



II CONPESQ Congresso de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Os novos rumos da ciência pós-pandemia

12 a 16 de abril de 2021 Universidade Federal do Cariri - UFCA

ESTUDO DO ENVELHECIMENTO DE TIJOLOS PRODUZIDOS COM RESÍDUO DA PEDRA CARIRI E ADIÇÃO DE FIBRA DE SISAL

Felipe Silva Rodrigues¹

UFCA, felipe_rodrigues60@yahoo.com.br, PIBITI

Leonária Araújo Silva²

UFCA, Leonária Araújo Silva

Brenna Espíndola Bandeira Holanda³

UFCA, brenna.espíndola@aluno.ufca.edu.br, PIBITI

Beatriz Maria Nunes de Farias

UFCA, beatriz.nunes@aluno.ufca.edu.br, PIBITI

Maria Isabel Brasileiro Rodrigues

UFCA, isabel.rodrigues@ufca.edu.br

Ana Patricia Nunes Bandeira

UFCA, ana.bandeira@ufca.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A atividade de mineração causa impactos ambientais consideráveis, alterando profundamente a área minerada e as áreas vizinhas, onde são depositados os resíduos minerado (SILVA, 2007). De acordo com Vidal (2005), a extração do calcário laminado na região do Cariri ocorre de maneira rudimentar, o que acarreta grande perda de material (cerca de 70%) e falta de padronização das pedras geradas. Em Nova Olinda, o resíduo da extração e beneficiamento causa assoreamento dos rios, alteração do PH da água, aumento de zonas de erosão, acúmulo de resíduos nas margens das rodovias e poluição do ar.

A utilização de resíduos do calcário laminado vem sendo alvo de várias pesquisas, a fim de minimizar os efeitos no meio ambiente. A produção de tijolos de resíduo-cimento é uma alternativa para retirar toneladas de resíduos do ecossistema, além de contribuir para a sustentabilidade e trazer economia para a obra. Silva (2015) observou que, ao utilizar tijolos de solo-cimento, o custo total da obra reduz em 40 a 50%. Quando a alvenaria é executada com tijolos cerâmicos comuns, é necessário realizar as etapas de chapisco, reboco, emboço, selador e pintura. No caso da construção com tijolos de solo-cimento as paredes não precisam de acabamentos e as instalações elétricas e hidráulicas são facilmente acomodadas,

1 Será preenchido pela Comissão após avaliação com as informações dos metadados da submissão.

2 Será preenchido pela Comissão após avaliação com as informações dos metadados da submissão.

3 Será preenchido pela Comissão após avaliação com as informações dos metadados da submissão.

tornando a construção mais rápida e limpa, gerando por consequência redução dos custos com materiais e mão de obra, que corresponde, em média, a 50% do custo total.

O presente trabalho traz resultados de um estudo sobre o envelhecimento de tijolos produzidos com resíduos da pedra Cariri. O estudo foi desenvolvido por meio da avaliação de características técnicas, sendo elas: resistência a compressão simples, variação de volume, perda de massa e índice de absorção de água.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CALCÁRIO LAMINADO NA REGIÃO DO CARIRI

A exploração do calcário laminado dos municípios de Santana do Cariri e de Nova Olinda, principais fornecedores do Cariri Cearense, gera mais de 3.000 empregos indiretos, contribuindo para a economia da região. A pedra cariri, denominação informal desse calcário, é constituinte do Membro Crato (calcários laminados fossilíferos, de cor predominante amarela a creme, mas em alguns pontos cinza), da formação Santana, do Cretáceo Inferior da bacia do Araripe (VIDAL, 2007).

Segundo Viana apud Neumann (2007), a exploração da Pedra Cariri vem proporcionando, além da destruição do patrimônio fossilífero, degradação da paisagem local, através do assoreamento de riachos e do aumento de zonas de erosão. Os calcários laminados afloram nas margens esquerda e direita da rodovia estadual CE-255, que liga a cidade de Nova Olinda a Santana do Cariri e são explorados de forma artesanal, devido à sua fácil retirada em forma de placas, para serem comercializados na construção civil.

3.2 PROBLEMAS AMBIENTAIS, USO E APROVEITAMENTO DA PEDRA CARIRI

A mineração é um fator importante para o desenvolvimento local, porém, com a avaliação do processo de lavra é possível perceber todas as falhas da metodologia utilizada, que gera uma quantia significativa de resíduos.

Bezerra (2015) alerta que não havia um planejamento na coleta do resíduo quando o mesmo era utilizado em larga escala pela indústria de cimento. O recolhimento era feito de forma aleatória. A autora descreve que quando chegava um caminhão que dava o destino ao resíduo, os trabalhadores da mina apenas o colocavam no caminhão e não eram remunerados por isso. A mesma fala que “o acordo era de cavalheiros, sem planejamento nem contrato, dessa forma, acabava não fazendo diferença no aspecto visual do resíduo, embora estudos tenham sido feitos na última década, visando o planejamento ambiental da cidade”.

3.3 TIJOLO SOLO-CIMENTO

Um dos principais argumentos para utilização de tijolos solo-cimento é que o solo é um material fácil de encontrar na natureza, colaborando com a sustentabilidade em um dos setores mais insustentáveis como a construção civil, no entanto é um material que pode se esgotar com o tempo.

Paiva e Ribeiro (2012) discutem que há características importantes acerca da economia e estratégias de marketing na utilização de tijolos solo-cimento. O milheiro do de tijolos solo-cimento costuma ser vendido por R\$ 920,00 e, para realizar a construção de uma casa, de aproximadamente 180 metros quadrados são utilizados em média vinte mil tijolos. Com a utilização de tijolos solo-cimento nas alvenarias, há uma economia de 30 a 50%, podendo chegar até a 70% no uso de massa para assentar os mesmos. Com isto, muitas famílias de baixa renda podem adquirir sua casa própria, devido ao menor custo da obra. De acordo com consultorias, o marketing é necessário já que as pessoas desconfiam do que é

novo. E, portanto, é preciso explicar e comprovar a funcionalidade do tijolo ecológico. “Depois que elas entenderem que pagarão mais caros pelo tijolo, mas terão benefícios superiores ao custo no final da obra, a confiança é conquistada”.

Os tijolos solo-cimento podem apresentar desvantagens quanto a perda de massa, variação de volume e índice de absorção de água, aspectos fundamentais para que os mesmos sejam aplicáveis nas obras civis.

3.4 FIBRA DE SISAL

A incorporação de fibras de sisal em blocos de concreto melhora o desempenho mecânico. Em alvenarias de bloco de concreto, a ruptura acontece devido a tração lateral que ocorre ao passo que o bloco é comprimido. Portanto, a função das fibras nos blocos de concreto é de reforço, permitindo a transferência dos esforços à tração, diminuindo a propagação de fissuras, assim, controlando suas aberturas e retardando a ruptura no ensaio de resistência a compressão simples (IZQUIERDO,2015). Neste contexto a inserção de fibras de sisal nos tijolos de resíduo-cimento pode ser uma alternativa para melhorar as características técnicas da peça.

3 MATERIASI E MÉTODOS

3.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa foram: resíduos de calcário laminado (100% passante na peneira de 4,75mm e de 10% a 50% passante na peneira de 0,075mm, conforme Figura 1); fibras de sisal adquirida em comércio local, conforme Figura 2; cimento do tipo CPV Ari, que garante uma boa resistência inicial, garantindo facilitando a retirada do tijolo da prensa e o armazenamento inicial; e água potável adquirida no laboratório.

Figura 1: Resíduo da pedra cariri



Fonte: Autor

Figura 2: Fibra de Sisal



Fonte: Autor

3.2 MÉTODOS

Para moldagem dos tijolos foram seguidas as recomendações da ABNT NBR 10833/2013. No início foram selecionadas três diferentes faixas de composições granulométricas de resíduo da Pedra Cariri para moldagem, conforme Tabela 1; sendo a adição do cimento realizada em duas proporções (traço 1:9 e 1:8).

Tabela 1 - Proporções analisadas

MATERIAIS	P1(%)	P2(%)	P3(%)
RESÍDUO RETIDO NA PENEIRA Nº200	93	83	73
RESÍDUO PASSANTE NA PENEIRA Nº200	7	17	27
FIBRA DE SISAL	0,1	0,1	0,1

Fonte: Autor

3.2.1 Moldagem dos tijolos

Os materiais foram misturados manualmente até atingir a homogeneização, sendo adicionada água de forma gradativa até obter uma umidade considerada ótima. A mistura passou por uma peneira com abertura de 4,75 mm para fragmentar o material aglomerado e melhorar a homogeneização. Em seguida, a mistura foi colocada na prensa manual, sendo pressionada até obter o formato característico do tijolo. Após isso, os tijolos foram colocados na câmara úmida conforme figura 3 para o processo de cura. As amostras permaneceram nesse local durante sete dias, após cada período de produção.

Figura 3: Blocos na câmara úmida



Fonte: Autor

3.2.2 Ensaio de resistência à compressão simples

Após o processo de cura, os corpos-de-prova foram seccionados na parte central. As suas dimensões (altura, largura e comprimento) foram então obtidas para o cálculo da área do bloco, sendo informação importante para o planejamento e avaliação do ensaio de resistência à compressão simples. A etapa seguinte tratou-se do capeamento dos corpos de prova, que foi realizado por meio de utilização de uma pasta de cimento, com objetivo de nivelar as faces superior e inferior, a fim de uniformizar as tensões aplicadas ao corpo de prova. Após a cura dos capeamentos, os corpos de prova foram imersos em água por um período de 24 horas e posteriormente foram submetidos aos ensaios de resistência à compressão simples, seguindo as recomendações da ABNT NBR10836/2013.

3.2.3 Ensaio de absorção de água

Os ensaios de absorção de água dos corpos-de-prova foram realizados com base na ABNT NBR10836/2013. Nesta etapa, foram ensaiados 30 blocos, que foram enumerados e colocados em estufa até constância de massa (temperatura entre 105°C e 110°), sendo determinada a massa seca do material. Posteriormente os corpos-de-prova foram imergidos em um tanque com água por 24 horas. Após este período, o excesso de água dos corpos de prova foi retirado com o auxílio de um pano úmido e determinada a massa úmida. A relação entre a massa seca (M1) e a massa úmida (M2) fornece a massa de água absorvida pelos tijolos.

3.2.4 Ensaio de durabilidade

A determinação da durabilidade dos corpos-de-prova foi baseada nas exigências da ABNT NBR13554/2012. Segundo essa norma, o ensaio é realizado através de ciclos de molhagem e de secagem dos tijolos (6 ciclos), além de utilizar o processo de escovação entre cada ciclo para simular a deterioração acelerada dos tijolos durante o tempo. Após o 6º ciclo, novos ensaios de resistência à compressão simples são realizados, com objetivo de avaliar possíveis diferenças de resistência entre os resultados obtidos aos 7 dias de cura após a moldagem dos corpos de prova e os resultados após o último ciclo de molhagem e secagem.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A média de resistência à compressão simples encontrada para a proporção P3 (ver Tabela 1) e no traço 1:9 foi de 1MPa, não atendendo as recomendações mínimas de resistência para aplicação em alvenaria de vedação, que é de 2,0 Mpa, logo, o estudo de envelhecimento com este traço não foi realizado. Para o traço 1:8 a média de resistência à compressão simples foi de 2,11 MPa, considerada aceitável.

Com relação ao índice de absorção de água, o valor médio obtido foi de 16%, atendendo os requisitos da ABNT NBR 8491/2012 que considera um valor médio máximo de 20% e os valores individuais máximo de 22%. Para o parâmetro de variação de volume, a ABNT NBR 13553/2013 considera aceitável um valor máximo de 1% para tijolo solo-cimento, após o processo de molhagem e secagem. No presente estudo a média de variação de volume obtida foi de 0,95%, atendendo os requisitos da norma.

Quanto as análises de perda de massa verificaram-se que os percentuais individuais foram majoritariamente negativos, logo, a média da perda de massa dos 30 tijolos foi de -0,48%. Por meio desse resultado pode-se concluir que o tijolo resíduo-cimento com adição de fibra de sisal ganhou mais massa com a retenção de água do que perdeu no processo de

molhagem, secagem e escovação; este fato pode estar associado a possíveis erros no processo de execução do ensaio, como, por exemplo, a não ocorrência da secagem total dos corpos de prova.

5 CONCLUSÕES

Por meio deste estudo desenvolvido observou-se que dentre as composições investigadas para produção de tijolos de resíduo-cimento a melhor foi a P3, composta por 73% de resíduo retido na peneira nº 200, com traço de 1:8 (cimento-resíduo) e adição de fibras de sisal. A resistência à compressão simples, o potencial de absorção e variação do volume dos corpos de prova apresentaram valores médios aceitáveis, mostrando a viabilidade técnica de utilização de resíduos na produção de tijolos. O único parâmetro duvidoso foi a perda de massa dos blocos, sendo necessário refazer os ensaios para que se obtenha uma real conclusão do comportamento dos materiais. Ressalta-se que após o último ciclo de molhagem e secagem, correspondente a 28 dias do início da produção dos blocos, a resistência a compressão simples dos corpos de prova aumentou consideravelmente, podendo-se concluir que o resíduo da pedra Cariri tem elevado potencial para ser utilizado na produção do tijolo resíduo cimento, em substituição total do solo, e contribuir com o desenvolvimento sustentável da região.

AGRADECIMENTOS

Agradecer a UFCA pela oportunidade de ter desenvolvido a pesquisa, pois sem o programa de pesquisa e sem a estrutura dos laboratórios necessários, nada disso teria sido executado. Agradecer também a todos que de alguma forma, ajudaram no desenvolvimento da mesma.

REFERÊNCIAS

- NBR 10833: Versão Corrigida: **Fabricações de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica** — Procedimento. Rio de Janeiro, 2013.
- NBR 10834 - **Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural** - Especificação. Rio de Janeiro, 2012.
- NBR 10836: Versão Corrigida: **Bloco de solo-cimento sem função estrutural — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água** Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- NBR 13553: **Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural** — Requisitos. Rio de Janeiro, 2013.
- NBR 13554: **Tijolo de solo-cimento: Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem**. Rio de Janeiro, 2012.
- BEZERRA, L. M. A. **Análise dos impactos socioambientais decorrentes da mineração na chapada do Araripe, Nova Olinda, Ceará**. Geosaberes: Revista de Estudos Geoducacionais, v. 6, n. 2, p. 79-89, 2015.
- CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil**. Monografia-Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.
- IZQUIERDO, Indara Soto. **UTILIZAÇÃO DE PÓS RESIDUAIS E FIBRA DE SISAL EM BLOCOS DE CONCRETO**. 2015. 246 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Estruturas, Eesc-usp, São Carlos, 2015.
- JOHN, V. M.; SATO, N. M. N.; Agopyan, V.; Sjöström, C. **Durabilidade e Sustentabilidade: Desafios para a Construção Civil Brasileira**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.
- PAIVA, A. P.; RIBEIRO, S. M. **A reciclagem na Construção Civil: como economia de**

custos. São Paulo: FEA-RP/USP, 2011.

SAIN, M.; PANTHAPULAKKAL, S. Bioprocess preparation of wheat straw fibers and their characterization. **Ind. Crops Prod.**, v.23, p.1-8, 2006.

SILVA, A. D. A. da. **Aproveitamento de rejeito de calcário do Cariri cearense na formulação de argamassa**. 2008. 83f. Trabalho de Pós-Graduação em Engenharia Mineral - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife, 2008.

SILVA, F. H. R. F. e.; OLIVEIRA, C. H. de. **Uso do tijolo ecológico para trazer economia para construção civil**. Brasília, 2015.

VIANA, M. S. S.; NEUMANN, V. H. L. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil – O membro Crato da Formação Santana**. 2007.

VIDAL, F. W. H.; FERNANDES, T. W. G.; PEQUENO, D. A. C. **Inovação tecnológica para a valorização da Pedra Cariri**. Ceará, 2007.

VIDAL, F. W. H.; PADILHA, M. W. M.; OLIVEIRA, R. R. **Aspectos geológicos da bacia do Araripe e do aproveitamento dos rejeitos da Pedra Cariri –Ceará**. Artigo apresentado no V Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, Recife, p. 31-36, 2005.