# AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FORMAÇÃO DE EFLORESCÊNCIAS EM BLOCOS DE VEDAÇÃO COM ADIÇÃO DE PÓ DE ACIARIA

Thayane Pereira da Silva (Bolsista/Apresentador)[1] – Unifesspa
*e-mail: Thayane.silva@unifesspa.edu.br*
Adriano Alves Rabelo (Coordenador(a) do Projeto)[2] - Unifesspa
*e-mail: adriano@unifesspa.edu.br*

**Agência Financiadora:** UNIFESSPA/PNAES

**Eixo Temático/Área de Conhecimento:** AVALIAÇÃO MECÂNICA DE TIJOLOS DE VEDAÇÃO COM FORMAÇÃO DE EFLORESCÊNCIAS

## 1. INTRODUÇÃO

O setor siderúrgico gera uma diversidade de resíduos sólidos e a produção de aço está obrigatoriamente vinculada à acumulação de uma grande quantidade de rejeitos e dentre estes, o pó de despoeiramento, gerado em forno elétrico a arco, que pela Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 10.004, é classificado como resíduo perigoso, assim, não pode ser depositado em aterros comuns. A disposição de resíduos em aterros, além de trazer problemas ambientais, aumenta os custos do processo, devido ao transporte deste material para locais cada vez mais distantes do ponto de geração (ROCHA, 2013).

De forma geral, materiais cerâmicos apresentam a tendência de formar, ao longo do tempo de uso, eflorescências, que são depósitos salinos que se formam na superfície de materiais cerâmicos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas. (FERREIRA e BERGMANN, 2007). As eflorescências afetam diretamente a estética do material, favorecendo os problemas de insalubridade, além de acelerar de forma significativa a deterioração dos materiais de construção.

Estudou-se o reaproveitamento deste resíduo em base argilosa para blocos cerâmicos nos teores: 0, 5, 15, e 25% em peso, com calcinação em patamares intermediários de 150, 350 e 550 °C por 30 min, seguido de sinterização a 800, 850 e 900 °C por 2 h. Os blocos foram avaliados através de propriedades tecnológicas usando o método de Arquimedes; quantificando a formação de eflorescência através do software ImageJ após lixívia em água durante sete e quatorze dias; e quanto a variação do módulo de elasticidade e módulo de ruptura à flexão em função das adições do resíduo. A formação de eflorescências não afetou as propriedades mecânicas.

## 2. MATERIAS E MÉTODOS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram argila e o pó de despoeiramento, oriundos de Marabá. As amostras foram preparadas e proporcionadas, adicionando 5%, 15% e 25% em peso do resíduo e então conformadas por prensagem uniaxial, a uma pressão de 55 MPa. Para calcinação e sinterização foi utilizado o forno Marconi CPM45, mufla MA 385/3. A calcinação ocorreu em patamares intermediários de 150, 350 e 550°C durante 30 minutos cada, em seguida foi feita a sinterização dos blocos

[1]Graduanda em Engenharia de Materiais - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
[2]Doutor em Engenharia de Materiais - Professor Titular Adjunto da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (FEMAT/IGE/Unifesspa).

em 800, 850 e 900°C, durante 2 horas com taxa de aquecimento de 2°C por minuto. As amostras foram caracterizadas por medidas de densidade aparente, retração linear de queima, porosidade aparente e absorção de água utilizando-se o método de Arquimedes.

O ensaio de eflorescência foi realizado em duas etapas, com sete e quatorze dias e a formação de eflorescência foi quantificada através do software livre *ImageJ*. A técnica para medição do módulo de elasticidade foi realizada sob excitação dos blocos com leve impulso mecânico, obtendo uma resposta acústica emitida pelo mesmo. O ensaio de ruptura à flexão, foi realizado na máquina universal de ensaios mecânicos, marca Emic, modelo DL-10.000.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de formação de eflorescências representados na Figura 1, mostram que as formulações contendo 15% e 25% de adição de pó despoeiramento de aciaria apresentaram uma porcentagem de área contendo eflorescência maior que as demais para as três temperaturas, isso se dá pela presença de sais solúveis no resíduo, que com o ensaio de eflorescência durante sete e quatorze dias, migram para superfície através de poros abertos presentes nos corpos de prova produzidos.

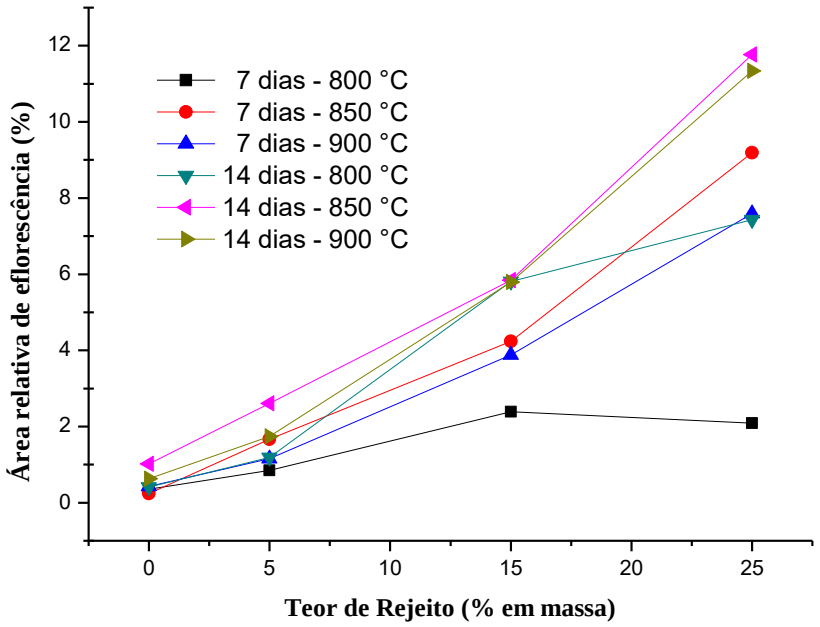


**Figura 1** – Área observada com formação de eflorescência para as três temperaturas.

Ressalta-se que houve formação de eflorescência principalmente nas amostras com maior teor de rejeito.

Os resultados tecnológicos são importantes para a caracterização física do material, a Tabela I apresenta a média dos resultados tecnológicos com as devidas adições do resíduo siderúrgico, bem como o módulo de ruptura à flexão dos mesmos.

**Tabela I** – Resultados das propriedades tecnológicas e módulo de ruptura à flexão

| *T (°C)* | *TEOR DE REJEITO (%)* | *AA (%)* | *PA (%)* | *DA (%)* | *RL (%)* | **MoR(MPa)** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 800 | 0 | 3,62 ± 0,44 | 7,49 ± 0,85 | 2,01 ± 0,02 | 1,39 ± 0,28 | 86,5 |
| 800 | 5 | 4,06 ± 1,31 | 8,26 ± 2,43 | 1,99 ± 0,04 | 0,92 ± 0,33 | 60,7 |
| 800 | 15 | 3,17 ± 0,27 | 6,73 ± 0,77 | 2,0 ± 0,01 | 0,78 ± 0,02 | 88,3 |
| 800 | 25 | 2,86 ± 1,05 | 6,25 ± 2,10 | 2,13 ± 0,05 | 1,13 ± 0,18 | 90,7 |
| 850 | 0 | 7,05 ± 1,27 | 13,26 ± 1,68 | 1,77 ± 0,04 | 1,79 ± 0,94 | 59,9 |
| 850 | 5 | 7,12 ± 0,58 | 14,52 ± 0,79 | 1,86 ± 0,02 | 1,98 ± 0,44 | 52,7 |
| 850 | 15 | 6,36 ± 1,11 | 12,93 ± 2,12 | 1,91 ± 0,02 | 1,95 ± 0,23 | 69,8 |
| 850 | 25 | 6,28 ± 0,63 | 12,53 ± 0,88 | 1,91 ± 0,02 | 1,51 ± 0,33 | 69,8 |
| 900 | 0 | 3,97 ± 0,70 | 8,15 ± 1,31 | 1,99 ± 0,03 | 1,21 ± 0,46 | 71,9 |
| 900 | 5 | 4,10 ± 0,66 | 8,38 ± 1,26 | 1,98 ± 0,02 | 0,80 ± 0,30 | 61,1 |
| 900 | 15 | 3,72 ± 0,58 | 7,81 ± 1,14 | 2,03 ± 0,02 | 0,65 ± 0,20 | 73,9 |
| 900 | 25 | 3,10 ± 1,00 | 6,72 ± 2,00 | 2,12 ± 0,04 | 0,79 ± 0,18 | 89,5 |

As formulações de 0 e 5% a 850°C apresentaram maior valor em absorção de água, estando ligada a porosidade aparente, pois quanto mais defeitos de poros, maior será a absorção equivalente. O módulo de ruptura à flexão determina a resistência do material. A carga de ruptura depende diretamente da absorção de água, pois quanto menor a absorção no corpo da peça, maior será a carga suportada. Com isso, as formulações sinterizadas a 850°C apresentaram menores valores de módulo de ruptura a flexão. Assim, corpos de prova porosos possuem resistência menor.

A retração linear de queima diz respeito à mudança dimensional do material durante a sinterização, assim observa-se que as formulações de 5% e 15% a 800°C e as de 5%, 15% e 25% a 900°C, apresentaram retração menor que as demais, isso devido às dimensões dos corpos de prova apresentarem valores menores que o esperado, visto que o mesmo procedimento foi realizado para todos os corpos de prova. Isso também pode ser explicado pelo excesso do resíduo adicionado.

O modulo elástico diz respeito à rigidez do material, ou seja, a tensão máxima que o material suporta ainda no regime elástico, a Figura 2 apresenta a média dos módulos elásticos obtidos para cada formulação e temperatura de sinterização.

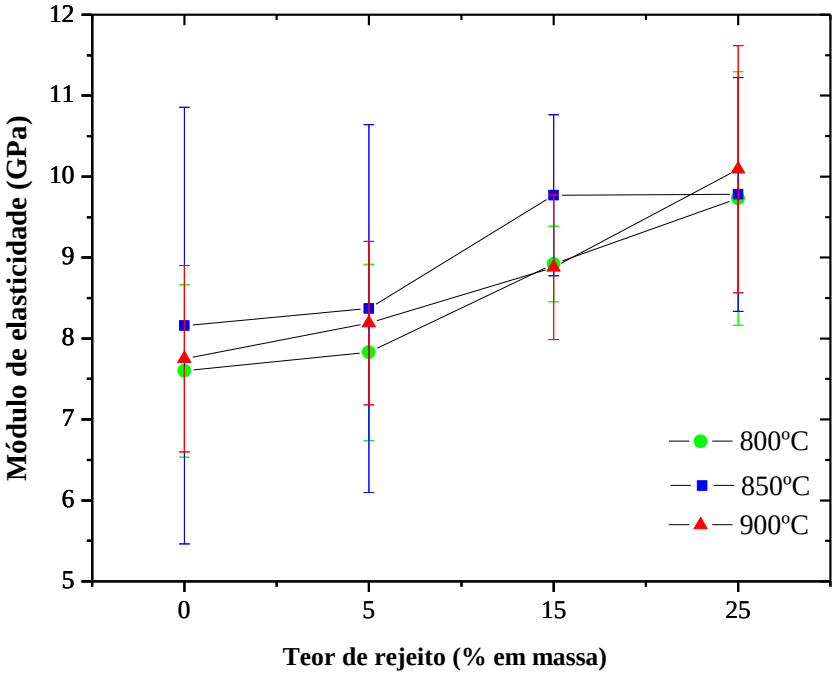


**Figura 2** – Módulo de elasticidade dinâmico para as diferentes formulações e temperaturas.

Observa-se na figura acima que o módulo de elasticidade dos blocos cerâmicos aumentou com o aumento de porcentagem de resíduo adicionado, para as três temperaturas.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação do resíduo pó de despoeiramento na formulação de blocos cerâmicos, com calcinação em patamares de 150, 350 e 550 °C seguido da queima final, elevou o módulo de elasticidade proporcionalmente à quantidade de resíduo adicionado. A formação de eflorescência foi proporcional à adição de resíduo. A formação de eflorescência nos blocos cerâmicos não afetou as propriedades mecânicas de forma significativa.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 10.004. Resíduos Sólidos- Classificação. Segunda Edição. 2004.

FERREIRA, C. C.; BERGMANN, C. P. Formação da eflorescência em cerâmica vermelha: fatores de influência no transporte dos íons $SO_4^{-2}$ e $Ca^{2+}$. Cerâmica 57, p. 356-363, 2007.

ROCHA, A. Incorporação de pó de despoeiramento em cerâmica vermelha. Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Pará, Marabá-PA, 2013.