



VIABILIDADE DE INCORPORAÇÃO DE MACRÓFITA DO PROCESSO DE FITORREMEDIAÇÃO EM CERÂMICA VERMELHA TRADICIONAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.III-006>

Geovana C.G.Delaqua*, Carlos Alberto de O. Guimarães, Cassio R. Paulista, Elvis P. Ferreira, Carlos Maurício F.Vieira

* Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) - Laboratório de Materiais Avançados
e-mail: geovanagironi@pq.uenf.br

RESUMO

A contaminação do ecossistema aquático por metais pesados tem sido motivo de preocupação de pesquisadores e órgãos governamentais envolvidos no controle de poluição. Visando minimizar o impacto gerado pelo lançamento desses efluentes em corpos hídricos, a fitorremediação tem sido um instrumento de controle de áreas contaminadas. Plantas aquáticas tem sido utilizadas em pesquisas ecológicas como bioindicadoras da qualidade da água, pois são capazes de absorver várias substâncias inorgânicas em seus tecidos. Devido à rápida reprodução, estas plantas precisam ser retiradas, para a eficiência no tratamento, e quando contaminadas por metais pesados, não podem ser descartadas de forma incorreta, sendo uma alternativa como matéria-prima para a indústria cerâmica. Neste trabalho, objetivou-se o uso de *Salvinia auriculata* como fitorremediadora e a viabilidade do uso de sua biomassa na produção de blocos cerâmicos. As matérias-primas coletadas foram secas a 110°C e processadas até passagem completa em peneiras 40#. Após, foram preparadas formulações com argila e até 10% de biomassa das plantas de fitorremediação de efluentes e queimadas em temperaturas de 850, 950 e 1050 °C. As propriedades avaliadas foram: retração linear, absorção de água e resistência à flexão. Os resultados obtidos mostraram que é viável a incorporação da biomassa de *S. auriculata* em massas cerâmicas, mas a quantidade deve ser ponderada, para não prejudicar as propriedades da massa. Foi possível analisar que até 2,5% de biomassa pode ser incorporado em cerâmica vermelha, visto que a absorção de água e resistência mecânica situaram-se dentro dos limites normatizados e recomendados, podem ser indicados como uma alternativa aplicável para destinação de tecidos vegetais após o fitotratamento de efluentes.

PALAVRAS-CHAVE: macrofitas, *salvinia auriculata*, fitorremediação, cerâmica.

ABSTRACT

The aquatic ecosystem contamination by heavy metals has been of concern to researchers and government agencies involved in pollution control. Aquatic plants have been used in ecological research as bio-indicators of water quality as for extraction of heavy metals, because they are able to absorb several inorganic substances in their tissues. Due to their fast reproduction, these plants need to be removed for efficient treatment, and when contaminated by heavy metals, they can not be disposable incorrectly, therefore emerge an alternative base for the ceramic industry. Thus, the aim was to use *Salvinia auriculata* as phytoremediation and the viability of using its biomass in the production of ceramic blocks. The collected raw materials were dried at 110°C and processed until complete passage through 40# sieves. Afterwards, formulations were prepared with clay and up to 10% of biomass from effluent phytoremediation plants and burned at temperatures of 850, 950 and 1050 °C. The evaluated properties were: linear shrinkage, water absorption and resistance to bending. The obtained results showed that the incorporation of *S. auriculata* biomass in ceramic masses is feasible, but the quantity must be weighed, in order not to harm the properties of the mass. It was possible to analyze that up to 2.5% of biomass can be incorporated into red ceramics, since the water absorption and mechanical resistance were within the standardized and recommended limits, which can be indicated as an applicable alternative for the disposal of plant tissues after the phytotreatment of effluents.

KEYWORDS: macrophytes, *salvinia auriculata*, phytoremediation, ceramics.



INTRODUÇÃO

Desde o surgimento da civilização humana, o homem modifica o meio ambiente, e nas últimas décadas isso ocorre de maneira mais intensificada. A industrialização, mesmo sendo acompanhada do progresso e do desenvolvimento, traz um acentuado dano ambiental, através do lançamento de efluentes líquidos em ambientes aquáticos (VERMA *et al.*, 2008). Segundo Tavares (2013), uma das atividades com alto potencial de degradação ambiental é a industrial, que muitas vezes gera efluentes tóxicos e quase sempre com alta capacidade poluidora.

A descarga de efluentes líquidos em corpos hídricos pode causar variações nas características físico-químicas, tais como, pH, temperatura, composição, e concentração de cada um dos componentes químicos, como nutrientes e metais pesados, trazendo drásticas consequências para os seres vivos que dependem direta ou indiretamente do corpo de água (BRAGA *et al.*, 2002). Apesar de serem essenciais para inúmeros processos metabólicos aos organismos, os metais pesados são potencialmente perigosos quando em excesso (DOMINGOS *et al.*, 2005).

Devido à elevada contaminação dos corpos hídricos, no Brasil foi criada uma legislação ambiental, para evitar sua contaminação (CALFA & TOREM, 2007). A Resolução CONAMA 357/2005, contém normas para o controle de despejo de efluentes, onde são determinadas as concentrações máximas dos efluentes industriais.

A contaminação dos corpos hídricos por metais pesados tem sido objeto de grande interesse, devido a incapacidade de suportar a alta poluição provocada pela atividade antrópica elevada, principalmente em países mais industrializados (SOUZA *et al.*, 2005). A fitorremediação dessas áreas poluídas é uma alternativa bastante útil para descontaminação do meio, dada pela utilização de plantas específicas (ANDARDE *et al.* 2013).

A utilização de macrófitas aquáticas no tratamento de águas residuais além de representarem baixo custo, diminuem significativamente parâmetros como Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), pois os resíduos orgânicos são absorvidos por suas raízes como nutriente (NAIME & GARCIA, 2005). Estas plantas são capazes de acumular nos seus tecidos elevadas concentrações de metais como de cobalto (Co), cobre (Cu), Cd (cádmio), cromo (Cr), chumbo (Pb), níquel (Ni), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn) (BAKER & BROOKS, 1989; WANG *et al.*, 2014).

A eficiência na remoção biológica dos poluentes orgânicos e inorgânicos está intimamente ligada ao manejo que é feito com a biomassa no sistema de tratamento. Isto ocorre, pois, as altas concentrações de fósforo e nitrogênio proporcionam estímulo ao crescimento da biomassa praticamente durante todo o ano (COSTA, 2004; MISHIMA *et al.*, 2007).

As macrófitas são utilizadas em pesquisas ecológicas como bioindicadores da qualidade de água, devido sua capacidade de absorver substâncias inorgânicas do corpo d'água (LEWS, 1993). Entre esses potenciais bioindicadores destaca-se a *Salvinia auriculata*, pela facilidade de manipulação experimental e por se encontrar disseminada em todo o país. Esta planta tem sido utilizada em estudos de tolerância ao Cd e como indicadora biológica da presença e dos níveis de metais pesados no corpo d'água (OUTRIDGE & HUTCHINSON, 1990).

A fitorremediação além de apresentar vantagem econômica e ambiental, no Brasil, devido as condições climáticas e ambientais esta técnica é muito utilizada em grande parte do território nacional. As macrófitas contaminadas geralmente são dispostas de forma inadequada no meio, provocando impacto negativo, ou encaminhadas para aterro sanitário (Resolução CONAMA 308/2002). Aterros, embora não apresentem uma concepção ambiental correta, não resolvem a questão, sendo a opção menos favorável na pirâmide de priorização do gerenciamento de resíduos sólidos (Lei 12.305/2010). Portanto, sua reutilização como matéria prima é uma alternativa interessante para as indústrias.

O mercado da reciclagem vem crescendo, pois praticamente todo tipo de processo gera resíduo, consequentemente novas estratégias de tratamento, incorporação e inertização são necessárias. Por isso, a utilização de biomassa seca de macrófita vem sendo estudada na produção de blocos cerâmicos, viabilizando economia de material e energia (ALBUQUERQUE, 2012).

A incorporação de resíduos de atividades industriais em produtos cerâmicos é uma alternativa para reduzir impactos ambientais, como destruição da paisagem, fauna e flora causada por sua disposição indiscriminada. Também consistem numa forma de reciclagem de matérias atendendo exigências de órgãos ambientais (VIEIRA *et al.*, 2007, 2003). Como as massas utilizadas na indústria cerâmica tradicional são de natureza heterogênea, a presença de materiais residuais de vários tipos é permitida, mesmo em porcentagens significantes (OLIVEIRA *et al.*, 2004). O setor de construção civil é excelente para incorporar resíduos, pois pode aceitar grandes quantidades de materiais, sendo a técnica de encapsulamento de resíduos uma das mais promissoras (OLIVEIRA *et al.*, 2004).



Segundo Bonet (2002), uma das questões de fundamental importância para a sociedade é a necessidade de reaproveitar resíduos, como forma de recuperar matéria e energia, preservando recursos naturais, oferecendo uma menor degradação ambiental e proporcionando melhorias nas condições de vida das comunidades, e Saidelles *et al.* (2012), afirma que uma das formas de minimizar os impactos é a preservação dos recursos naturais ou a reutilização de resíduos. Desta forma, este trabalho avalia os efeitos da incorporação de até 10% em massa de biomassa utilizada em fitorremediação de efluentes líquidos nas propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Foram utilizadas como matérias-primas neste trabalho, duas argilas (argila cinza e argila carolinho), e areia, que foram doadas pela Arte Cerâmica Sardinha, localizada no município de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro. A macrófita *Salvinia auriculata* foi coletada na estação de tratamento de esgoto de Araruama, no estado do Rio de Janeiro. As matérias-primas foram coletadas e encaminhadas ao Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Nas dependências da Universidade, as argilas foram secas em estufa a uma temperatura de 110°C por 24 horas. Posteriormente, foram desagregadas manualmente com almofariz e pistilo de porcelana. O material vegetal foi seco em estufa de circulação de ar à temperatura de 60°C durante 48 horas, após foram moídas utilizando um moinho de facas. Todas as matérias-primas foram processadas até passagem completa em peneira de 40 mesh (abertura de 420 µm).

Preparo das formulações e corpos de prova

Uma massa argilosa foi preparada contendo 60% de argila cinza, 10% de argila carolinho e 30% de areia. A partir desta massa, foram elaboradas cinco composições com incorporação do resíduo em massa argilosa nos seguintes percentuais: 0; 2,5; 5; 7,5 e 10 % em peso. A massa 0%, sem adição de resíduo foi utilizada como referência. Após preparadas, as composições foram homogeneizadas à seco em um moinho de bolas por 20 minutos, em seguida, umidificadas com 8% em peso de água.

Os corpos de prova foram preparados por prensagem uniaxial, nas dimensões 114,0X 25,0X 11,0 mm. Após a prensagem, foram secos em estufa a 110°C por 24 horas, e tiveram suas massas e dimensões medidas. Os corpos de prova secos foram queimados em forno mufla com taxa de aquecimento de 2°C/min com temperatura de patamar de 850, 950 e 1050°C, onde foram mantidos na temperatura por 3 horas. O resfriamento foi por dado por uma taxa de 2°C/min, até atingir a temperatura ambiente. Após resfriadas, as peças foram novamente pesadas e medidas usando respectivamente uma balança e paquímetro digital para a determinação das propriedades.

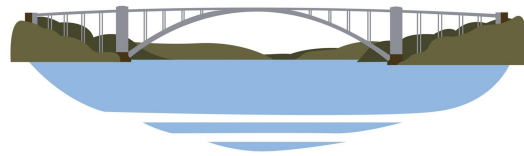
Avaliação das propriedades

A análise termogravimétrica (ATDTG) foi realizada em um analisador térmico da marca TA instrumentos, modelo SDT2960 no setor de polímeros do LAMAV/UENF. Para isto, foi utilizado 2g de amostra do resíduo com granulometria de 200 mesh para que as reações durante o ensaio em atmosfera oxidante (ar) com intuito de simular as condições de processamento industrial sejam facilitadas. Foi utilizada uma taxa de aquecimento de 10°C/min até a temperatura de 1050°C.

Na caracterização térmica foi utilizada a técnica de dilatométrica, sendo necessário a produção de corpos de prova de, aproximadamente, 1 cm de diâmetro e 1,4 cm de comprimento, resultante da prensagem de 2 gramas da amostra umedecidas com 5% de água, com pressão de 1274,0 kgf/cm². O equipamento utilizado foi o dilatômetro modelo DIL 402 PC, marca Netzsch. O ensaio foi conduzido com taxas de aquecimento de 5 °C/min, de 25 a 1050°C.

Foram realizados testes para determinar o limite de liquidez e limite de plasticidade, fazendo-se uso das normas técnicas NBR 6459/84 e NBR 7180/84. O cálculo do índice de plasticidade (IP) foi através da norma NBR 8792/84. A retração linear das peças queimadas (RL) foi determinada de acordo com a norma ASTM C326/18 por meio da Equação 1:

$$RL (\%) = \left(\frac{L_0 - L}{L_0} \right) * 100 \quad \text{equação (1)}$$



Onde L_s representa o comprimento do corpo de prova após conformação e secagem e L_q representa o comprimento do corpo de prova após queima.

O ensaio de absorção de água (AA) foi realizado de acordo com a norma NBR 15270/17. Neste ensaio, os corpos de prova queimados foram pesados, e em seguida foram colocados em um recipiente com água fervente, onde foram mantidos por 2 horas. Em seguida, a água superficial de cada peça foi retirada e registrou-se a massa dos corpos de prova. Os valores foram calculados por meio da Equação 2:

$$AA (\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100 \quad \text{equação (2)}$$

O ensaio de tensão de ruptura à flexão em três pontos (σ) foi realizado de acordo com a norma ASTM C674-77. A carga aplicada pelo cutelo superior tem velocidade de 1mm/min e a distância entre os cutelos de apoio é de 90 mm. A tensão foi calculada com auxílio da Equação 3:

$$(\sigma) = \frac{3PL}{2bd^2} \quad \text{equação (3)}$$

Onde σ é a tensão de ruptura à flexão (MPa); P é a carga aplicada no corpo de prova no momento da ruptura (N); L é a distância entre os cutelos de apoio (mm); b é a largura do corpo de prova (mm); e d é a espessura do corpo de prova (mm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta as curvas de DSC/TG da biomassa de *S. auriculata*. Nota-se que há uma perda de massa inicial de 7,2% a 56,2°C, associada à eliminação de água de umidade. Em seguida, ocorre um pico exotérmico a 320,64°C associado a uma significativa perda de massa de 41,91%. Esta reação é atribuída à **combustão da matéria orgânica e libera 2683 J/g de calor ou 640.8 Kcal/Kg.** A 535,38°C ocorre ainda uma outra reação exotérmica com perda de massa de 16,6%. A energia térmica liberada nesta reação corresponde a aproximadamente 28% da energia liberada na reação anterior. Entretanto, esta reação ocorre ainda numa faixa de temperatura compatível com a queima de cerâmica vermelha, o que pode se somar ao calor da combustão da matéria orgânica, e contribuir para a redução do gasto energético durante a queima da cerâmica. Esta questão é abordada mais adiante. Esta última reação exotérmica pode ser atribuída a um composto orgânico com ligações químicas mais fortes em comparação com a reação anterior ou ainda à combustão de carbono remanescente de oxidação da matéria orgânica.

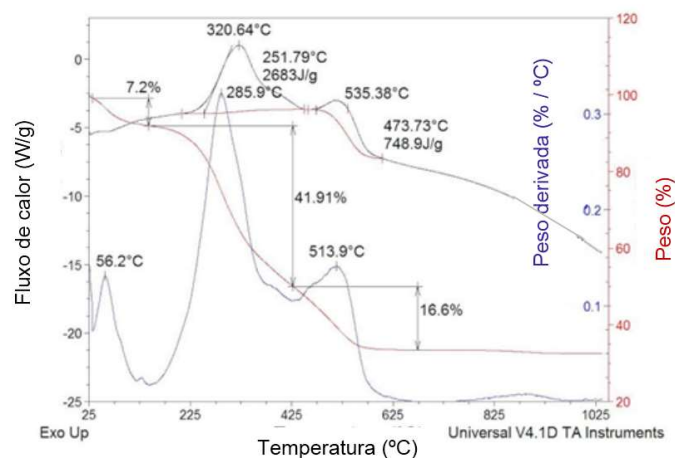
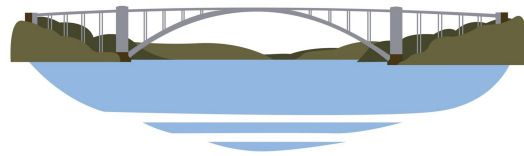


Figura 1. Análise de DSC/TG da biomassa de *S. auriculata*.

As curvas da dilatometria das massas cerâmicas contendo 0% e 10% estão representadas na Figura 2. Nota-se um comportamento similar entre as duas curvas até aproximadamente 400 °C. É visto um declive em ambas as curvas iniciando em 100°C, este declive está relacionado possivelmente à evaporação da água de umidade, com consequente



retração dos corpos-de-prova. Após 200 °C, as curvas se estabilizam, e possuem gradual aumento relacionado à dilatação térmica intrínseca do material.

As duas curvas possuem comportamentos diferentes na faixa de temperatura entre 350 °C e 900 °C. Na massa cerâmica contendo 0% de biomassa, ocorre uma retração proveniente da desidroxilação da caulinita, qual inicia em aproximadamente 570 °C. A taxa de retração nesta curva sofre uma redução a partir de 600 °C, isto se deve a dois fenômenos concorrentes nesta faixa de temperatura, que são a desidroxilação da caulinita, causando a retração, e a transformação alotrópica do quartzo, responsável pelo aumento volumétrico desta estrutura cristalina, e por isso reduz a taxa de contração (CARTY e SENAPATI, 1998). A partir desta temperatura a estrutura experimenta constante retração até aproximadamente 900 °C, logo após, ocorre brusca queda na curva, possivelmente responsável pela sinterização por formação de fase líquida, levando à intensificação da densificação do corpo cerâmico (NORTON, 1973).

Analisando a curva da massa cerâmica contendo 10% de biomassa, é visto que por volta de 350°C, ocorre a retração do corpo cerâmico logo após a dilatação térmica, temperatura esta referente à combustão da matéria orgânica, representando um total de 42,92 %. Em torno de 570 °C é observado um evento responsável pela dilatação da estrutura. Este evento pode estar correlacionado a duas causas, sendo elas a transformação alotrópica do quartzo, com respectivo aumento volumétrico desta estrutura cristalina, e também pode ser devido a gases da combustão de matéria orgânica aprisionados. Depois, por volta de 900 °C, a matéria orgânica presente já foi liberada prevalecendo então as fases da cerâmica (NORTON, 1973).

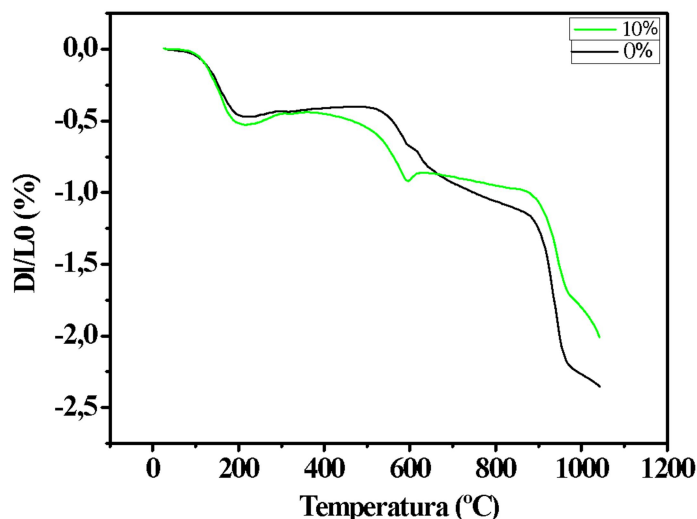


Figura 2. Curvas dilatométricas das massas com 0% e 10% de biomassa

Na Figura 3 está representado o prognóstico de extrusão das formulações estudadas. Este prognóstico relaciona a propriedade plástica da massa cerâmica com a etapa de extrusão, indicando limites ideais e aceitáveis para a correta extrusão. A massa pura (0%) contendo apenas argilas e areia da região de Campos dos Goytacazes, localizou-se dentro da região de extrusão aceitável. As massas com a adição de 2,5 e 5% de biomassa é possível observar que também se encontram na região aceitável, mas estes valores mudam conforme aumenta o percentual de biomassa adicionado. Marsigli e Dondi (1997) sugerem valores de Limite de Liquidez (LL) e Índice de Plasticidade (IP) para os comportamentos ótimos e aceitáveis na extrusão. Eles determinam que o IP deva variar entre 15% e 25%, enquanto o LP deve variar entre 18% a 25%. Desta forma, percebe-se que as formulações com 7,5 e 10% estão fora destas faixas, indicando a possível problemática no processamento do material, aferindo à massa uma maior plasticidade. Com isso, é necessário adicionar maior quantidade de água na etapa de conformação, aumentando então o custo na etapa de secagem, podendo acarretar trincas e deformações, devido à maior retração de secagem das peças.

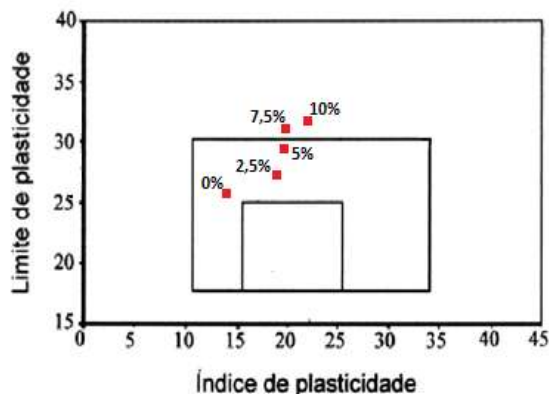
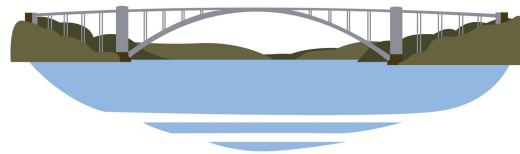


Figura 3. Prognóstico de extrusão por meio dos limites de Atterberg.

As argilas de Campos dos Goytacazes são caracterizadas por apresentar elevada plasticidade, sobretudo, devido à excessiva quantidade de argilominerais (SOUZA *et al.*, 2005; VIEIRA *et al.*, 2003,2000; NORTON, 1973). Desta forma, deve-se ponderar o teor de biomassa incorporado na massa cerâmica tendo em vista sua interferência negativa na plasticidade das massas cerâmicas locais.

A Figura 4 apresenta os resultados de Absorção de Água (AA) dos corpos de prova queimados nas temperaturas e formulações estudadas. É possível observar que os valores de AA aumentaram de acordo com a maior quantidade de biomassa incorporada. Estes resultados são explicados devido à perda de massa durante a queima da matéria orgânica, liberando CO₂, ocasionando aumento da porosidade nas peças.

Figura 4. Absorção de Água dos corpos de prova nas formulações e temperaturas estudadas.

Em todas as temperaturas, as massas contendo 2,5 e 5% de resíduo incorporados atenderiam à norma técnica para absorção de água, NBR 15270/17, que considera que para a fabricação de tijolos e blocos cerâmicos a AA deve estar em um patamar entre 8 e 25%. As massas contendo 7,5 e 10%, só atenderiam à norma se as peças forem queimadas em temperaturas superiores a 950 e 997°C, respectivamente. Como descrito Monteiro e Vieira (2002), o aumento da temperatura de queima pode influenciar na redução da AA, pois ocorre uma diminuição da porosidade devido ao aumento da formação de fase líquida, consequência das reações que ocorrem durante sinterização.

Na Figura 5 são apresentados os resultados da retração linear (RL) das peças sinterizadas em função da quantidade de biomassa adicionada e da temperatura, assim como faixas de baixa, média e alta variação, segundo o recomendado por Más (2002).

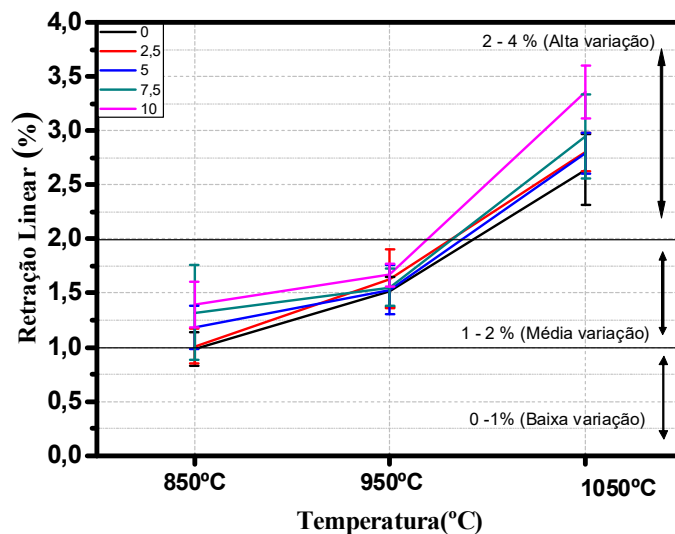


Figura 5. Retração linear dos corpos de prova nas formulações e temperaturas estudadas

Observa-se que para as temperaturas mais baixas ocorreu uma menor variação das peças, o que indica baixo nível de sinterização nessas temperaturas. Em contrapartida, para a temperatura de 1050 °C houve um aumento considerável da retração de queima em todas as massas estudadas, indicando que a partir desta temperatura a sinterização ocorre de forma mais eficiente. Este processo está ligado com a formação de fase líquida dos corpos cerâmicos.

A Figura 6 mostra os valores da resistência mecânica (RM) dos corpos cerâmicos com as formulações e temperaturas estudadas, avaliado por meio da tensão de ruptura à flexão por 3 pontos. Como é possível observar, a massa contendo apenas argila pura usada como referência não alcança a resistência mecânica mínima recomendada por Santo (1989) para a fabricação de telhas e blocos vazados (6,5Mpa e 5,5 Mpa, respectivamente), mas todas as temperaturas atenderiam o recomendado para fabricação de tijolos de alvenaria (2 Mpa). Os corpos de prova produzidos com a adição de biomassa de *S. auriculata*, em nenhuma composição estudada alcançou o mínimo recomendado para a fabricação de telhas e blocos vazados, mas atenderiam para a fabricação de tijolos de alvenaria (2 Mpa), exceto as temperatura de queima de 850°C, com adição de 10% do resíduo

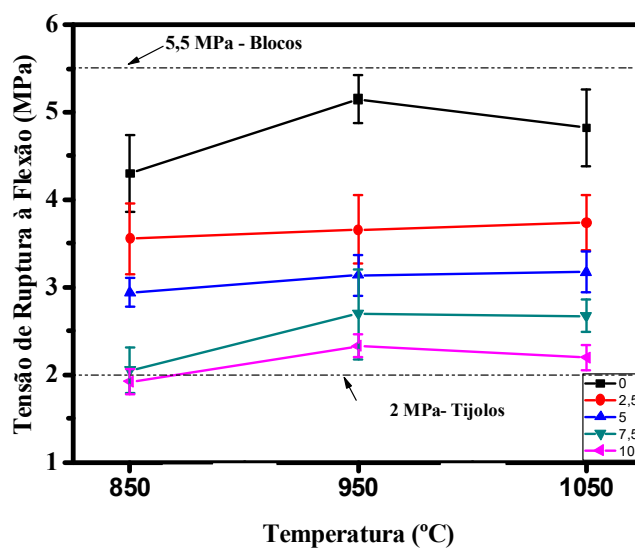


Figura 6. Tensão de ruptura à flexão dos corpos cerâmicos



CONCLUSÕES

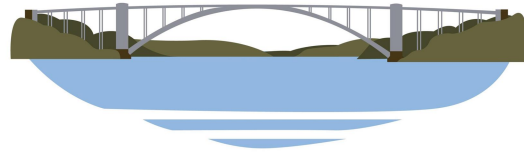
Ao avaliar os resultados obtidos, pode-se concluir que a incorporação de biomassa de *Salvinia auriculata* de fitorremediação na produção de cerâmica vermelha é uma alternativa como um destino sustentável e de possível realização, visto que a quantidade deve ser de forma prudente, para não prejudicar as propriedades físicas e mecânicas das cerâmicas. A pesquisa realizada mostrou-se de muita importância, pois propõe meios de diminuir o impacto ambiental causado pela retirada de matéria-prima utilizada para a fabricação de blocos cerâmicos, além de apresentar uma destinação adequada à biomassa em questão, pois necessita ser retirada diariamente em sistemas de fitotratamento de efluentes.

Agradecimentos

Os autores agradecem a UENF, a CAPES, ao CNPq proc. nº 302976/2022-1, a FAPERJ proc. nº E-26/200.847/2021, à Arte Cerâmica Sardinha, e a Águas de Juturnaíba, pelo apoio na realização deste trabalho

REFERÊNCIAS

1. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas .NBR 7180. Solo - Determinação do Limite de plasticidade, 1984
2. ____ NBR 6459. Solo - Determinação do limite de liquidez, 1984.
3. ____ NBR 6459.Solo - Determinação do limite de liquidez, 1984.
4. ____ NBR 15270. Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1 : Requisitos,2017.
5. ASTM - American Society For Testing And Materials C674-77. Flexural properties of ceramic whiteware Materials, 1977.
6. ____ American Society For Testing And Materials C326 -18 - Standard Test Method for Drying and Firing Shrinkages of Ceramic Whiteware Clays, 2018.
7. ____ American Society for Testing and Materials. Test method for water absorption, bulk density, apparent porosity and apparent specific gravity of fired whiteware products. C373-72, 1977a.
8. Andrade, J. C.Da M. E; Tavares, S.R.De L.; Mahler, C.F., Fitorremediação: O Uso De Plantas Na Melhoria Da Qualidade Ambiental. Oficina De Texto. 173p, 2013.
9. Albuquerque, F. P. Confecção De Blocos Cerâmicos Com Incorporação De Biomassa Contaminada Por Cobre. Trabalho De Conclusão De Curso (Bacharel EmEngenharia Ambiental) Campo Mourão, 2012.
10. Baker, A. J. M ; Brooks, R.R . Terrestrial higher plants hyperaccumulate metallic element, A review of their distribution. Ecol. Phytochem. Biorecovery , v. 1, p. 81-126, 1989.
11. Bonet, I. I. Valorização do Resíduo Areia de Fundição (RAF). Incorporação nasMassas Asfálticas do Tipo C.B.U.Q. Dissertação submetida à UniversidadeFederal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia.
12. Braga, B.; Hespanhol, I.; Conejo, J. G. L.; Barros, M. T. L. De; Spencer, M.; Porto, M.; Nucci, N.; Juliano, N.; Eiger, S. Introdução a engenharia ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 305 P.
13. Brasil - Conselho Nacional Do Meio Ambiente. Resolução Nº 357 de 17 demarço de 2005. trata das condições e padrões de lançamento de efluentes.Diário Oficial Da República Federativa Do Brasil, Brasília, 2005.
14. Calfa, B.A.; Torem, M.L. (2007)Biorreagentes: Aplicações na remoção de metais pesados contidos em efluentes líquidos por bioissorção/bioflotação. RevistaEscola De Minas, v. 60, 3, 537-542, 2007.
15. Carty, W. M., Senapati, U., "Porcelain-Raw materials, processing, phase evolution, and mechanical behavior",Journal of the American Ceramic Society, v. 81, pp. 1-18, 1998.
16. Costa , C. R ; Olivi, P. Botta, C. M.R.; Espindola, E.L.G. A toxicidade em ambiente aquático: Discussão e método de avaliação. Química nova, v.31, n 7, p 1820 – 1830, 2008c
17. Domingos, V.D.,Boaro, C. S. F.,Cataneo, A. C., Lobo, T. F., Martins,D.Eeito do cobre na atividade da enzima pirogalolperoxidase em plantas de105Myriophyllumaquaticum cultivadas em solução nutritiva. Planta Daninha, V. 23, 2, 375-380, 2005. Tavares, S. R. L., Oliveira, S.A, Salgado, C.M. Avaliação De Espécies Vegetais Na Fitorremediação De Solos Contaminados Por Metais Pesados. Holos, 29, v. 5, 2013
18. Laws, E.A., 1993, "AquaticPollution", AnIntroductoryText. 2nd Ed. New York, Interscience. 611 Pp.
19. Marsigli, M.; Dondi, M. L'industria Dei Laterizi46214-222, 1997.
20. Más, E. Qualidade e tecnologia em cerâmica vermelha. São Paulo: Editora Pólo Produções Ltda, 2002.
21. Mishima, D., Tateda, M., Ike, I. Fujita, M. Comparativestudyonchemicalpretreatmentstoaccelerateenzymatichydrolysisofaquaticmacrophytebiomassused in waterpurification processes. BioresourceTecnology. v. 97, 2166-2172, 2007.



22. Naime, R.; Garcia, A. C., Utilização de enraizadas no tratamento de efluentes agroindustriais. estudos tecnológico, v.1, 2, 9-20, 2005.
23. Norton, F. H. Introdução à tecnologia cerâmica. São Paulo: Edgard Blücher, 1973, 325p.
24. Oliveira, E. M. S.; Machado, S. Q.; Holanda, J. N. F. Caracterização De Resíduo (Lodo) Proveniente De Estação De Tratamento De Águas Visando A Sua Utilização Em Cerâmica Vermelha. Revista Cerâmica Industrial (Abceram), Nº 50, P. 324-330, 2004.
25. Outridge, P.M.; Hutchinson, T.C., 1990. Effects of cadmium on integration and resource allocation in the clonal fern *Salvinia molesta*. *Oecologia*, vol. 84, no. 2, p. 215-223, 1990.
26. Santos, P. S. Ciência e Tecnologia das Argilas. 2. ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1989. 408.91p.
27. Souza, G. P.; Souza, S. J. G.; Terrones, L. A. H.; Holanda, J. N. F. Análise mineralógica de argilas sedimentares brasileiras usadas em cerâmica vermelha. *Cerâmica*, v. 51, p. 382 – 387, 2005.
28. Verma, V.K.; Tewari, S.; Rai, J.P.N. Ion Exchange During Heavy Metal Biosorption From Aqueous Solution By Dried Biomass Of Macrophytes. *Bioresource Technology*, v. 99, 1932–1938, 2008
29. Vieira, C. M. F., Sánchez, R., Monteiro, S. N. Characteristics of clays and properties of building ceramics in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Construction and building materials*, v. 22, p. 781 – 787, 2008.
30. Vieira, C. M. F.; Feitosa, Hygina S.; Monteiro, S. N. Avaliação da secagem de cerâmica vermelha através da curva de Bigot. *Revista Cerâmica Industrial*, v. 8, n. 2, p. 42-46, 2003.
31. Vieira, C. M. F.; Holanda, J. N. F.; Pinatti, D. G. Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes – RJ. *Cerâmica*, v. 46, p. 14 – 17, 2000.
32. Wnag, Z; Yao, L; Guihua, L.; Wenzhi, L. Heavy metals in water, sediments and submerged macrophytes in ponds around the Dianchi Lake, China, 2014.