



Incorporação de resíduos de casca de ovos na composição de argamassa utilizada na produção de placas de isolamento térmico.

Incorporation of egg shell residues in the composition of plaster used in the production of thermal insulation boards.

Michelle Cristina Freitas Rodrigues Hoffmann, mestranda PPGCA, UNISUL (SC)

michellecfrhoffmann@gmail.com

Patrícia Medeiros, mestranda PPGCA, UNISUL (SC)

patriciamedeiros.unisul@gmail.com

Diego Marques, mestrando PPGCA, UNISUL (SC)

marques.diegovmarques@gmail.com

Ana Regina de Aguiar Dutra, Dr. UNISUL (SC)

ana.dutra@unisul.br

Anelise Leal Vieira Cubas, Dr. UNISUL (SC)

anelise.cubas@unisul.br

Rachel Faverzani Magnago, Dr. UNISUL (SC)

rachel.magnago@unisul.br

Resumo

O ovo é um alimento completo e indispensável na alimentação, entretanto gera cerca de 60 milhões de toneladas de resíduos de casca anualmente. Atualmente, esse resíduo é reutilizado dentre outras formas na correção de pH em solos, suplementação de cálcio em seres humanos e ainda na substituição do calcário utilizado na produção de cimento. O objetivo desse estudo foi verificar a incorporação de resíduos (casca de ovos) em substituição de parte do cimento utilizado na produção da argamassa utilizada na confecção de placas de isolamento térmico. A reutilização destes resíduos reduz tanto o volume descartado em aterros sanitários como a exploração de recursos naturais e seus impactos durante a produção do cimento, buscando a produção de placas de isolamento térmico sustentáveis.

Palavras-chave: casca de ovos; resíduos; isolamento térmico.

Abstract

Egg is a complete and indispensable food for food, but in the meantime it generates around 60 million tonnes of bark residue annually. Currently, this residue is reused among other forms in the correction of pH in soils and calcium supplementation in humans, most recently has been used in the substitution of limestone used in cement production. The objective of this study was to verify the incorporation of residues (eggshell) in place of part of the cement used in the production of mortar used in the manufacture of thermal insulation plates. The reuse of this waste reduces both the volume discarded in landfills and the exploitation of natural resources and their impacts during the production of cement, seeking the production of sustainable thermal insulation plates.

Keywords: eggshell; waste; thermal insulation.

1. Introdução

Cerca de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos são desperdiçadas anualmente em todo mundo de acordo com relatório produzido em 2011 pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), gerando impactos ambientais, econômicos e sociais (FAO, 2019). No Brasil, somente no ano de 2013, foram gerados aproximadamente 26,3 milhões de toneladas de resíduos de alimentos disponíveis, ou seja, 10% do total (Brasil, 2018).

Os resíduos provenientes de alimentos podem ser classificados como evitáveis e inevitáveis. Os evitáveis são os resíduos gerados durante a manipulação incorreta dos alimentos. Os inevitáveis são as partes de alimentos não recomendadas para consumo humano, como talos e casca de ovos (Fooladi *et al.*, 2019; Usubiaga, Butnar e Schepelmann, 2018).

As cascas de ovos são um resíduo inevitável e que não pode ser reutilizado, pois não é indicado para consumo humano em sua forma integral. Segundo dados da FAO, a produção mundial de ovos em 2008 foi de 59,2 milhões de toneladas. Além de inúmeros produtos da indústria alimentícia que utiliza ovos, a industrialização destes através de processos para obtenção de produtos como ovo em pó, pasteurização de claras e gemas trazem benefícios como: facilidade no transporte, segurança na utilização e prorrogação de prazo de validade. Em contrapartida, o volume de resíduos de cascas de ovos, torna o seu descarte um desafio (Dallacorte, Camila; Behling, Samara M.; Quadros, 2017; Oliveira, D. A.; Benelli, P.; Amante, 2009; Pliya e Cree, 2015).

Como a massa estimada em 10% do total do ovo, a casca deste alimento produz grandes volumes de resíduos que justificam a necessidade de sua reciclagem (Oliveira, D. A.; Benelli, P.; Amante, 2009; Rodrigues e Ávila, De, 2017). Com elevado índice de resíduo mundial anual, além do impacto ambiental negativo se descartado de forma inapropriada, busca-se alternativas viáveis e sustentáveis para o aproveitamento destes resíduos na geração de novos produtos.

Alguns exemplos de estudos que objetivaram a utilização da casca de ovo sugeriram alternativas que agregam valor econômico ao resíduo que possui em sua composição alto teor de cálcio (Oliveira, Benelli e Amante, 2013). O uso do resíduo de casca de ovo já é utilizado na suplementação de cálcio para ingestão humana e animal, além disso está presente na composição de produtos farmacêuticos, cosméticos e odontológicos (Carneiro *et al.*, [s.d.]; Waheed *et al.*, 2019). Na agricultura é utilizado para correção de pH de solo ácido, remediação de solos contaminados por metais e ainda atua como enriquecedor de solos (Jiao *et al.*, 2018; Soares, Quina e Quinta-Ferreira, 2015; Turan, 2020). Outro emprego da casca de ovos se dá na remoção de metais pesados de águas residuárias de aterro sanitário (Ye *et al.*, 2017). Ainda o carbonato de cálcio pode ser utilizado como substituto parcial do calcário

em formulações cimentícias (Dallacorte, Camila; Behling, Samara M.; Quadros, 2017; Pliya e Cree, 2015; Tiong *et al.*, 2020).

Esta última utilização citada prevê a substituição de parte do calcário utilizado na produção do cimento. O calcário, um dos recursos mais utilizados na produção de cimento, também é destinado a composição de outros produtos utilizados na construção civil. O setor de construção civil demanda grande quantidade de calcário pressionando sua extração, que ocorre a céu aberto onde há a presença de rochas calcárias, destinadas principalmente para a produção do cimento (Tiong *et al.*, 2020).

A utilização do cimento na construção civil é amplamente reconhecida (Pliya e Cree, 2015), devido a sua capacidade de resistência e durabilidade. No entanto tornou-se um grande desafio para a sustentabilidade. Desta forma a substituição do cimento na construção civil torna-se objeto de desenvolvimento tecnológico, não para a extinção do cimento, mas sim, para a substituição gradativa por outros elementos sustentáveis. Para cada tonelada de cimento produzida são emitidos em média 1 tonelada de CO₂ (FELIX e POSSAN, 2018).

Deste modo é possível observar que a produção de cimento e os resíduos de casca de ovos podem impactar negativamente o meio ambiente. Como uma alternativa, o objetivo desse estudo foi verificar a incorporação de resíduos (casca de ovos) em substituição de parte do cimento utilizado na produção da argamassa utilizada em placas de isolamento térmico. Aliar a reutilização destes resíduos reduzindo o volume descartado em aterros sanitários com a diminuição da exploração de recursos naturais e seus impactos durante a produção do cimento gerando um produto mais sustentável é um grande passo para o alcance de uma produção sustentável e consumo consciente, objetivo tão almejado em tempos de colapso ambiental.

2. Métodos

2.1 Coleta e preparação das cascas de ovos.

Para a realização deste estudo foram coletados aproximadamente 2,5 quilos de cascas de ovos. O material foi coletado na empresa com nome fantasia Restaurante Hoffmann, localizado na Rua Santos Saraiva número 704, no bairro Estreito em Florianópolis, Santa Catarina.

Segundo dados levantados no local, são utilizados por dia em média 650 gramas de casca de ovos. O estabelecimento tem um fornecimento diário estimado em 120 refeições, e utiliza-se de ovos como ingrediente em suas preparações ou como fonte direta de proteína.

Após coletada, para obter a farinha a casca de ovo foi seca em estufa à 100 °C e então moída com o auxílio de moedor da marca Botini e classificada em peneira de malha granulométrica de 75µm. Por fim permaneceu em mufla marca Jung por 4 horas a 900 °C.

2.2 Preparação de corpos de prova.

Os corpos de prova foram preparados de PU-cimento e PU-cimento-casca, foi utilizado Cimento CP-5, da marca Itambé. Os corpos de prova foram obtidos através da mistura do pó de casca de ovo ao polieterpoliol por 0,5 min e, então, foi adicionado tolueno-2,6-diisocianato e misturado por aproximadamente 0,5 min. As quantidades necessárias para a produção dos corpos de prova estão na Tabela 1.

Amostra	Cimento (g)	Casca de ovo (g)	Polieterpoliol (g)	Tolueno-2,6-diisocianato (g)
PU-cimento	21	-	7,26	10,91
PU-cimento-casca	10,50	10,50	7,26	10,91

Tabela 1: Quantidades em massa do resíduo de casca de ovo e dos reagentes polieterpoliol e tolueno-2,6-diisocianato. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os moldes cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura foram untados com vaselina sólida para facilitar a retirada do corpo de prova. A mistura foi vertida nestes moldes e o tempo de secagem foi de 10 minutos.

A cura do material se deu de duas formas: (1) em água e (2) em água com gás carbônico. O gás carbônico foi produzido pela adição de bicarbonato de sódio (2,15g), carbonato de sódio (0,50g) e ácido cítrico (2,15g) em água. Em ambos meios de cura, os corpos de prova permaneceram 7 dias imersos, dentro de sacos plásticos, sendo transferidos posteriormente para estufa a 40 graus por 24 horas.

2.3 Isolamento térmico

Os ensaios de isolamento térmico foram realizados em triplicata com corpos de prova no formato cilíndrico com dimensão de diâmetro de 50 mm e 100 mm de altura. Estes foram escavados de modo a revestir um béquer de 10 ml. No béquer foi adicionada água resfriada a 8 °C, e levantada a curva de aquecimento da água com um termômetro digital tipo espeto, em intervalos de tempo de 10 min, finalizados em temperatura de 21°C.

2.4 Absorção de água

O procedimento seguiu o método gravimétrico recomendado pelo Método de Teste Padrão para Absorção de Água de Plásticos ASTM D570-98. Inicialmente, as amostras foram secas em estufa a 50 °C por 24 h. O material seco foi pesado em uma balança analítica da marca Shimadzu. Em seguida, as amostras foram imersas em banho de água destilada a 25 °C por 24 h. Depois disso, foram removidas e secas com papel toalha e pesados novamente. A taxa de absorção de água foi obtida pela equação 1.

$$\text{Equação 1: Absorção \%} = \frac{P2-P1}{P1} \times 100$$

Onde:

P1= Peso seco P2= Peso úmido

A equação 1 foi calculada pela diferença entre o peso seco e peso úmido dividido pelo peso seco para determinação da quantidade de água absorvida em relação ao peso inicial do corpo de prova.

2.5 Resistência mecânica à compressão

Para a realização dos ensaios mecânicos de compressão foram seguidos os requisitos determinados pela ABNT NBR 5739:2007 (MARQUES *et al.*, 2016). Os ensaios foram realizados em triplicata, com corpos de prova de formato cilíndrico com dimensão de diâmetro de 50 mm e 100 mm de altura. Os ensaios mecânicos foram realizados por compressão em um equipamento universal de ensaios marca EMIC, modelo DL 30000, célula de carga de 5 kN. Os corpos de provas foram submetidos a incrementos de pressão até a deformação plástica do material em temperatura ambiente.

3. Resultados e discussões

3.1 Preparação dos corpos de prova

Durante a mistura dos reagentes e casca de ovo para obtenção da argamassa constituinte dos corpos de prova observou-se que quando adicionado o resíduo de casca de ovo, em substituição ao cimento, a secagem do material ocorria mais rapidamente provavelmente

devido a propriedade higroscópica conferida ao carbonato de cálcio. Na Figura 1 pode ser observado os corpos de prova confeccionados com resíduo de casca de ovo.



Figura 1: Corpos de prova confeccionados com resíduo de casca de ovo. Fonte: Elaborado pelos autores.

A produção da argamassa utilizada na confecção dos corpos de prova (fig. 1), ocorreu através da reação de policondensação entre o polieterpoliol e tolueno-2,6-diisocianato na formação do poliuretano expandido, com adição de cimento e resíduos da casca de ovo. A proporção da mistura de polieterpoliol e tolueno-2,6-diisocianato (18,17g) para incorporação de cimento (21g) foi de 1:1,15. Quando adicionado o resíduo a proporção se manteve introduzindo uma mistura de 50% de cimento com 50% de resíduo de casca de ovo.

3.2 Teste de isolamento térmico

A Tabela 2 apresenta a variação de temperatura no tempo de 70 min para os corpos de prova com sua composição e meio da cura.

Composição	Meio de cura	Variação da temperatura (°C)
PU-cimento	Água e CO ₂	11,1
PU-cimento	Água	8,1
PU-cimento-casca	Água e CO ₂	12,8
PU-cimento-casca	Água	10,6

Tabela 2: Variação de temperatura pelo tempo de 70 min. Fonte: Elaborado pelos autores.

A menor variação no tempo de 70 min ocorreu para PU-cimento (curado em água) indicando maior capacidade para manutenção da temperatura quando comparado aos demais corpos de prova. Na sequência tem-se o PU-cimento-casca (curado em água), PU-cimento

(curado em água e CO₂) e PU-cimento-casca (curado em água e CO₂) com variações de temperatura de 10,6° C, 11,1° C e 12,8° C, respectivamente. A capacidade térmica diminui com a substituição de parte do cimento por casca de ovo e com a cura em água e CO₂ (Tab. 2).

3.3 Testes de absorção de água

Os resultados do teste de absorção de água foram descritos na Figura 2.

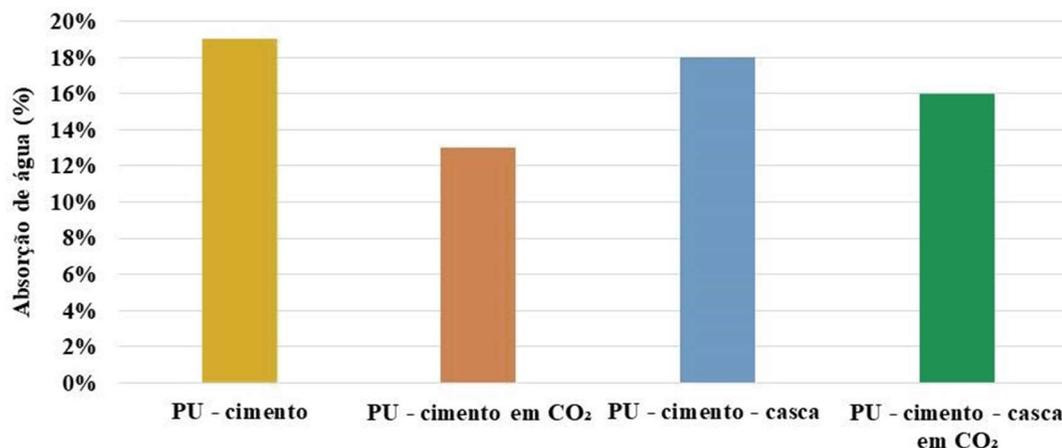


Figura 2: Percentual de absorção de água de PU-cimento (curado em água), PU-cimento-casca (curado em água), PU-cimento (curado em água e CO₂) e PU-cimento-casca (curado em água e CO₂). Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 2, o percentual de absorção de água nos PU-cimento foi de 13% e 19% de absorção, respectivamente para cura em água e CO₂, e para cura em água. Os corpos de prova com resíduo de casca de ovo apresentaram absorção de água de 16% e 18%, respectivamente para cura em água e CO₂, e para cura em água. Destaca-se que para os corpos de prova com cura em água e CO₂ reduziu a absorção de água enquanto que para os corpos de prova com casca de ovo (cura em água) apresentou valor de absorção 1% menor do que o material com cimento.

3.4 Teste de resistência mecânica à compressão

Os resultados de resistência mecânica à compressão estão na Figura 3.

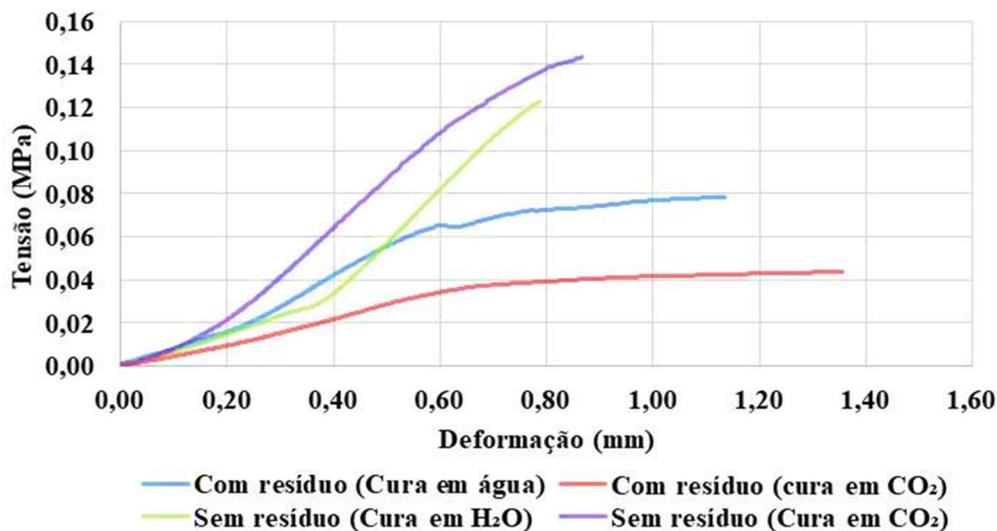


Figura 3: Gráfico tensão versus deformação de PU-cimento (curado em água), PU-cimento-casca (curado em água), PU-cimento (curado em água e CO₂) e PU-cimento-casca (curado em água e CO₂).
Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 3, os materiais apresentaram curvas típicas de materiais elástico e plástico. A tensão máxima de compressão foi maior para PU-Cimento com cura em água, seguido pelo PU-Cimento curado em água e CO₂, sendo de 0,14 MPa e 0,12 MPa, respectivamente. Os materiais com casca de ovo apresentaram menor resistência mecânica de compressão sendo de 0,06 MPa para PU-Cimento-Casca com cura em água e de 0,04 MPa para PU-Cimento-Casca com cura em água e CO₂.

A substituição de 50% do cimento por casca de ovo reduz a resistência mecânica à compressão para PU-cimento-casca, tanto em cura em água quanto em água e CO₂. A cura em CO₂ diminuiu a resistência mecânica dos corpos de prova confeccionados, quando comparados a cura em água. A cura em água e CO₂ pode formar ácido carbônico (H₂CO₃) que em contato com o cimento pode reagir diminuindo a resistência mecânica destes.

4. Conclusões

A solução avaliada neste estudo buscou verificar a possibilidade de incorporar casca de ovo rica em cálcio em formulações de argamassas utilizadas em materiais com propriedades de isolamento térmico geralmente utilizadas em projetos da construção civil, para melhorar o conforto térmico do ambiente.

Os melhores desempenhos em relação ao isolamento térmico foram observados em corpos de prova confeccionados com argamassa constituídos de cimento curados em água que apresentou a menor variação de temperatura no teste térmico. Com relação aos testes de absorção de água, fator importante em materiais de construção civil, os melhores resultados foram observados nos corpos de prova confeccionados com argamassa contendo cimento e posterior cura em água e gás carbônico. Em relação a resistência mecânica, os corpos de prova sem adição de resíduos na argamassa e curados em gás carbônico apresentaram os melhores resultados. A menor resistência mecânica foi observada no corpo de prova com resíduo de casca de ovo e curado em CO₂. Um fator que pode ter contribuído para essa redução de resistência é a possível reação da alta concentração de carbonato de cálcio (CaCO₃), presente no resíduo da casca de ovo, com gás carbônico (CO₂) e água acaba formando o bicarbonato de cálcio, uma investigação mais aprofundada poderá confirmar essa interação.

Dentre os materiais produzidos, a substituição de 50% de cimento por casca de ovo produziu corpos de prova que se apresentaram 2% menos isolante térmico, absorvem água de maneira semelhante, com diferença de 1% a mais para o material com resíduo. Também apresentaram menor resistência mecânica à compressão. Porém a função de uma placa de isolamento térmico não é estruturante, este ensaio não exclui o uso para esta finalidade. Os resultados foram inferiores para todos os materiais curados em água e CO₂.

Buscar soluções para o grande volume de resíduos inevitáveis de casca de ovos produzidos diariamente por diversos setores da indústria alimentícia é indispensável, possibilitando o surgimento de alternativas à destinação final ambientalmente amigável, diminuindo o volume dos resíduos em aterros sanitários, de forma inteligente e coerente.

Como estudos futuros sugere-se estudar novas composições da argamassa variando as proporções do resíduo de casca de ovo e incluir resíduos com alto teor de sílica, como cinza de casca de arroz (Morais Alcantara *et al.*, 2012) buscando aumentar a resistência a compressão do material, o isolamento térmico e a diminuição da absorção de água, através da formação de silicatos de cálcio, que atualmente são empregados na construção civil como isolante térmicos e acústicos (Hossain e Roy, 2019; Leite *et al.*, 2017).

Referências

BRASIL. Estratégia Intersetorial para a Redução de Perdas e Desperdício de Alimentos no Brasil. **Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional**, p. 42, 2018.

CARNEIRO, S. *et al.* 055 - Farinha da casca de ovo como suplemento de cálcio: uma alternativa sustentável. v. 7, n. 2, p. 5–8, [s.d.].

DALLACORTE, CAMILA;BEHLING , SAMARA M.; QUADROS, C. S.



IMPLANTAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE FARINHA DE CASCA DE OVO: UM ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA. **revista tecnologica**, v. 1, n. 2358–9221, p. 83–103, 2017.

FAO. **The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction**. [s.l.] Rome Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 2019.

FELIX, E. F.; POSSAN, E. Balance emissions and CO₂ uptake in concrete structures: simulation based on the cement content and type. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 11, n. 1, p. 135–162, 2018.

FOOLADI, E. *et al.* Chefs and researchers: Culinary practitioners' views on interaction between gastronomy and sciences. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 15, p. 6–14, abr. 2019.

HOSSAIN, S. K. S.; ROY, P. K. Development of sustainable calcium silicate board: Utilization of different solid wastes. **Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio**, v. 58, n. 6, p. 274–284, 2019.

JIAO, W. *et al.* 'Agricultural Waste to Treasure' – Biochar and eggshell to impede soil antibiotics/antibiotic resistant bacteria (genes) from accumulating in *Solanum tuberosum* L. **Environmental Pollution**, v. 242, p. 2088–2095, 2018.

LEITE, F. H. G. *et al.* Synthesis and characterization of calcium silicate insulating material using avian eggshell waste. **Ceramics International**, v. 43, n. 5, p. 4674–4679, 2017.

MORAIS ALCANTARA, M. A. *et al.* O uso de cinzas de casca de arroz como aditivo auxiliar na produção de tijolos de solo-cal. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 3, n. 1, 2012.

OLIVEIRA, D. A.; BENELLI, P.; AMANTE, E. R. Valorização de resíduos sólidos: casca de ovos como matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos. **International workshop advances in clear production**, v. 20, p. 1–11, 2009.

OLIVEIRA, D. A.; BENELLI, P.; AMANTE, E. R. A literature review on adding value to solid residues: Egg shells. **Journal of Cleaner Production**, v. 46, p. 42–47, 2013.

PLIYA, P.; CREE, D. Limestone derived eggshell powder as a replacement in Portland cement mortar. **Construction and Building Materials**, v. 95, p. 1–9, 2015.

RODRIGUES, A. S.; ÁVILA, S. G. DE. Caracterização físico-química da casca de ovo de galinha e utilização como fonte para produção compostos de cálcio. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 596–607, 2017.

SOARES, M. A. R.; QUINA, M. J.; QUINTA-FERREIRA, R. M. Immobilisation of lead and zinc in contaminated soil using compost derived from industrial eggshell. **Journal of Environmental Management**, v. 164, p. 137–145, 2015.



TIONG, H. Y. *et al.* Environmental impact and quality assessment of using eggshell powder incorporated in lightweight foamed concrete. **Construction and Building Materials**, v. 244, p. 118341, 2020.

TURAN, V. Potential of pistachio shell biochar and dicalcium phosphate combination to reduce Pb speciation in spinach, improved soil enzymatic activities, plant nutritional quality, and antioxidant defense system. **Chemosphere**, v. 245, 2020.

USUBIAGA, A.; BUTNAR, I.; SCHEPELMANN, P. Wasting Food, Wasting Resources: Potential Environmental Savings Through Food Waste Reductions. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 3, p. 574–584, 2018.

WAHEED, M. *et al.* Eggshell calcium: A cheap alternative to expensive supplements. **Trends in Food Science and Technology**, v. 91, n. July, p. 219–230, 2019.

YE, M. *et al.* Feasibility of sulfate-calcined eggshells for removing pathogenic bacteria and antibiotic resistance genes from landfill leachates. **Waste Management**, v. 63, p. 275–283, 2017.