



Fitotoxicidade com sementes de *Lactuca sativa* em lixiviado de materiais cerâmicos

Phytotoxicity with *Lactuca sativa* seeds leached out of ceramic materials

Lais Montagnini de Brito¹, Stephanie Lya de Lima Castro de Almeida², Rubia Camila Ronqui Bottini³, Eduardo Borges Lied⁴, Wanessa Algarte Ramsdorf⁵, Adriane Martins de Freitas⁶

RESUMO

O reaproveitamento de resíduos industriais para o setor da construção civil tem se mostrado uma alternativa ambiental e economicamente atrativa, principalmente para a indústria do cimento, que por muito tempo tem procurado procedimentos que efetivamente reduzam a alta energia e emissões de dióxido de carbono (CO₂). O minério não reagido (MNR), resíduo gerado durante a produção de dióxido de titânio (TiO₂), tem sido uma alternativa de reaproveitamento que pode trazer benefícios significativos para a indústria de construção civil, apresentando possíveis direções de utilização na cadeia de produção de materiais cerâmicos, evitando o seu descarte em aterros industriais. O objetivo deste trabalho, foi analisar os efeitos da adição do MNR sobre as propriedades de blocos cerâmicos, através da avaliação de fitotoxicidade utilizando sementes de *Lactuca sativa*. Os resultados obtidos demonstraram que em algumas amostras houve inibição de germinação, além de serem classificadas entre moderadamente e altamente tóxicas para o meio ambiente. Desta forma, faz-se necessário uma revisão sobre a utilização do MNR na produção de materiais cerâmicos.

PALAVRAS-CHAVE: bloco cerâmico, carbono, toxicidade.

ABSTRACT

The reuse of industrial residue for the civil construction sector has been showing to be an ecological and economically attractive alternative, especially to the cement industry, which has been searching for procedures that effectively reduce high energy and CO₂ emissions for a long time. The non reagent mineral (NRM), residue generated through the production of titanium dioxide (TiO₂), has been an alternative for reusing that can bring significant improvement for the civil construction industry, presenting possible directions in the utilization in the chain of production of ceramic materials, avoiding its disposal in industrial dumpsters. The goal of this essay is to analyze the effects of MNR addition over the properties of ceramic blocks, through evaluation of phytotoxicity utilizing *Lactuca sativa* seeds. The results obtained demonstrated that in some samples there was inhibition of germination, in addition to being classified as moderately to highly toxic to the environment. Thus, it is necessary a revision about utilization of MNR in the production of ceramic materials.

KEYWORDS: ceramic, block, carbon, toxicity.

INTRODUÇÃO

O reaproveitamento de resíduos gerados nas diversas cadeias de produção de bens

¹ Bolsista da Fundação Araucária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: laisbrito@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 4313879001974653.

² Bolsista do(a) ... (inserir nome da Agência de Fomento, se houver). Nome da Instituição por Extenso, Município, Estado, País. E-mail: xxxxxx@xxxxxxx. ID Lattes: xxxxxxxxxxxxxxxx.

³ Docente no Curso/Departamento/Programa. Nome da Instituição por Extenso, Município, Estado, País. E-mail: xxxxxx@xxxxxxx. ID Lattes: xxxxxxxxxxxxxxxx.

⁴ Docente no Curso/Departamento/Programa. Nome da Instituição por Extenso, Município, Estado, País. E-mail: xxxxxx@xxxxxxx. ID Lattes: xxxxxxxxxxxxxxxx.

⁵ Docente no Departamento Acadêmico de Química e Biologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: wanessar@utfpr.edu.br. ID Lattes: 7831415947244973.

⁶ Docente no Departamento Acadêmico de Química e Biologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: adrianeffreitas@utfpr.edu.br. ID Lattes: 0004273272645453



e serviços através de novos meios e materiais na construção civil, tem se mostrado promissor para atender as questões ambientais (ALMEIDA, 2023). Dentre tantas práticas de produção existentes nos dias atuais, podemos citar o dióxido de titânio (TiO_2) que é amplamente utilizado na pigmentação de materiais cerâmicos como revestimentos, pisos e azulejos. Seu uso na construção civil é uma prática comum devido às suas características de resistência e durabilidade.

Durante o processo de TiO_2 , é gerado um resíduo chamado Minério Não Reagido (MNR), que apresenta possíveis rotas de utilização, como por exemplo, adicioná-lo a massa cerâmica pode haver uma melhora na resistência mecânica e térmica dos materiais, evitando assim, o seu descarte em aterros sanitários. Há estudos que mostram que a utilização de MNR na produção de materiais cerâmicos pode reduzir a porosidade e aumentar a densidade dos produtos finais (MARIANI et al, 2019). Outro benefício apontado, é a preservação de recursos naturais escassos, ou seja, utilizando-se o MNR pode ocorrer um aumento da quantidade de TiO_2 disponível para a produção de materiais cerâmicos sem a necessidade de extrair novas fontes de minério.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do teste de fitotoxicidade, a fim de avaliar os possíveis efeitos causados no solo, foi necessário confeccionar blocos cerâmicos além de realizar o processo de lixiviação utilizando a metodologia conforme a ABNT:NBR 1005.

CONFECÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS

Confeccionou-se blocos cerâmicos com misturas de argila vermelha *in natura* e MNR nas seguintes proporções, conforme Tabela 1:

Tabela 1: Confeccção e classificação das misturas

Nomenclatura	Mistura		
	Água (mL)	Argila (kg)	MNR (kg)
Bloco I	400	2,0	0
Bloco II	400	1,9	0,1
Bloco III	400	1,8	0,2
Bloco IV	400	1,7	0,3
Bloco V	400	1,6	0,4

Fonte: a autora, 2023.

Fracionou-se massas de argila e MNR em porções de 50g, após, os demais procedimentos como prensa, secagem e pré-queima foram realizados.

Para os testes de fitotoxicidade os blocos cerâmicos passaram por processo de lixiviação conforme a ABNT:NBR 10005, onde triturou-se e manteve-se em agitação com solução de extração durante (18 ± 2) h no agitador rotatório, e em seguida filtrou-se. As



amostras recebidas foram ao total, 10, sendo 5 delas lixiviado (mistura com simulação de água da chuva), e 5 lixiviado solubilizado (mistura com água ácida).

ENSAIO DE FITOTOXICIDADE UTILIZANDO SEMENTES DE *Lactuca sativa*

Os ensaios de fitotoxicidade com sementes de alface (*Lactuca sativa*, variedade Alface Crespa Verde, marca Feltrin) foram realizados no Laboratório de Ecotoxicologia/DAQBI/UTFPR e baseados na metodologia descrita por Sobrero e Ronco (2004) e Young *et al.* (2012). Em uma placa de Petri (10 cm de diâmetro) previamente limpa e descontaminada, colocou-se papel filtro (80 g m⁻², Unifil) e sobre ele, 4mL de amostra ou água ultrapura (controle negativo). Foram então dispostas 18 sementes de *L. sativa* em cada placa, sob o papel filtro. Selou-se as placas com filme plástico para evitar evaporação excessiva, e incubadas em câmara de germinação a 20±2°C, sem fotoperíodo, por 120 horas. Controle positivo foi feito usando uma solução de glifosato comercial a 6%.

Todas as amostras e controles foram feitos em triplicata (n=45). Após o período de exposição, o comprimento das radículas (cm) foram medidos com uma régua com precisão de uma casa decimal. A partir do número de sementes germinadas e do comprimento das radículas em cada placa, calculou-se o índice de alongamento de raiz (ER) (Eq. 1), o índice de germinação (IG%) (Eq.2) e índice de crescimento relativo (ICR) (Eq. 3):

$$ER = \frac{(RA-RC)}{RC} \quad (1)$$

onde RA = média do comprimento das radículas na amostra (cm); RC = média do comprimento das radículas no controle (cm);

$$IG\% = \frac{GA}{GC} * \frac{RA}{RC} * 100 \quad (2)$$

em que, GA = média de sementes germinadas na amostra; GC = média de sementes germinadas no controle.

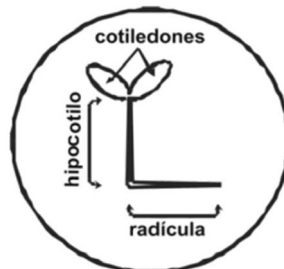
$$ICR = \frac{RA}{RC} \quad (3)$$

Os resultados foram analisados estatisticamente com o auxílio do software livre BioEstat®, através da análise de variância (ANOVA) e teste de Dunnett.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o período de incubação dos ensaios, iniciou-se o processo de leitura das sementes germinadas e mediu-se as raízes com o auxílio de uma régua. As sementes em que a radícula apresentou tamanho inferior a 0,2mm não foram contabilizadas. A figura 1 demonstra o esquema geral da *L. sativa* após o período de exposição.

Figura 1. Ilustração geral de *Lactuca sativa* com divisões de tecidos



Fonte: Adaptado de Sobrero e Ronco (2008, p. 63).

A amostra denominada lixiviado mostrou-se altamente tóxica, não ocorrendo a germinação de nenhuma semente, exceto do controle negativo. Para efeitos de comprovação, o teste da amostra em questão foi repetido para a confirmação dos resultados, o qual apresentou o mesmo efeito.

Figura 2. Resultado do ensaio da amostra lixiviado



Fonte: A autora, 2023

Para a amostra lixiviado solubilizado houve a germinação das sementes em todas as placas. Mediu-se as radículas uma a uma, e os valores foram anotados em planilha.

Figura 3. Resultado do ensaio da amostra lixiviado solubilizado



Fonte: A autora, 2023.

Após a realização da leitura de todas as placas, anotou-se os resultados. Na tabela 2, podemos observar os resultados obtidos.



Tabela 2: Fitotoxicidade de amostras de lixiviado (AL1-AL5) e lixiviado solubilizado (ALS1-ALS5) a partir de blocos cerâmicos.

Amostra	Média ER (cm)	ER ¹	IG% ²	ICR ³
Controle	3,7±0,2	--	--	--
AL-1	0,00	-1,0	0,00	0,00
AL-2	0,00	-1,0	0,00	0,00
AL-3	0,00	-1,0	0,00	0,00
AL-4	0,00	-1,0	0,00	0,00
AL-5	0,00	-1,0	0,00	0,00
ALS-1	3,7±0,2	-0,01	102,6	1,0
ALS-2	3,8±0,1	0,03	107,7	1,0
ALS-3	3,3±0,1	-0,11	92,4	0,9
ALS-4	2,5±0,1	-0,34	68,6	0,7
ALS-5	1,4±0,1	-0,61	40,5	0,4

Legenda: 1Elongamento de Raiz, 2Índice de Germinação, 3Índice de Crescimento Relativo.
Fonte: A autora, 2023.

Com base nos dados coletados e nos índices que foram calculados, temos que a amostra lixiviado apresentou um alongamento de raiz com valor de -1,0 que segundo BagurGonzález *et al.*, (2011) é considerada uma amostra com toxicidade muito alta ($0,75 > x \geq -1$). Para o lixiviado solubilizado, as amostras 1, 2 e 3 foram estatisticamente iguais ao controle, sendo assim, não tiveram efeito e pode-se considerar que não houve toxicidade. As amostras 4 e 5 tiveram inibição tanto de germinação, quanto do crescimento de raiz, sendo consideradas a amostra 4 como moderadamente tóxica ($0,25 > x \geq -0,50$) e amostra 5 altamente tóxica ($0,50 > x \geq -0,75$).

CONCLUSÃO

A utilização do resíduo de MNR é algo ainda relativamente novo. Apesar de todos os benefícios apresentados, a sua utilização, com base nos resultados obtidos para o meio ambiente é ligeiramente prejudicial. No entanto, se compararmos com os meios de produção e descarte que são realizados atualmente, o resíduo de MNR pode ser considerado uma opção moderadamente menos prejudicial, levando em consideração os demais benefícios que proporciona.

Agradecimentos

Os autores agradecem pelo suporte financeiro à UTFPR e à Fundação Araucária (bolsa PIBIC de Montagnini, L.B.), e ao laboratório Multiusuário de Análises Químicas (LAMAQ/DAQBI/UTFPR) pelas análises.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.



REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. L. L. S. **Produção de material cerâmico incorporado com resíduo de TiO₂: Estudo das propriedades estruturais e fotocatalíticas.** Dissertação de mestrado, UTFPR, 2023.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMRAS TÉCNICAS, 2004. NBR 10005:2004 **Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.**

BAGUR-GONZÁLES M.G et al. **Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal(loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in water saturated soil extracts from an abandoned mining site.** J. Soil. Sediment. 11, 281-28, 2011.

MARIANI. B. B et al. **Efeito da incorporação de resíduo de TiO₂ (MNR) na formação das fases mineralógicas de clínquer Portland.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2019.

SOBRERO, M. C.; RONCO, A. **Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L.** In: ROMERO, P. R.; CANTÚ, A. M. (Ed.) **Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas em água y suelo - La experiencia en México.** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2008.

YOUNG, B. J. et al. **Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*.** Ecotoxicology and Environmental Safety. n. 76, p. 182-186. 2012.