

REUTILIZAÇÃO DE FINOS DE ROCHA CALCÁRIA PARA USO AGRÍCOLA POR BRIQUETAGEM

André Carlos Silva ¹
Elenice Maria Schons Silva ¹
Mariana Rezende de Barros ²
Douglas Yusuf Marinho ¹

Resumo

A agricultura moderna exige produtividade, eficiência e qualidade. Por isso, há necessidade da aplicação do calcário agrícola para corrigir a acidez dos solos. O Centro-Oeste foi apontado como o maior produtor de calcário agrícola, com 38,2% e Goiás sendo detentor de 11,6%. A importação e exportação de calcário agrícola são inexistentes, afirmando o Brasil como sendo autossustentável em sua produção. No processo de beneficiamento do calcário ocorre a geração de material fino (passante em 400#), que não possui viabilidade econômica nos setores agrícola, metalúrgico e de calcinação. Isso ocorre porque essa granulometria de partícula diminui a percolação de gases nos altos-fornos e possui sedimentação lenta ou inexistente quando empregada na agricultura, podendo ser transportada pelo vento, e conseqüentemente configurando um passivo ambiental. A briquetagem consiste na aglomeração de partículas finas através de pressão, auxiliada ou não por aglutinantes, permitindo obtenção de produtos não só compactados, porém com forma, tamanho e parâmetros mecânicos. A aglomeração dos finos de calcário através da briquetagem, foi realizada variando as dosagens de água (utilizada como agente aglomerante) de 0; 5; 7,5; 10; 12,5% p/p. Os briquetes foram submetidos a testes de queda a 30, 60, 90, 120 e 150 cm de altura imediatamente após sua fabricação e 7 dias após fabricação secando em temperatura ambiente. Foram realizados testes em que os briquetes foram submergidos em água para avaliação de resistência. Os melhores resultados encontrados para ambos os ensaios de queda foram obtidos a 7,5% de umidade. Além de diminuir o passivo ambiental, os briquetes também irão gerar lucros para a indústria mineral, podendo oferecer um coproduto com características semelhantes ao produto originalmente comercializado.

Palavras-chave: Aglomeração; Finos; Calcário; Mineração.

LIMESTONE FINES REUSE FOR AGRICULTURE THROUGH BRIQUETTING

Abstract

Modern agriculture requires productivity, efficiency and quality. Therefore, there is need for the application of agricultural lime to correct the soil acidity. The Midwest was appointed as the largest producer of agricultural limestone, with 38.2% and Goiás and holder of 11.6%. The import and export of agricultural lime are nonexistent, claiming Brazil as being self-sustaining in its production. In limestone beneficiation process is the generation of fine material (through in # 400), which does not have economic viability in the agricultural, metallurgical and calcination. This is because this particle grain size decreases the percolation of gas in blast furnaces and has slow settling or non-existent when used in agriculture, can be transported by the wind, and therefore setting an environmental liability. Briquetting is to agglomeration of fine particles by pressure, aided or not by a binder, allowing obtaining not only compacts, but with size, shape and mechanical parameters. Agglomeration of fine limestone through the briquetting was conducted by varying the amounts of water (used as a binding agent) 0; 5; 7.5; 10; 12,5% w/w. The briquettes were subjected to drop tests at 30, 60, 90, 120 and 150 cm immediately after its manufacture and 7 days drying at room temperature. Tests were conducted in which the briquettes were submerged in water to evaluate resistance. The best results found for both the drop tests were obtained at 7.5% moisture. In addition to lowering the environmental liabilities, the briquettes will also generate profits for the mining industry and can offer a co-product with similar characteristics to the product originally marketed.

Keywords: Agglomeration; Fines; Limestone; Mining.

¹ Universidade Federal de Goiás – UFG, Catalão, GO, Brasil. E-mail: ancarsil@ufg.br

² Programa de Pós-graduação em Gestão Organizacional, Universidade Federal de Goiás – UFG, Catalão, GO, Brasil.



I INTRODUÇÃO

Para Farias [1], a mineração é um dos setores básicos da economia do Brasil, contribui de forma decisiva para o bem estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações. É fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que seja operada com responsabilidade social, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável. Porém, são consideráveis os impactos ambientais causados pela mesma. De acordo com Silva [2], a mineração altera intensamente tanto áreas mineradas quanto circunvizinhas, onde são feitos os depósitos de estéril e de rejeito.

Os calcários, materiais mais comumente usados na correção da acidez do solo, variam geralmente quanto às características mineralógicas, composições química e granulométrica que conjuntamente determinam a capacidade total de neutralização de acidez do solo. Dentre as características relacionadas com a qualidade dos corretivos da acidez, apenas duas têm sido consideradas: o teor de neutralizantes e a granulometria. Na avaliação desses produtos, no que tange ao aspecto granulometria, a mesma tem sido feita em termos de capacidade de reação no solo (por períodos curtos de tempo), desconsiderando-se o efeito residual [3].

De acordo com o Martins [4], a produção nacional de calcário agrícola em 2013 mostrou um crescimento inexpressivo (inferior a 0,2%), quando comparado a 2012, apresentando as regiões e estados que mais produziram calcário agrícola, na Figura 1. A importação e exportação de calcário agrícola são inexistentes, confirmando a autossustentabilidade do Brasil na produção deste insumo.

Para Luz e Lins [5], o tratamento de minérios é realizado através de processos industriais para adequação dos minerais, pois quase nunca estes se apresentam na natureza e na forma que serão utilizados, seja por estarem fora de especificações de tamanho ou por estarem associados a outros materiais, dados assim a necessidade destas ações. Durante o processamento do calcário é necessário uma etapa de moagem do mesmo, etapa esta que gera de material fino (com tamanho inferior a 400#), que não possui viabilidade

econômica nos setores produtivos agrícola, metalúrgico e para calcinação. Isso ocorre porque tal granulometria pode tanto ser transportada pelo vento, e conseqüentemente configurar um passivo ambiental quando empregada na agricultura quanto diminuir a percolação de gases nos altos-fornos por possuir sedimentação lenta (Garcia et al. [6]).

A importância de estudar o tamanho das partículas está atrelada aos efeitos negativos que essas partículas, quando assumem certas faixas de tamanho, provocam nos seres humanos, principalmente em relação ao sistema respiratório. As partículas pequenas ($< 1\mu\text{m}$) se comportam como gás na atmosfera e estão sujeitas ao movimento browniano (movimento aleatório). A Associação Americana do Pulmão indica que as partículas em suspensão no ar com diâmetro menor que $10\mu\text{m}$ (MP_{10}), as chamadas partículas inaláveis, são as mais nocivas à saúde humana [7].

Os processos de aglomeração visam recuperar partículas finas provenientes do processamento mineral e a escolha deste processo depende de uma análise cuidadosa e exaustiva [8]. A pelotização é o método de aglomeração utilizado para transformar frações finas de minério de ferro num produto adequado (pelota) à alimentação de alto forno e reatores de redução direta, onde será transformado em gusa ou ferro esponja [9]. A sinterização, que tem como seu principal insumo o minério de ferro, é empregada no setor metalúrgico para transformar finos de minério, através da aglomeração a quente junto com outras matérias-primas, em um produto denominado sinter [10] e finalmente a briquetagem, que é uma forma muito eficiente para concentrar a energia disponível na biomassa [11].

A primeira patente relacionada à briquetagem foi concedida a William Easby, em 1848, com o desenvolvimento de um processo que possibilitava a formação de aglomerados sólidos de tamanho e forma variados, a partir de frações finas de qualquer tipo de carvão mineral, por meio da pressão exercida sobre esse material [8]. De acordo com Filippeto [12] a briquetagem é um processo de aglomeração o qual consiste na aplicação de pressão através de uma prensa mecânica em uma massa de matéria-prima transformando-a em um sólido cilíndrico compacto com elevada densidade.

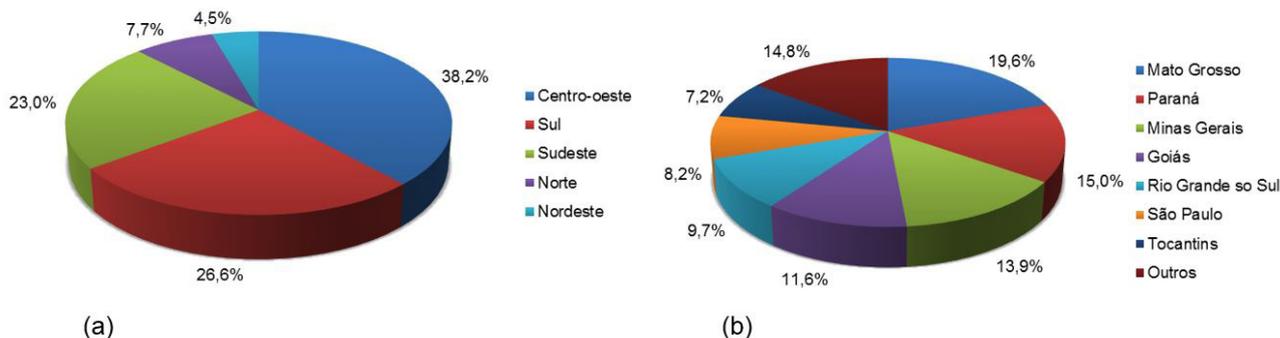


Figura 1. Produção de calcário agrícola em 2013: (a) por região e (b) por Estados da Federação. Adaptado de Martins [4].

Para Oliveira [13], a produção de briquete, além de ser uma forma de reutilização dos resíduos, ainda apresenta vantagem econômica com a geração de renda para a indústria, pela comercialização deste produto. Outras vantagens apresentadas são: a redução do volume de resíduos estacionados no pátio e redução do custo de transporte, pois os briquetes podem ser armazenados de forma a reduzir os espaços vazios durante seu transporte. No Brasil, o interesse no processo de briquetagem sempre esteve voltado para o aproveitamento dos finos de carvão vegetal vindos da siderurgia, levando a maioria das pesquisas para o desenvolvimento de briquetes para usos nessa segunda atividade [14].

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização dos Finos de Calcário

De forma a caracterizar o tamanho das partículas a serem utilizadas foram preparadas amostras de finos de calcário que foram submetidas a testes para a determinação da massa específica, granulometria e análise química. A massa específica foi determinada por picnometria. A análise granulométrica do calcário foi realizada com um analisador de partículas a laser Mastersizer 3000 da Malvern em triplicata. Este equipamento utiliza a técnica de difração de raios laser para a análise do tamanho da partícula [15].

A análise química foi realizada para determinar do Poder de Neutralização (PN) juntamente com a reatividade do corretivo (ER), o que define o Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), que é um índice utilizado na escolha de calcários no Brasil. O conhecimento desses valores se torna necessário a partir do momento em que a escolha

errônea do mesmo pode prejudicar o produtor rural, pois muitas vezes esse não possui conhecimento especializado para aplicar o calcário de acordo com sua necessidade.

Pouco importa a relação cálcio: magnésio no solo, quando os níveis desses nutrientes estiverem adequados para as culturas. Dessa forma, com base na análise do solo é possível definir qual tipo de corretivo utilizar. As análises foram realizadas de modo a classificar o calcário no que tange a seu poder de neutralização de acordo com a sua granulometria, ambas análises realizadas pelo Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia.

2.2 Fabricação dos Briquetes de Finos de Calcário

Avaliou-se o potencial de aglomeração do calcário por meio da briquetagem, com água como agente aglomerante, utilizando uma massa de calcário de 15 g em cada composição elaborada. Após homogeneização da mistura de calcário e água a massa resultante foi colocada em um molde (Figura 2) e aplicada compressão uniaxial de 3 toneladas na mesma, de modo a promover a aglomeração do material, através de uma prensa hidráulica durante 2 minutos.

A adição da água ao calcário foi realizada com o uso de uma pipeta graduada para garantia do correto volume conforme a quantidade de água desejada. Em um béquer de 250 mL foram adicionados 15 g de calcário e a quantidade de água parcelada em três vezes para garantir que a homogeneização da mistura fosse a melhor possível. Foram realizados testes com 0; 5; 7,5; 10 e 12,5% de água em peso. Após a fabricação todos os briquetes foram pesados e medidos (diâmetro e altura) com o uso de um paquímetro digital, de modo a verificar a variação da massa específica dos briquetes fabricados.

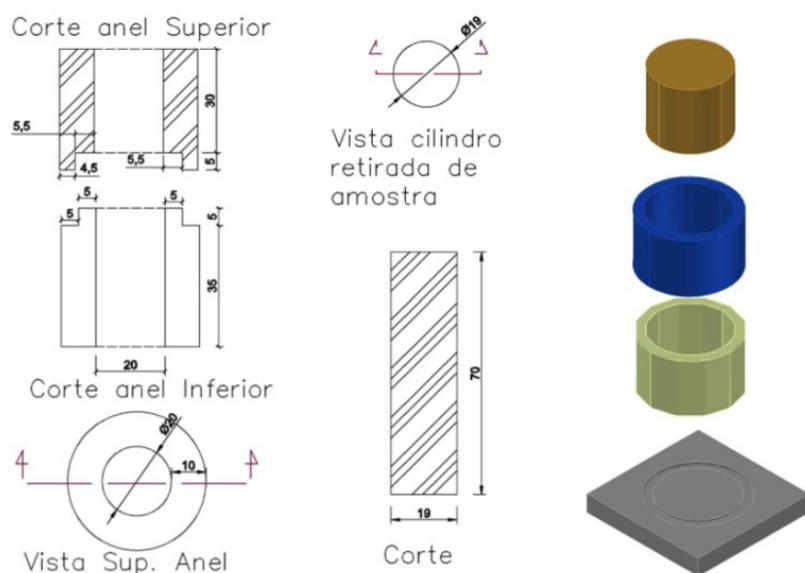


Figura 2. Molde - cortes e vistas do cilindro utilizado para produção dos briquetes.

2.3 Ensaios de Caracterização do Briquete

2.3.1 Resistência ao impacto (Shatter Test)

Segundo Carvalho e Brinck [8] o teste de Resistência ao Impacto (ou Shatter Test) determina a resistência do briquete ao suportar repetidas quedas, simulando impactos que ocorrem naturalmente durante o seu manuseio e transporte. Antes do tratamento térmico, a resistência ao impacto dos briquetes pode ser determinada por meio de testes de queda livre, a partir de uma altura de 0,3 m, considerando 3 quedas um número razoável e 10 quedas a 1,5 m após o tratamento térmico. Nesse teste foi utilizada, como anteparo, uma placa de aço com espessura de 10 mm. A resistência ao impacto foi determinada pelo número de quedas consecutivas a partir de alturas padronizadas (30, 60, 90, 120 e 150cm). Os briquetes foram submetidos a quedas sucessivas até que o mesmo perdesse 5% de sua massa inicial, encerrando o teste.

Para analisar a perda de água com o envelhecimento e a sua influência na resistência mecânica foram produzidos briquetes com 7,5% de umidade (porcentagem que obteve os melhores resultados) e seu peso monitorado durante sete dias. Ao final deste prazo os briquetes foram submetidos a ensaios de resistência ao impacto e a umidade relativa do ar foi acompanhada utilizando um termo-higrômetro Minipa MT-241.

2.3.2 Resistência à ação da água

Uma das formas de avaliação da qualidade de briquetes é em relação à ação da água sobre os mesmos. Segundo Carvalho e Brinck [8], essa informação é de grande importância para casos onde o briquete pode ser estocado em ambientes abertos, sendo uma forma de medir o ganho de água absorvida pelo briquete através de imersão do mesmo em água.

O teste consiste na avaliação do ganho de massa obtido pelo briquete, após a imersão em um recipiente com água. É comum determinar a variação do peso, ao longo do tempo. Segundo os autores essa informação é muito importante para os casos em que os briquetes são estocados em ambientes externos [8]. Este teste se fez necessário visando o conhecimento de como os briquetes se comportariam quando entrassem em contato com água ao serem aplicados diretamente ao solo com a função de corretivo de pH (uso agrícola).

Para realização deste teste foram fabricados cinco briquetes com o maior percentual de água testado (12,5%) e colocados em cinco béqueres de 25 mL para a análise da reação dos mesmos quando entrassem em contato com a água. O teste encerrava-se quando o briquete perdia sua coesividade e o tempo de imersão do mesmo era anotado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa específica média do calcário encontrada nos ensaios de picnometria foi de $2,76 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$. Os resultados estão de acordo com os valores encontrados na literatura ($2,72$ a $2,87 \text{ g/cm}^3$) [16].

A Figura 3 apresenta a análise granulométrica através de dados médios obtidos pelo teste, em triplicata, realizado no equipamento Mastersizer 3000. Observa-se que aproximadamente 99,5% do calcário possui granulometria inferior a $74 \mu\text{m}$ (linha vermelha).

De acordo com a análise granulométrica, a linha laranja expressa que 10% das partículas dos finos de calcário apresentam dimensões as quais configuram material coloidal, dimensões as quais configuram material coloidal, abaixo de $1 \mu\text{m}$ (materiais coloidais). o momento da aplicação do calcário no solo a granulometria se torna uma característica tão importante quanto preocupante, pois o operador que realizará a aplicação poderá inalar material particulado. Caso não sejam tomadas as devidas precauções a inalação pode gerar malefícios para sua própria saúde.

Do ponto de vista da aplicação deste material particulado na agricultura deve ser lembrado que o aumento do grau de finura aumenta também as dificuldades de aplicação, tanto em relação aos equipamentos aplicadores quanto às perdas em consequência do vento, e também o maior contato do corretivo com o operador [17].

O tipo de calcário a ser utilizado depende dos teores de cálcio e magnésio do solo determinados através de sua análise química, e a Tabela 1 apresenta os resultados da análise química da amostra de calcário. O PN obteve valor de 100% e ER obteve 99,6%, dessa forma o seu PRNT foi igual a 99,6%. O calcário foi classificado de acordo com seu conteúdo de MgO e seu poder de neutralização como sendo magnesiano, uma vez que o valor de MgO foi maior

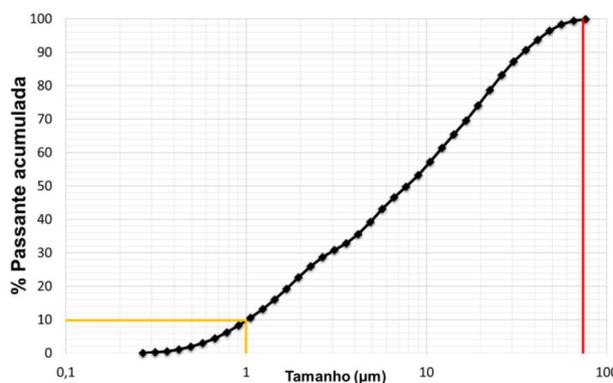


Figura 3. Análise granulométrica média dos finos de calcário.

Tabela 1. Análise química da amostra de calcário

Óxido	CaO	CaCO ₃	MgO	MgCO ₃
%	33,6	59,8	11,1	23,3

que 5% e classificado como sendo do Grupo D, já que PRNT foi maior que 90%.

A Figura 4 apresenta vistas superiores e laterais de briquetes de calcário com adições de 0; 5; 7,5; 10 e 12,5% de água em peso antes e após o teste de queda a 30 cm de altura. Observa-se que houve fraturas apenas em suas extremidades, obtendo-se grandes fragmentos no briquete sem umidade. Nota-se também a diferença de coloração devido à ausência do aglomerante.

Os briquetes fabricados possuíam dimensões médias de 1,93 cm de diâmetro e 2,36 cm de altura. Na composição do briquete com 12,5% de água a conformação mecânica do mesmo apresentou-se difícil, pois a água extravasa para fora da fôrma quando aplicada a compressão, porém a retirada do briquete da fôrma ainda era possível.

De acordo com a análise da Figura 5, pode-se perceber que há uma redução no número de quedas quando se eleva as

alturas nos testes. Sem a adição de aglomerantes, na Figura 5a o briquete obteve maior fragilidade, suportando menos que 5 quedas a 30 cm e reduzindo sua resistência mecânica nas demais. Já com a adição de água como aglomerante, Figura 5b e nas demais, os briquetes obtiveram maior resistência mecânica nas primeiras duas alturas, demonstrando assim seu potencial na briquetagem deste material.

O maior desempenho dos briquetes, os quais possuíam porcentagem de aglomerante, pode ser explicado pela ligação entre partícula e aglomerante (água), a qual eleva a resistência ao impacto tornando o material mais resistente. De acordo com Oliveira [13], a umidade provê a força coesiva necessária para a aderência das partículas a serem aglomeradas. Esta força também depende da capacidade de adsorção da água pelas partículas, aumentando assim a resistência mecânica. Para análise dos briquetes submetidos a teste de resistência mecânica após sete dias de envelhecimento

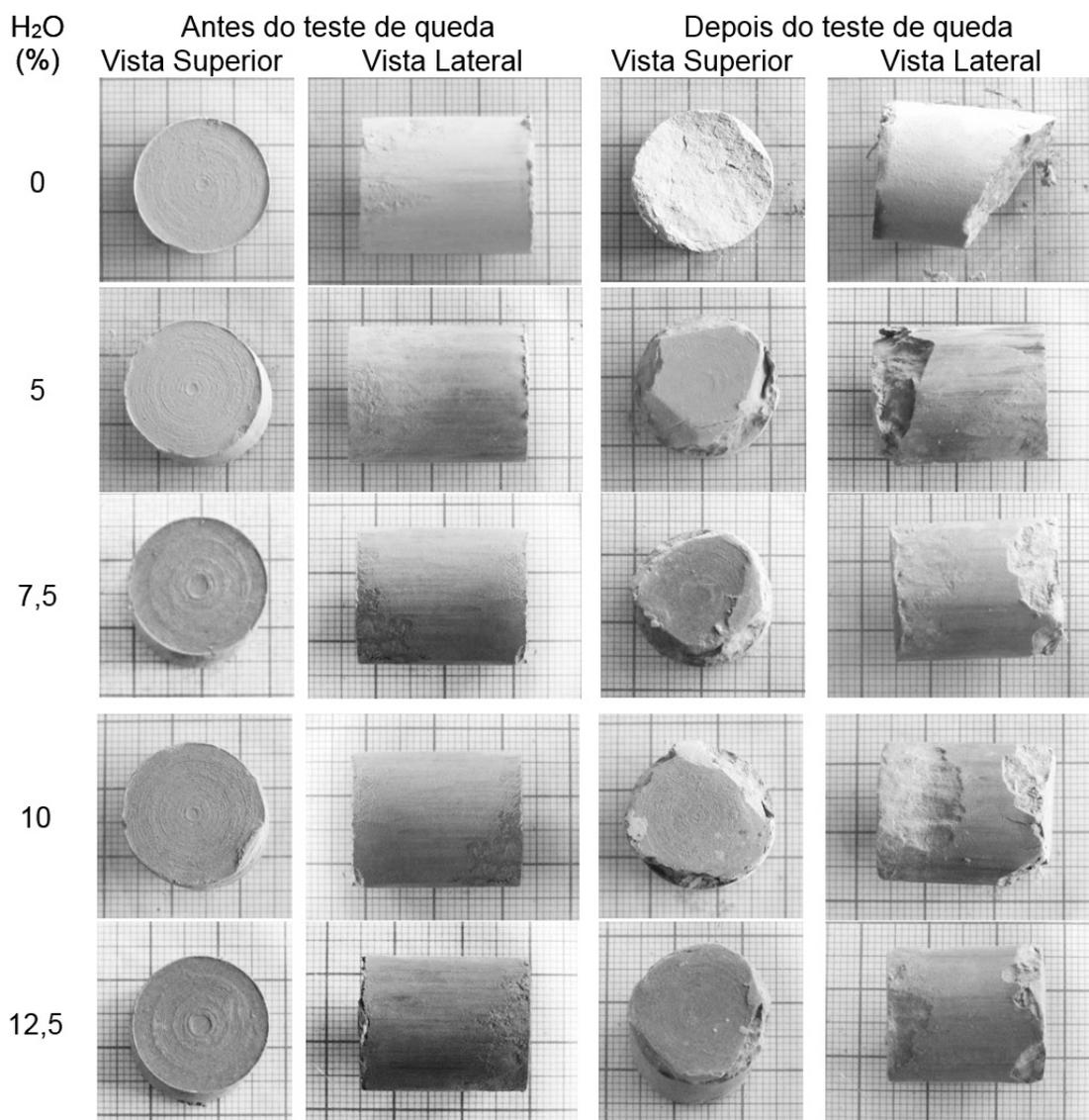


Figura 4. Vistas superiores e laterais dos briquetes antes e depois das realizações dos testes de queda a 30 cm de altura.

foi confeccionado um gráfico (Figura 5f) e comparado ao teste realizado imediatamente após sua fabricação, Figura 5.

Pode-se perceber que não houve diferença entre os resultados dos testes realizados imediatamente após a fabricação dos briquetes e resultados do teste de queda realizado após 7 dias de secagem. Os briquetes a essa umidade (7,5%) mantiveram o mesmo padrão de resistência mesmo quando submetidos a teste de resistência mecânica após sete dias. Dessa forma, mesmo perdendo a umidade utilizada inicialmente como agente aglomerante o produto continua mantendo sua resistência.

A Tabela 2 apresenta dados médios de perda de massa em gramas e em porcentagem, perda esta que pode ser justificada devido à variação de umidade do ar registrada nos dias de pesagem.

A massa específica aparente pode ser justificada pela redução da porosidade através da briquetagem, onde ocorreu a expulsão do ar por meio da aplicação de pressão. Dessa forma a água aderiu aos grãos de calcário através da capilaridade diminuindo a quantidade de poros vazios e aumentando a resistência mecânica do briquete. Com a ação da água entre os poros por meio da capilaridade o briquete

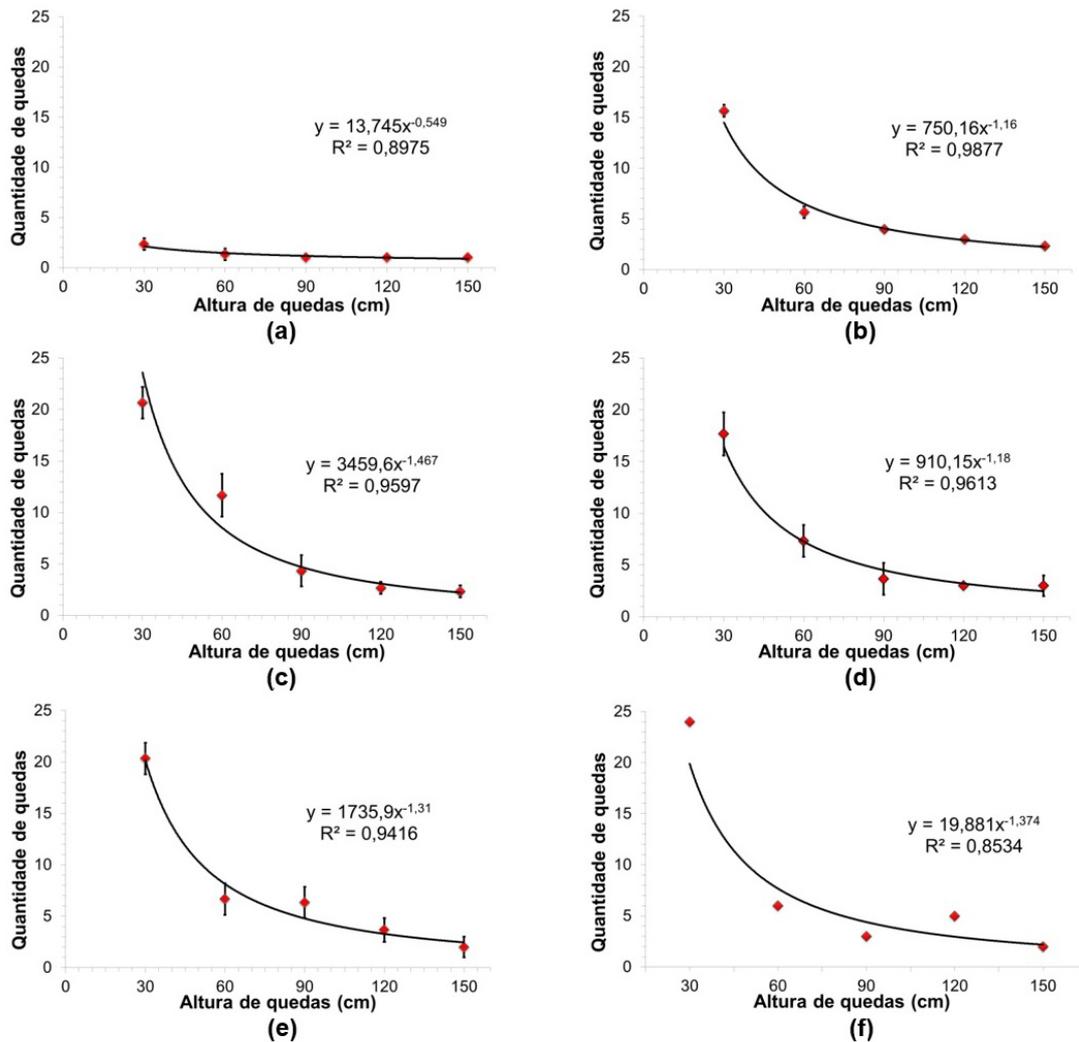


Figura 5. Quantidade de quedas em relação às alturas de queda: (a) 0; (b) 5; (c) 7,5; (d) 10; (e) 12,5% de umidade e (f) teste de queda com briquete a 7,5% de umidade após 7 dias de secagem.

Tabela 2. Perda de massa dos briquetes após 7 dias de secagem

Dias	Massa Inicial Média (g)	Perda Média (g)	Perda Média (%)	Umidade relativa do ar (%)
0	15,347	-	-	-
3	14,363	0,984	6,41	81
4	14,341	0,022	0,14	73
6	14,330	0,011	0,08	75
7	14,309	0,021	0,14	45,5

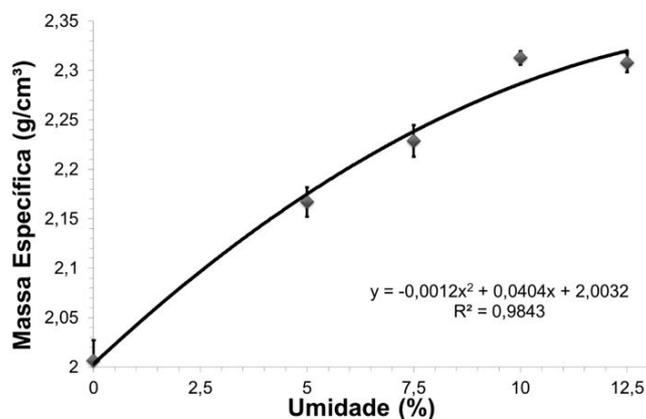


Figura 6. Variação da massa específica dos briquetes em relação à umidade.

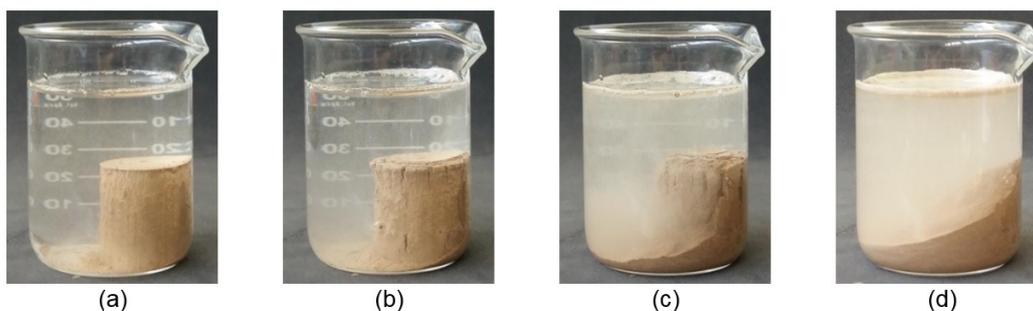


Figura 7. Tempo de imersão do briquete em água: (a) 4 segundos; (b) 1 minuto; (c) 2 minutos; (d) 4 minutos.

se torna mais denso, comprovando a maior resistência, como pode ser visto na Figura 6.

Analisando a Figura 7 e com os dados obtidos na realização do teste de resistência a ação da água pode-se concluir que os briquetes não obtiveram resistência quando submergidos. Apresentaram deterioração acelerada, se desfazendo totalmente em um tempo médio aproximado de 4,5 minutos até se manterem imóveis dentro do recipiente.

Uma das possíveis finalidades deste briquete seria sua destinação a correção da acidez do solo. Esse tempo de deterioração é relativamente aceito. Dentro de uma hipótese, na qual ocorra uma chuva ou uma irrigação no tempo maior que 5 minutos esse briquete já não estaria mais visível, dessa forma ocorrendo seu desmanche e sendo incorporado ao solo por meio de percolação.

4 CONCLUSÕES

Os finos gerados através do tratamento mineral do calcário apresentaram características apropriadas para a geração de briquetes. Diante das análises dos resultados obtidos pode-se comprovar que este processo de aglomeração é uma opção tanto quantitativa quanto qualitativa quando se trata da necessidade de reutilização, pois minimiza a quantidade de material exposto e atribui valor ao final do processo, fazendo com que o resíduo antes não utilizado possa ser aproveitado.

A existência de material particulado em granulometria inferior a $1 \mu\text{m}$ causa preocupação além do impacto ambiental por possuir partículas muito finas e estas serem transportadas pelo vento para outros locais consequentemente diminuindo sua eficiência, e por afetar a saúde do trabalhador pois dessa forma há maior contato do material coloidal com o aplicador. Dessa forma, pode-se reforçar a importância da briquetagem visando também esse problema quanto a sua saúde.

A finalidade do produto final visado pelo processo de aglomeração é possibilitar a aplicação dos finos de calcário na agricultura na forma de briquetes. Se antes o produtor rural teria perdas a partir de ações intempéricas utilizando o produto convencionalmente, depois do processo de briquetagem haveria melhor aproveitamento do mesmo. Outro propósito seria utilização dos briquetes para produção de cal virgem através de procedimentos em mufla e para produção de concreto, uma vez que neste processo se utiliza calcário.

Agradecimentos

Agradecemos às agências de fomento CNPq, CAPES e FAPEG pelo auxílio financeiro, primordial para a realização do presente estudo, bem como a Cala Calcário Lagamar Ind. Comércio por ceder o calcário utilizado no estudo e às Universidade Federal de Goiás e Universidade Federal de Uberlândia pelos serviços prestados.

REFERÊNCIAS

- 1 Farias CEG. Mineração e o meio ambiente no Brasil. CGEE; 2002. Relatório Preparado para o CGEE.
- 2 Silva JPS. Impactos ambientais causados por Mineração. Revista Espaço da Sophia. 2007;8.
- 3 Bellingieri, PA; Souza, ECA.; Alcarde, JC; Shikasho, HW. Importância da reatividade do calcário sobre a produção e algumas características da cultura da soja. Scientia Agrícola. 1992;49:61-71.
- 4 Martins FL Jr. Calcário agrícola. In: Lima TM, Neves CAR. Sumário mineral 2014. 2. ed. Brasília: DNPM; 2015. p. 44-45.
- 5 Luz AB, Lins FAF. Introdução ao tratamento de minérios. In: Luz AB, Sampaio JA, França SCA. Tratamento de minérios. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT; 2010.
- 6 Garcia EAS, Silva AC, Silva EMS, Barros MR. Pelotização de finos de calcário utilizando água e cal virgem como agentes aglomerantes. In: 26º Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Associação Brasileira de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa; 2015. p. 59-67. vol. 1.
- 7 Gonçalves SJ Jr. Avaliação da participação de material particulado e seus impactos à saúde humana em escolas próximas a vias de tráfego veicular e refinaria de petróleo [dissertação de mestrado]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2014.
- 8 Carvalho EA, Brinck V. Aglomeração: parte I: briquetagem. In: Luz AB, Sampaio JA, França SCA. Tratamento de minérios. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT; 2010.
- 9 Moraes SL, Kawatra SK. Avaliação do uso de combinações de aglomerantes na pelotização de concentrado de magnetita pela tecnologia de aglomeração em tambor (balling drum). Tecnológica em Metalurgia, Materiais e Mineração. 2011;8:168-173.
- 10 Telles VB, Espinosa DCR, Tenório JAS. Produção de sinter de minério de ferro utilizando poeira de aciaria elétrica como matéria prima. Tecnológica em Metalurgia, Materiais e Mineração. 2013;10:72-77.
- 11 Lucena DA, Medeiros RD, Fonseca UT, Assis PS. Aglomeração de moinha de carvão vegetal e sua possível aplicação em alto-forno e geração de energia. Tecnológica em Metalurgia, Materiais e Mineração. 2008;4:1-6.
- 12 Filippeto D. Briquetagem de resíduos vegetais: viabilidade técnica econômica e potencial de mercado [dissertação de mestrado]. Campinas: Universidade Estadual de Campinas; 2008.
- 13 Oliveira ER. Elaboração e caracterização de mini-pelotas utilizando resíduos siderúrgicos e pellet feed para posterior utilização na sinterização de minério de ferro [dissertação de mestrado]. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto; 2003.
- 14 Quirino WF, Brito JO. Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; 1991 [acesso em 02 jan. 2016]. 13 p. Disponível em: <http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/indice.pdf>
- 15 Almeida CAK. Comportamento do hidrociclone filtrante frente às modificações no diâmetro de underflow e no tubo de vortex finder [dissertação de mestrado]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2008.
- 16 Sampaio JA, Almeida SLM. Rochas e minerais industriais. In: Luz AB, Lins, FAF. 2. ed. Calcário e dolomito. Rio de Janeiro: CETEM/MCT; 2005. cap. 15, p. 327-350.
- 17 Alcarde JC. Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos; 2005 [acesso em 19 mar. 2016]. Disponível em: http://www.anda.org.br/multimedia/boletim_06.pdf

Recebido em: 24 Abr. 2016

Aceito em: 26 Jun. 2016