

# AValiação DA INFLUêNCIA DO USO DE BIOCHAR DA BORRA DE CAFê NA RESISTêNCIA à COMPRESSÃO DE UMA ARGAMASSA DE CIMENTO

Adrieli Oliveira Soares<sup>1</sup>, Karita Christina Soares Kanaïama Alves<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica IFTO. e-mail: <adrieli.soares@estudante.ifto.edu.br>

<sup>2</sup> Docente do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. Orientador(a). e-mail: <karita.alves@ifto.edu.br>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos setores que mais consomem recursos naturais e também figura entre os principais emissores de gases de efeito estufa, especialmente devido à produção de cimento. As argamassas de cimento são amplamente empregadas em obras civis, e utilizam insumos como cimento e agregados miúdos, cuja fabricação e extração estão diretamente associadas à degradação ambiental e à liberação de CO<sub>2</sub>. As fábricas de cimento são responsáveis por 2,3% do total de emissões de gases de efeito estufa da indústria no Brasil (ABCP, 2024). Assim, torna-se urgente a busca por soluções que conciliem desempenho técnico e sustentabilidade.

Uma das alternativas é o reaproveitamento de resíduos agroindustriais na formulação de concretos e de argamassas. Entre esses resíduos, destaca-se a borra de café, gerada em larga escala no Brasil, maior produtor mundial da bebida e segundo maior consumidor (MAPA, 2023). Normalmente descartada em aterros, a borra pode ser transformada por meio da pirólise em um tipo de biochar (carvão vegetal) com estrutura porosa, baixa densidade e alta estabilidade. Esse material apresenta propriedades que favorecem a microestrutura de argamassas, podendo atuar como microagregado e influenciar positivamente a hidratação do cimento, a densidade da matriz cimentícia e sua resistência mecânica.

Além dos benefícios técnicos, sua incorporação contribui para a redução da pegada ambiental da construção civil, promovendo o reaproveitamento de resíduos orgânicos e a captura de carbono. Alguns estudos têm demonstrado que a substituição parcial de agregados por biochar derivado da borra de café pode resultar em concretos mais resistentes e ambientalmente mais eficientes (Roychand *et al.*, 2023).

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do uso de biochar da borra de café na resistência à compressão de uma argamassa de cimento com substituição parcial da areia.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

O biochar derivado de borra de café (BCP) foi produzido no laboratório de construção civil do IFTO *campus* Gurupi, seguindo os procedimentos descritos por Oliveira *et al.* (2024) e Roychand *et al.* (2023). Após coleta, o material foi lavado com água corrente para remoção de impurezas e submetido à secagem em estufa a 60 °C por 24 horas. Posteriormente, a pirólise foi realizada em forno mufla com taxa de aquecimento de 10 °C/min. As amostras foram mantidas por duas horas nas temperaturas de 350 °C (BCP350) e 500 °C (BCP500). Após o processo, o resfriamento foi realizado dentro do forno por 24 horas para evitar choque térmico. As amostras foram identificadas e armazenadas em recipientes herméticos.

A argamassa de cimento foi produzida com cimento CP II-F-32, areia (rio Santa Teresa), dois tipos de BCP (BCP350 e BCP500) e água. A densidade da areia é de 2,65 g/cm<sup>3</sup> (Silva e Alves, 2024), do BCP350 é de 0,365 g/cm<sup>3</sup> e do BCP500 é de 0,39 g/cm<sup>3</sup> (Oliveira *et al.*, 2024). Quanto maior a temperatura da pirólise, maior a densidade do BCP.

A dosagem da argamassa seguiu o traço padrão 1:2:0,35 (cimento, areia e água), com substituição da areia por BCP nas proporções de 10% e 20%, conforme apresentado na Tabela 1. A substituição da areia por biochar foi feita em volume e convertida para massa.

Tabela 1 - Traços das argamassas.

Traço	Cimento (g)	Areia (g)	BCP (g)	Água (g)
Referência	1000	2000	0	350
BCP350/10	1000	1800	27,44	350
BCP350/20	1000	1600	54,89	350
BCP500/10	1000	1800	29,32	350
BCP500/20	1000	1600	58,65	350

Fonte: Autores.

A mistura das argamassas foi feita com misturador mecânico, com adição gradual de água. Para cada análise da resistência à compressão, foram produzidos nove corpos de prova utilizando moldes de tubo PVC de 50 mm (com as dimensões internas de 48 mm e altura 95 mm). A moldagem dos CPs seguiu as orientações da NBR 7215 (ABNT, 2025), sendo preenchidos em duas camadas e adensados manualmente com 30 golpes em cada. Após 24 horas, os CPs foram desmoldados e colocados para cura em tanque com água a 27°C.

Para avaliação da influência da adição do BCP nas argamassas, foram realizados ensaios de compressão aos 7, 14 e 28 dias, em prensa hidráulica com capacidade de 100 kN, seguindo os procedimentos da NBR 7215 (ABNT, 2025). A resistência foi calculada pela razão entre a força máxima de ruptura e a área da seção transversal dos corpos de prova.

Para análise complementar, foram feitas análises das amostras de BCP e da borra de café sem queima (CSQ), por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Dispersão de Energia (EDS), no CRTI (Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação). As imagens ao MEV permitiram a visualização detalhada da morfologia superficial das amostras, com aumentos de até 1000x. Já a análise por EDS possibilitou a identificação qualitativa dos elementos químicos presentes nas amostras, contribuindo para a compreensão da composição do biochar após o processo de calcinação.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

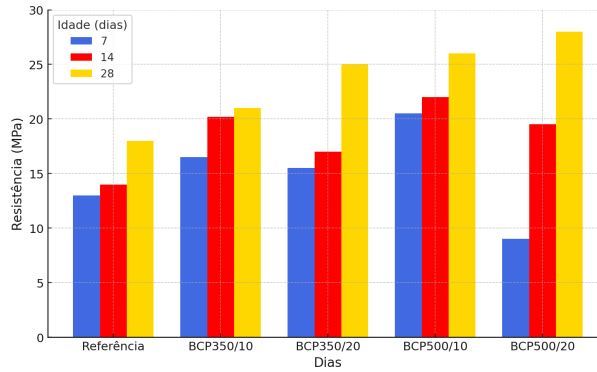
Os resultados dos ensaios de compressão (Figura 1) mostraram que todas as argamassas com BCP apresentaram resistência superior ao traço de referência, que atingiu 18 MPa aos 28 dias. Quanto maior a temperatura da pirólise, e quanto maior a porcentagem de BCP, maiores os resultados. O traço com 20% de BCP500 foi o mais eficiente, alcançando 27,5 MPa, representando um incremento de cerca de 53% em comparação ao traço de referência.

A evolução da resistência ao longo do tempo foi consistente, com crescimento progressivo. Esse comportamento sugere que o BCP interfere positivamente na hidratação do cimento, e que sua estrutura favorece o processo de hidratação. As imagens obtidas ao MEV confirmaram que o BCP possui estrutura porosa e irregular, com cavidades que favorecem a retenção de água e a aderência aos produtos de hidratação do cimento, como pode ser observado na Figura 2.

As análises EDS na amostra de borra de café (CQS), na condição natural, e com calcinação, estão apresentadas na Figura 3. A borra de café natural apresentou um pico de carbono, que está relacionado com a alta quantidade de matéria orgânica presente. Já o espectro EDS da CQS calcinada revela a presença de elementos essenciais para o desenvolvimento da resistência em

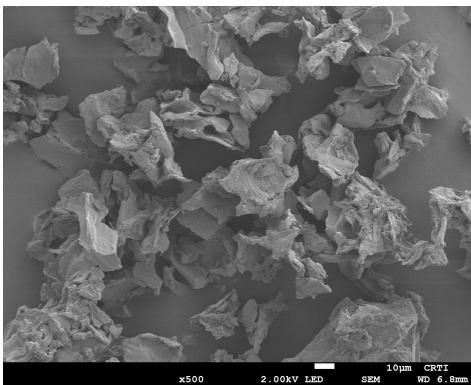
pastas de cimento, como cálcio e silício, que participam da formação do C-S-H, principal composto responsável pela resistência mecânica; alumínio, que contribui para fases como o  $C_3A$ , influenciando a pega e a resistência inicial; ferro, presente em fases como o  $C_4AF$ , que favorecem a estabilidade; e magnésio, que tem potencial efeito benéfico na microestrutura.

Figura 1- Resultados dos ensaios de compressão.

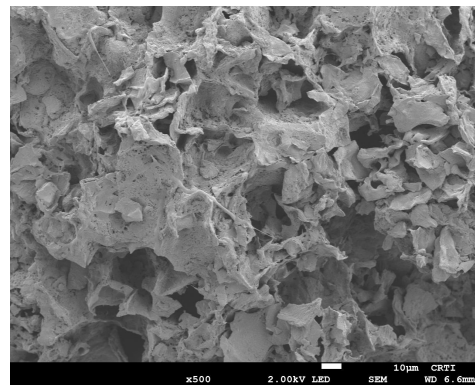


Fonte: Autores.

Figura 2 - Imagens ao MEV das amostras: (a) BCP350 e (b) BCP500.



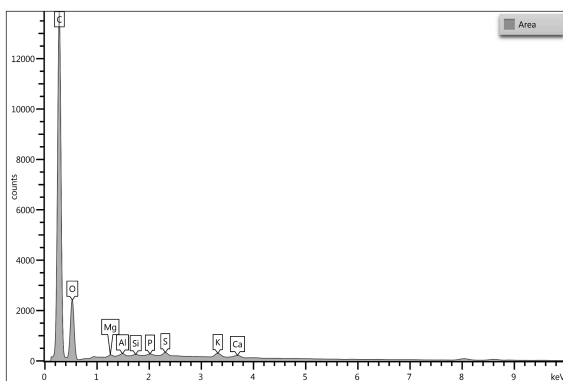
(a)



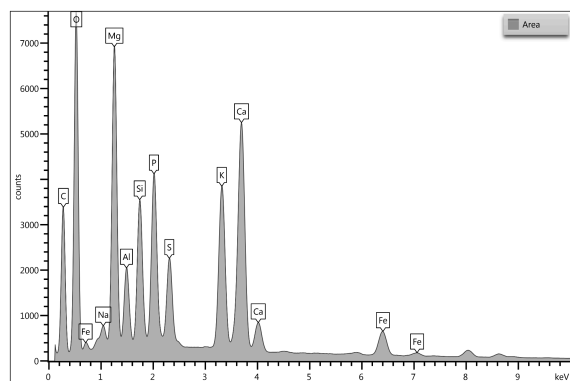
(b)

Fonte: Acervo pessoal.

Figura 3 - Espectros EDS das amostras: (a) CQS sem a queima, (b) CQS calcinado.



(a)



(b)

Fonte: Acervo pessoal.

Esses resultados confirmam que o biochar não atua apenas como agregado leve, mas como componente funcional que melhora a microestrutura do concreto. Sua incorporação favorece a hidratação, reduz a porosidade e contribui para o ganho de resistência, além de promover sustentabilidade ao reaproveitar resíduos orgânicos.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação de biochar de borra de café como substituto parcial da areia mostrou-se eficaz, com destaque para o traço com 20% de BCP500, que apresentou ganho de 53% na resistência à compressão aos 28 dias. Os resultados superaram os do estudo de Roychand *et al.* (2023). As análises microestruturais confirmaram que o BCP atua como componente funcional, favorecendo a formação de produtos cimentícios e a densificação da matriz. Além do desempenho técnico, o uso do biochar contribui para a sustentabilidade ao reaproveitar resíduos orgânicos. Para futuras aplicações, recomenda-se investigar a influência da substituição do cimento por este biochar.

## 6 AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPT e ao IFTO pelo fomento e apoio na execução do projeto, que viabilizou a realização desta pesquisa, bem como pela concessão da bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS

ABCP: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Como a indústria do cimento pretende, com investimentos bilionários, reduzir a emissão de poluentes. Disponível em: <https://abcp.org.br/como-a-industria-do-cimento-pretende-com-investimentos-bilionarios-reduzir-a-emissao-de-poluentes/> Acesso em: 11 ago. 2025.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland Concreto - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2025.

MAPA: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Brasil é o maior produtor e o segundo maior consumidor de café. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-e-o-maior-produtor-mundial-e-o-segundo-maior-consumidor-de-cafe> Acesso em 11 ago. 2025.

OLIVEIRA, Adrieli; ALVES, Rannyere Rocha; ALVES, Karita Christina Soares Kanaïama. AVALIAÇÃO DO BIOCHAR DE CAFÉ PARA USO NO CONCRETO.. In: Anais da 15ª Jornada de Iniciação Científica e Extensão. Anais...Palmas(TO) IFTO, 2024.

ROYCHAND, R.; KILMARTIN-LYNCH, S.; SABERIAN, M.; LI, J.; ZHANG, G.; LI, C. Q. Transforming spent coffee grounds into a valuable resource for the enhancement of concrete strength. *Journal of Cleaner Production*, v. 419, 138205, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138205>

SILVA, Pedro Paulo Oliveira Crispim da; ALVES, Karita Christina Soares Kanaïama. CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS MIÚDOS DA REGIÃO DE GURUPI PARA CONCRETOS E ARGAMASSAS.. In: Anais da 15ª Jornada de Iniciação Científica e Extensão. Anais...Palmas(TO) IFTO, 2024.