

## **AVALIAÇÃO DA TRAÇÃO NA FLEXÃO COM ARGAMASSAS USANDO CINZA DO LODO DE ESGOTO**

Rodolfo Barros de Araújo <sup>1</sup>; Leila Soares Viegas Barreto Chagas <sup>2</sup>;  
João Victor da Cunha Oliveira <sup>3</sup>; Franksllale Fabian Diniz de Andrade Meira <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), [rodolfobarrosdearaujo@gmail.com](mailto:rodolfobarrosdearaujo@gmail.com);

<sup>2</sup> Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertão-PE), [leila\\_viegas@hotmail.com](mailto:leila_viegas@hotmail.com);

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), [joaovictorwo@gmail.com](mailto:joaovictorwo@gmail.com);

<sup>4</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), [franksllale.meira@ifpb.edu.br](mailto:franksllale.meira@ifpb.edu.br)

### **Introdução**

O alto consumo energético dos materiais industrializados favorece o estudo de ações para planejar a reutilização de resíduos. Segundo Lerepio (2004), na China, país de extensão territorial considerável e com altos índices de adensamento populacional, a população considera os resíduos orgânicos como uma responsabilidade do cidadão, do gerador.

De acordo com Moura (2000), a preocupação com o grave problema da geração de resíduos vem, cada vez mais, despertando na sociedade a conscientização da necessidade de realização de estudos com vistas a melhorar o ciclo de produção e adequar a destinação dos resíduos gerados.

A busca por empregos com boa remuneração, mecanização da produção rural, fuga de desastres naturais (secas, enchentes, etc.), mais qualidade de ensino e necessidade de infraestrutura e serviços (hospitais, transportes, educação, etc.), sempre foram os principais motivos pelos quais grande quantidade de habitantes saísse da zona rural para a zona urbana.

Com o crescimento das grandes cidades surgiram problemas relacionados à infraestrutura e saneamento, e devido ao crescimento urbano acelerado, a produção de lodo gerado nas estações de tratamento de esgoto (ETE) também aumenta, pois a quantidade gerada de lodo em estações de tratamento cresce proporcionalmente ao aumento dos serviços de coleta e tratamento de esgoto.

O tratamento de esgotos urbanos gera um subproduto denominado lodo de esgoto, de disposição final problemática no processo operacional das estações de tratamento devido à grande quantidade que é produzida diariamente, além de demandar grande custo operacional para a realização do descarte.

Costa (2014), enfatiza que a destinação do lodo de esgoto oriundo das estações de tratamento evidenciou uma atenção diferenciada no que concerne as leis ambientais, pondo em ênfase discussões sobre a alta complexidade e importância nesse processo de descarte, que se configura como um problema emergente pela alta demanda no aumento das unidades de tratamento de esgoto em função de suprir a demanda de saneamento no país.

A situação é agravada nos grandes centros urbanos, uma vez que a grande demanda populacional torna-se mais efetiva pelo crescimento local e imigração de comunidades adjacentes em busca de melhores condições de vida, propiciando com que essas novas massas populacionais procurem habitar as franjas urbanas, não existindo planejamento adequado para o posterior escoamento dos resíduos produzidos nesses locais (FONTES, 2008).

O trabalho proposto visa apresentar as condições técnicas de se utilizar o lodo de esgoto na construção civil através da avaliação de tração na flexão em argamassas de revestimento.

A motivação deste trabalho é lançar uma alternativa ambientalmente correta e tecnicamente viável do lodo de esgoto que hoje é considerado não só um problema ambiental, mas um problema enfrentado pelos órgãos públicos municipais.

## Metodologia

Para a obtenção do resíduo utilizado na substituição parcial do cimento, no caso, a cinza lodo de esgoto, realizou-se a coleta do lodo em seu estado bruto (*in natura*). As amostras do lodo *in natura* foram mantidas na estufa à 110°C durante 24 h até que ocorresse a evaporação da água de constituição, desidratando o material para que fique apenas os sólidos. Após a secagem do lodo de esgoto, o mesmo foi submetido ao processo de calcinação, que consiste em uma reação química de decomposição térmica através da queima do material. O lodo oriundo da ETE Centro foi calcinado na temperatura 600 °C com período de isoterma de três horas. Após a calcinação, o lodo de esgoto foi moído com o auxílio de almofariz e mão de grau, sendo peneirando em malha 150 µm (#100 mesh) para usar como aditivo o material passante, retornando para o processo de moagem o material retido. O traço adotado para a fabricação das argamassas foi o 1:3 (cimento : areia). O fator água/cimento foi determinado a partir da NBR 13276/2005, pois a trabalhabilidade da argamassa é avaliada de acordo com o ensaio de índice de consistência estabelecido pela norma mencionada. Definiu-se então, a partir dos resultados obtidos, o fator água/cimento de 0,60. O cimento foi substituído parcialmente pelas cinzas do lodo de esgoto utilizando os percentuais de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30%.

Para que se realizasse ensaios referentes avaliação de tração na flexão com argamassas usando cinza do lodo de esgoto, necessitou-se do planejamento sobre os materiais e métodos a serem utilizados.

Os materiais utilizados foram: Cimento Portland do tipo CP II-F 40 (cimento Portland composto com filler calcário com resistência mecânica à compressão de 40 MPa, aos 28 dias de idade). A opção por ele se deve ao fato de ser o único comercializado na região sem a existência de materiais pozolânicos em sua constituição, já que as cinzas do lodo de esgoto denotam tal potencial quando reagem com o  $\text{Ca(OH)}_2$ , produto de hidratação do cimento; água potável proveniente do fornecimento público da cidade de Campina Grande-PB; agregado miúdo que foi seco em estufa a uma temperatura de 110 °C, e após sua secagem o mesmo foi passado na peneira de abertura 4,78 mm, sendo desprezado o material retido; cinza de Lodo de Esgoto que foram coletadas na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE Centro), da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), do município de Petrolina-PE

Como métodos utilizados para a execução do trabalho, os ensaios de resistência à tração na flexão foram realizados conforme estabelecido na NBR 13279/2005. Os ensaios devem ser realizados em corpos de prova prismáticos de 4x4x16cm e com auxílio de um dispositivo acoplado a prensa, e ambos os ensaios podem ser realizados no mesmo corpo de prova, garantindo assim uma maior eficiência na obtenção dos resultados. A norma recomenda a realização dos ensaios com os corpos de prova em até 6 idades diferentes, onde o corpo de prova é posicionado no dispositivo próprio para ensaio de tração na flexão, com carregamento à razão de 50N/s até a ruptura do prisma, sendo sugerido pela norma que seja realizado o ensaio em no mínimo três corpos de prova, onde adotou-se a idade de 7 dias para a realização dos testes mecânicos.

Após a realização do ensaio mencionado, os dados foram imediatamente tabulados para a análise dos resultados confrontando-os com a bibliografia estudada. Como resultados, espera-se que a inserção do lodo de esgoto calcinado e a redução do uso de cimento proporcione benefícios, tais como: redução dos custos pela redução do uso de cimento, inovação tecnológica pelo uso de material considerado não convencional, bom desempenho e potencial de aderência ao substrato de alvenaria e tração na flexão para que a técnica seja considerada viável para utilização. A partir do conhecimento da viabilidade de uso do lodo de esgoto através do conhecimento de seu desempenho pelos ensaios realizados, se pode gerar uma possível adoção do material.

## Resultados e Discussão

Considerando os primeiros resultados alcançados nos testes de tração na flexão, observa-se que para o primeiro percentual aplicado à mistura (1:3), que o desempenho do lodo de esgoto calcinado evidenciou resultados satisfatórios em relação ao traço de referência (sem a adição do material calcinado). Para os rompimentos aos 7 dias de idade, as médias aritméticas obtidas do processo de rompimentos dos moldes prismáticos denotaram potencial de aplicar em argamassas de revestimento o lodo de esgoto calcinado em 5% de substituição do cimento.

O traço de referência obteve média de 4,85 MPa para o rompimento em 7 dias de idade, enquanto que o traço com 5% de incorporação do resíduo calcinado obteve média de 4,97 MPa, corroborando um aumento de 2,47% na resistência à tração na flexão de argamassas com cinza do lodo de esgoto calcinado em 600 °C durante 3 horas de isoterma, o que garante, para esta propriedade avaliada, que a matriz hidratada do compósito sofreu melhor densificação da rede porosa mediante a produção de compostos hidratados, o que favoreceu desempenho mecânico superior ao traço ausente da adição.

## Conclusões

Como resultados, conclui-se que através da realização dos estudos, que a substituição parcial do cimento por lodo de esgoto calcinado é eficaz na busca de novas ideias para minimizar o impacto que a construção civil causa no meio ambiente. Então, com os resultados iniciais obtidos acerca da avaliação de tração na flexão com argamassas usando cinza do lodo de esgoto, pode-se abrir mais uma opção acerca do uso de materiais não convencionais na atualidade, abrangendo uma esfera sustentável dentre as tecnologias não convencionais.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13276 – **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 13279 – **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos** – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

COSTA, F. M. S. **Estudo da viabilidade da utilização de cinza de lodo de esgoto como adição em argamassa de cimento Portland**. 122 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

FONTES, C. M. A. **Utilização das cinzas de lodo de esgoto e de resíduo sólido urbano em concretos de alto desempenho**. 294 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

LEREPIO, A. A. **Gaia: um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais**. 172 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MOURA, W. A. M. **Utilização de escória de cobre como adição e como agregado miúdo para concreto**. 232 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.