

Estudo da incorporação de resto de jornais e do lodo primário da indústria de papel em cerâmica vermelha

(Study of the incorporation of rest of newspapers and primary sludge of the paper industry in red ceramics)

A. A. Siqueira¹; J. R. Azevedo¹; J. Alexandre¹; A. R. G. Azevedo¹; T. E. S. Lima¹; V. D. Pinheiro¹; A. L. C. Paes¹; L. C. G. Botelho¹; E. B. Albuquerque¹; G. B. Guarçoni¹; T. P. Miguel¹; C. V. Azeredo¹

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
Avenida Alberto Lamago, nº 2000, Parque California, Campos dos Goytacazes - RJ
arenariandreia@gmail.com; azevedojessika21@gmail.com; jonasuenf@gmail.com;
afonso.garcez91@gmail.com; thuanylim.es@gmail.com; valber.pinheiro@hotmail.com;
analuzacpaes@hotmail.com; larissa.granato@gmail.com;
esterborgesdealbuquerque@gmail.com; giovannibruzzi@hotmail.com;
thaispirovanem@gmail.com; cezarvillaca07@gmail.com

Resumo

O avanço industrial e tecnológico trouxe consigo uma grande quantidade de resíduos industriais nocivos ao meio ambiente, que são na maioria das vezes descartados de maneira imprópria, em desacordo com a legislação ambiental do país. Muitos destes resíduos industriais ainda podem ser reciclados ou reutilizados para outros fins, sendo estudos nesta área de extrema relevância. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo sobre a reutilização do resíduo proveniente do processo de produção de papel, denominado de lodo primário, e de jornais velhos, que após um processo de beneficiamento foram incorporados em uma massa argilosa para produção de cerâmica vermelha, visando reduzir assim o impacto gerado pelo descarte inadequado de ambos os resíduos. Para tanto, algumas propriedades foram analisadas, em corpos de prova cerâmicos prismáticos (1,90 x 9,50 x 1,10) submetidos a queima a 800 e 900 °C, como a absorção de água, a porosidade aparente e a resistência a flexão em níveis de incorporação de 0%, 2% e 5% de cada um dos resíduos em proporção da massa cerâmica. Os resultados indicam que o uso dos resíduos de jornal não acarreta em melhora nas propriedades dos materiais cerâmicos, aumentando a absorção de água das peças avaliadas, porém quanto à utilização do lodo primário em cerâmica vermelha há uma indicação de melhora de propriedades avaliadas nas temperaturas de queima.

Palavras chave: Cerâmica vermelha, Resíduo, Jornal, Lodo Primário.

Abstract

The industrial and technological advance brought with it a large amount of industrial waste that is harmful to the environment, which is often improperly disposed, in disagreement with the country's environmental legislation. Many of these industrial wastes can still be recycled or reused for other purposes, being studies in this area of extreme relevance. Thus, this work aims to develop a study on the reuse of the waste from the paper production process, called primary sludge, and from old newspapers, which after a beneficiation process were incorporated into a clay mass for the production of red ceramics, in order to reduce the impact generated by the inadequate disposal of both wastes. To do so, some properties were analyzed in prismatic ceramic specimens (1.90 x 9.50 x 1.10) submitted to burning at 800 and

900 °C, such as water absorption, apparent porosity and flexural strength at levels of incorporation of 0%, 2% and 5% of each residues in proportion of the ceramic mass. The results indicate that the use of newspaper waste does not lead to an improvement in the properties of the ceramic materials, increasing the water absorption of the evaluated articles, however, regarding the use of primary sludge in red ceramics there is an indication of improvement of properties evaluated in the burning temperatures.

Keywords: Red ceramics, Waste, Newspaper, Primary Sludge.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de papel do mundo e contribui significativamente para a exportação deste produto, principalmente com a celulose [1]. No entanto, a indústria papelreira traz grandes danos ao meio ambiente devido a extração de recursos naturais como madeira, para retirada da celulose, e liberação de gases durante seu processo produtivo, além de grande quantidade de resíduos sólidos em diferentes etapas do processo [2]. Em uma dessas etapas ocorre a geração de um resíduo em forma líquida com alto teor de sólidos em suspensão. Esse líquido é submetido a um tratamento primário e desaguamento, gerando assim uma forma sólida denominado lodo primário. Esse resíduo é composto basicamente de caulim, celulose, traços não significativos de substâncias químicas e água [3].

Além dos resíduos de todo o processo produtivo, o papel depois de utilizado para outros fins é facilmente descartado, gerando um montante significativo de lixo. Por isso, as leis para o gerenciamento de resíduos sólidos têm crescido juntamente com os índices de danos que os mesmos vêm causando no meio ambiente. A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é bastante atual e reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. A mesma é um instrumento fundamental para o correto gerenciamento e gestão integrada dos resíduos e deve assegurar o controle social nas etapas de formulação, implementação e operacionalização [4].

Sendo assim, a busca por novas tecnologias para possibilitar a reutilização desses resíduos vem crescendo, a fim de diminuir esses danos causados na natureza. Dessa forma, o presente trabalho tratará de uma técnica que consiste na adição de resíduos de papel na argila, mais precisamente jornal e lodo primário, para a confecção de uma massa cerâmica, com o intuito de encontrar um modo de reaproveitamento dos resíduos e evitar seu descarte no ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Os materiais utilizados na confecção dos corpos de prova cerâmicos foram: argila, jornal, lodo primário e água da rede de abastecimento pública do Município de Campos dos Goytacazes.

Foi empregada uma argila também da região de Campos dos Goytacazes-RJ, a qual foi submetida a ensaios de caracterização conforme a NBR 7181 (2016). A Tabela I mostra os resultados obtidos para as frações granulométricas, teor de umidade e densidade real dos grãos. A partir da análise dos resultados, pode-se definir o material como argila inorgânica de alta plasticidade [5].

Tabela I: Caracterização da argila

Pedregulho	Frações Granulométricas (%)					Teor de Umidade Média (%)	Densidade Real dos Grãos (g/cm ³)
	Areia			Silte	Argila		
	Grossa	Média	Fina				
-	2,1	8,3	8,5	13,3	67,8	48,3	2,59

O jornal foi utilizado de forma similar à técnica Paper Clay, comumente empregada para peças artesanais. As folhas foram cortadas em quadrados de aproximadamente 3cm de lado, pesados ainda secos seguindo as proporções a serem adotadas e batidos com água no liquidificador para obtenção de partículas finas. A mistura foi novamente pesada para que fosse descontada a massa de água absorvida pelo jornal na posterior mistura com argila. Neste artigo o jornal será chamado de resíduo para melhor sequência da pesquisa.

O lodo primário empregado no trabalho foi cedido pela Companhia Paduana de Papeis (COPAPA), localizada no município de Santo Antônio de Pádua-RJ. Ele foi inserido úmido na massa, ou seja, da forma como vem da indústria. Sendo assim, foi definido seu teor de umidade e descontada essa água no momento da mistura com argila.

Preparo da massa

Foi realizada a mistura do resíduo (lodo primário e jornal) com argila e água, sendo que foram adotadas as proporções de 2% e 5% de substituição de argila por resíduo, além de uma massa de referência sem nenhuma adição a fim de comparar os resultados. Na Tabela II encontram-se as proporções de cada material empregado, onde REF, JO2, JO5, LP2 e LP5 correspondem as nomenclaturas para massa de referência, com 2% e 5% adição de jornal e

com 2% e 5% de adição de lodo primário, respectivamente. Cabe ressaltar que todas as massas referem-se aos materiais secos, ou seja, a umidade presente foi descontada do material e adicionada a massa de água empregada.

A mistura da argila com os resíduos foi realizada com o auxílio de uma hélice acoplada a uma furadeira, sendo adicionada água para facilitar a homogeneização, como mostra a Figura 1. Para corrigir o aumento de umidade devido ao processo de mistura, a pasta fluida que se formou foi despejada sobre uma placa de gesso, onde permaneceu por cerca de duas horas para que voltasse a valor próximo a umidade original, ou seja, de $48\pm 1\%$.

Tabela II: Composição em gramas (g) das misturas

	Argila	Jornal	Lodo Primário	Água
REF	1000			
JO2	980	20		1000
JO5	950	50		1000
LP2	980		20	1000
LP5	950		50	1000

Confecção dos corpos de prova

Foram moldados doze corpos de prova cerâmicos para cada uma das cinco diferentes misturas, totalizando 60 corpos de prova. Adotou-se um molde metálico para confecção individual de cada um deles, com aplicação de uma prensagem uniaxial a 0,5 Mpa, como mostra a Figura 1.



Figura 1: Molde para confecção dos corpos de prova

Depois de moldados, os corpos de prova tinham dimensões médias de 1,90X9,50X1,10 centímetros. Ficaram expostos ao ambiente até não haver variação em sua massa, posteriormente foram levados a estufa a 100 ± 5 °C até atingirem massa constante novamente e, finalmente, foram submetidos a queima, sendo que, para cada composição, seis deles foram queimados a 800°C e outros seis a 900°C, com uma taxa de aquecimento de 2 °C/min e isoterma de 180 min na temperatura de patamar, sendo o desligamento do forno o momento

de resfriamento. A Figura 2 apresenta alguns dos corpos de prova depois de queimados. Estes corpos de prova foram submetidos a ensaios de absorção de água, porosidade aparente e resistência a flexão a fim de avaliar o efeito da inserção dos resíduos nessas propriedades das peças cerâmicas.



Figura 2: Corpos de prova cerâmicos

Ensaio de Absorção de Água

Conforme sugerido pelo anexo B da NBR 15270-3 (2005), depois de queimados, os corpos de prova foram limpos e levados a estufa até massa constante, sendo aferida a sua massa seca (M_s) e, depois, estes foram imersos em água a temperatura ambiente e aquecidos, mantendo-os em água fervente por 2h. Transcorrido esse tempo, quando as amostras se encontravam a temperatura ambiente novamente, foi retirado o excesso de água das mesmas e determinada sua massa úmida (M_u). A partir desses dados, é possível calcular o índice de absorção de água com a Equação A [6].

$$AA = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100 \quad (A)$$

Ensaio de Porosidade Aparente

Foi usado para porosidade aparente o mesmo procedimento para determinar as massas seca (M_s) e úmida (M_u) do ensaio de absorção de água. Além disso, também foi aferida a massa imersa (M_i) dos corpos de prova para, então, aplicar a Equação B [7].

$$PA = \frac{M_u - M_s}{M_u - M_i} \quad (B)$$

Resistência à Flexão

O ensaio de Resistência à Flexão em três pontos foi realizado em uma prensa universal hidráulica da marca EMIC, modelo DL 3000, conforme Figura 3. A partir das dimensões dos

corpos de prova, da carga máxima do ensaio (P) e da distância entre os apoios (L) de 75mm, a resistência a flexão pode ser determinada através da Equação C [8].

$$RF = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (C)$$



Figura 3: Execução do ensaio de flexão em três pontos

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Absorção de Água

A Figura 4 apresenta os resultados de absorção de água para as 5 amostras queimadas a 800°C e 900°C.

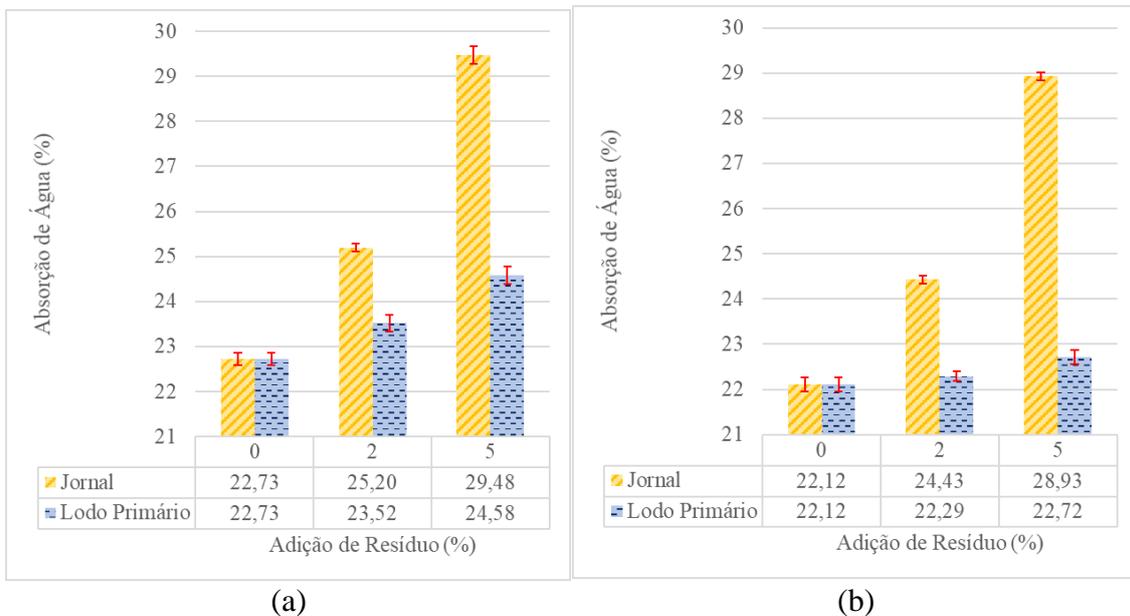


Figura 4: Absorção de água dos corpos de prova queimados a 800°C (a) e a 900°C (b)

Percebe-se que há um significativo aumento na taxa de absorção dos corpos de prova com adição de jornal comparado ao de referência a ambas temperaturas, o que mostra que a

incorporação desse resíduo em cerâmica vermelha pode ser prejudicial nesse aspecto. Também há o aumento da absorção com a adição de lodo primário, no entanto em escalas muito inferiores. Ressalta-se que, para as amostras queimadas a 900°C, esse aumento foi mínimo e, tanto para a temperatura de 800°C quanto 900°C, as taxas de absorção para os corpos de prova com incorporação de 2% e 5% de lodo primário ficaram abaixo de 25%, limite proposto por Santos para blocos cerâmicos [8].

Porosidade Aparente

A partir da Figura 5, é possível analisar os resultados de porosidade aparente dos corpos de prova cerâmicos estudados. Nota-se que, para as amostras com adição de jornal, há um aumento significativo na porosidade na medida em que se aumenta a proporção de resíduo e, além disso, não há diferença quanto à temperatura de queima adotada, já que tanto a 800°C quanto a 900°C o jornal já foi consumido mantendo-se apenas os vazios [9]. Isso explica, também, o aumento na absorção de água. Analisando, agora, as amostras com adição de lodo primário, nota-se que a 800°C há um leve aumento na porosidade, no entanto pouco significativo, enquanto que a 900°C praticamente não há diferença entre as peças com e sem adição do resíduo. Diferentemente do jornal, o lodo primário se transforma quimicamente com o aumento da temperatura e se rearranja dentro da estrutura, ou seja, ele não é todo consumido pelo calor, gerando menos vazios [10].

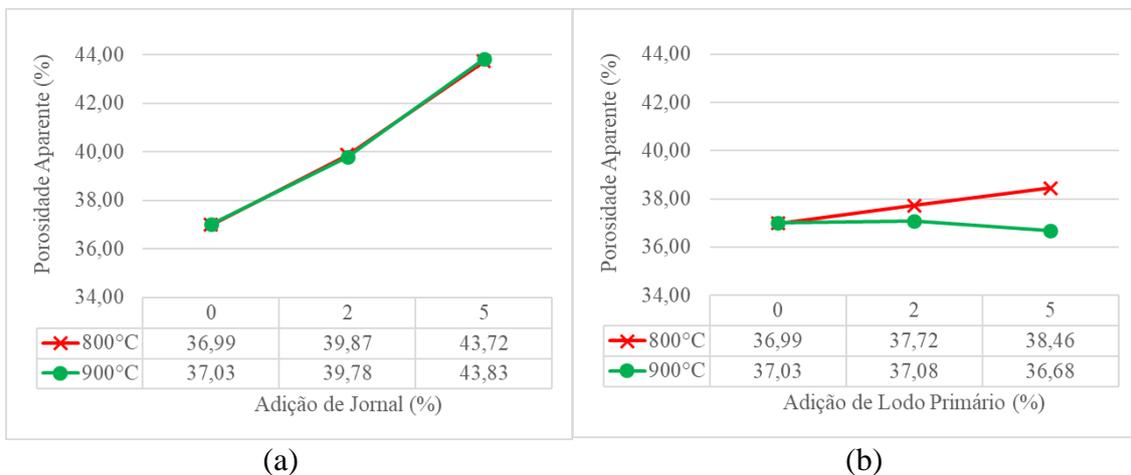


Figura 5: Porosidade Aparente dos corpos de prova cerâmicos com adição de jornal (a) e lodo primário (b)

Resistência à flexão

Analisando a Figura 6, a qual exibe os resultados de resistência a flexão das amostras estudadas, nota-se que os valores para as amostras com adição de jornal decrescem em

comparação com a de referência para ambas as temperaturas, no entanto essa diferença não é significativa para substituição de 2% de jornal. Já para as amostras com adição de lodo primário, há um leve declínio quando incorporado 2% de resíduo, porém os valores voltam a subir com 5% de incorporação de resíduo, o que mostra que a adição de lodo primário pode ser favorável às peças cerâmicas nesse aspecto. Destaca-se que não há diferença estatisticamente significativa entre as amostras de referência e as de 2% de jornal e lodo primário e as de 5% de lodo primário. Cabe ressaltar, ainda, que para todos os casos a resistência foi levemente superior nas peças queimadas a 900°C em comparação as queimadas a 800°C [9].

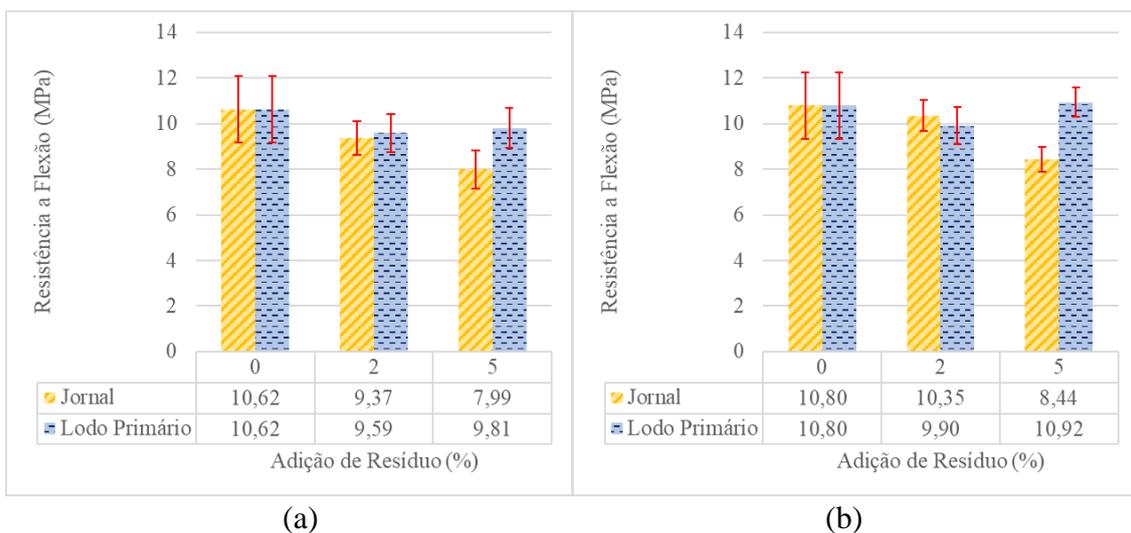


Figura 6: Resistência à flexão dos corpos de prova queimados a 800°C (a) e a 900°C (b)

CONCLUSÕES

A partir da análise das propriedades estudadas neste trabalho, é possível chegar a algumas conclusões sobre a incorporação de jornal e resíduo da indústria de papel (lodo primário) em cerâmica vermelha:

- No que se refere à adição de jornal, há um decréscimo na resistência a flexão das amostras proporcional à taxa de incorporação de resíduo, ou seja, quanto mais resíduo menor a resistência obtida. No entanto, a incorporação de até 2% de jornal na cerâmica vermelha não apresenta diferença estatisticamente significativa comparada à cerâmica sem adição. Contudo, há um relevante aumento na porosidade aparente e na absorção de água dessas amostras, tanto nas peças queimadas a 800°C quanto nas queimadas a 900°C. Esses fatores prejudicam a incorporação do jornal na cerâmica vermelha.

- Analisando a adição de lodo primário, percebe-se que há uma leve queda da resistência a flexão das peças com 2% do resíduo, porém, os valores voltam a subir com 5% do resíduo. Para ambos os casos, não há diferença significativa na resistência das peças com resíduo para as peças de referência, o que favorece sua utilização. Também não há diferença significativa nas análises de porosidade aparente, principalmente a 900°C, onde praticamente não há variação em comparação as peças de referência. Em se tratando de absorção de água, houve um leve aumento proporcional ao aumento de lodo primário incorporado, todavia, os valores permaneceram abaixo do máximo sugerido de 25% em ambas temperaturas de queima, viabilizando o uso do resíduo em cerâmica vermelha.
- Considera-se, portanto, inviável a utilização de jornal em cerâmica vermelha devido ao aumento excessivo da absorção de água das peças. Porém, é possível incorporar mesmo 5% do resíduo da indústria de papel (lodo primário), uma vez que não prejudica a resistência ou absorção de água das peças cerâmicas, tanto queimadas a 800°C quanto a 900°C.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UENF, em especial ao Laboratório de Engenharia Civil e ao Laboratório de Materiais Avançados, pelo espaço, equipe de técnicos e equipamentos utilizados nessa pesquisa. À COPAPA pelo fornecimento do resíduo estudado. Ao projeto Caminhos de Barro pelo fornecimento de matéria prima. A CAPES, FAPERJ e CNPq pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] BRACELPA - Associação Brasileira de Papel e Celulose, Panorama da Indústria de Papel e Celulose no Brasil e no Mundo, São Paulo (2017).
- [2] A. Boharb, A. Allouhi, R. Saidur, Energy conservation potential of an energy audit within the pulp and paper industry in Marocco. Journal of Cleaner Production. v.149 (2017) p. 569-581.
- [3] C. M. Silva, R. M. Pinheiro, J. A. Santos, A. A. P. Rezende, Relatório Técnico: Resíduos Sólidos da COPAPA, UFV, Viçosa (2006).
- [4] Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental, Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PGRS: Instrumento de Responsabilidade Socioambiental na Administração Pública, Brasília (2014).

- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-3: Componentes cerâmicos parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- [7] A. G. P. Silva, Estrutura e Propriedades de Materiais Cerâmicos - Capítulo VII: Porosidade e Densidade de Materiais Cerâmicos, UENF, Campos dos Goytacazes (2012).
- [8] P. S. Santos, Ciência e Tecnologia das Argilas. v. 1, 2ª Edição, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo (1989).
- [9] Azevedo, A.R.G., Alexandre, J., Xavier, G.C., Pedroti, L.G., 2018. Recycling paper industry effluent sludge for use in mortars: A sustainability perspective. *Journal of Cleaner Production*. 192, 335-346.
- [10] Azevedo, A.R.G., Alexandre, J., Xavier, G.C., França, F.C.C., Silva, F.A., Monteiro, S.N., 2015. Addition of Paper Sludge Waste into Lime for Mortar Production. *Materials Science Forum*. 820, 609-614.