



I-1620 - ANÁLISE DA INTERAÇÃO ENTRE BORRA DE CAFÉ E CASCA DE OVO POR MÉTODOS TÉRMICOS

Leonardo Ribeiro Pinto⁽¹⁾

Químico Industrial pela Universidade Estadual de Goiás. Mestre em Tecnologia de Processos Sustentáveis pelo Instituto Federal de Goiás - Câmpus Goiânia). Servidor do Instituto Federal de Goiás no campus Goiânia. Pesquisador do LAnA/EECA/UFG.

Mario Henrique Lobo Bergamini⁽²⁾

Engenheiro Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Goiás. Pesquisador do LAnA/EECA/UFG.

Sérgio Botelho de Oliveira⁽³⁾

Químico Industrial pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Química de Materiais pela Universidade Federal de Goiás. Doutor em Catálise Química pela Universidade Federal da Bahia, Pós Doutor em Química Ambiental pela Université de Poitiers – France e professor do Instituto Federal de Goiás no Campus Goiânia.

Adilson Ben da Costa⁽⁴⁾

Químico Industrial e Licenciatura Plena em Química pela Universidade de Santa Cruz do Sul, Mestre e Doutor em Química pela Universidade Federal de Santa Maria e professor adjunto da Universidade de Santa Cruz do Sul, RS, Brasil

Paulo Sergio Scalize⁽⁵⁾

Graduado em Ciências Biológicas Modalidade Médica e Bioquímica Médica Análise Físico Químicas e Microbiológicas e em Engenharia Civil, mestrado e doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP), Professor Associado na Universidade Federal de Goiás no campus de Goiânia.

Endereço⁽¹⁾: Rua 75. n° 46. Centro, Goiânia, Goiás. CEP: 74055-110 - e-mail: leonardo.pinto@ifg.edu.br

RESUMO

As técnicas de análise termogravimétrica (TGA) e seus derivados (DTG) são utilizadas para estudar e comparar fenômenos térmicos durante a pirólise de pequenas amostras de materiais combustíveis e para medir variação da massa (dm) durante o aquecimento (dT). A Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) avalia os fenômenos térmicos da variação de massa (dm) em relação com a variação de energia (dE) exotérmica ou endotérmica durante as transformações físicas e químicas dos materiais. Assim a utilizações destas técnicas se fazem necessária para avaliar as interações entre a borra de café e a casca de ovo por meio de análise termogravimétrica, térmica diferencial e calorimetria exploratória diferencial com a finalidade de avaliar as transformações, decomposições, determinando a estabilidade térmica do material e fornecer informações mais explícitas sobre a faixa de temperatura de trabalho durante a pirolise para a obtenção de um carvão ativado de baixo custo. As análises termogravimétricas das amostras de borra de café misturadas com casca de ovo triturada em diversas proporções demonstraram que não ocorreram aparente sinergia entre os materiais estudados, pois as temperaturas de perda de massa e os eventos calorimétricos não sofreram variações, sem deslocamento do valor de temperatura conforme diminui a proporção de borra de café e aumento da casca de ovo.

PALAVRAS-CHAVE: Análise termogravimétrica, borra de café, casca de ovo, pirolise

INTRODUÇÃO

A Análise Termogravimétrica (TGA), Análise Térmica diferencial (DTA) e a Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) são métodos analíticos amplamente utilizados, e seu uso na pesquisa de desenvolvimento de materiais está aumentando constantemente e tem fundamental importância na identificação das transformações de fases que acontecem durante o tratamento térmico para obtenção de materiais híbridos e estruturados. Os métodos térmicos (TGA, DTA e DSC) dependem do aquecimento/resfriamento linear da amostra de teste e da medição da temperatura e calor de transição de fase ou perda de massa que ocorre nessas condições. Esses métodos permitem estudar processos físicos, incluindo fusão, sublimação, desidratação, cristalização, transformações polimórficas e transição vítrea, bem como processos químicos, como degradação térmica (Craig et al., 2006).

A análise termogravimétrica (TGA) e seus derivados (DTG) são as técnicas comumente usadas para estudar e comparar fenômenos térmicos durante a pirólise de pequenas amostras de materiais combustíveis e para medir variação da massa (dm) durante o aquecimento (dT). A Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) estuda comparar os fenômenos térmicos da variação de massa (dm) em relação com a variação de energia (dE)

exotérmica ou endotérmica durante as transformações físicas e químicas dos materiais. Estas técnicas podem ser utilizadas para elucidar as interações da borra de café (BC) e da casca de ovo (CO) que são desenvolvidas durante as transformações, decomposições, determinando a estabilidade térmica do material e fornecer informações mais explícitas sobre a faixa de temperatura de trabalho durante a pirólise dos mesmos.

O equipamento utilizado para estas análises é um Analisador Termogravimétrico TGA/DTG/DSC que consiste basicamente em balança analítica sensível, Termopar (referência e amostra), suporte de amostra ou cadinho (platina, alfa-alumina, alumínio), forno: TA: até 900°C (TG/DTA), 550°C (TGA/DSC), sistema de gás de purga de modo a fornecer uma atmosfera inerte (N₂ ou Ar) ou, em certos casos reativa (O₂ e ar sintético), fluxo de gás e microcomputador/microprocessador.

A busca de materiais orgânicos alternativos, como a BC e CO, que possuam alta disponibilidade e baixo custo visando a produção de bioadsorventes através de tratamentos térmicos como a pirólise e ativação para produção de carvão ativado alternativo para serem aplicados em processos de adsorção para remoção de poluentes, assim os estudos termogravimétricos destes materiais se tornam indispensáveis para sua obtenção.

OBJETIVOS

Avaliar a interação entre a borra de café e a casca de ovo por meio de análise termogravimétrica, térmica diferencial e calorimetria exploratória diferencial.

METODOLOGIA

A borra de café foi coletada em residências após o preparo da bebida e a casca de ovo foi coletada em uma panificadora situada no município de Itaberai-GO. Ambos os materiais foram lavados com água ultrapura e secos em estufa por 24 h a 105 °C. No caso da casca de ovo, durante a lavagem com água a película foi removida manualmente, antes do processo de secagem. A casca de ovo foi triturada em microlizador doméstico até a obtenção de um material pulverulento. Posteriormente, a casca de ovo foi peneirada, selecionando o material passante na peneira de 60 mesh para os experimentos. Cada amostra constituiu 1 g de material. Assim, a amostra composta exclusivamente por borra de café (BC100) contendo 1 g de borra; a amostra com casca de ovo (CO) apresentou 1 g de casca de ovo; as amostras com 95% (BC95), 90% (BC90), 85% (BC85) e 80% (BC80) de borra de café apresentaram 0,95, 0,90, 0,85 e 0,80 g de borra e, conseqüentemente, 0,05, 0,10, 0,15 e 0,20 g de casca de ovo, respectivamente. O analisador térmico STA 449 F3 Nevio (Netzsch ®) foi empregado na análise térmica das amostras. O intervalo de temperatura ao qual as amostras foram submetidas foi de 30 a 900 °C, com taxa de aquecimento de 10 K/min sob fluxo de gás nitrogênio de 40 mL/min. As amostras foram submetidas ao laboratório do Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CRTI) da Universidade Federal de Goiás.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

Os resultados da TG/DTG e de TG/DSC, da amostra composta exclusivamente por borra de café (BC100) são apresentados na Figura 1.

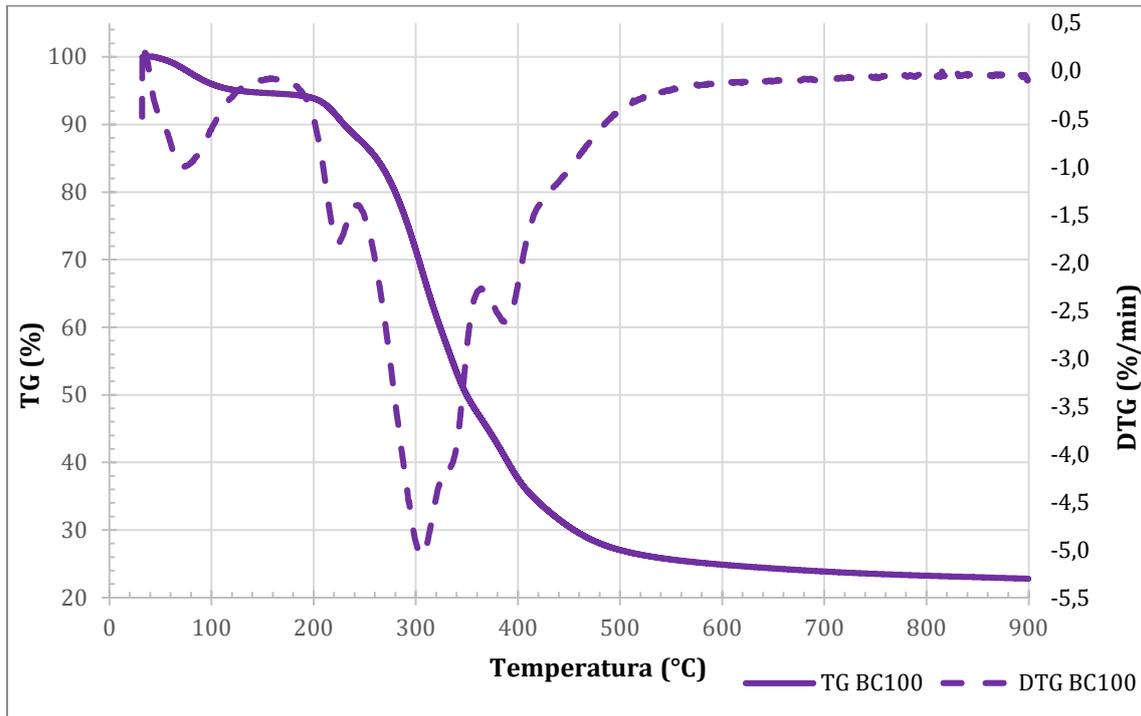


Figura 1 – Curva de TG/DTG da amostra de borra de café.

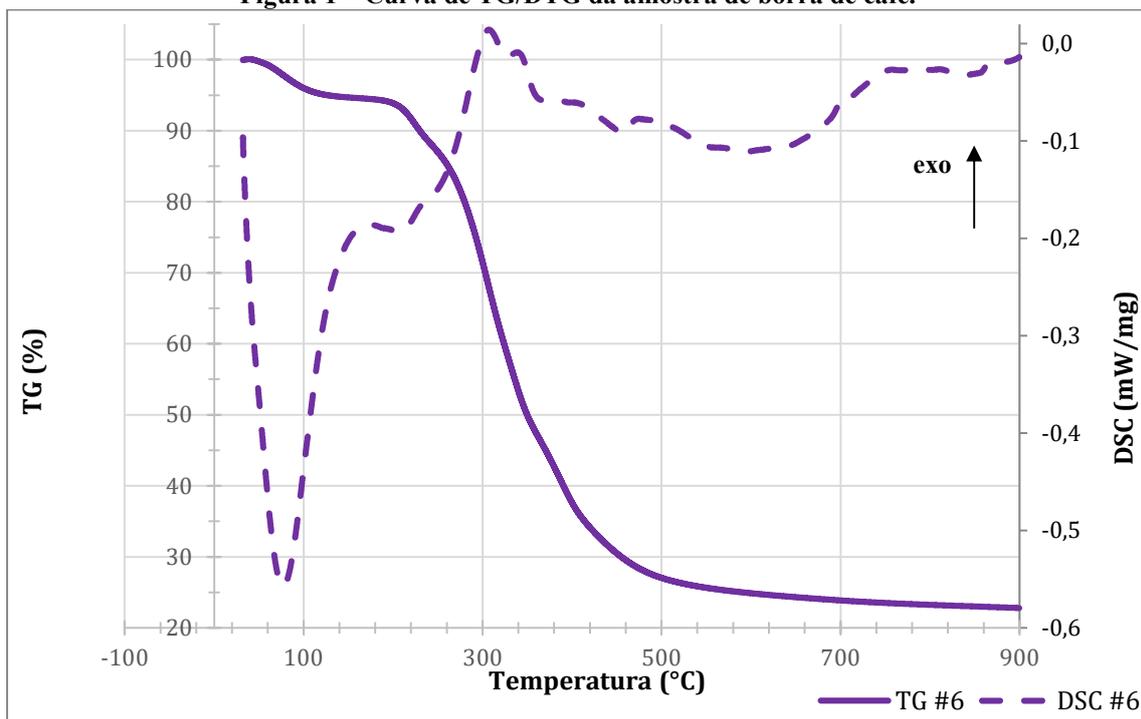


Figura 2 – Curva de TG/DSC da amostra de borra de café.

Os resultados da TG/DTG das amostras compostas de borra de café e casca de ovo (BC95, BC90, BC85 e BC80) são apresentados a seguir, na Figura 3, e a TG/DTG da amostra de casca de ovo (CO) está apresentada na Figura 4.

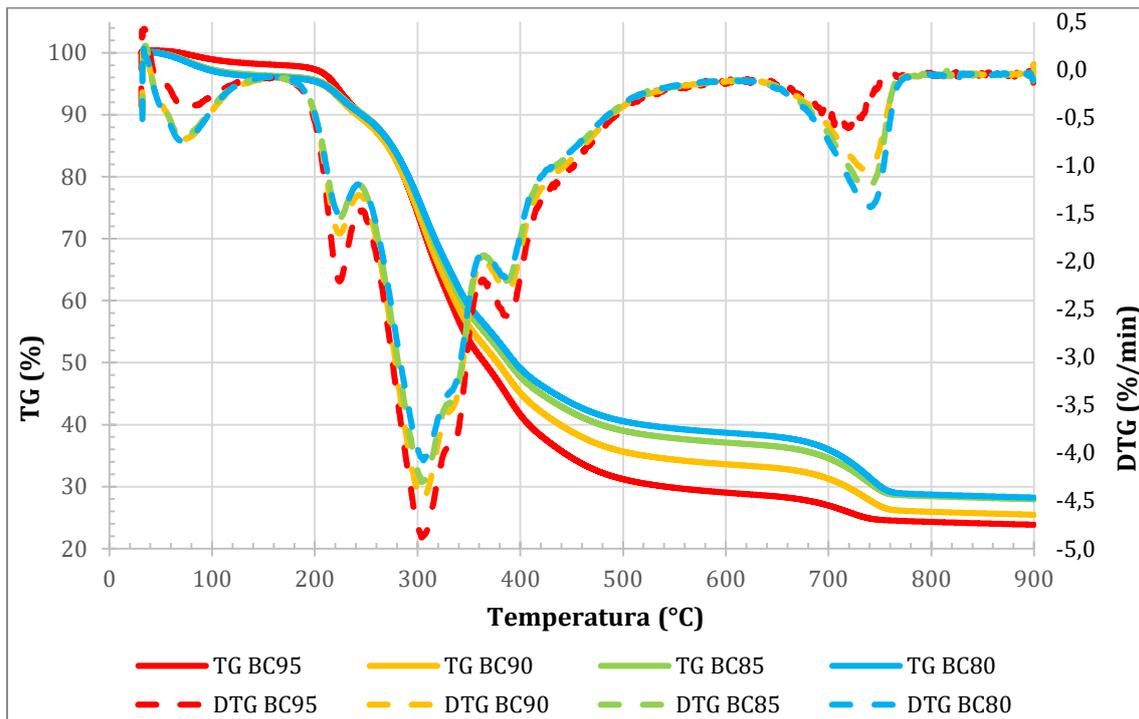


Figura 3 – Curvas de TG/DTG das amostras de borra de café com casca de ovo.

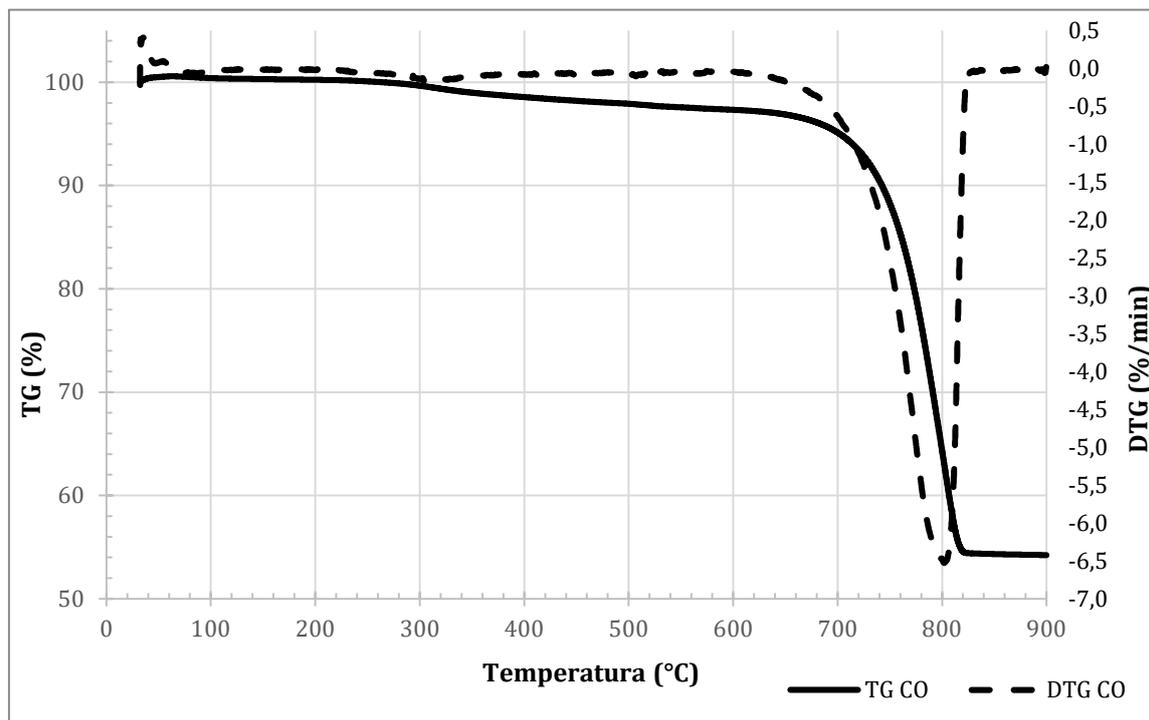


Figura 4 – Curva de TG/DTG da amostra de casca de ovo.

Os resultados de DSC da amostra de borra de café (BC100) e das amostras compostas de borra de café e casca de ovo (BC95, BC90, BC85 e BC80) são apresentados na Figura 5. Com o intuito de melhor expor os resultados, a amostra de casca de ovo (CO), foi apresentada à parte, na Figura 6, pois a observância de valores extremos nesta amostra prejudicaria a interpretação dos gráficos das demais amostras.

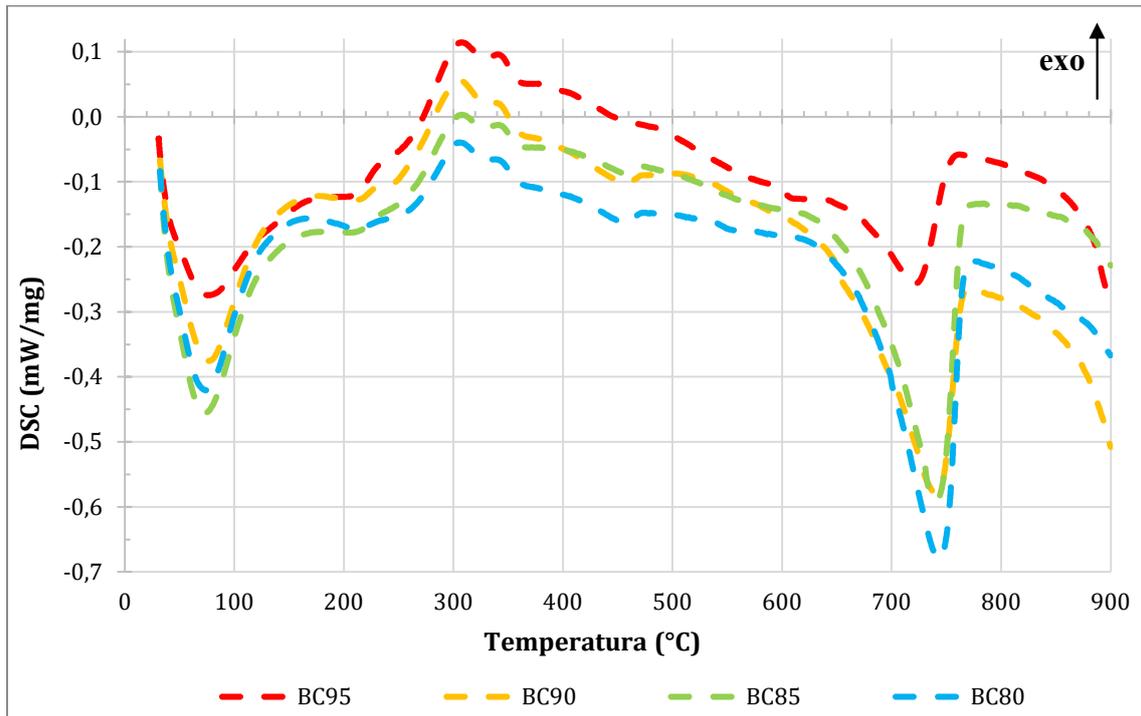


Figura 5 – Curvas de DSC das amostras de borra de café com casca de ovo.

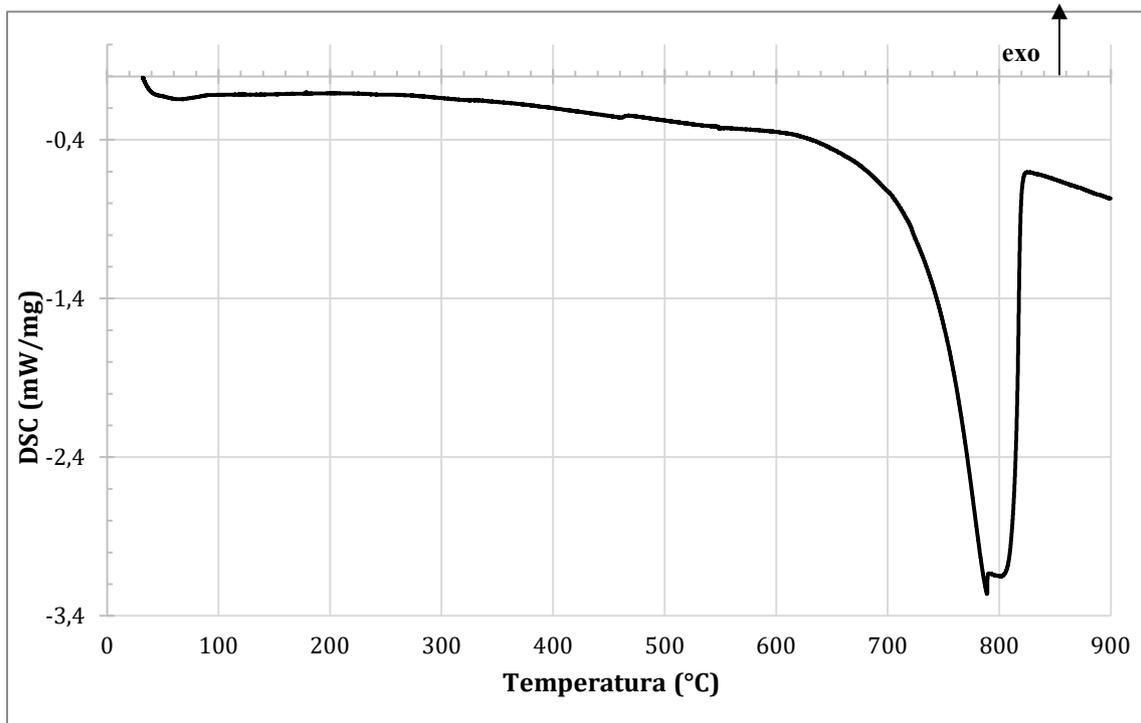


Figura 6 – Curva de DSC da amostra de casca de ovo.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os termogramas TG/DTG, para a amostra composta exclusivamente por borra de café, mostram que abaixo de 200 °C existe uma perda de massa da ordem de 6%, relacionada com a remoção de umidade e de compostos orgânicos voláteis (Singh, Mahanta e Bora, 2017). Na faixa de temperatura entre 300 °C e 500 °C ocorre a decomposição da hemicelulose, celulose, lignina e extrativos do café (gorduras, óleos essenciais etc.), resultando

numa perda de massa da ordem de 44%. A variação mais intensa da perda de massa em função do tempo ocorre por volta de 303 °C, relacionada com a decomposição dos extrativos do café (JÚNIOR, 2017). Com relação ao TG/DSC é possível observar um evento endotérmico significativo próximo a 78 °C, associado com a desidratação da amostra. Em torno de 310 °C ocorre um evento exotérmico. Ao analisar em conjunto as curvas de DSC e TG, pode-se interpretar esse evento como um processo de decomposição da lignocelulose, com formação de cinzas composta de óxidos de metais.

Com relação a análise de TG/DTG das amostras de borra de café com casca de ovo, percebe-se que à medida que aumenta a proporção de casca de ovo em detrimento da proporção de borra de café, a curva de TG se desloca para a direita e para cima quando a temperatura ultrapassa os 300 °C, tornando-se mais evidente por volta de 500 °C. A perda de massa observada abaixo de 650°C corresponde à liberação de água e à decomposição de compostos orgânicos adsorvidos na casca do ovo (Lee *et al.* (2021).

As curvas de DTG das amostras demonstram que não houve sinergia aparente entre os materiais, pois os picos que indicam maior perda de massa ocorrem praticamente na mesma temperatura para todas as amostras, sem deslocamento do valor de temperatura conforme diminui a proporção de borra de café e aumenta a da casca de ovo. Apesar da casca de ovo apresentar compostos à base de carbonatos de cálcio e magnésio, sua estrutura cristalina termicamente estável (descarbonatação com formação predominante de óxidos e polifosfatos cálcio em temperaturas entre 700 e 800 °C) pode ter sido um impedimento para que os álcalis fossem liberados, na temperatura de carbonização da borra de café (entre 300 e 650°C), a fim de agirem como ativantes químicos no processo de formação do carvão ativado da borra de café.

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

As análises termogravimétricas (TG/DTG/DSC) das amostras de borra de café misturadas com casca de ovo triturada em diversas proporções em peso (5%, 10%, 15% e 20%) revelaram que não houve sinergia aparente entre os materiais estudados, pois as temperaturas de perda de massa e os eventos calorimétricos não sofreram variações, sem deslocamento do valor de temperatura conforme diminui a proporção de borra de café e aumento da casca de ovo. Apesar da casca de ovo apresentar compostos à base de carbonatos de cálcio e magnésio, sua estrutura cristalina termicamente estável proporcionou a descarbonatação com formação predominante de óxidos e polifosfatos cálcio em temperaturas entre 700 e 800 °C, e isso pode ter sido um impedimento para que os álcalis fossem liberados na temperatura de carbonização da borra de café (entre 300 e 650°C), a fim de agirem como ativantes químicos no processo de formação do carvão ativado da borra de café.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CRAIG, D.Q.M.; READING, M. (Eds.). (2006). *Thermal Analysis of Pharmaceuticals (1st ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420014891>
2. JÚNIOR, R. B. Pirólise da Borra de Café: Cinética Química e Operação em Leito Fixo. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2017.
3. LEE, J.; HONG, S.; LEE, C.; PARK, S. *Fluoride removal by thermally treated eggshells with high adsorption capacity, low cost, and easy acquisition*. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 28, p. 35887–35901, 2021.
4. SINGH, Y. D.; MAHANTA, P.; BORA, U. *Comprehensive characterization of lignocellulosic biomass through proximate, ultimate and compositional analysis for bioenergy production*. *Renewable Energy*, v. 103, p. 490 – 500, 2017.