

# NANOMATERIAIS A BASE DE CÁLCIO OBTIDOS A PARTIR DA CASCA DE OVO PARA POTENCIAL APLICAÇÃO EM ENGENHARIA DE TECIDO

Jhonatan do Amparo Madureira, UFVJM, jhonatan.amparo@ufvjm.edu.br, 0000-0002-0762-4153  
Carlos Mateus Soares, UFVJM, carlos.mateus@ufvjm.edu.br, 0000-0003-4416-7665  
Breno Rocha Barrioni, UFVJM, breno.barrioni@ufvjm.edu.br, 0000-0002-8681-6451  
Fernanda G. L. M. Borsagli, UFVJM/PPGQ, fernanda.borsagli@ufvjm.edu.br, 0000-0002-0202-2452

## RESUMO

A cada ano milhões de substitutos são utilizados em cirurgia de prótese no Brasil, causando um gasto na faixa de bilhões de reais, sem considerar as cirurgias de revisão. Assim como as mudanças ambientais causadas pela ação antrópica vem causando grandes transtornos ao meio ambiente e a vida animal, como as poluições proporcionais nos ambientes aquosos, rios, mares, etc, principalmente devido a grande quantidade de resíduos que são gerados. Entretanto, nos últimos anos, grandes avanços em vários setores têm proporcionado uma perspectiva bastante promissora em relação à saúde pública mundial e ao meio ambiente. Nesse enfoque, os últimos avanços na área da nanotecnologia vêm possibilitando a produção de ferramentas inovadoras proporcionando melhoras na área da saúde e meio ambiente, indicando um cenário promissor no futuro frente a tantos problemas na área de saúde pública, produção alimentar e meio ambiente. No entanto, apesar do alto interesse comercial e das mais avançadas pesquisas nesse setor, os nanomateriais apresentam diversas peculiaridades químicas e físicas, o que tem demandado uma grande atenção e interesse dos pesquisadores em entender a complexidade e ciência envolvida por trás da produção desses materiais. Nesse contexto, o presente trabalho produziu diferentes nanomateriais a base de cálcio a partir de cascas de ovo de galinha, utilizando uma rota ambientalmente sustentável. Os nanomateriais produzidos por calcinação em diferentes tempos (7, 15 e 24 horas) foram avaliados quanto as características químicas presentes. Para tal, os nanomateriais foram caracterizados por meio de teste de chama, Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e Espectroscopia no ultravioleta visível (UV Vis). Logo, os nanomateriais à base de cálcio proveniente da casca de ovo apresentaram grupos químicos característicos do óxido de cálcio, evidenciando que a síntese realizada obteve resultado. Além disso, diferenças quanto ao tempo de calcinação foram notadas, sendo 15 horas o melhor resultado. Logo, o material apresenta potencial para aplicação em engenharia de tecido.

**Palavras-chave:** *Resíduo, Sustentabilidade, Eco-friendly, Baixo custo, Biomateriais*

## 1 Introdução

Na sociedade atual uma das dificuldades enfrentadas é a ineficiência no gerenciamento de resíduos, em especial os de origem animal como os provenientes da população de aves, que chega a ser 27,88 bilhões produzindo milhões de toneladas métricas de resíduos, que contaminam o meio ambiente proporcionando preocupações socioeconômicas e ambientais. Nesse sentido, o interesse em novas vias para utilização adequada dos resíduos, buscando empregar esses resíduos como insumos de novos materiais proporcionando mecanismos de gerenciamento econômicos e inovadores (TARAFDAR et al., 2021).

Nessa perspectiva, atualmente há o interesse crescente na síntese ambientalmente “amigável” e sustentável, já que, a aquisições de novas fontes significativamente viáveis de recursos é necessária, produzindo materiais compatíveis com os já existentes no mercado usados em diversos setores da indústria (RESHMY et al., 2021). Este interesse em particular, está concentrado na produção de nanopartículas devido a elevada relação de superfície-volume, que produz diversos sítios ativos, de modo a favorecer a melhora na reatividade e seletividade de substâncias, sobretudo as nanopartículas (NPs) de cálcio, como a de óxido de cálcio (CaO), por exibir, alta basicidade, não ser corrosiva, proporcionar fácil manuseio, ser economicamente barata e benigna, tornando-se popular tanto na industrial de cerâmicos, cosméticos como catalisador ou como antibacteriano no controle de micro-organismos (SAFAEI-GHOMI; GHASEMZADEH; MEHRABI, 2013; RAMLI et al. 2019).

Nesse contexto, as cascas de ovos de Galinha, subproduto obtido pela criação das aves, pode ser usada como fonte de matéria-prima para produção dessas nanopartículas, tendo em vista que a casca é formada basicamente de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) com espessura de 315  $\mu\text{m}$ , o óxido de cálcio é facilmente obtido pela como feito na decomposição de calcário mineral, sobre temperaturas superiores a 900°C (ASHOK et al., 2014; TANG et al., 2013).

No entanto, com o propósito de manter sua propriedade físico-química, tamanho e reatividade desejada, métodos de síntese de nanopartículas são frequentemente utilizados, tanto por rota biológica, química quanto física, visto que a singularidade da nanopartícula depende do seu procedimento de síntese, e qualquer mínima mudança em sua sinterização influencia seus inerentes atributos (RANA; YADAV; JAGADEVAN, 2020).

Consequentemente, as nanopartículas de CaO, são sintetizadas essencialmente por tratamento térmico, que consiste na moagem, aquecimento, manutenção e resfriamento do material abundante em  $\text{CaCO}_3$ , entre 800 e 2450°C, no entanto, a literatura expõe procedimentos inicialmente através de via química para extração do material primário ( $\text{CaCO}_3$ ) via precipitação, tratamento térmico em temperaturas e tempos de calcinação menores, além de outros métodos como degradação térmica, sinóticos, sol-gel, síntese verde e irradiação de micro-ondas (CABRERA-PENNA; RODRÍGUEZ-PÁEZ, 2021; MIRGHIASI et al., 2014).

Neste enfoque, o presente trabalho objetivou a síntese de nanopartículas de Óxido de Cálcio (CaO) por tratamento térmico utilizando como matéria-prima casca de ovos de galinha descartados, a fim de constatar seu potencial para a produção de nanopartículas para potencial aplicação em engenharia de tecido.

## **2 Materiais e métodos**

Primeiramente, as cascas de ovo foram pré-tratadas por limpeza, secagem em temperatura ambiente e trituração. Após esse pré-tratamento, a identificação de  $\text{Ca}^{2+}$  foi realizada pelo teste de chama, utilizando o bico de Bunsen ligado ao recipiente contendo gás (GLP- hidrocarbonetos propano e butano).

Em sequência, a síntese das NPs ocorreu através de tratamento térmico, adaptado de Ashok Chinthakuntla et al. (2014). Para tal, foram pesados 5 g do material triturado, então colocado na mufla à 700 °C, por 7, 15 e 24 horas. Após o tempo, foram verificados o peso do material, o qual foi armazenado adequadamente e guardado em local sem incidência de luz para posterior caracterização.

A caracterização foi realizada, primeiramente, com a espectroscopia no ultravioleta visível (UV Vis), no equipamento BEL UV-MX do BIOSEM-LESMA. Para essa análise, 0,1g das amostras calcinadas foram adicionadas à 10mL de etanol, então uma diluição com

2 ml dessa solução em 12 ml de etanol foi feita, após foi realizada a varredura na faixa de 200 nm a 700 nm, sendo a análise realizada em triplicata.

Além do UV Vis, foi realizada a caracterização por Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), utilizando um equipamento Nicolet da Thermofisher do BIOMAT, modo ATR, faixa de comprimento de onda 4000 a 650  $\text{cm}^{-1}$ , varredura 32, 4  $\text{cm}^{-1}$  de resolução, em temperatura ambiente, para identificar os grupos químicos presentes nas amostras. Ao final os dados obtidos foram tratados utilizando o *software* Originlab 2022.

### 3 Resultados

#### 3.1 Teste de chama

O teste de chama permitiu a identificação da presença de íons de  $\text{Ca}^{2+}$  no material processado de casca de ovo, já que o teste, possibilita por meio da coloração da chama verificar a presença de Carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). A cor amarelada está associada à mudança de nível e retorno do elétron ao seu estado estacionário devido a excitação sofrida ao entrar em contato com a chama (Figura 1), indicando a transição eletrônica correspondentes  $\text{Ca}^{2+}$ .

**Figura 1:** Teste de chama.



#### 3.2 Calcinação

As cascas de ovos trituradas e, submetidas ao processo de calcinação na Mufla, apresentaram massa inicial de 5g (correspondendo à 7, 15 e 24 horas de calcinação). Entretanto, ao final da calcinação foi constatada perda de cerca de 47,2 %; 47,5 %, 45,13 % da massa inicial, respectivamente. A Figura 2, mostra o material, antes e depois da calcinação.

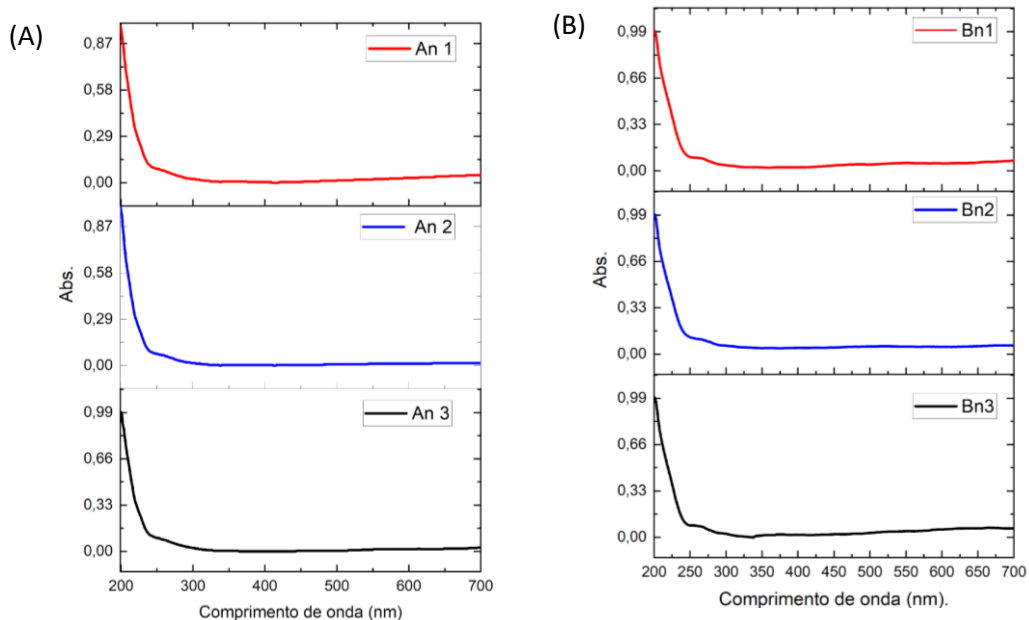
**Figura 2:** Antes e depois da Calcinação.



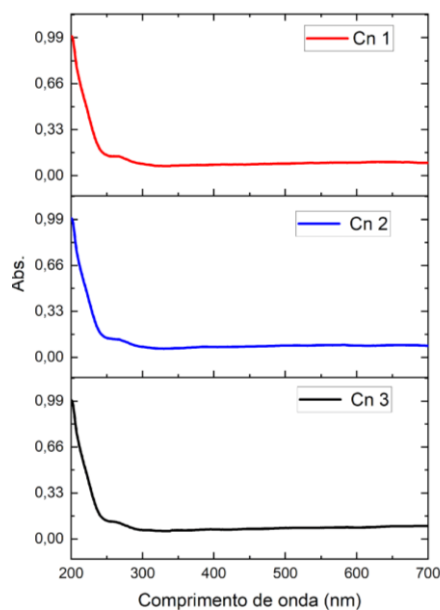
### 3.3 Análise por espectroscopia no UV Vis.

A avaliação das nanopartículas desenvolvidas pela calcinação da casca de ovo com tempos de 7 (A), 15 (B) e 24 (C) horas, foram analisadas através do espectrômetro UV Vis em triplicatas descritas por [An1, An2, An3]; [Bn1, Bn2, Bn3]; [Cn1, Cn2, Cn3], respectivamente (Figuras 3A, 3B e 3C). Os materiais apresentaram elevada absorção de radiação eletromagnética na faixa do visível entre 200 a 400 nm, com absorbância a partir de 324 nm, os níveis de absorbância mais protuberantes são das amostras referente a Bn e Cn correspondente ao material calcinado no tempo de 15 e 24 horas.

**Figura 3** Amostra calcinada



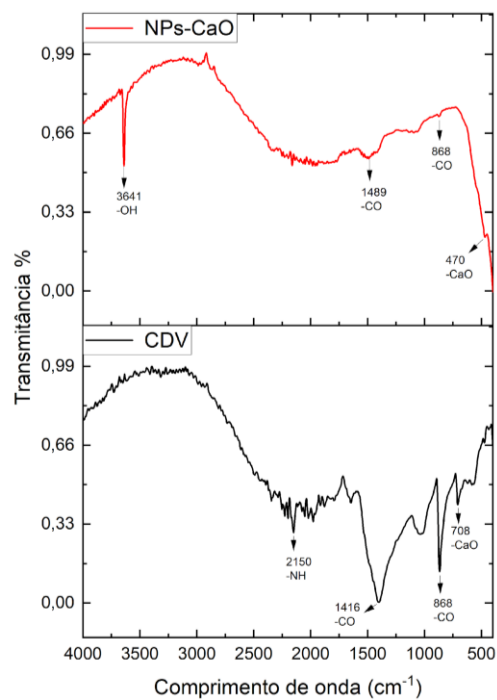
(C)



### 3.4 Análise por Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR)

A Figura 4, representa o espectro referente a análise da casca de ovo (CDV) utilizada para o procedimento de calcinação, bem como, as nanopartículas de Óxido de Cálcio (NPs) após 7 horas de calcinação.

**Figura 6:** Análise FTIR, das NPs CaO e Casca de ovo (CDV).



A análise do espectro referente às NPs, percebe-se bandas entre 470 a 868  $\text{cm}^{-1}$ , além de bandas em 1489 e 3641  $\text{cm}^{-1}$ , já no espectro da casca de ovo é evidente uma banda larga em 1416  $\text{cm}^{-1}$ , com demais outras em 2150, 868 e 708  $\text{cm}^{-1}$ .

#### 4. Análise e discussão

A coloração observada no teste de chama era esperada, pois segundo Ramya et al (2022), o componente em maior proporção presente na casca de ovo de galinha é carbonatos de cálcio não porosos e imaculados, o mesmo é constatado em outros autores (CABRERA-PENNA; RODRÍGUEZ-PÁEZ, 2021; MIRGHIASI et al., 2014; ASHOK et al., 2014; TANG et al., 2013). A perda de massa, posterior ao procedimento de calcinação mostrou predominantemente óxido de cálcio (CaO). Laca et al. (2017) abordam em seu trabalho que a casca de ovo é composta de 96 % de Rama carbonato de cálcio, 1 % de carbonato de magnésio, 1 % de fosfato de cálcio, materiais orgânicos (principalmente proteínas) e água, portanto quando a casca foi submetida a elevada temperatura houve a evaporação de água e  $\text{CO}_2$ , decorrente da decomposição de matéria orgânica existente e formação de óxido de cálcio. Outro ponto, segundo Taufiq-yap et al (2013) é que há mudanças na estrutura de  $\text{CaCO}_3$  para CaO cúbica em temperatura a partir de 830  $^{\circ}\text{C}$ , além da eliminação de compostos orgânicos em 680  $^{\circ}\text{C}$ , sendo os responsáveis pela maior perda de peso da casca de ovo calcinada, confirmando então a coloração da chama.

No caso da caracterização realizada por UV Vis percebeu-se uma banda de absorção característica de nanopartículas de CaO, evidenciada também pela não absorção na região do visível, que segundo Zhang et al. (2022) é uma característica intrínseca de nanomateriais. Além disso, no comparativo da absorbância das amostras de NPs nos tempos de 7, 15, 24 horas, constatou-se que a absorbância foi superior na síntese de 15 e 24 horas. Segundo Zhu, Wu e Wang (2011), a calcinação determina as características estruturais do CaO, logo, propriedades como área superficial específica e tamanho de grão, são fatores inerentes ao processo catalítico, e com o aumento do tempo e temperatura os grãos de CaO crescem ou diminuem em tamanho, assim, a aparição de bandas correspondentes de -C-O no espectro NPs-CaO nos mostra que nem toda casca de ovo formou NPS e com a aplicação de tempos superiores de calcinação houve formação excedente da mesma aumentando a área superficial e consequentemente a absorbância (ALSOHAIMI et al., 2020; KHINE, Ei et al., 2022).

A casca de ovo tanto quanto as nanopartículas de óxido de cálcio (NPs-CaO) analisadas por FTIR, exibiram espectros bem definidos. O espectro CDV apresentou uma banda larga centralizada em 1416  $\text{cm}^{-1}$ , além de uma banda nítida a 868  $\text{cm}^{-1}$  indicando alongamento equivalente a ligação -C-O com o elemento cálcio, além de banda referente a -Ca-O em 708  $\text{cm}^{-1}$  e uma outra banda larga análoga a aminas e amidas -NH em 2150  $\text{cm}^{-1}$  oriunda exclusivamente da membrana e proteínas presente na casca (HABTE et al., 2019; WITOON, 2011).

No entanto, o espectro referente a NPs (nanopartículas de óxido de cálcio), exibiram bandas relacionada a carbonatação das nanopartículas em 1489 e 868  $\text{cm}^{-1}$  ligadas a -C-O, e uma banda nítida em 3641  $\text{cm}^{-1}$  associada a vibrações de -OH, isso, devido a presença de moléculas de água superficialmente no material, corroborando com Moghaddas; Moosavi; Oskuee (2022) e Jadhav et al. (2022). Essas bandas estão associadas a presença do óxido de cálcio, indicando assim que houve a completa transformação do carbonato de cálcio presente na casca em óxido de cálcio com a calcinação. Não foram percebidas diferenças significativas nos espectros das NPs após 15 e 24 horas de calcinação.

Esses resultados corroboram significativamente com os encontrados na literatura, já que expõe, evidente possibilidade de produção de nanopartículas de óxido de cálcio a partir de cascas de ovos descartadas.

## 5. Conclusões

O método de sinterização de nanopartículas de óxido de cálcio a partir da casca de ovo de galinha se mostrou bastante efetivo, como mostra os espectros de FTIR e UV Vis. Quanto ao tempo de calcinação, o tempo de 15 horas se mostrou mais atrativo devido a absorbância apresentada em relação aos tempos aplicados. Entretanto entende-se a necessidade de caracterizações para constatar fatores morfológicos da nanopartícula produzida, assim como análises biológicas para evidenciar o potencial desse material para aplicação em engenharia de tecido.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao BIOSEM-LESMA/UFVJM pelas análises e caracterizações. A FAPEMIG (APQ-02565-21; APQ-03088-2, APQ-00370-22), CAPES, CNPq e UFMG pelo suporte financeiro ao projeto.

## Referências

ALSOHAIMI, Ibrahim Hotan et al. A novel composite silver nanoparticles loaded calcium oxide stemming from egg shell recycling: a potent photocatalytic and antibacterial activities. *Journal of Cleaner Production*, v. 248, p. 119274, 2020.

ASHOK, Ch et al. Calcium oxide nano particles synthesized from chicken egg shells by physical method. In: **International Conference Emerging Technologies in Mechanical Sciences; Malla Reddy College of Engineering and Technology: Hyderabad, India.** p. 72-75. 2014.)

CABRERA-PENNA, M.; RODRÍGUEZ-PÁEZ, J. E. Calcium oxyhydroxide (CaO/Ca (OH) 2) nanoparticles: Synthesis, characterization and evaluation of their capacity to degrade glyphosate-based herbicides (GBH). **Advanced Powder Technology**, v. 32, n. 1, p. 237-253, 2021.

HABTE, Lulit et al. Synthesis of nano-calcium oxide from waste eggshell by sol-gel method. *Sustainability*, v. 11, n. 11, p. 3196, 2019.

JADHAV, Vikram et al. Green Synthesized Calcium Oxide Nanoparticles (CaO NPs) Using Leaves Aqueous Extract of Moringa Oleifera and Evaluation of Their Antibacterial Activities. **Journal of Nanomaterials**, v. 2022, 2022.

KHINE, Ei Eid et al. Synthesis and characterization of calcium oxide nanoparticles for CO<sub>2</sub> capture. **Journal of Nanoparticle Research**, v. 24, n. 7, p. 1-11, 2022.

LACA, Amanda; LACA, Adriana; DIAS, Mário. Resíduos de casca de ovo como catalisador: uma revisão. **Revista de gestão ambiental**, v. 197, p. 351-359, 2017.

MIRGHIASI, Zahra et al. Preparation and characterization of CaO nanoparticles from Ca (OH) 2 by direct thermal decomposition method. **Journal of industrial and Engineering chemistry**, v. 20, n. 1, p. 113-117, 2014.

MOGHADDAS, Samaneh Sadat; MOOSAVI, Saeedeh; OSKUEE, Reza. Green synthesis of calcium oxide nanoparticles in *Linum usitatissimum* extract and investigation of their photocatalytic and cytotoxicity effects. **Biomass Conversion and Biorefinery**, p. 1-10, 2022.

RAMLI, Muliadi et al. Nanoparticle fabrication of calcium oxide (CaO) mediated by the extract of red dragon fruit peels (*Hylocereus Polyrhizus*) and its application as inorganic–anti-microorganism materials. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, p. 012090, 2019.

RAMYA, S. et al. TiO<sub>2</sub> nanoparticles derived from egg shell waste: Eco synthesis, characterization, biological and photocatalytic applications. **Environmental Research**, v. 214, p. 113829, 2022.

RANA, Anu; YADAV, Krishna; JAGADEVAN, Sheeja. A comprehensive review on green synthesis of nature-inspired metal nanoparticles: Mechanism, application and toxicity. **Journal of Cleaner Production**, v. 272, p. 122880, 2020.

RESHMY, R. et al. Advanced biomaterials for sustainable applications in the food industry: Updates and challenges. **Environmental Pollution**, v. 283, p. 117071, 2021.

SAFAEI-GHOMI, J.; GHASEMZADEH, M. A.; MEHRABI, M. Calcium oxide nanoparticles catalyzed one-step multicomponent synthesis of highly substituted pyridines in aqueous ethanol media. **Scientia Iranica**, v. 20, n. 3, p. 549-554, 2013.

TANG, Zhen-Xing et al. Sonication-assisted preparation of CaO nanoparticles for antibacterial agents. **Química Nova**, v. 36, p. 933-936, 2013.

TARAFDAR, Ayon et al. Advances in biomaterial production from animal derived waste. **Bioengineered**, v. 12, n. 1, p. 8247-8258, 2021.

TAUFIQ-YAP, Yun Hin et al. Hydrogen production from wood gasification promoted by waste eggshell catalyst. **International journal of energy research**, v. 37, n. 14, p. 1866-1871, 2013.

WITOON, Thongthai. Characterization of calcium oxide derived from waste eggshell and its application as CO<sub>2</sub> sorbent. **Ceramics International**, v. 37, n. 8, p. 3291-3298, 2011.

ZHANG, Minglong et al. Microwave assisted biodiesel production from chicken feather meal oil using Bio-Nano Calcium oxide derived from chicken egg shell. **Environmental Research**, v. 205, p. 112509, 2022.

ZHU, Yanqing; WU, Sufang; WANG, Xieqing. Nano CaO grain characteristics and growth model under calcination. **Chemical Engineering Journal**, v. 175, p. 512-518, 2011.