

Artigo

Caracterização Físico-Química da Casca de Ovo de Galinha e Utilização como Fonte para Produção Compostos de Cálcio

Rodrigues, A. S.;* Ávila, S. G.

Rev. Virtual Quim., 2017, 9 (2), 596-607. Data de publicação na Web: 6 de janeiro de 2017<http://rvq.sbq.org.br>**Physical Chemistry Characterization of chicken Eggshell and its Utilization as Source for Production of Calcium Compounds**

Abstract: The aim of this study was the physical chemical characterization of chicken eggshell and its utilization for the calcium carbonate and oxide calcium production. These substances are important by society and industrial processes, because they can be used in the building, power supplement and soil nutrients. Techniques as Scanning Electron Microscopy (SEM) and Thermogravimetric (TG) were used by sample characterization. These techniques enabled the study of surface and morphology of eggshell and the thermal behavior of the samples. Qualitative and quantitative tests were done. Procedures involving the CaCO_3 purification and the CaO production were studied. This work showed that the eggshell could be an important source to CaCO_3 and CaO production.

Keywords: Eggshell; characterization; CaO; CaCO_3 .

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo a caracterização físico-química da casca de ovo de galinha e também sua utilização para a produção de carbonato de cálcio (CaCO_3) e óxido de cálcio (CaO), substâncias importantes do ponto de vista industrial e social, uma vez que são utilizadas na construção civil, na alimentação e como nutrientes para solos. Técnicas como Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Análise Termogravimétrica (TG) foram utilizadas para a caracterização físico-química das amostras estudadas. Essas técnicas possibilitaram a obtenção de informações sobre a estrutura e superfície da casca de ovo, assim como seu comportamento térmico. Testes qualitativos foram utilizados para identificar as substâncias presentes na amostra, e posteriormente quantificadas a partir de método clássico e instrumental. Procedimentos envolvendo a obtenção de CaO e isolamento de CaCO_3 também foram desenvolvidos. O estudo mostrou que a casca de ovo de galinha pode ser uma fonte importante para a produção de CaCO_3 e CaO.

Palavras-chave: Casca de ovo; caracterização; CaO; CaCO_3 .

* Universidade Anhanguera de São Paulo, UNIAN. Av. Industrial, 3330 - Campestre, Santo André, SP, Brasil.

✉ aleffsantos663@gmail.com

DOI: [10.21577/1984-6835.20170035](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20170035)

Caracterização Físico-Química da Casca de Ovo de Galinha e Utilização como Fonte para Produção Compostos de Cálcio

Aleff S. Rodrigues,* Simone G. de Ávila

Universidade Anhanguera de São Paulo, UNIAN. Av. Industrial, 3330 - Campestre, Santo André, SP, Brasil.

* aleffsantos663@gmail.com

Recebido em 26 de abril de 2016. Aceito para publicação em 3 de janeiro de 2017

1. Introdução

2. Metodologia

2.1. Caracterização da casca de ovo de galinha por métodos instrumentais

2.2. Testes qualitativos

2.3. Testes quantitativos

2.4. Produção de CaO a partir da casca de ovo

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização da casca de ovo de galinha por métodos instrumentais

3.2. Testes qualitativos

3.3. Testes quantitativos

3.4. Produção de CaO a partir da casca de ovo

4. Considerações finais

1. Introdução

Este estudo surgiu a partir da proposta de se reaproveitar materiais de baixo custo, de modo a utilizá-los para a produção de outras substâncias de interesse social e industrial, contribuindo para a valoração do resíduo descartado.

A busca por novas fontes de CaCO_3 tem se ampliado cada vez mais, já que a sua principal fonte, o calcário, tem se tornado cada vez mais escasso, encarecendo ainda mais para as indústrias. O calcário apresenta um teor elevado de CaCO_3 , variando entre 90

a 95% (m/m).¹ Tal fato fortalece a busca por meios que não tragam nenhum tipo de dano à natureza e que sejam de fácil acesso à população, ao meio acadêmico e industrial.

Sendo assim, este estudo visa caracterizar quimicamente a casca de ovo de galinha buscando seu reaproveitamento e produção de compostos como CaCO_3 e CaO. Dentre os objetivos proposto, destaca-se a determinação do teor Ca presente na casca de ovo e, posterior, produção de CaO a partir da mesma. Além disso, este trabalho também visa propor e testar algumas aplicações para o CaO e CaCO_3 obtidos por meio da casca de ovo de galinha.

A casca de ovo de galinha é composta por substâncias orgânicas e inorgânicas. A película interna que reveste a casca é formada por glicoproteínas, mucoproteínas, colágeno e mucopolissacarídeos, enquanto, compostos como CaCO_3 , MgCO_3 e $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ compõem a fração inorgânica da casca do ovo.²

O cálcio é um metal de baixa dureza, prateado, que reage facilmente com o oxigênio do ar e com a água. Na natureza ele nunca foi achado isolado, como metal, sendo encontrado principalmente como constituinte de rochas, como calcários, o mármore (CaCO_3), gipso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e fluorita (CaF_2). A apatita, um fluorfosfato de cálcio, é outro minério de cálcio bastante comum. No nosso dia a dia, exemplos como a presença do Ca em nossos dentes, nas cascas de ovos, em pérolas, nas conchas de muitos animais marinhos, além de doenças como a Osteoporose.³

Muitos outros processos indústrias envolvem o uso de CaO, como, a produção do cimento, cerâmica, pinturas a base de CaO, aditivos para asfalto, processo de branqueamento do papel, estabilizante químico para o solo (correção de pH), tratamento de águas prevenindo corrosão das tubulações e muitas outras aplicabilidades, o que comprova que está substância apresenta grande importância industrial.^{1,4,5}

Na natureza o carbonato de cálcio é encontrado em vastos depósitos sedimentares resultantes da fossilização de restos de vida marinha, nestes depósitos, o CaCO_3 pode apresentar-se na forma de aragonita ou calcita, que são espécies polimorfas, ou seja, diferem-se apenas quanto ao arranjo estrutural. A calcita ocorre, mais frequentemente, como calcário, dolomita (carbonato misto de magnésio e cálcio [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]) e mármore, que é caracterizado por qualquer rocha que contém carbonato de cálcio que é suscetível de ser polida.^{6,7}

O CaCO_3 também pode ser encontrado em depósitos de cavernas. A casca de ovo de

galinha também apresenta esse composto com constituinte principal, tendo como principal função conferir dureza e resistência mecânica ao embrião. Devido também a essas propriedades, esse composto é muito utilizado na construção civil, sendo a matéria prima principal para o cimento, cal virgem e cal hidratada. Essa matéria prima também é bastante utilizada na produção de papel. O CaCO_3 também apresenta uma fácil absorção pelo organismo, representando uma importante fonte de cálcio na alimentação, sendo utilizado também como nutriente para solos.¹⁻⁷

O cálcio possui um papel importante no contexto nutricional, pois a falta deste nutriente na alimentação está relacionada diretamente à osteoporose. Dois nutrientes, cálcio e vitamina D, são especialmente necessários para se ter ossos fortes. O cálcio é essencial para a manutenção óssea, enquanto o papel da vitamina D é ajudar na absorção do cálcio e na manutenção da densidade óssea. Dentre os compostos de cálcio utilizados no tratamento da osteoporose, o CaCO_3 é o mais indicado, pois é um dos sais que apresenta maior teor de Ca.^{8,9}

Dentro deste contexto, a quantificação de carbonato de cálcio presente na casca de ovo é importante, uma vez que este material pode ser extraído e utilizado na fabricação de produtos importantes para a construção civil, como também pode ser utilizado em projetos sociais destinados a melhoria da alimentação de pessoas de baixa renda.

A busca por novos compostos gerados a partir de materiais residuais é algo que tem sido enfatizado na literatura, de modo a promover a valorização do resíduo gerado assim como contribuir para a minimização de impactos ambientais.^{10,11} Nesse contexto, a caracterização da casca de ovo de galinha e também sua utilização na produção de CaCO_3 e CaO torna-se importante.

2. Metodologia

2.1. Caracterização da casca de ovo de galinha por métodos instrumentais

Foram realizados ensaios de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e de Termogravimetria/Termogravimetria Derivada (TG/DTG) para a caracterização das amostras de casca de ovo de galinha.

Foi utilizado um Microscópio Eletrônico de Varredura de bancada, da marca EOL Neoscope, modelo JCM-5000. Na preparação das amostras, as mesmas foram mantidas em estufa, a 100 °C, durante 24 h, como objetivo de eliminar qualquer resíduo de água e/ou substâncias voláteis adsorvidas no material. As imagens foram obtidas aplicando-se um potencial de 10 kV em filamento de tungstênio e as mesmas foram suportadas em fita de carbono, as quais foram fixadas em um porta amostra de cobre.

Os ensaios de TG/DTG foram realizados empregando uma termobalança modelo TGA-51 da marca Shimadzu. Os ensaios foram realizados em atmosfera dinâmica de

ar sintético (50 mL min⁻¹), utilizando $\beta = 10\text{ °C min}^{-1}$, com intervalo de temperatura de 25 a 900 °C.

Visando verificar a calibração da termobalança, foi realizado um ensaio nas mesmas condições experimentais utilizando padrão de CaC₂O₄.H₂O (Sigma Aldrich). As curvas TG/DTG referentes a este ensaio estão presentes na Figura 1.

É possível verificar três eventos de perda de massa característicos da decomposição do CaC₂O₄.H₂O. O primeiro evento ($\Delta m_1 = 12,3\%$) é referente à eliminação de água de hidratação, enquanto os demais estão relacionados à decomposição térmica do oxalato de cálcio, sendo relacionado à eliminação de CO e formação de CaCO₃ ($\Delta m_2 = 19,2\%$) e o outro referente a decomposição térmica deste último, levando a formação de CaO e liberação de CO₂ ($\Delta m_3 = 30,2\%$). Os resultados obtidos são coincidentes aos valores teóricos, indicando que o equipamento está em perfeitas condições de calibração.

As equações 1-3 descrevem os fenômenos das reações ocorridos em cada etapa de perda de massa:

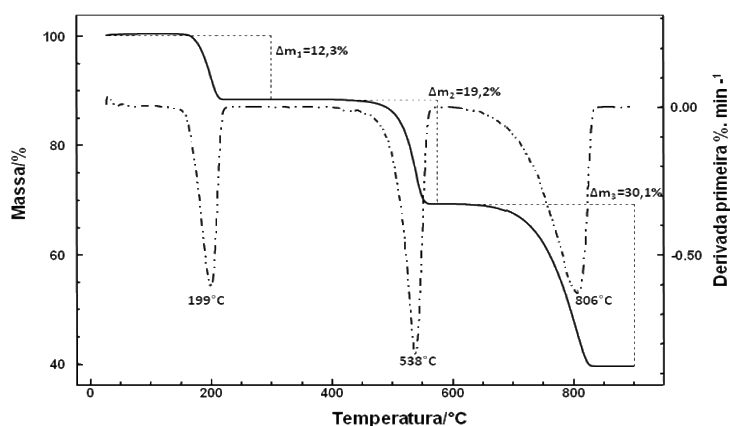
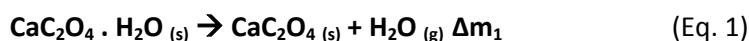


Figura 1. Curvas TG/DTG obtidas a 10°C min⁻¹, sob atmosfera de ar sintético (50 mL min⁻¹), cadinho de Pt e 15 mg de CaC₂O₄.H₂O (padrão analítico)

2.2. Testes qualitativos

A Tabela 1 apresenta a relação de materiais e reagentes utilizados nos testes qualitativos.

2.2.1. Identificação de Ca^{2+}

A identificação de Ca^{2+} presente na casca de ovo de galinha foi feita por meio de dois métodos: precipitação em solução de

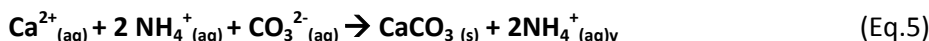
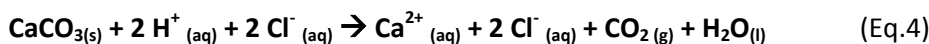
carbonato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) e por teste de chama.

Uma amostra de casca de ovo (branca) foi triturada e solubilizada em solução de HCl ($1,0 \text{ mol L}^{-1}$). Após a dissolução, o pH foi corrigido por meio da adição de solução de NaOH ($1,0 \text{ mol L}^{-1}$) de modo a tornar o meio neutro ($\text{pH}=7,00$) para posteriormente adicionar $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, em excesso.

A reação química envolvida na dissolução da casca de ovo está representada pela equação 4.

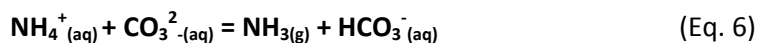
Tabela 1. Materiais e reagentes utilizados nos ensaios qualitativos

Materiais	Reagentes
Almofariz e pistilo	HCl ($1,0 \text{ mol L}^{-1}$)
Tubos de ensaio	Solução saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$
Fio de Platina (Pt)	H_2SO_4 ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$)
Papel indicador de pH (indicador universal – Merck)	NaOH (e $1,0 \text{ mol L}^{-1}$)
Pipeta Graduada	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$)
Rolha cortiça para tubo de ensaio	$(\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6])$ ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$)
Vidro de Relógio	NH_4SCN ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$)
Tubo de ensaio em forma de U;	CaCO_3 (padrão analítico) – Sigma (pureza:100%)



Na presença de $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ocorre a formação de CaCO_3 (Eq.5) que é um precipitado branco. Essa reação é interessante para diferenciar os íons Mg^{2+} e Ca^{2+} . A precipitação do íon Mg^{2+} ocorre na

presença de CO_3^{2-} , entretanto, a precipitação não é observada na presença de sais de amônio, devido ao equilíbrio ilustrado na equação 6:



Na presença de sais de amônio, o equilíbrio se desloca no sentido de formação dos íons hidrogenocarbonato, não sendo possível a precipitação. Assim, a precipitação de Ca^{2+} na presença de $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ é um teste analítico específico para diferenciação de Ca^{2+} e Mg^{2+} .

O teste de chama foi realizado utilizando um fio de platina (Pt), previamente

descontaminado com solução de HCl. A amostra foi introduzida na zona oxidante da chama. Este ensaio foi realizado com um padrão analítico de cálcio e as amostras de casca de ovo branca e marrom.

2.2.2. Identificação de Fe^{3+}

Para a identificação de Fe^{3+} presente na casca de ovo marrom, foi feita a dissolução da amostra em HCl ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$). Foi preparada uma solução contendo ferrocianeto de potássio ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) em um tubo de ensaio e em um outro tubo uma segunda solução de NH_4SCN . Foi adicionado então uma pequena alíquota da amostra dissolvida nos tubos contendo as soluções de $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ e NH_4SCN .

2.2.3. Identificação de CO_3^{2-}

A amostra já triturada foi adicionada em um tubo de ensaio juntamente com a solução de HCl ($1,0 \text{ mol L}^{-1}$). O tubo foi fechado rapidamente com uma rolha, sendo que esta estava conectada a um tubo em forma de U.

Este último foi direcionado a outro tubo de ensaio contendo uma solução de água de cal (solução saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Todos os testes qualitativos utilizados neste trabalho foram realizados inicialmente com padrões de cada analito e posteriormente com as amostras estudadas.

2.3. Testes quantitativos

2.3.1. Determinação de Ca^{2+} por volumetria ácido-base

A Tabela 2 apresenta a relação de reagentes utilizados nos ensaios quantitativos para determinação de Ca^{2+} e CO_3^{2-} .

Tabela 2. Relação de materiais e reagentes utilizados nos ensaios quantitativos

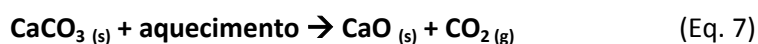
Material	Soluções
Balança analítica;	Água deionizada;
Bureta 50 mL;	Solução de HCl ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$);
Erlenmeyer 250 mL;	Solução de NaOH ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$);
Garra;	Solução indicadora de fenolftaleína;
Pipeta volumétrica 25 mL;	Solução indicadora de vermelho de metila;
Vidro de relógio;	Soluções tampões de $\text{pH} = 4,0$ e $7,0$;
Suporte universal;	Biftalato de potássio ($\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$), (Padrão Primário);
	Carbonato de Sódio (Na_2CO_3) pa;

Aproximadamente $0,0400 \text{ g}$ de amostra foram pesadas e dissolvida em 25 mL de HCl , posteriormente, foi adicionado 5 gotas do indicador fenolftaleína.

O excesso de HCl que não reagiu com a amostra foi titulado com solução de NaOH e, por diferença, foi determinado o teor de Ca na casca de ovo. Foram realizados três ensaios.

2.3. Produção de CaO a partir da casca de ovo

Para este procedimento foram utilizados $5,0 \text{ g}$ de casca de ovo (branca) triturada. A amostra foi transferida para um cadinho de porcelana e, posteriormente, levada para aquecimento em forno mufla a $800 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 4 horas. Após a calcinação a amostra foi mantida em um dessecador. A equação 7 descreve o processo:



3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização da casca de ovo de galinha por métodos instrumentais

As Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, as imagens de MEV da casca de ovo de galinha (branca) bruta em

diferentes aumentos (100, 2000 e 10 000 x) e também da casca calcinada (CaO), considerando um aumento de 3000 x.

É possível observar que a casca bruta apresenta uma estrutura porosa. Os poros existentes na casca de ovo são responsáveis pelas trocas gasosas entre os meios externo e interno. Porém, o material submetido ao processo de calcinação, apresenta uma estrutura lamelar.

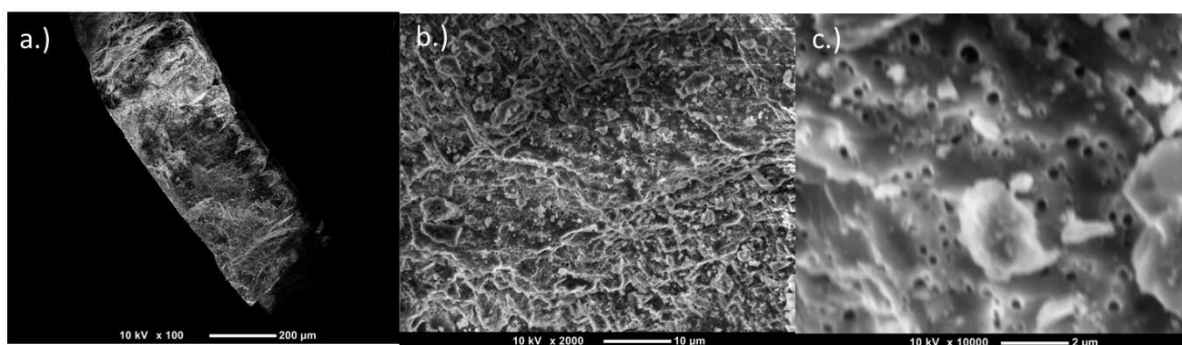


Figura 2. Imagens de MEV da amostra de casca de ovo de galinha (branca) em diferentes aumentos: a.) 100 x, b.) 2000 x e c.) 10 000 x

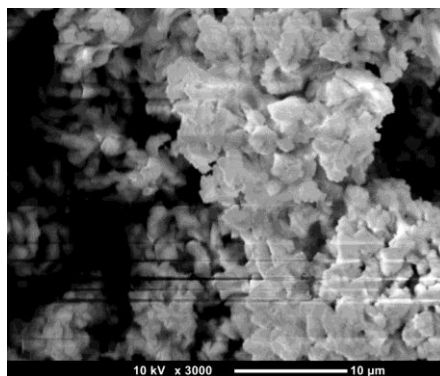


Figura 3. Imagem de MEV da casca de ovo calcinada com ampliação de 3000x

As curvas de TG/DTG da reação de decomposição térmica da casca de ovo branca e marrom estão representadas nas Figuras 4 e 5.

Os dados presentes na Figura 4 mostram que a decomposição térmica da casca de ovo de galinha ocorre em três eventos de perda de massa. O primeiro evento ($\Delta m_1=1,02\%$) que ocorre entre 25 e 100 °C é atribuído à perda de umidade. A partir de então, é possível notar uma variação mais acentuada,

decorrente da decomposição da matéria orgânica (película da casca). Esse evento ocorre entre 250 e 600 °C, intervalo de temperatura característico da decomposição de material orgânico, evidenciando que a película orgânica representa 7,68 % da massa da casca. O terceiro evento apresentado nas curvas TG/DTG (800 °C) é decorrente da decomposição térmica do CaCO_3 , promovendo a liberação de CO_2 e formação de CaO, conforme a equação 7.

Considerando que a perda de massa decorrente ao terceiro evento presente nas curvas TG/DTG é atribuído à eliminação de

CO₂, é possível determinar o teor de CaCO₃ na casca de ovo analisada, sendo este igual 90 %.

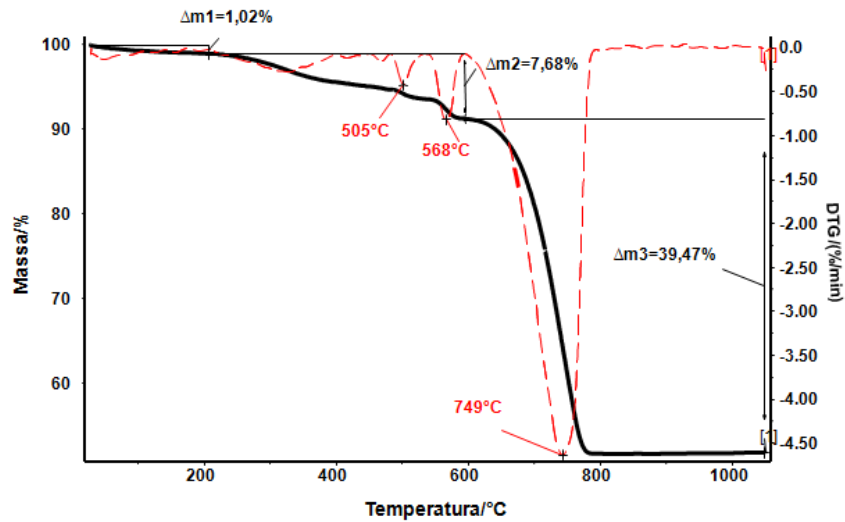


Figura 4. Curva TG/DTG obtidas em atmosfera de ar sintético (50mL min⁻¹), $\beta = 10 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$ entre 25 °C e 1000 °C, utilizando 15 mg de casca de ovo de galinha (branca)

Assim como a casca de ovo branca, a casca marrom apresentou três eventos de perda de massa. Entretanto, foi observado uma menor quantidade de umidade e de material orgânico, quando comparada à casca branca. Essa característica pode ser

atribuída à presença de outros elementos que conferem a cor marrom à casca, como Fe³⁺, por exemplo. Os dados experimentais permitiram determinar o teor de CaCO₃ na casca de ovo marrom, sendo este igual a 95 %.

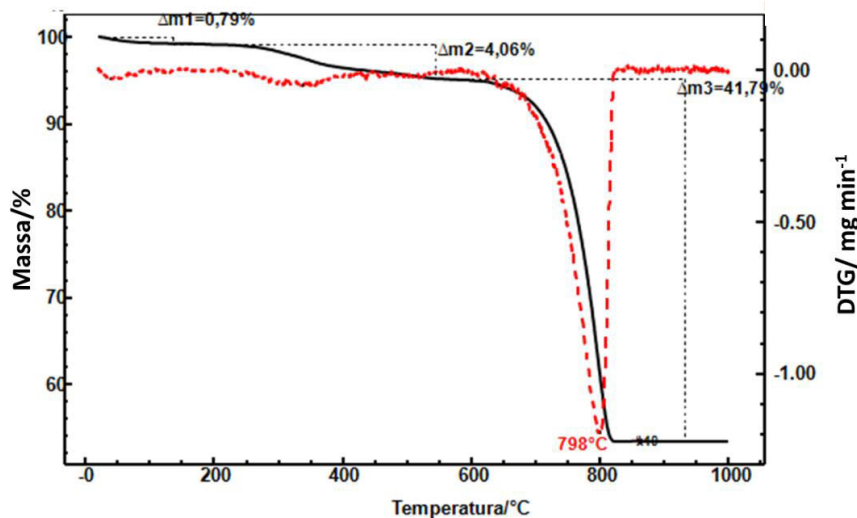
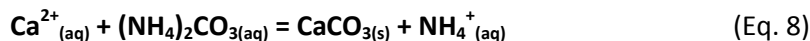


Figura 5. Curvas TG/DTG obtidas em atmosfera de ar sintético (50 mL min⁻¹), $\beta = 10 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$, entre 25 °C e 1000 °C, utilizando 15mg de casca de ovo de galinha (marrom)

3.2. Testes qualitativos

3.2.1. Identificação de Ca^{2+}

O teste realizado com $(NH_4)_2CO_3$ resultou na formação de um precipitado branco, recorrente da produção de $CaCO_3$, conforme a equação 8.



Teste de chama realizado (Figura 6) com a casca do ovo branco e marrom indicam a presença de Ca, decorrente da observação de uma chama avermelhada, com coloração similar à chama obtida com o padrão de $CaCO_3$.

Os testes realizados foram confirmatórios para a presença de Ca^{2+} nas amostras estudadas.

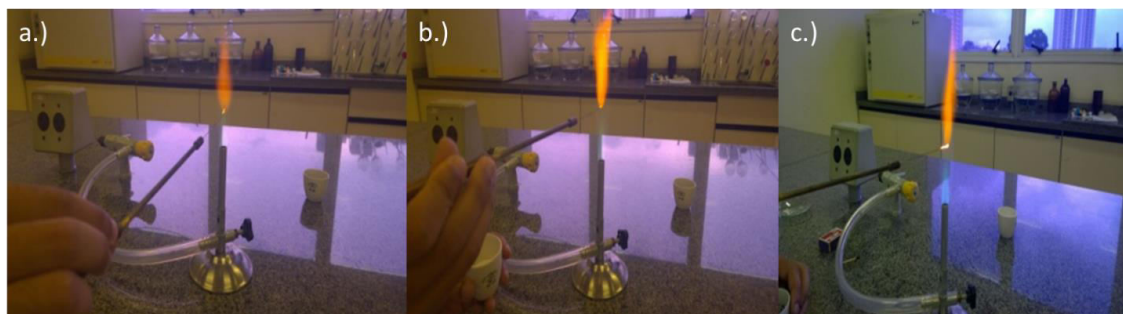
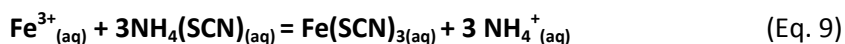


Figura 6. Resultados do teste de chama: a.) padrão de $CaCO_3$, b.) amostra de casca de ovo branca (calcinada) e c.) amostra de ovo marrom (calcinada)

3.2.2. Identificação Fe^{3+}

A Figura 7 mostra os resultados dos testes qualitativos para a identificação de Fe^{3+} feitos com a amostra de casca de ovo marrom e uma solução padrão de $Fe^{3+}_{(aq)}$. Neste teste, os íons Fe^{3+} reagem com SCN^- formando um complexo solúvel em água de coloração

vermelho sangue, sendo uma reação química característica do íon Fe^{3+} . Como é possível observar, a coloração não se mostrou tão intensa, pois a concentração do íon Fe^{3+} contida na amostra é relativamente baixa se comparada ao padrão, apresentando apenas com uma coloração vermelho acastanhado, o que indica a presença do íon Fe^{3+} , de acordo com a equação 9.



Um ensaio foi realizado com $K_4[Fe(CN)_6]$, o qual reage com Fe^{3+} em meio ácido formando um precipitado azul escuro, conhecido como azul da Prússia. Entretanto no teste realizado com a amostra da casca de

ovo marrom a coloração se mostrou levemente azulada, pois o teor de Fe^{3+} é relativamente baixo quando comparado ao padrão (Eq.10).



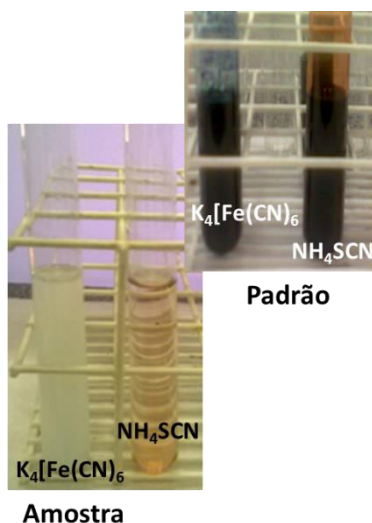


Figura 7. Resultados dos testes qualitativos para identificação de Fe^{3+} na amostra de casca de ovo marrom e no padrão analítico

3.2.3. Identificação de CO_3^{2-}

A identificação de CO_3^{2-} foi realizada por meio da dissolução da casca bruta em solução de HCl, conforme equação 4.

Com o objetivo de identificar a natureza do gás produzido, a equação 4 química foi feita utilizando um tubo em U (Figura 8), de modo a coletar o gás liberado em uma solução saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Foi observado a formação de uma solução turva, decorrente da precipitação da CaCO_3 (Eq. 11).

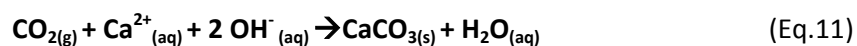
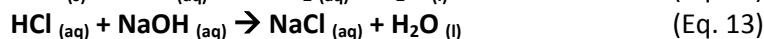
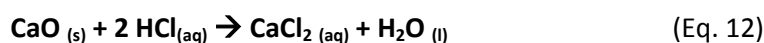


Figura 8. Teste para identificação do CO_3^{2-} : reação do CO_2 liberado na dissolução da casca com $\text{Ca}(\text{OH})_2$

3.1. Testes quantitativos

A determinação quantitativa de CaCO_3 presente na casca de ovo de galinha foi realizada por análise volumétrica de neutralização, titulando a quantidade de HCl não consumida na reação química (titulação de retorno). A amostra foi solubilizada em solução de HCl em excesso (Eq.4). A quantidade de HCl que não reagiu foi titulada com solução de NaOH e, por diferença, foi possível a determinação do teor de CaCO_3 presente na casca de ovo bruta.



O mesmo experimento foi realizado com a casca de ovo calcinada, porém, neste caso teremos CaO ao invés de CaCO_3 , o que facilita a titulação uma vez que a solubilização da casca calcinada é total em meio a HCl, diferente da casca natural, pois não ocorre solubilização da película orgânica. Em ambos os procedimentos, foi utilizado fenolftaleína como indicador ácido-base. A equação química 12 representa a solubilização do CaO presente na casca calcinada, enquanto a equação 13 representa a titulação do ácido residual:

A Tabela 3 mostra o teor de CaCO_3 presente nas amostras de casca de ovo bruta (branca e marrom) e também o teor de CaO na amostra de casca de ovo calcinada. O teor de CaO presente na casca de ovo calcinada demonstrou que os parâmetros utilizados (tempo e temperatura) foram adequados para a eliminação do material orgânico presente na casca de ovo e também para a total conversão de CaCO_3 em CaO, pois os

teores de CaO são próximos a 100 %. Os ensaios de TG/DTG foram importantes para a determinação das condições de realização desse processo.

Os resultados evidenciaram que o CaCO_3 é o componente majoritário da casca de ovo de galinha, salientando que este material residual pode ser utilizado para purificação e isolamento de CaCO_3 e também obtenção de CaO.

Tabela 3. Teor de CaCO_3 e CaO presentes nas amostras estudadas

Teor de CaO casca de ovo branca calcinada (%)	Teor de CaCO_3 casca de ovo branca (%)	Teor de CaCO_3 casca de ovo marrom (%)
103 ± 3	78,7 ± 4,5	89,5 ± 3,5

3.4. Produção de CaO a partir da casca de ovo

Por meio das curvas termogravimétricas (Figuras 4 e 5) foi possível determinar a quantidade máxima de CaO produzida a partir de 100 g de casca de ovo, sendo igual a 50,2 g para a casca branca e 53,2 g para a casca marrom. Entretanto, os testes mostraram que o CaO obtido da casca de ovo marrom não tem 100 % de pureza, pois

outros elementos fazem parte da composição da amostra, como Fe, por exemplo.

4. Considerações finais

Os resultados mostraram que o CaCO_3 é o componente principal da casca de ovo de galinha, realçando que as cascas podem representar uma fonte importante para a obtenção de CaCO_3 , contribuindo para as

atividades industriais, pois este composto é uma importante matéria prima da construção civil e também bastante utilizado na produção de papel. Os resultados mostraram que as cascas de ovo de galinha também apresentaram alto rendimento no processo de obtenção de CaO. A presença de Fe^{3+} foi constatada nas amostras de casca de ovo marrom, podendo este ser responsável pela coloração presente neste tipo de casca. O menor teor de água e material orgânico na casca de ovo marrom em relação à casca branca está relacionado à presença de outras espécies químicas, como Fe^{3+} . Os ensaios de TG/DTG foram importantes para a quantificação do $CaCO_3$ presentes nas amostras e foram fundamentais para entender o comportamento térmico da casca de ovo, de modo a averiguar as melhores condições de temperatura para a eliminação da película orgânica e consequente purificação do $CaCO_3$ e também para a obtenção do CaO.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto de Química da Universidade de São Paulo pelo auxílio e colaboração nos ensaios de Microscopia Eletrônica de Varredura e nos ensaios de Análise Térmica, à Profa. Dra. Adriana Fernandez Sotelo (FATEC-SP) pela colaboração e suporte financeiro, às técnicas de laboratório da Universidade Anhanguera de São Paulo (Unidade 3 – Santo André) Marta Odete Santos da Silva e Pérola de Moraes Ziantonio pela colaboração e também à Universidade Anhanguera pelo apoio financeiro por meio do Programa de Iniciação Científica e Tecnológica.

Referências Bibliográficas

- ¹ Luz, A.B.; Lins; F. A. F. *Rochas e Minerais Industriais*, 1a. ed., CETEM/MCT: Rio de Janeiro, 2008.
- ² Medeiros, F. M.; Alves, M. G. M. Qualidade de ovos comerciais. *Revista Eletrônica Nutritime* **2014**, *11*, 3515. [[Link](#)]
- ³ Peixoto, E. M. A. Cálcio. *Química Nova na Escola* **2004**, *20*, 12. [[Link](#)]
- ⁴ Mortari, D. A.; Crnkovic, P. M.; Ávila, I.; Miliolli, F. E. Interpretação do mecanismo de difusão no processo gás-sólido da reação de dessulfurização. *Química Nova* **2010**, *33*, 1887. [[CrossRef](#)]
- ⁵ Moraes, M. A. B.; Afonso, J. C.; Gomes, L. M. B. Análise química de carbonatos de cálcio fabricados entre 1902 e 2002. *Revista de Química Industrial* **2015**, *746*, 27. [[Link](#)]
- ⁶ Fernandes, E. A. Formação e qualidade da casca de ovos de reprodutoras e poedeiras comerciais. *Revista de Medicina Veterinária* **2012**, *7*, 35. [[Link](#)]
- ⁷ Bessler, K. E.; Rodrigues, L.C. Os polimorfos do carbonato de cálcio: Uma síntese fácil de aragonita. *Química Nova* **2008**, *31*, 178. [[CrossRef](#)]
- ⁸ Souza, S. P. M. C.; Morais, F. E.; Santos, E. V.; Silva, M. L.; Martinez-Huitle, C. A.; Fernandes, N. S. Determinação do teor de cálcio em comprimido à base de lactato de cálcio utilizado no tratamento da osteoporose. *Química Nova* **2012**, *35*, 1355. [[CrossRef](#)]
- ⁹ Pereira, J. G.; Okumura, F.; Ramos, L. A.; Cavaleiro, E. T. G. Termogravimetria: Um novo enfoque para determinação de cálcio em casca de ovo. *Química Nova* **2009**, *32*, 1661. [[CrossRef](#)]
- ¹⁰ Ávila, S. G.; Cardoso, E. F.; Vasconcelos, S. M.; Pereira, A. C. A.; Sotelo, A. F. Recuperação de gases residuais de enxofre (S) e reaproveitamento como matéria prima na síntese do ácido sulfúrico (H_2SO_4). *Ensaio em Ciências: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde* **2014**, *18*, 163. [[Link](#)]
- ¹¹ Oliveira, J. F.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo, 2014. [[Link](#)]