



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102019023593-4 A2



(22) Data do Depósito: 08/11/2019

(43) Data da Publicação Nacional: 25/05/2021

(54) **Título:** AGENTE CIMENTANTE, PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGENTE CIMENTANTE, USO DO AGENTE CIMENTANTE

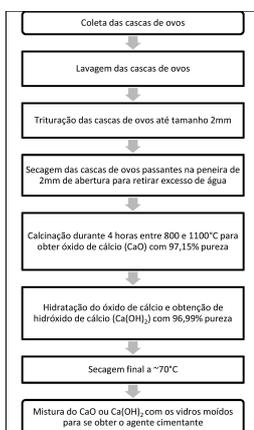
(51) **Int. Cl.:** C04B 14/28; C04B 18/16; C04B 14/22; C04B 18/30.

(52) **CPC:** C04B 14/28; C04B 18/165; C04B 14/22; C04B 18/30.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL.

(72) **Inventor(es):** NILO CESAR CONSOLI; ANDRES MAURICIO LOTERO CAICEDO; DAVID EDUARDO LOURENÇO; HUGO CARLOS SCHEUERMANN FILHO; RODRIGO BECK SALDANHA.

(57) **Resumo:** AGENTE CIMENTANTE, PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGENTE CIMENTANTE, USO DO AGENTE CIMENTANTE. A presente invenção refere-se a um método de produção de um agente cimentante constituído por: cascas de ovos trituradas, calcinadas, sem tamanho de partícula específico e conjuntamente com pó de vidros moídos. Mais particularmente, a invenção refere-se a um método que compreende a produção de uma cal de cascas de ovos em condições de temperaturas elevadas de onde resulta cal viva e cal hidratada, respectivamente  $\text{CaO}$  e  $\text{Ca(OH)}_2$ . Este produto resultante é misturado nas devidas proporções com pó de vidros moídos originando o agente cimentante em questão. Esse agente cimentante é oriundo da combinação entre os produtos resultantes do processamento de cascas de ovos e de vidros soda-cálcicos, dois resíduos de fácil obtenção. O primeiro, dada sua constituição química, é fonte de óxido e hidróxido de cálcio após ser processado, enquanto que o segundo, sem estrutura cristalina definida, provém os silicatos necessários ao ligante cimentício. A presente invenção se situa nos campos da Química e Engenharia.



**Relatório Descritivo de Patente de Invenção**

AGENTE CIMENTANTE, PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGENTE CIMENTANTE, USO DO AGENTE CIMENTANTE

**Campo da Invenção**

**[0001]** A presente invenção trata de um processo para obtenção de um composto cimentante de alta pureza, a partir de resíduos de casca de ovo e vidro; e o composto cimentante. A presente invenção se situa nos campos da Química e Engenharia.

**Antecedentes da Invenção**

**[0002]** A exploração de recursos naturais para obter matérias-primas para uso na indústria da construção é problemática, pois prejudica o meio ambiente. Isto também é motivo de preocupação para a construção civil, onde os materiais à base de cálcio (por exemplo, cal e cimento Portland) são comumente usados nos processos de construção. Isso ocorre porque a produção de óxido de cálcio exige grandes quantidades de energia, o que resulta na emissão de grandes quantidades de CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa responsáveis por mudanças climáticas prejudiciais. Assim, é necessária a substituição de materiais convencionais por outros alternativos, como resíduos agrícolas, urbanos e / ou industriais.

**[0003]** Nesse contexto, têm-se a produção das cales hidratadas. Estas são conhecidas por serem aglomerantes disponibilizados comercialmente, resultantes de processos que envolvem extração e cominuição (fragmentação) de rocha calcária, queima, obtenção de cal virgem, moagem e hidratação. A produção de 1,0 tonelada de cal gera cerca de 1,2 toneladas de CO<sub>2</sub> (Hoening e Schneider, 2002; Wolter e Fuchs, 2007; Ochoa et al., 2010). Além disso, uma vez que a produção de cal engloba a mineração de calcário, esta danifica o solo, a água, o ar, a flora e a fauna locais.

**[0004]** Sendo assim, fontes alternativas de óxido de cálcio e/ou hidróxido de cálcio são necessárias. A casca do ovo surge como uma opção a ser utilizada

como matéria-prima na produção de cal, uma vez que é uma importante fonte de cálcio (Amaral et al. 2013). Portanto, quando devidamente calcinada, a casca do ovo pode se transformar em cal viva, que pode ser hidratada (Oliveira et al. 2013; Stadelman 2000). Segundo a FAO (2018), em 2016 a produção mundial de ovos foi de aproximadamente 81 milhões de toneladas. Considerando que 10% do peso total do ovo é formado pela casca (Boron 2004), pode-se estimar que 8,1 milhões de toneladas de resíduos de casca foram produzidos globalmente em 2016. No Brasil, em 2017, 39,6 bilhões de ovos foram produzidos (IBGE, 2017), e considerando-se um peso médio de 50g cada ovo e 10% do peso correspondente à casca de ovo, aproximadamente 198 mil toneladas de resíduo de cascas de ovos foram produzidos no Brasil.

**[0005]** As cascas de ovos podem ser usadas como fonte de cálcio na indústria de fabricação de papel, correção do pH do solo, alimentação animal e remoção de metais pesados de águas e solos contaminados (Ok et al. 2011). O óxido de cálcio (CaO) das cascas dos ovos foi utilizado na formulação de cal hidratada [Ca(OH)<sub>2</sub>], usada na fabricação de argamassa para fins de restauração (Beck et al. 2014), bem como um catalisador verde (por exemplo, Chavan et al., 2015; Laca et al., 2017). O CaCO<sub>3</sub> foi usado como substituto parcial (até 30% em peso) do cimento Portland na produção de tijolos de solo-cimento (Amaral et al. 2013).

**[0006]** Na busca pelo estado da técnica em literaturas científica e patentária, foram encontrados os seguintes documentos que tratam sobre o tema:

**[0007]** O documento CN103302080B, "Preparation method of eggshell powder and processing device", revela um método de preparação do pó de casca de ovo e dispositivo de processo que consiste em: lavar, separar cascas das membranas, moer e pulverizar as cascas para obtenção do pó de ovo na forma de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>). A presente invenção difere deste documento em relação ao processo de preparação das cascas de ovos e composição dos materiais obtidos.

**[0008]** O documento WO2004105912 A2, "Method of producing eggshell powder" refere-se a um método de produção de um pó de casca de ovo seco,

com um tamanho de partícula específico, isento de agentes patogênicos. Mais particularmente, a invenção refere-se a um método de produção de pó seco de casca de ovo em condições de temperaturas elevadas. Além disso, a invenção refere-se a um método de produção de um pó de casca de ovo seco com primeiro, segundo e terceiro estágios de aquecimento para isolar componentes favorecidos da casca de ovo.

**[0009]** O documento KR20020040234 A, "Process for producing high-purity calcium hydroxide" refere-se a uma casca de marisco ou casca de ovo (marisco) e a matéria-prima de cal apagada. A patente apresenta um método para produção de cal apagada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) por sinterização de cascas de ovo ou cascas como matérias-primas. O pó de  $\text{Ca(OH)}_2$  preparado é amplamente utilizado para alimentos, medicamentos, sínteses, etc.

**[0010]** O método de preparação da cal apagada,  $\text{Ca(OH)}_2$ , é o seguinte: casca de ovo moída ou casca até 5 mm de tamanho; adicionando 0,1-1,5% em peso de cloreto inorgânico, tal como NaCl ou KCl, que reage com Fe contido nas cascas e se obtém  $\text{FeCl}_2$ . A sinterização ocorre a 1000-1300°C durante 1-5 horas, em que o  $\text{FeCl}_2$  formado é volatilizado devido à sua temperatura de volatilização (1023°C), resultando na remoção de Fe. Realizar a hidratação da cal formada, CaO, durante 0,5-5 horas, sob a pressão de 2-60 atm.

**[0011]** A patente "CN104310821A - Process for sintering white cement via thermal decomposition", trata sobre um processo de sinterização de cimento branco por decomposição térmica com pirofilite (rocha específica) e cascas de ovos. A presente invenção difere da patente CN104310821A na composição dos materiais, e no processo geral.

**[0012]** A patente "WO200166270 A1 - Method and apparatus for processing eggshells" baseia-se na descoberta de que as membranas da casca de ovo podem ser separadas das cascas de ovos com um fluxo de gás. Uma vez que as membranas são muito mais leves que as cascas, à medida que o gás entra em contato com as cascas de ovos quebradas, as membranas flutuam na corrente de gás enquanto as cascas não. Após contato com a corrente de gás,

as membranas da casca de ovo separadas podem ser isoladas e, se desejado, processadas posteriormente. Além disso, as cascas restantes podem ser processadas também. Uma vantagem significativa deste método reivindicado é que ambas as membranas (fonte de colágeno) separadas e as cascas de ovos podem ser recuperadas e vendidas como se encontram (carbonato de cálcio- $\text{CaCO}_3$ ) ou são processadas, com benefícios econômicos significativos. Tanto o processo como o produto do presente pedido de patente e este documento são distintos. O processo a WO200166270 A1 recorre a fluxo de gás para separar membranas das cascas, e, na presente invenção o processo é diferente.

**[0013]** A patente “CN109265098 A - Preparation method of the egg shell using a self-repairing concrete” consiste no método de preparação de um concreto auto cicatrizante para restauração de peças arquitetônicas, que utiliza cascas de ovos, resina de pêssego, ureia e mortor. Comparando a patente com a presente invenção, tanto os processos como os produtos são diferentes.

**[0014]** A patente “CN109168970 - A Method and a manufacturing method of a pleurotus ostreatus medium added ground eggshell” consiste num método para obtenção de preparo para cultura do cogumelo *Pleurotus ostreatus* a partir de cascas de ovos moídas. Tanto o processo como o produto são diferentes em relação à presente invenção.

**[0015]** A patente “CN106862585 A Method for preparing  $\text{CaCO}_3$ -Ag composite by taking eggshell powder as template” é referente à produção de um nanocomposto de  $\text{CaCO}_3$ -Ag para ser utilizado como agente antibacteriano e catalisador na área médica.

**[0016]** A patente “CN106423500 A - Efficient crushing and separating method for eggshells and shell membranes obtained by incubation and hatching of hatching eggs of poultry” descreve um processo de separação de membranas de cascas de ovos, e moagem com feno para alimentação de aves em criatório. Tanto o processo como o produto são diferentes em relação à presente invenção.

**[0017]** A patente “CN106111048 A - Eggshell supported nano-iron material for

removing phosphate in water and preparing method thereof” refere-se à utilização de casca de ovos com nano-ferro para remoção de fosfatos presentes em água. Tanto o processo quanto o produto são diferentes em relação a presente invenção.

**[0018]** A patente “CN103831736 A - Ceramic and brown fused alumina grinding wheel containing eggshell powder” é referente à manufatura de moinhos com os materiais cerâmicos, alumina, alumina marrom, argila e casca de ovos. Tanto o processo como o produto são diferentes em relação a presente invenção.

**[0019]** A patente “CN103639031 A - Eggshell sterilizing and grinding all-in-one machine” é referente à construção de equipamento de esterilização e moagem de cascas de ovos. A presente invenção é diferente do documento CN103639031 A, uma vez que a presente invenção não possui fase de esterilização e não necessita de moinho grosso e fino.

**[0020]** A patente “CN103074618 A - Eggshell coating method” onde preconiza a utilização das cascas de ovos, que sofrem tratamentos químicos, para obter-se um produto para revestimento e decoração, sendo diferente no processo e produto final, em relação a presente invenção.

**[0021]** A patente “CN103772183 A - Method for preparing lime acetate by using eggshell” referente a produção de acetato de cálcio ( $C_4H_6CaO_4$ ), a partir de cascas de ovos com ácido acético, soluções de magnésio, entre outras. Tanto o processo como produto final são distintos aos da presente invenção.

**[0022]** A patente “KR20130097364 A - UV block composition using a egg shell” consiste na incorporação de cascas de ovos moídas na composição de filtro solar para os raios UV tanto em fase oleosa (com óleo de abacate, cinameto e azeite) quanto na aquosa (com água). Inclui aditivos como vitamina E, ácido hialurônico e extrato de aloe vera. Tanto o processo quanto o produto final são distintos dos da presente invenção.

**[0023]** A patente “US20110272502 A1 - SEPARATION PROCESS OF EGG GRAINS” contempla um método de separar cascas de ovos e membranas ligadas, compreendendo: introdução de cascas de ovos não processadas num

equipamento, cascas de ovo e membranas ligadas, num fluxo de ar, em que o fluxo de ar é gerado por um gerador de fluxo de ar em comunicação com um venturi, e em que o fluxo de ar submete as cascas de ovos não processadas a uma ou mais ondas de Choque, pulverizando assim as cascas dos ovos. Ora, isto se distingue da presente invenção, porque em primeiro lugar utiliza ar para separar as membranas das cascas, e na presente invenção não se pretende (embora possa ocorrer) essa separação durante o processo em que as cascas de ovo passam.

**[0024]** A patente “CN102743317 A - Method for separating eggshell membrane from eggshell” desvenda a separação de membranas internas e das cascas de ovos com uso de ácido clorídrico, diferente da presente invenção tanto no processo como no produto obtido.

**[0025]** A patente “WO2012134081 A2 - Method for producing precipitated calcium carbonate using fowl egg shells” estabelece um método para obter precipitado de carbonato de cálcio. Tanto o processo quanto o produto são diferentes em relação a presente invenção.

**[0026]** A patente “DE10034358 A1 - Accelerating the hardening of non hydraulic lime mortar used as brick mortar comprises creating conditions prevail with egg-laying animals for forming an egg shell” evidencia o processo para a aceleração do endurecimento de argamassas de cal não hidráulicas e compreende a criação de condições que estão presentes com os animais de postura, para formar uma casca de ovo, através do papel local dos mucopolissacarídeos na calcificação de cascas de ovos e estabilidade de cascas de ovos. Tanto o processo como o produto são diferentes em relação à presente invenção.

**[0027]** A patente “WO9615678 A1 - Foods on the basis of milk products” refere-se ao uso de casca de ovo moída asséptica ou estéril em alimentos baseados em produtos lácteos. Tanto o processo como o produto são diferentes em relação a presente invenção.

**[0028]** A caracterização de pó de cascas de ovos ou mesmo a obtenção de uma cal são processos conhecidos, como visto nas anterioridades acima. Há

inúmeras patentes feitas sobre casca de ovos e são comuns entre elas as seguintes fases de processos: o esmagamento grosseiro das cascas, a moagem e trituração das cascas de ovos, a calcinação de cascas de ovos, a secagem das cascas de ovos, entre outros. Há ainda estudos feitos sobre a substituição parcial de cal de cascas de ovos na composição de cimento, mas nunca a sua substituição total.

**[0029]** Assim, do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

### **Sumário da Invenção**

**[0030]** Dessa forma, a presente invenção resolve os problemas do estado da técnica a partir da produção de um agente cimentante com processo de produção sustentável, compreendendo produção de cal a partir de cascas de ovo e sua mistura com vidros soda-cálcicos moídos em pó.

**[0031]** Ainda, se pretende minimizar os impactos ambientais decorrentes dos processos produtivos de agentes cimentantes tradicionais, como o cimento Portland e a cal hidratada comercial, os quais são, notadamente, nocivos ao meio ambiente. A produção do cimento Portland demanda fontes de cálcio, aluminatos, silicatos, além de óxidos de ferro, alumínio e magnésio. Da mesma forma, a produção da cal hidratada requer a prospecção de insumos correlatos. Nesse sentido, a obtenção desses materiais envolve a mineração de rochas calcárias e de argilas com características desejáveis, o que acarreta na deterioração física de grandes porções de terra. Somam-se a isso os impactos oriundos do transporte e processamento, dessas matérias-primas, as quais demandam altas taxas de energia e implicam em emissões de gases do efeito estufa.

**[0032]** Com isso, a presente invenção apresenta como conceito inventivo os seguintes objetos:

**[0033]** Como um primeiro objeto a invenção apresenta o agente cimentante

compreendendo a mistura de cal de cascas de ovos e material com atividade pozolânica.

**[0034]** Em um segundo objeto, tem-se um processo de produção de agente cimentante compreendendo produção de cal a partir de cascas de ovos e sua mistura com vidros soda-cálcicos moídos em pó ou outro material com atividade pozolânica.

**[0035]** Em um terceiro objeto tem-se o uso do agente cimentante compreendendo:

- aplicação em argamassas para usos diversos,
- em concretos,
- estabilização de solos de distintas naturezas,
- melhoria das propriedades mecânicas da mistura em que é adicionado

esta composição cimentante.

**[0036]** Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e serão descritos detalhadamente a seguir.

#### **Breve Descrição das Figuras**

**[0037]** São apresentadas as seguintes figuras:

**[0038]** A Figura 1 apresenta um fluxograma do processo de produção do agente cimentante.

**[0039]** A Figura 2 apresenta um gráfico da distribuição granulométrica das cales.

**[0040]** A Figura 3 apresenta os resultados de termogravimetria das cales.

**[0041]** A Figura 4 apresenta o difratograma da cal viva e da cal hidratada da casca do ovo.

**[0042]** A Figura 5 apresenta as imagens em microscopia eletrônica de varredura da cal viva (A) e da cal hidratada (B).

**[0043]** A Figura 6 apresenta o gráfico da distribuição granulométrica do pó de vidro moído.

**[0044]** A Figura 7 apresenta a termogravimetria do pó de vidro moído.

**[0045]** A Figura 8 apresenta o difratograma do pó de vidro moído

**[0046]** A Figura 9 apresenta dois gráficos comparativos de desempenho

relacionados à resistência a compressão simples (esquerda) e o módulo de cisalhamento inicial (direita).

### **Descrição Detalhada da Invenção**

**[0047]** A fim de se definir os termos e definições do presente pedido é entendido por:

**[0048]** Cal hidratada refere-se a  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

**[0049]** Cal viva refere-se a  $\text{CaO}$ .

**[0050]** Agente cimentante é aquele capaz por si próprio ou em combinação com outros materiais, de formar produtos de hidratação tais como hidratos de silicato de cálcio (C-S-H), hidratos de alumino-silicato (A-S-H) ou também hidratos de alumino-silicato de cálcio (C-A-S-H) e alumino-silicatos de sódio.

**[0051]** Cal de carbureto refere-se a uma cal hidratada resultante da produção de gás acetileno, cuja composição química e demais características assemelham-se a da cal da casca de ovo.

**[0052]** Materiais pozolânicos correspondem a materiais silicosos ou silico-aluminosos que, sozinhos, possuem pouca ou nenhuma propriedade ligante, mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio a temperatura ambiente, formando compostos com propriedades ligantes.

**[0053]** É, portanto, objetivo da presente invenção, um aperfeiçoamento em agentes cimentantes para uso em construção (civil ou obras públicas) que resolve eficazmente as limitações e inconvenientes encontrados nos produtos similares usualmente empregados. Isto é conseguido através da composição de agente cimentante que emprega cal oriunda de cascas de ovos, com vidro moído, objetos da presente invenção.

**[0054]** A presente invenção tem como suas principais vantagens a eficiência técnica e ambiental do produto, uma vez que esse é composto por matérias-primas que tem como base dois resíduos de obtenção acessível: cascas de ovos e vidros soda-cálcico. Logo, o uso do presente agente cimentante, em detrimento das opções tradicionais, implica na mitigação de uma série de impactos

ambientais atrelados às alternativas convencionais. Além disso, a qualidade superior da cal hidratada empregada no agente cimentante proposto é superior as disponíveis em nível comercial, já que seu grau de pureza (teor de cálcio) e quantidade de hidróxido de cálcio livre são muito superiores.

**[0055]** É ainda outro diferencial da presente invenção as características físico-químicas dos componentes do produto, pois, ao contrário das cales disponíveis comercialmente, estes apresentam uma pureza 30% superior em relação às demais cales.

**[0056]** É uma vantagem da presente invenção a obtenção de agente cimentante utilizando como constituintes principais matérias sem valor comercial e consideradas poluentes, tais como cascas de ovos e vidros oriundas da indústria alimentar, de construção e resíduos domésticos.

**[0057]** Além disso, o agente cimentante, de cal de cascas de ovos e vidros moídos, substitui os convencionais agentes cimentantes, produzidos com recursos naturais não renováveis, como rochas calcárias e argilas, cada vez mais escassas pelo seu uso e pela legislação de caráter restritivo.

**[0058]** Ainda mais uma vantagem da presente invenção, é a obtenção de agente cimentante, cujo processo se aproveita apenas de água e não de outras soluções químicas.

**[0059]** Sendo assim, a presente invenção apresenta como conceito inventivo os seguintes objetos e realizações:

**[0060]** Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta o agente cimentante compreendendo uma mistura de cal de cascas de ovos e material com atividade pozolânica.

**[0061]** Em uma realização, o agente cimentante compreende mistura de cal de cascas de ovos e pó de vidros soda-cálcicos moídos, compreendendo diâmetro dos pós de até 0,15 mm, opcionalmente dentre 0,075-0,15 mm, opcionalmente 0,075 mm.

**[0062]** Em uma realização, os vidros moídos compreendem resíduos finos silicosos oriundos de atividades domésticas, industrial e/ou de construção.

**[0063]** Em um segundo objeto, tem-se um processo de produção de agente cimentante compreendendo produção de cal a partir de cascas de ovos e sua mistura com vidros soda-cálcicos moídos em pó ou outro material com atividade pozolânica.

**[0064]** Em uma realização, o processo compreende as etapas de:

- i) Processamento das cascas de ovos,
- ii) Processamento do vidro, e
- iii) Mistura dos produtos obtidos em i e ii.

**[0065]** Em uma realização, a etapa i) compreende coleta das cascas de ovos, lavagem, trituração, secagem prévia, calcinação, hidratação e secagem final, em que o produto é uma cal hidratada em forma de pó, ou no caso de não haver hidratação, em que o produto é uma cal viva.

**[0066]** Em uma realização, a etapa i) compreende

- Trituração das cascas até tamanho entre 2 a 6 mm, opcionalmente de 2 mm,
- Secagem prévia por 18 a 24 horas a 100-110°C, opcionalmente por 24 h a 100 °C,
- Calcinação entre 3 a 5 horas, opcionalmente 4 h e entre 800-1100°C, opcionalmente 1050 °C,
- Hidratação por 18 a 24 horas, opcionalmente 24 h,
- Secagem final por 36 a 48 horas a 60-70°C, opcionalmente a 70°C por 48 h.

**[0067]** Em uma realização, a etapa ii) compreende limpeza, fragmentação, moagem e peneiramento dos vidros.

**[0068]** Em uma realização, a etapa ii) compreende:

- Fragmentação para obtenção de fragmentos com tamanho máximo de 25 mm;
- Moagem a seco ou úmido durante um período entre 4 a 6 horas;
- Peneiração através de peneira N° 100 ou 200, opcionalmente peneira de N° 200;

- Pó dos vidros com diâmetro médio de até 0,15 mm, opcionalmente entre 0,075-0,15 mm, opcionalmente 0,075 mm e superfície específica entre 5,0 a 6,0 m<sup>2</sup>/g.

em que os processos de fragmentação, moagem e peneiramento podem variar dependendo do equipamento disponível para obter os valores médio de tamanho das partículas de vidro especificadas.

**[0069]** Em uma realização, a etapa iii) compreende a mistura do CaO ou Ca(OH)<sub>2</sub> com os vidros moídos para obter-se agente cimentante, em que a mistura pode ser feita manualmente ou de forma mecânica, por 5 a 10 minutos, ou até que sua completa homogeneização seja garantida.

**[0070]** Em uma realização, o pó de vidro moído é combinado com cal de casca de ovo, viva ou hidratada na seguinte proporção, em base seca e por peso:

- vidros moídos em pó 50 a 90%
- cal de cascas de ovos 10 a 50%

**[0071]** Em uma realização, o agente cimentante compreende opcionalmente a seguinte mistura em base seca e por peso:

- vidros moídos em pó 70 a 90%
- cal de cascas de ovos 10 a 30%

**[0072]** Em um terceiro objeto tem-se o uso do agente cimentante compreendendo:

- aplicação em argamassas para usos diversos,
- em concretos,
- estabilização de solos de distintas naturezas,
- melhoria das propriedades mecânicas da mistura em que é adicionado esta composição cimentante.

**[0073]** Em uma realização, compreende-se misturar o dito agente cimentante à água de forma a obter as propriedades cimentícias.

**[0074]** Em uma realização, as melhorias mecânicas são de rigidez, resistência ao fogo, condutor de calor (isolador) em aplicações práticas nas diferentes indústrias.

**[0075]** Em uma realização, compreende seu uso em construções, reformas, setor industrial.

**[0076]** Em uma realização, compreende seu uso em conjunto com areia compreendendo melhores propriedades mecânicas do produto final, aumento de trabalhabilidade e possível modificação textural.

**[0077]** A proporção da mistura do agente cimentante à água é relativa ao uso que se fará com o agente cimentante. Ou seja, consoante à finalidade dentro das aplicações do agente cimentante: o tipo de argamassa, concreto ou estabilização de solos pretendida.

### **Exemplos**

**[0078]** Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

#### **Exemplo 1 – Processo nas cascas de ovo**

**[0079]** O processamento das cascas de ovos envolve lavagem, trituração, secagem prévia, calcinação, hidratação e secagem final, sendo o produto decorrente desse uma cal hidratada em forma de pó. O início do processo dá-se com a coleta das cascas de ovos, as quais são lavadas, tem suas membranas orgânicas retiradas, e são, posteriormente, trituradas até que o material resultante passe na peneira com malha de 2,0 mm. Em seguida, a fração passante é seca durante 24 horas a uma temperatura de 100°C. Após isso, o material seco passa por um processo de calcinação entre 3 a 5 horas, no qual a temperatura alcançada varia de 800°C a 1100°C. O resultado desse procedimento é o óxido de cálcio (cal viva), o qual é submetido a uma etapa de hidratação que dura 24 horas, e cujo resultado é o hidróxido de cálcio (cal hidratada). Posteriormente, o material hidratado é seco a 70°C durante 48 horas a fim de que o produto final seja obtido em uma forma seca. Esse possui superfície específica da ordem de 4,1 m<sup>2</sup>/g, e peso específico dos grãos em torno de 21,0 kN/m<sup>3</sup>.

**[0080]** As figuras 2 a 5 apresentam de forma resumida os resultados das

caracterizações física, química e mineralógica realizadas na cal viva ( $\text{CaO}$ ) e na cal hidratada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), originadas da calcinação das cascas de ovos. Logo, apresentam-se, respectivamente, as distribuições granulométricas (Fig. 2), os ensaios termogravimétricos (Fig. 3), os difratogramas (Fig. 4) e as imagens de microscopia eletrônica de varredura (Fig. 5) desses materiais. Ainda, expõe-se na tabela 1, os resultados de fluorescência de raios-X (FRX) para os mesmos.

**[0081]** Nos resultados de termogravimetria, notam-se dois picos na DTG da cal viva correspondentes à decomposição do hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) e à degradação do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), localizados, respectivamente, em torno de  $450^\circ\text{C}$  e  $650^\circ\text{C}$ . Da mesma forma, porém com intensidades distintas, os mesmos picos aparecem na cal hidratada. Nessa, ainda há a presença de um terceiro pico, em torno de  $300^\circ\text{C}$ , relativo à decomposição do hidróxido de magnésio. Através dos resultados da perda de massa (TGA) e da estequiometria, estimou-se a presença de 4,6% de  $\text{Ca(OH)}_2$  e 5,2% de  $\text{CaCO}_3$  para a cal viva e 89,6% de  $\text{Ca(OH)}_2$ , 5% de  $\text{CaCO}_3$  e 2,9 % de  $\text{Mg(OH)}_2$  para a cal hidratada.

**[0082]** Os resultados de difratometria de raios-X corroboram o exposto pelos ensaios térmicos, já que foram identificados picos de maior intensidade relativos ao óxido de cálcio na cal viva e ao hidróxido de cálcio na cal hidratada. Em ambas as cales, os picos referentes ao carbonato de cálcio e aos compostos com magnésio apresentam pouca intensidade. Das imagens de MEV, nota-se a diferença na morfologia das partículas que compõem a cal viva (A) e cal hidratada (B). Na primeira, as partículas apresentam-se em forma mais homogênea e constituem grãos maiores, enquanto que a forma é variada e o tamanho é menor nas partículas da segunda. No entanto, a composição química elementar (tabela 1) difere pouco para as duas cales. O teor em  $\text{CaO}$  para estas duas cales (maior que 95%) é superior a outras cales disponíveis comercialmente (cerca de 75%), portanto, é o equivalente a afirmar que a pureza é maior em relação as cales comercialmente disponíveis.

Tabela 1 – Resultados de Fluorescência de Raios-X (FRX) para as cales

| Composto                       | Cal viva da casca de ovo | Cal hidratada da casca de ovo | Cal de carbureto (Saldanha et al. 2018) |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---|
| CaO                            | 97,15                    | 96,99                         | 74,00                                   |
| SiO <sub>2</sub>               | 0,12                     | 0,31                          | 3,10                                    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,13                     | 0,36                          | 0,46                                    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,15                     | 0,13                          | 0,26                                    |
| MgO                            | 2,39                     | 2,16                          | 0,72                                    |

#### Exemplo 2 – Processo do vidro

**[0083]** Como referido anteriormente, o vidro do tipo soda-cal é o constituinte de objetos como garrafas e vidros planos, o que facilita sua obtenção em grandes centros urbanos, motivo pelo qual foi o escolhido. O processamento dos vidros coletados tem início com sua limpeza e fragmentação prévia. Posteriormente, essa porção é moída até que se obtenha um pó, cujas partículas tenham diâmetro médio inferior a 0,15 mm. Nesse sentido, o tempo de moagem é em função da quantidade a ser processada e da capacidade do equipamento utilizado. O resultado final é um pó de granulometria fina com estrutura amorfa que é constituído, majoritariamente, por silicatos (~75 %), aluminatos (~3%) e cálcio (~12%). A superfície específica desse tende a variar entre 5,0 e 6,0 m<sup>2</sup>/g, o que o confere grande reatividade, e o peso específico dos seus grãos aproximadamente de 24,5 kN/m<sup>3</sup>.

**[0084]** De forma análoga ao que foi anteriormente apresentado para a cal, nas Figuras 6 a 8 expõe-se os resultados da caracterização do pó de vidros moídos. Nesse sentido, apresenta-se a distribuição granulométrica (Fig. 6), os resultados de termogravimetria (Fig. 7), o digratograma (Fig. 8) e os resultados de FRX (tabela 2). Do segundo, nota-se uma perda de massa linear e pouco expressiva ao longo do ensaio, não sendo possível a identificação da degradação de

qualquer substância em particular. Da mesma forma, a partir do resultado de DRX não é possível o reconhecimento de qualquer pico referente a algum mineral de estrutura cristalina, o que comprova a estrutura amorfa do pó de vidro moído, corroborando a sua participação como um agente pozolânico. Os resultados de fluorescência atestam a grande presença de silicatos na constituição química do pó de vidro moído.

*Tabela 2 - FRX para o pó de vidro moído*

| Composto                       | Pó de vidro moído |
|--------------------------------|-------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 75,00 %           |
| CaO                            | 17,36 %           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2,64 %            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,74 %            |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,44 %            |
| K <sub>2</sub> O               | 1,19 %            |
| MgO                            | 0,21 %            |
| TiO                            | 0,19 %            |
| SO <sub>3</sub>                | 0,12 %            |
| SrO                            | 0,08 %            |

### Exemplo 3 – Agente cimentante

**[0085]** Na combinação entre os materiais obtidos após o processamento das cascas de ovos e dos vidros, isto é, a cal hidratada e o pó de vidros rico em silicatos, tem-se o agente cimentante. Nesse contexto, a proporção relativa entre cada um desses materiais, bem como o teor de umidade a ser adicionado à mistura, depende das exigências particulares relativas ao propósito de utilização. Portanto, a determinação das dosagens adequadas envolve a realização de ensaios específicos, compatíveis com a finalidade de uso do agente cimentante. São exemplos desses: resistência à compressão simples, resistência à tração

por flexão, resistência por compressão diametral, durabilidade, dentre outros.

**[0086]** A figura 9 apresenta a resistência à compressão simples (RCS) e o módulo cisalhante inicial ( $G_0$ ), verificadas em misturas areia – pó de vidro moído – cal, de modo a exemplificar o emprego do agente cimentante proposto e comparar o seu desempenho quando uma cal semelhante é utilizada. Para isso, empregou-se 20 % de pó de vidro moído e distintos teores de cal (3, 5 e 7%), sendo que as demais características físicas dos espécimes testados estão apresentadas na própria figura. Foram utilizadas a cal viva e a cal hidratada, oriundas da calcinação das cascas de ovo, além da cal de carbureto. Essa última é uma cal hidratada resultante da produção de gás acetileno, cuja composição química e demais características assemelham-se a da cal da casca de ovo. De maneira geral, verifica-se um desempenho superior no emprego da cal hidratada da casca de ovo em relação às demais, o que atesta a qualidade do agente cimentante aqui apresentado.

**[0087]** Sendo assim, a composição de agente cimentante, objeto da presente invenção compreende a seguinte mistura, em base seca e em peso:

- Vidros moídos em pó 50 a 90%
- Cal de cascas de ovos 10 a 50%

**[0088]** Verificou-se ao longo dos experimentos que o teor mínimo recomendável para a cal é de 13% em peso, para obtenção de um agente cimentante com um desempenho tecnicamente viável. Entretanto, esse valor pode ser alterado em função do processo de produção do agente cimentante: especificação para emprego final, compactação, tipo de cura, tempo de cura e outros casos especiais. Também se verificou que as propriedades do bloco melhoram com o incremento do teor de cal, no entanto, a partir de 30% em peso o melhoramento é discreto.

**[0089]** Assim sendo, uma composição preferencial para o agente cimentante da invenção, tendo em vista um desempenho razoável e uma competitividade econômica, é a seguinte, em peso:

- Vidros moídos em pó 70 a 90%

- Cal de cascas de ovos 10 a 30%

**[0090]** Adicionalmente, a invenção prevê que agregados como areias, que não são essenciais, mas atuam, quando utilizados, como agentes para produzir misturas para argamassas, concretos e solo com agente cimentante, e provocam melhorias nas propriedades mecânicas do produto final, aumentam a trabalhabilidade e podem produzir modificações nas texturas. Isto habilita o uso da combinação de baixo custo para produzir produtos de estrutura superior.

**[0091]** Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes e alternativas, abrangidas pelo escopo das reivindicações a seguir.

### Reivindicações

1. Agente cimentante, **caracterizado** por compreender mistura de cal de cascas de ovos e materiais com atividade pozolânica.

2. Agente cimentante, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo material com atividade pozolânica ser opcionalmente pó de vidros soda-cálcicos moídos, compreendendo diâmetro dos pós de até 0,15 mm.

3. Agente cimentante, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelos vidros moídos compreenderem resíduos finos silicosos oriundos de atividades domésticas, industrial e/ou de construção.

4. Processo de produção de agente cimentante, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado** por compreender produção de cal a partir de cascas de ovos e sua mistura com vidros soda-cálcicos moídos em pó ou outro material com atividade pozolânica.

5. Processo, de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** por compreender as etapas:

- i) Processamento das cascas de ovos;
- ii) Processamento do vidro;
- iii) Mistura dos produtos obtidos em i e ii.

6. Processo, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pela etapa i) compreender coleta das cascas de ovos, lavagem, trituração, secagem prévia, calcinação, hidratação e secagem final, em que o produto é uma cal hidratada em forma de pó ou em que o produto é uma cal viva, no caso de não haver etapa de hidratação.

7. Processo, de acordo com a reivindicação 5 ou 6, **caracterizado** pela etapa i) compreender:

- trituração das cascas até tamanho entre 2 a 6 mm;
- secagem prévia por 18 a 24 horas a 100-110 °C;
- calcinação entre 3 a 5 horas e entre 800-1100°C;
- hidratação por 18 a 24 horas; e
- secagem final por 36 a 48 horas a 60-70 °C.

8. Processo, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pela etapa ii) compreender limpeza, fragmentação, moagem e peneiramento dos vidros.

9. Processo, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pela etapa ii) compreender:

- fragmentação para obtenção de fragmentos com tamanho máximo de 25 mm;

- moagem a seco ou úmido compreendendo um período entre 4 a 6 horas;

- peneiração através de peneira Nº 100 ou 200, opcionalmente a peneira é Nº 200,

- pó dos vidros com diâmetro médio de até 0,15 mm, opcionalmente entre 0,075-0,15 mm, opcionalmente 0,075 mm e superfície específica entre 5,0 a 6,0 m<sup>2</sup>/g.

10. Processo, de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado** pela etapa iii) compreender a mistura de cal viva ou cal hidratada com os vidros moídos para obter-se agente cimentante, a mistura sendo por 5 a 10 minutos, ou até que sua completa homogeneização seja garantida.

11. Processo, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pela mistura ser opcionalmente, em base seca e por peso, na proporção de:

- vidros moídos em pó 50 a 90%

- cal de cascas de ovos 10 a 50%.

12. Processo, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pela mistura ser opcionalmente, em base seca e por peso, na proporção de:

- vidros moídos em pó 70 a 90%

- cal de cascas de ovos 10 a 30%.

13. Uso do agente cimentante, conforme definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **caracterizado** por compreender misturar o dito agente cimentante à água de forma a obter as propriedades cimentícias.

14. Uso, de acordo com a reivindicação 13, **caracterizado** por ser em construções, reformas, setor industrial.

15. Uso, de acordo com a reivindicação 13 ou 14, **caracterizado** por

compreender aplicação em argamassas, em concretos e, estabilização de solos de distintas naturezas.

**FIGURAS**

Figura 1

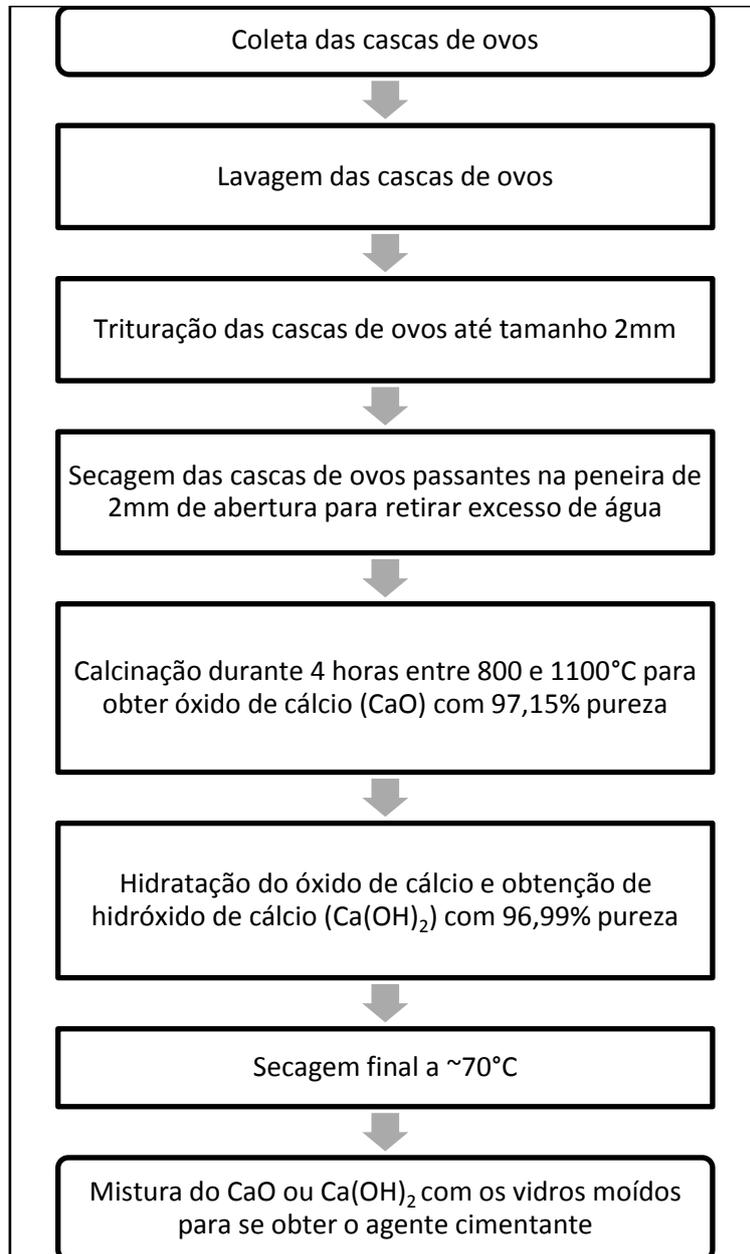


Figura 2

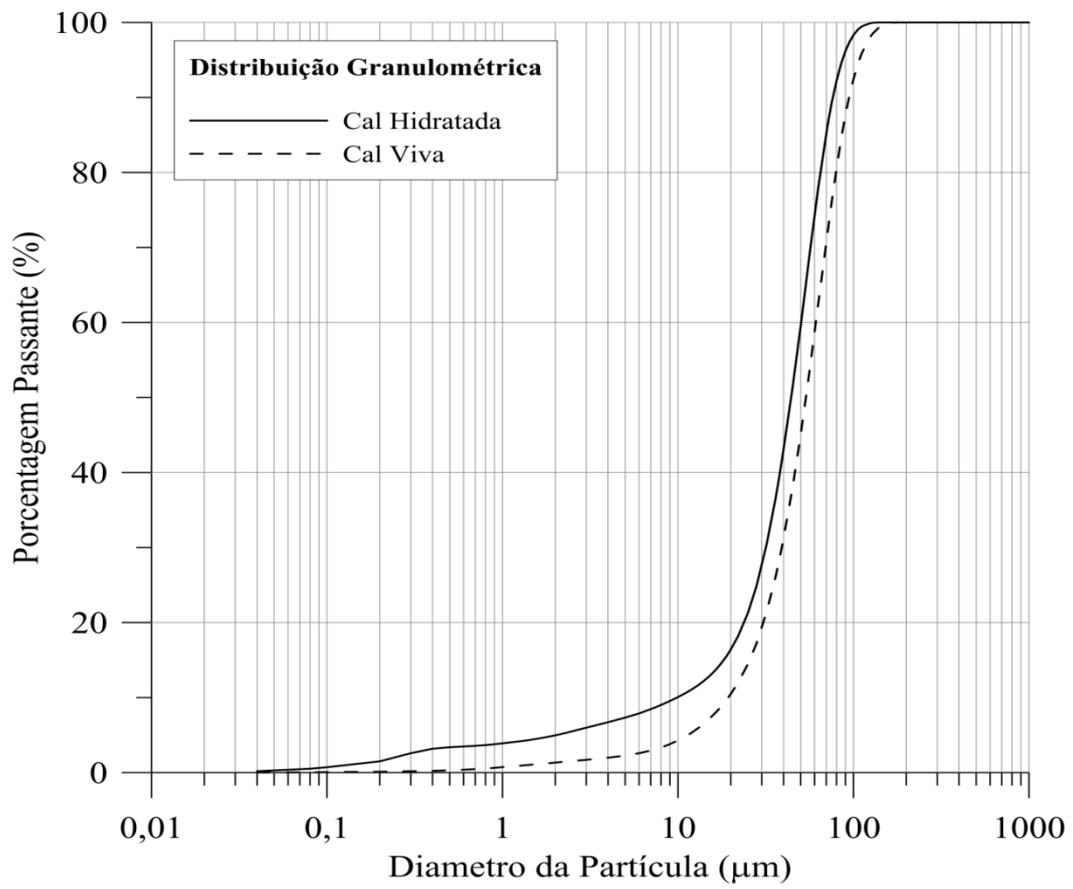


Figura 3

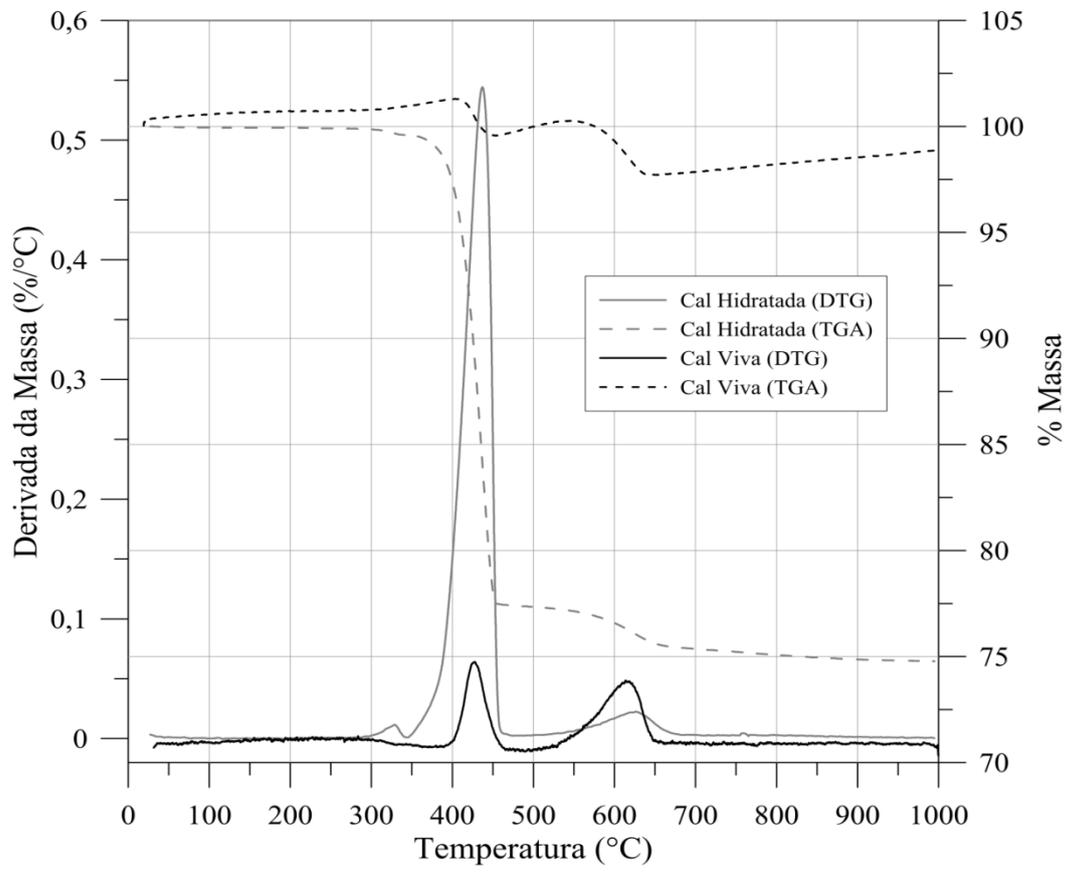


Figura 4

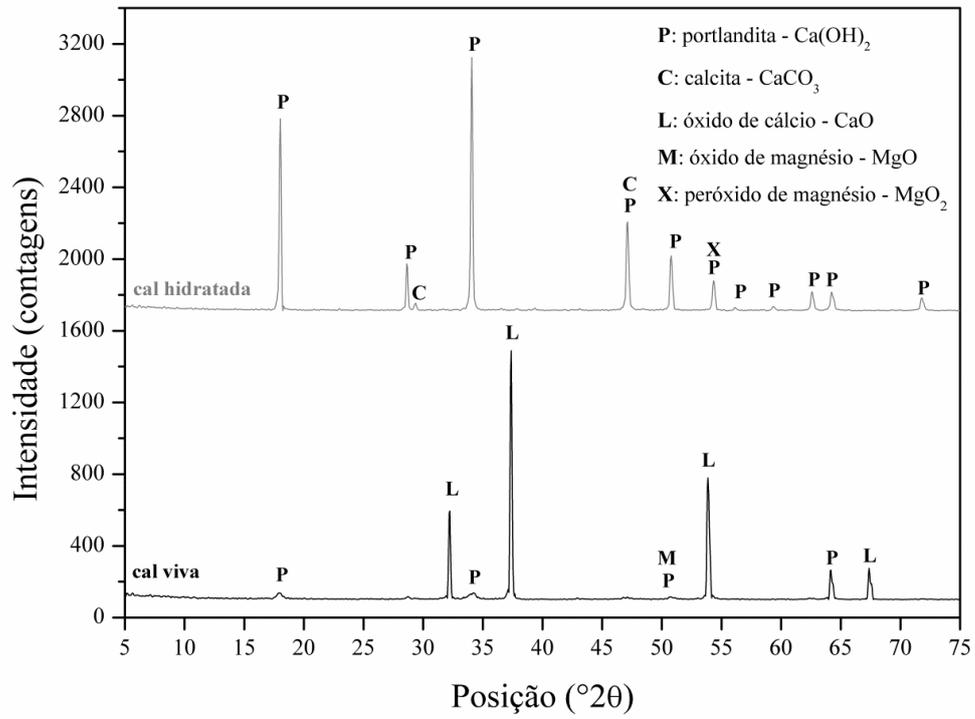


Figura 5

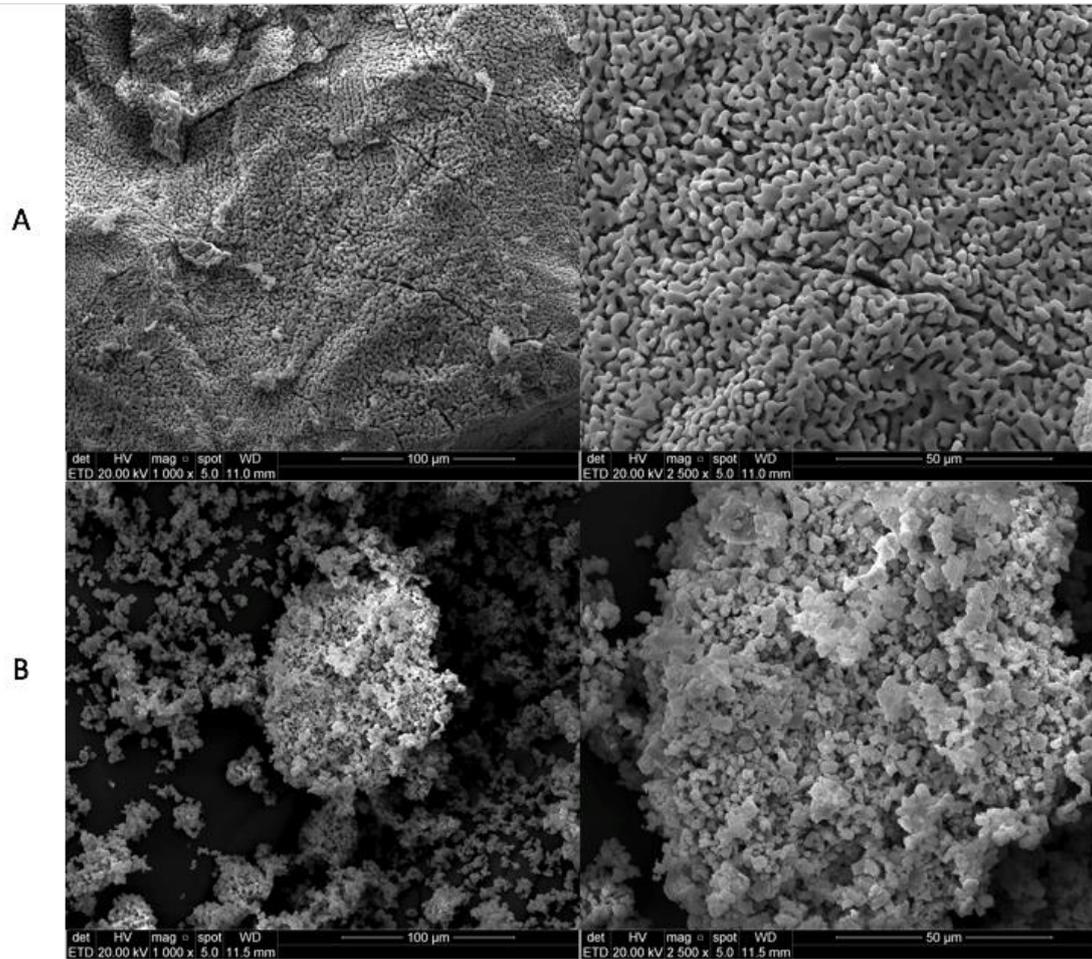


Figura 6

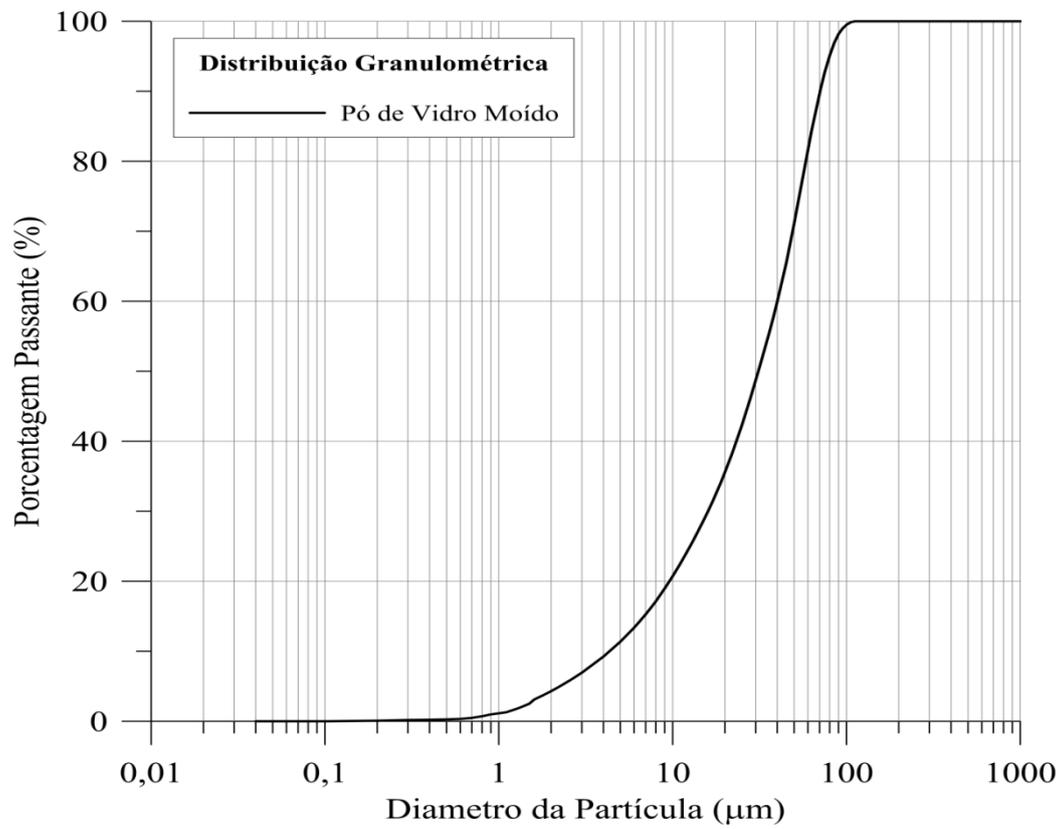


Figura 7

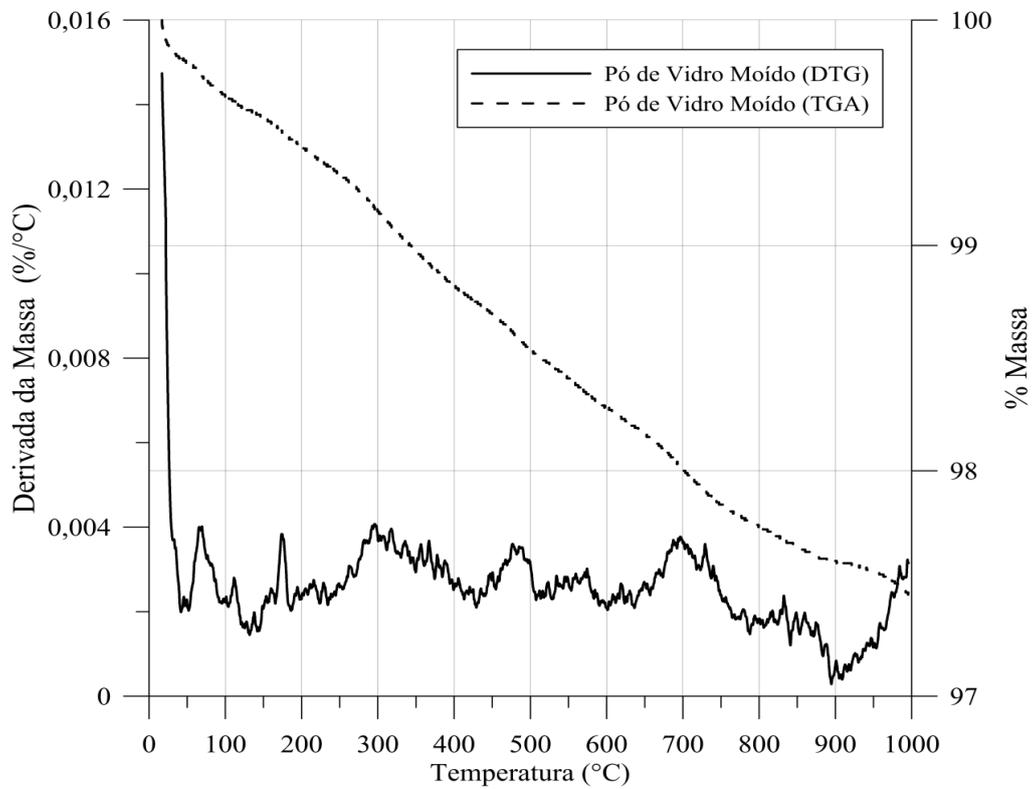


Figura 8

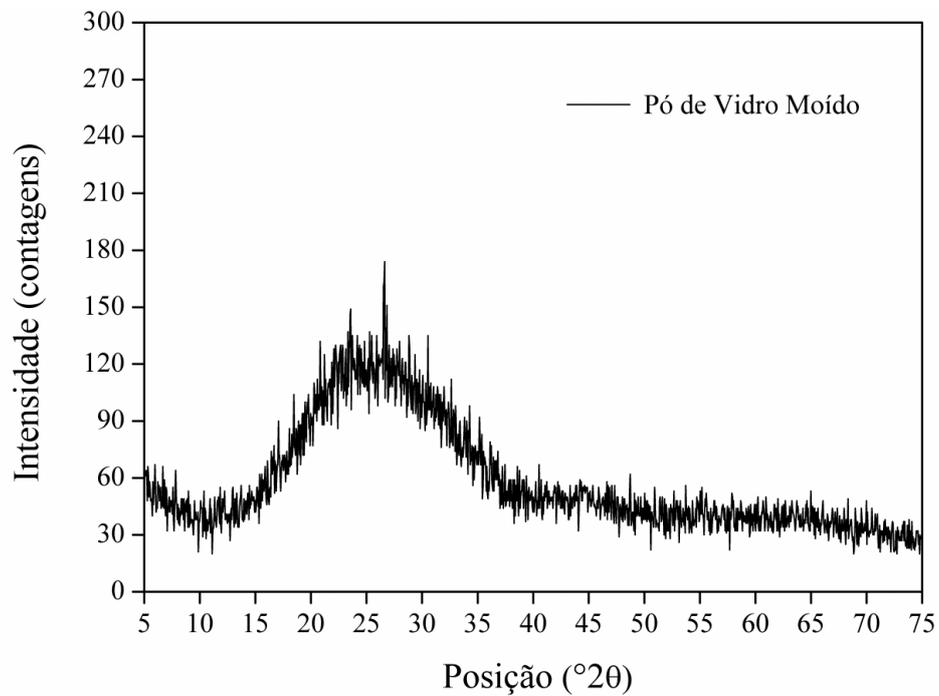
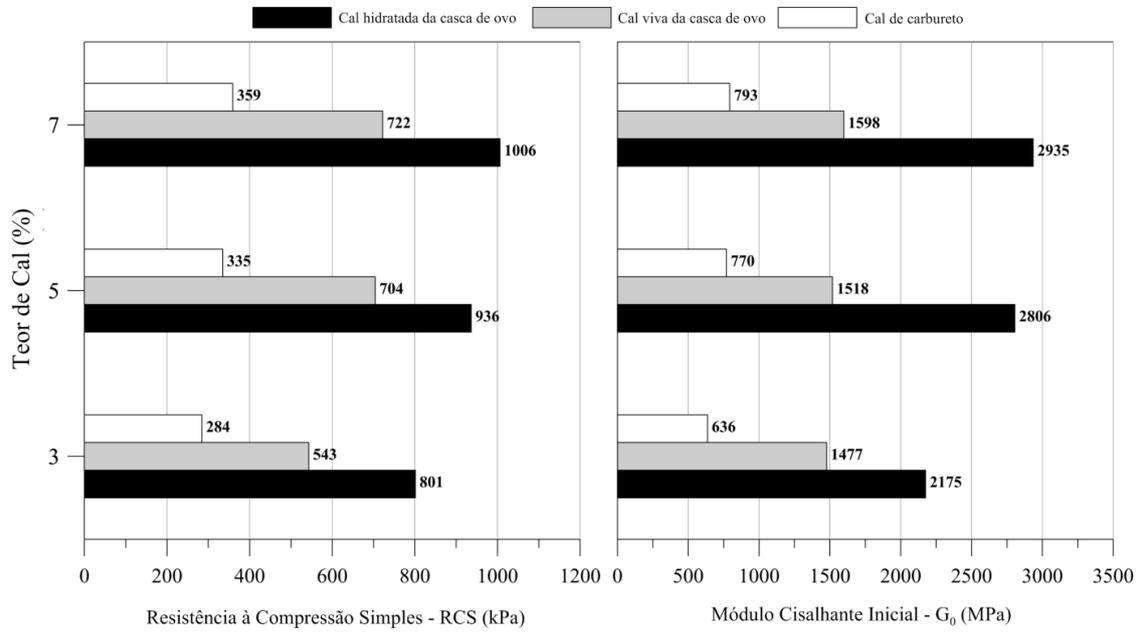


Figura 9

 $\gamma_d = 16.50 \text{ kN/m}^3$  - 20% Vidro Moído - 7 dias de cura a 23°C


## Resumo

### AGENTE CIMENTANTE, PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGENTE CIMENTANTE, USO DO AGENTE CIMENTANTE

A presente invenção refere-se a um método de produção de um agente cimentante constituído por: cascas de ovos trituradas, calcinadas, sem tamanho de partícula específico e conjuntamente com pó de vidros moídos. Mais particularmente, a invenção refere-se a um método que compreende a produção de uma cal de cascas de ovos em condições de temperaturas elevadas de onde resulta cal viva e cal hidratada, respectivamente  $\text{CaO}$  e  $\text{Ca(OH)}_2$ . Este produto resultante é misturado nas devidas proporções com pó de vidros moídos originando o agente cimentante em questão.

Esse agente cimentante é oriundo da combinação entre os produtos resultantes do processamento de cascas de ovos e de vidros soda-cálcicos, dois resíduos de fácil obtenção. O primeiro, dada sua constituição química, é fonte de óxido e hidróxido de cálcio após ser processado, enquanto que o segundo, sem estrutura cristalina definida, provém os silicatos necessários ao ligante cimentício. A presente invenção se situa nos campos da Química e Engenharia.

**Resumo****AGENTE CIMENTANTE, PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AGENTE CIMENTANTE E USO DO AGENTE CIMENTANTE**

A presente invenção refere-se a um método de produção de um agente cimentante constituído por: cascas de ovos trituradas, calcinadas, sem tamanho de partícula específico e conjuntamente com pó de vidros moídos. Mais particularmente, a invenção refere-se a um método que compreende a produção de uma cal de cascas de ovos em condições de temperaturas elevadas de onde resulta cal viva e cal hidratada, respectivamente  $\text{CaO}$  e  $\text{Ca(OH)}_2$ . Este produto resultante é misturado nas devidas proporções com pó de vidros moídos originando o agente cimentante em questão.

Esse agente cimentante é oriundo da combinação entre os produtos resultantes do processamento de cascas de ovos e de vidros soda-cálcicos, dois resíduos de fácil obtenção. O primeiro, dada sua constituição química, é fonte de óxido e hidróxido de cálcio após ser processado, enquanto que o segundo, sem estrutura cristalina definida, provém os silicatos necessários ao ligante cimentício. A presente invenção se situa nos campos da Química e Engenharia.