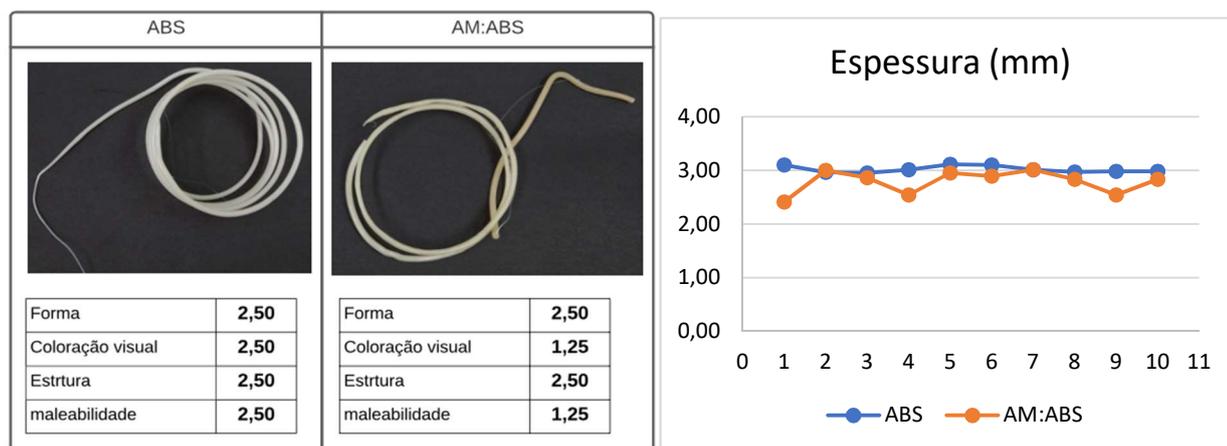


Figura 3. Análise Visual (AV) e de espessura (mm).

Conforme os resultados obtidos, as amostras com amido apresentaram irregularidades, ocorrendo variações na coloração, espessura e maleabilidade. Por meio dos experimentos (Fig.3), foi possível avaliar que a mistura do amido com o material ABS resultou em alterações significativas na coloração visual. Essas alterações podem ser provenientes de fatores como: concentrações altas de amido, que ocasionam aumento do tempo de residência dos materiais poliméricos na máquina, resultando na caramelização da amostra e/ou temperatura de fusão do amido que, por ser inferior à do ABS, pode resultar na mudança da cor do filamento, expressando uma cor bege clara. Supõem-se que outro fator que pode influenciar no resultado é a umidade, como relatado em trabalhos de Moura (2012); Chang & El-Dash (2003) e Ascheri (2009), uma vez que o amido é altamente higroscópico (PELLICANO, PACHEKOSKI e AGNELLI, 2009). Em relação à maleabilidade do material, fundamental para o manuseio no processo da impressão 3D, as amostras com adição de amido demonstraram maleabilidade manual menor que a amostra obtida somente com ABS.

As análises de TGA feitas nos filamentos permitem avaliar a estabilidade térmica dos produtos resultantes. O filamento de ABS (Fig.4) possui massa estável até a temperatura de 410 °C, na qual se inicia sua degradação e finaliza em 492 °C com perda de 99,13%. Restou 0,87% de massa ao final do processo, sendo este resíduo correspondente às cinzas do material. O filamento de AM:ABS (Fig.4) apresentou dois estágios distintos. O primeiro estágio apresentou massa estável até 330,14 °C. A partir deste ponto, houve início de queda de massa de forma não abrupta, não caracterizando degradação da amostra. Neste estágio, houve perda de 3,52% de massa. A partir de 371,83 °C ocorreu então a degradação desse material polimérico, caracterizada pela perda abrupta de 95,59% de massa até 487 °C, restando ao final 0,87% de massa correspondente aos resíduos. As diferenças observadas na faixa de temperatura de degradação entre as duas amostras, demonstra que, ao adicionar amido, a estabilidade térmica do material foi reduzida em aproximadamente 1%. Segundo Farias (2019), as diferentes estabilidades térmicas estão correlacionadas com impurezas no material. Logo, ao observar o valor residual de cada amostra ao final da análise, verifica-se que não há diferença entre elas, o que explica a proximidade da estabilidade térmica. De acordo com Santos (2019), quanto mais elevada a temperatura de degradação da amostra, maior é a eficiência do material e, segundo SANCHEZ JUNIOR (2021), condições térmicas similares demonstram que as características dos materiais foram mantidas durante o processo de extrusão. Com base nessas

informações, observa-se que mesmo com a adição do amido, a eficiência e as características térmicas do filamento (AM:ABS) foram similares ao material original (ABS).

Segundo Pellicano, Pachekoski e Agnelli (2009), a presença de amido aumenta a velocidade de biodegradação do composto polimérico extrusado. Devido a isso e à estabilidade térmica do material, o filamento desenvolvido é viável, necessitando alterar condições de processos para evitar alteração de cor, melhorar maleabilidade e uniformidade na espessura. Tal procedimento, pode ser efetivo com o uso de um aditivo (por exemplo um plastificante) que pode promover redução de temperatura de extrusão e, conseqüentemente, evita a alteração de cor e melhora a maleabilidade do produto extrusado.

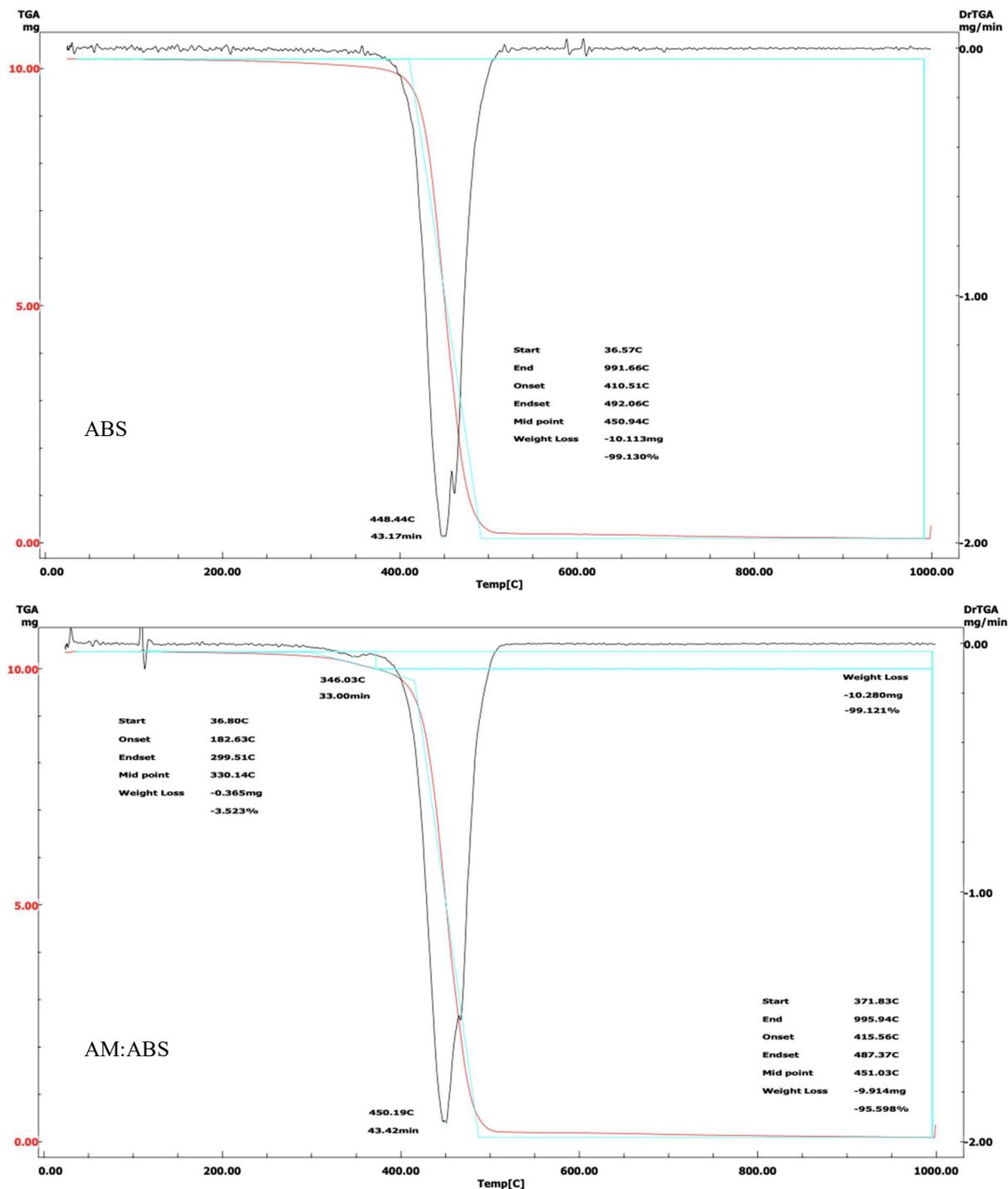


Figura 4. Análises termogravimétricas (TGA) dos filamentos de ABS e de amido com ABS (AM:ABS).

CONCLUSÕES:

Durante o processo de extrusão, foi possível produzir filamentos para impressora 3D com adição de amido. Entretanto, ocorreu uma variação no diâmetro da amostra, requisito esse importante para comercialização e uso do material para impressão. A caracterização dos filamentos indicou que é necessário refinar o processo para evitar a alteração de cor do material e oscilação do diâmetro. Já a análise térmica demonstrou a viabilidade da mistura, pois foi mantida a estabilidade das amostras que, com a adição de amido, torna-se um material com possíveis características de biodegradabilidade, fator essencial para redução de materiais poluentes no meio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- ALVES, I., OLIVEIRA, A., SANTOS, M., TRINDADE, P. Responsabilidade social empresarial e vantagens do uso de sacolas retornáveis: estudo de caso-panificadora em Campina Grande-PB. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, 10 (1), p. 162-178, 2013.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 5947-03** Standard Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastics Specimens. Pennsylvania, 2003.
- ANDRADE, J. D. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, 35(3), 17-43, 2010. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-46702010000300002>.>
- ASCHERI, J.L.R. **Curso de processo de extrusão de alimentos: aspectos tecnológicos para o desenvolvimento e produção de alimentos para consumo humano e animal**. EMBRAPA, Abril, 2009, 89p.
- CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8a ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2015.
- CHANG, Y.K.; EL-DASH, A.A. Effects of acid concentration and extrusion variables on some physical characteristics and energy requirements of cassava starch. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 20, n. 2, p. 129-137, 2003.
- FARIAS, R. de. **Contribuições ao desenvolvimento de filamentos de compósitos de PLA/NTC para a impressão 3D**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.
- HECK, V. **Capítulo IV – Extrusão**, 2006. Disponível em: http://www.ufrgs.br/lapol/processamento/l_41.html. Acesso em: 07 de agosto de 2022.
- MARTIN, A. R.; MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H.; SILVA, O. R. R. F. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade Agave sisalana. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, 19 (1), 40-46, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282009000100011>.
- MOURA, M.S.L. **Caracterização físico-química e reológica de farinhas mistas instantâneas de arroz, milho e feijão por extrusão termoplástica**. (Dissertação de Mestrado). Março de 2012.
- PELLICANO, M.; PACHEKOSKI, W. AGNELLI, J. A. M. Influência da adição de amido de mandioca na biodegradação da blenda polimérica PHBV/Ecoflex®. **Polímeros**, 19 (3), 2009. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282009000300009>
- SANCHEZ JUNIOR, M. **Construção de Equipamento para Obtenção de filamentos para impressão 3D: Um estudo com copolímero ABS e microcompósitos com fibras de celulose**. (Tese de Doutorado). Maio de 2021.
- SANTOS, L. M. **Viabilidade técnica da aplicação de polímeros termoplásticos reciclados para impressão 3D**. (Dissertação de Mestrado). Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2019.