

Parte III

14

CAPÍTULO

APROVEITAMENTO DO REJEITO DA MINERAÇÃO DE CALCÁRIO UTILIZANDO A BRIQUETAGEM COMO PROCESSO DE AGLOMERAÇÃO

Mariana Rezende de Barros¹

André Carlos Silva¹

Elenice Maria Schons Silva¹

Douglas Yusuf Marinho¹

¹ Unidade Especial Acadêmica de Engenharia, Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, Catalão, Brasil.

E-mail de contato: mrezendeb@outlook.com

Agradecimentos: Às agências de fomento CNPq, CAPES e FAPEG pelo auxílio financeiro, primordial para a realização do presente estudo, bem como à Cala Calcário Lagamar Ind. Comércio por ceder o calcário utilizado no estudo e a Universidade Federal de Goiás.

Resumo: Aplicação tecnológica na agricultura dentro do sistema de produção é realidade globalizada. Calagem é uma prática barata, porém é negligenciada quanto ao seu uso. A briquetagem consiste na aglomeração de partículas finas através de pressão, com ou sem aglutinantes, permitindo obtenção de produtos compactados, com forma, tamanho e parâmetros mecânicos adequados. A recente preocupação ambiental, resultando em leis mais rígidas, além da necessidade de aproveitar economicamente resíduos e partículas finas geradas no beneficiamento de minérios fez com que a briquetagem voltasse a ser uma importante alternativa para aglomerar valor econômico. O objetivo deste trabalho foi aglomerar finos de calcário gerados no processamento através da briquetagem, variando dosagens de água (utilizada como agente aglomerante) de 0; 5; 7,5; 10; 12,5 e 15%. Os briquetes foram submetidos a testes de queda a 30, 60, 90, 120 e 150 cm de altura. Melhores resultados encontrados para resistência foram obtidos com 7,5% de umidade, com médias de 21 quedas para 30 cm e 10 quedas para 60 cm. Tais resultados apresentaram-se favoráveis quando comparados à literatura, a qual cita que para briquetes sem cura, consideram-se 3 quedas a 0,3 m como valor razoável. Resultado obtido é sete vezes maior que o mínimo necessário.

Palavras-chave: Briquetes. Finos. Calcário. Aglomerante.

Abstract: Technological application in agriculture within the production system is globalized reality. Liming is a cheap practice, but is neglected as to its use. Briquetting is the agglomeration of fine particles by pressure, with or without a binder, allowing obtaining compacts, the shape, size, and adequate mechanical parameters. The recent environmental concern, resulting in stricter laws, and the need to economically harness waste and fine particles generated in ore processing caused briquetting back be an important alternative for forming economic value. The objective was to agglomerate fine limestone generated in the same processing by briquetting, varying amounts of water (used as a binding agent) 0; 5; 7.5; 10; 12.5 and 15%. The briquettes were subjected to drop tests at 30, 60, 90, 120 and 150 cm. Best results found for resistance were obtained with 7.5% moisture, with averages of 21 falls to 30 cm and 10 falls to 60 cm. These results were favorable when compared to the literature, which mentions that for briquettes no cure, it is considered 3 falls to 0.3 m as a reasonable value. Result is seven times higher than the minimum required.

Keywords: Brickettes. Limestone. Slim. Agglomeration.

1 INTRODUÇÃO

Desde tempos remotos, rochas calcárias e dolomitos têm sido amplamente usados para diversos fins. Desde os tempos das cavernas, como nos tempos bíblicos e na Antiguidade, pode-se constatar a existência de relatos e comprovações arqueológicas relacionados ao uso dos calcários e dos dolomitos, bem como de seus produtos derivados em obras grandiosas e nos empregos domésticos. Para fins voltados à agricultura, não existem determinações permanentes dos teores de carbonato de cálcio a serem aplicados com a finalidade de favorecer a função agrícola, porém quanto maior o teor de CaCO_3 , menor será a quantidade fundamental para sua utilização (NAHASS; SEVERINO, 2003).

De acordo com Nahass e Severino (2003), a agricultura moderna deve ser voltada ao desenvolvimento sustentável, criando e mantendo a produtividade do solo a longo prazo. Os sistemas agrícolas, de uma forma geral, empregados aos conceitos de sustentabilidade, isto é, usar sem depredar, de modo a que os recursos naturais, notadamente o solo e a água, possam ser transferidos às gerações futuras, com um legado usufruto em condições de capacidade produtiva.

Ainda pelos mesmos autores, o uso, com tecnologia apropriada do calcário, protege o ambiente, incrementa a eficiência dos nutrientes e dos fertilizantes, melhora a efetividade de alguns herbicidas e aumenta a produtividade do cultivo. O excesso de acidez é um dos principais impedimentos para a obtenção de alta rentabilidade e produtividade dos solos.

A aplicação da tecnologia na agricultura dentro do sistema de produção é uma realidade, principalmente com a abertura de novos mercados através da globalização. Dentre as tecnologias disponíveis à agricultura, talvez o que promova maior retorno econômico seja o calcário, pois, na região tropical, tem-se, com alta frequência, solos com reação ácida, que limitam o crescimento e a produção da maioria das culturas comerciais (PRADO, 2003).

Pesquisas exaustivas e abundantes comprovam que os solos brasileiros são em sua maioria muito ácidos e que a correção de sua acidez pela calagem é imprescindível para se obter uma colheita abundante. Em não sendo utilizada a calagem em alguns solos, os rendimentos de algumas culturas são tão baixos que o seu cultivo se torna economicamente inviável (VOLKWEISS et al., 1995).

A mineração é um dos setores básicos da economia do país, contribuindo de forma decisiva para o bem-estar e a melhoria da qualidade de vida das presentes e futuras gerações, sendo fundamental para o desenvolvimento de uma sociedade equânime, desde que seja operada com responsabilidade social, estando sempre presentes os preceitos do desenvolvimento sustentável (FARIAS, 2002). Porém, é evidente que a mineração causa impactos ambientais consideráveis. De acordo com Silva (2007), ela altera intensamente a área minerada e as áreas vizinhas,

em que são feitos os depósitos de estéril e de rejeito. Além do mais, quando há a presença de substâncias químicas nocivas na fase de beneficiamento do minério, isto pode significar um problema sério do ponto de vista ambiental.

A recente preocupação ambiental, resultando em leis cada vez mais rígidas, além da necessidade de aproveitar economicamente os resíduos e as partículas finas geradas no beneficiamento de minérios, fez com que a briquetagem voltasse a ser uma importante alternativa para aglomerar valor econômico (CARVALHO; BRINCK, 2010). Ainda de acordo com autores Carvalho e Brinck (2010), a briquetagem consiste na aglomeração de partículas finas por meio de pressão, com auxílio ou não de um aglomerante, permitindo a obtenção de um produto não só compactado, porém com forma, tamanho e parâmetros mecânicos adequados. Redução de volumes do material, em alguns casos, além dos benefícios tecnológicos, permite que materiais finos possam ser transportados e armazenados de forma mais econômica.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi o aproveitamento do rejeito de mineração do calcário, o qual gera um tipo específico conhecido como *filler*, com granulometria ultrafina (passante na peneira de 500#) que, por meio de processos de aglomeração (a briquetagem), foram utilizados, diminuindo este passivo ambiental gerado pela estocagem do resíduo em barragens de rejeito.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Modelamento e Pesquisa em Processamento Mineral da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão, utilizando calcário *filler* (material tipicamente passante em 500#), proveniente da região de Lagamar – Minas Gerais.

O primeiro teste realizado foi o estudo da quantidade de água para homogeneização do calcário para conformação do briquete. O estudo de umidade dos briquetes foi realizado com 0; 5; 7,5; 10; 12,5 e 15% de água em peso. Na porcentagem de 12,5% a conformação do briquete apresentou-se pouco mais difícil, pois apenas a água extravasa para fora do cilindro quando aplicada a pressão desejada, porém a retirada no briquete da forma ainda era possível e a com a porcentagem de 15% de umidade não foi possível à fabricação do briquete, pois o material, depois que aplicada a pressão necessária, transbordava totalmente para fora do cilindro.

O calcário utilizado nos experimentos teve sua massa específica determinada através de picnometria, sendo a análise granulométrica realizada por peneiramento a úmido, efetuado em triplicata. Massas de 50g de calcário foram peneiradas com adição de solução de metassilicato de sódio a 1%. Uma amostra do calcário foi enviada para análise química, realizada pelo Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia.

Avaliou-se o potencial de aglomeração do calcário por meio da briquetagem com água como agente aglomerante, utilizando uma massa de calcário de 15g em cada composição elaborada. Após homogeneização da mistura de calcário e água, a massa resultante foi colocada em uma briquetadeira (Figura 1) e aplicou-se compressão uniaxial nesta de modo a promover a aglomeração do material sob pressão de 2 toneladas aferidas através de um manômetro instalado na prensa hidráulica utilizada no experimento e no tempo cronometrado de 2 minutos.

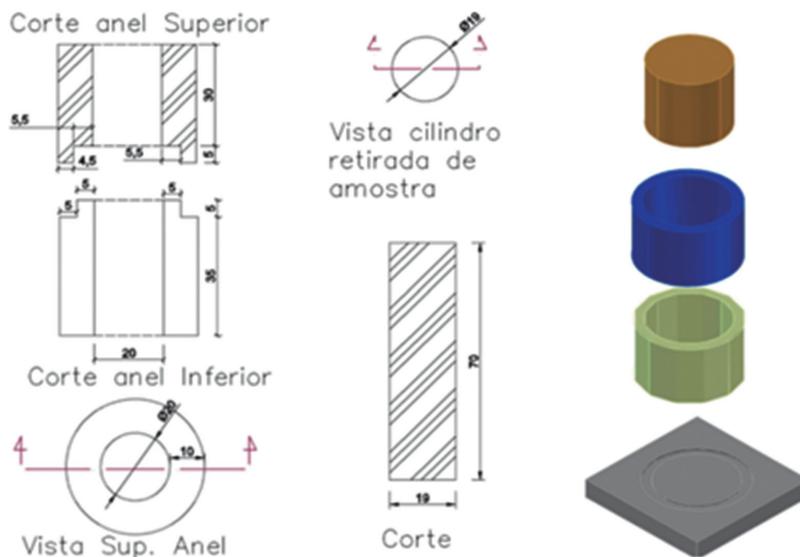


Figura 1. Cortes e vistas do cilindro utilizado para produção dos briquetes.

A adição da água foi realizada com pipetas graduadas para garantia do correto volume conforme a quantidade de líquido necessária. Em um béquer de 250mL foram adicionados os 15g de calcário e a quantidade de água parcelada em 3 vezes para garantir que a homogeneização da mistura fosse a melhor possível, sendo esta etapa realizada com ajuda de uma espátula.

Após a determinação da quantidade de água para conformação dos briquetes, eles foram produzidos para realização dos testes de queda. Os testes foram realizados através da queda livre dos briquetes em alturas padronizadas de 30, 60, 90, 120 e 150cm através da colocação de um suporte metálico graduado que garantia o padrão de queda. O briquete foi submetido à altura de 30cm e aferido seu peso na balança de precisão acima supracitada, sendo o mesmo briquete, após pesado, recolhido e submetido à altura posterior repetindo este processo até que perdesse 5% de sua massa original. Por fim, os briquetes foram pesados e medidos (diâmetro e altura), de modo a calcular a massa específica de cada um deles.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa específica encontrada nos ensaios de picnometria foi de 2,765 g/cm³, resultado obtido que pode ser confirmado por valores encontrados na literatura (2,72 a 2,87 g/cm³) (SAMPAIO; ALMEIDA, 2008). A análise granulométrica de calcário é apresentada na Figura 2.

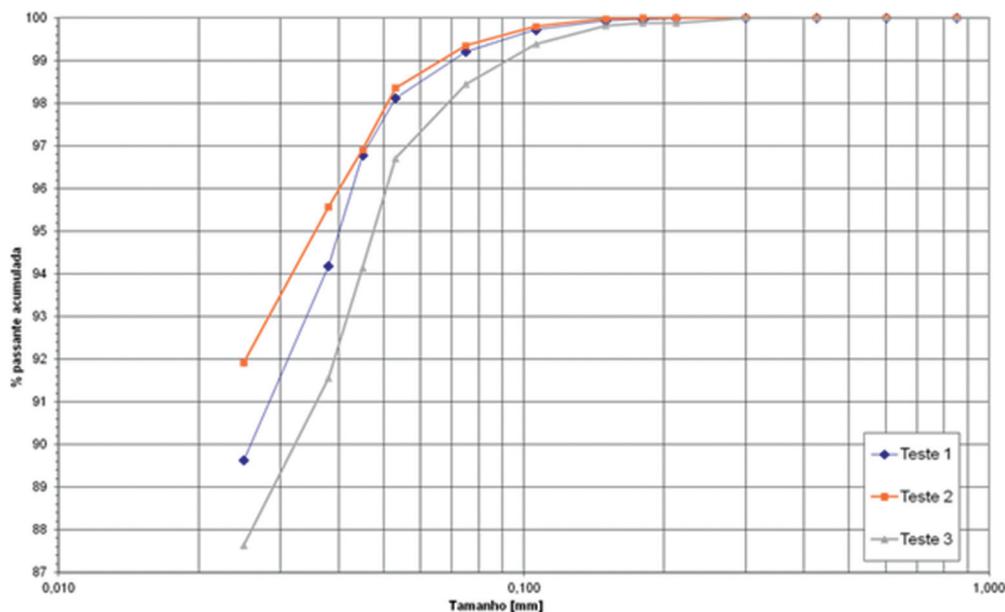


Figura 2. Análise granulométrica das amostras de calcário.

A partir da análise do gráfico acima, pode-se concluir que, pela média dos três testes, uma quantidade de material superior a 90% possui granulometria passante na peneira de 500#, evidenciando-se, assim, as dimensões extremamente pequenas das partículas de calcário utilizado nos ensaios de aglomeração. A Tabela 1 apresenta o resultado da análise química da amostra de calcário utilizado nos testes, sendo classificado como calcário dolomítico D. A classificação foi obtida baseando-se no teor de óxido de magnésio (Calcítico: < 5% MgO, Dolomítico: > = 5% MgO) e o grupo quanto ao PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) - grupo D (>90%).

Tabela 1. Análise química da amostra de calcário

CaO	CaCO ₃	MgO	MgCO ₃	PN	ER	PRNT
33,6	59,8	11,1	23,3	100,0	99,6	99,6

As Figuras 3a e 3b apresentam vistas dos briquetes de calcário a partir do calcário *filler* com forma, tamanho e parâmetros mecânicos adquiridos após o processo de briquetagem antes da submissão aos testes de queda. As Figuras 3c e 3d mostram briquetes submetidos a testes de quedas a 30cm de altura até perderem 5% da massa. As figuras apresentam briquetes com 7,5% de umidade, os quais demonstraram maior resistência mecânica. Os briquetes possuem dimensões médias de 1,93cm de diâmetro e 2,36cm de altura. Houve fraturas apenas em suas extremidades, não obtendo o desprendimento de grandes fragmentos.

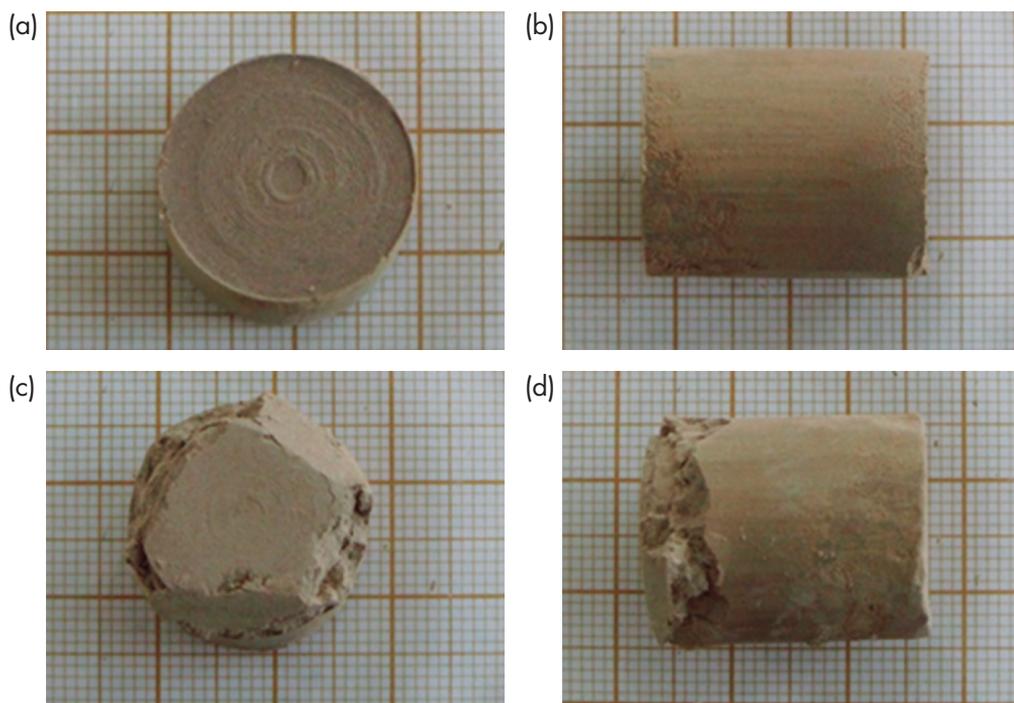
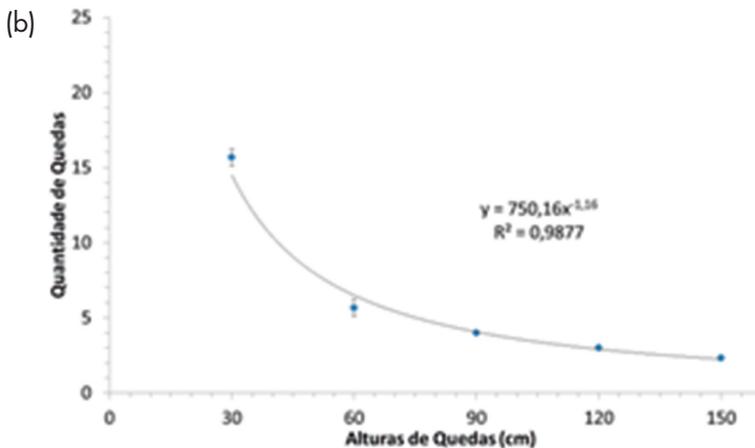
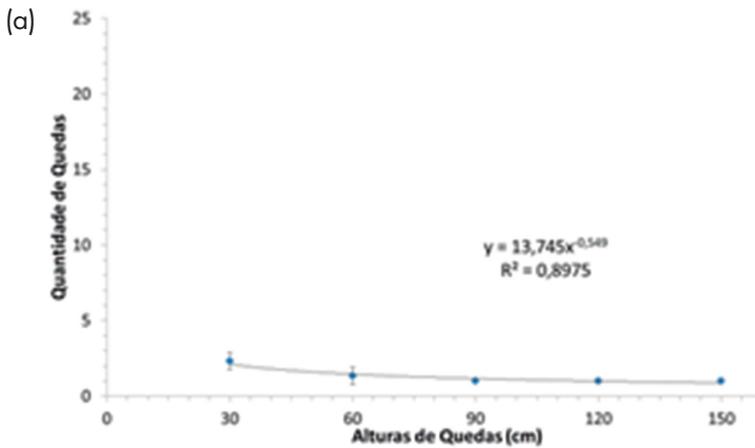


Figura 3. Vistas dos briquetes: (a) superior e (b) lateral antes do teste de queda, e (c) superior e (d) lateral após o teste de queda.

De acordo com a análise dos gráficos, pode-se perceber que há uma redução no número de quedas quando se eleva as alturas nos testes. Sem a adição de aglomerantes (Figura 4a) o briquete se mostrou frágil, suportando uma média menor que 5 quedas a 30cm e reduzindo sua resistência mecânica nas demais, se rompendo e gerando grandes fragmentos. Já com a adição de água como aglomerante (Figuras 4b, 4c, 4d e 4e), os briquetes obtiveram maior resistência mecânica nas primeiras duas alturas, demonstrando assim seu potencial para briquetagem deste material utilizando água como aglomerante.

A resistência ao impacto foi determinada pelo número de quedas consecutivas que o briquete consegue resistir sem fragmentar-se com perda de massa de até 5% (CARVALHO; BRINCK, 2010). Considera-se uma perda de massa de até 5% como um valor ótimo para estes tipos de briquetes, sendo considerados ruins quando as perdas são superiores a 10%. Tais resultados apresentaram-se favoráveis quando comparados à literatura, a qual cita que para briquetes sem cura, consideram-se 3 quedas a 0,3m como um valor razoável (CARVALHO; BRINCK, 2010). O resultado obtido é sete vezes maior que o mínimo necessário, com uma média de 22 quedas a 30cm de altura com 7,5% de umidade.



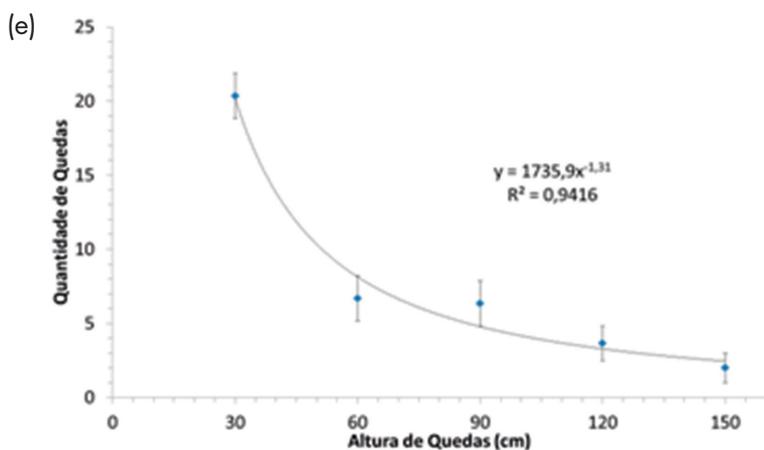
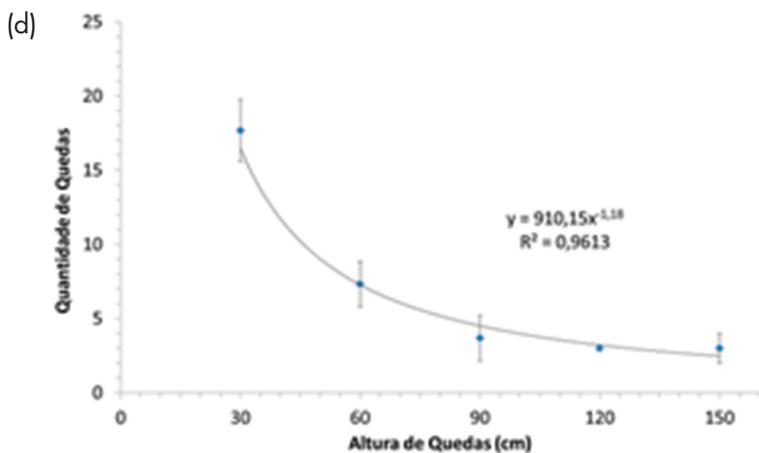
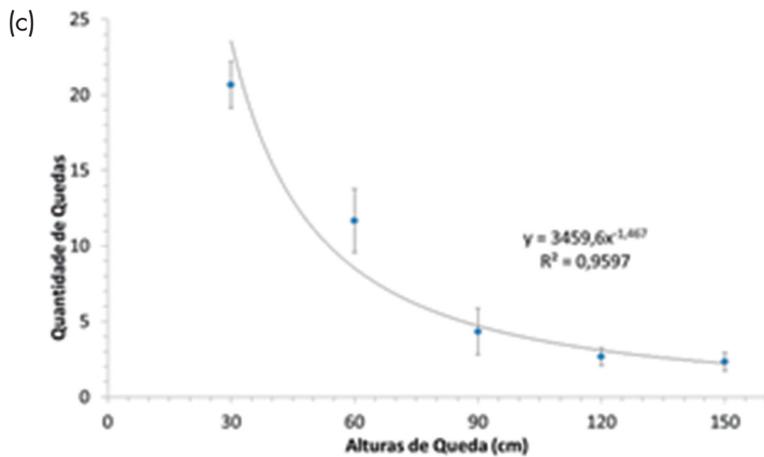


Figura 4. Quantidade de quedas em relação às alturas de queda a (a) 0; (b) 5; (c) 7,5; (d) 10 e (e) 12,5% de umidade no teste de resistência ao impacto.

Na Figura 5, a massa específica encontrada nos ensaios de picnometria apresenta resultados que diferem dos dados encontrados a partir da medição e do peso dos briquetes. A massa específica do briquete, variando as porcentagens de água, não chegou ao resultado da picnometria do calcário de $2,765 \text{ g/cm}^3$, apresentando resultados inferiores, pois entende-se que durante a aplicação de pressão utilizando a prensa hidráulica, os poros dos briquetes foram preenchidos por água, que possui massa específica de 1 g/cm^3 , e dessa forma os briquetes não teriam a mesma massa específica definida pelo teste do picnômetro, justificando sua densidade menor que a esperada.

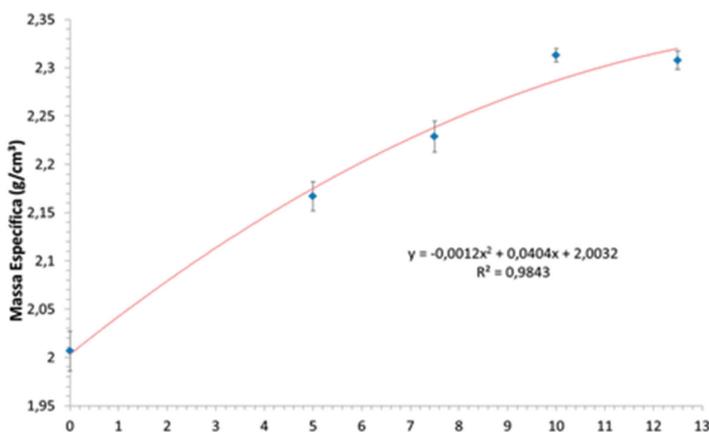


Figura 5. Variação da massa específica dos briquetes em relação à umidade.

Nesse caso, os briquetes apresentaram o melhor desempenho nas alturas de 30 e 60cm, a 7,5% de umidade com médias de 21 e 9 quedas, respectivamente, e 21 e 6 quedas também a 30 e 60cm de altura na devida ordem a 12,5% de umidade.

4 CONCLUSÃO

Diante das análises dos resultados obtidos, pode-se comprovar que a briquetagem é uma opção tanto quantitativa quanto qualitativa quando se trata da necessidade da reutilização de algum material, pois minimiza a quantidade de material exposto e atribui valor ao final do processo, fazendo com que o resíduo, antes não utilizado, possa ser finalmente aproveitado.

O calcário *filler*, gerado através do tratamento mineral do calcário, apresentou características apropriadas para a geração de briquetes. Dessa forma, causou a redução de material exposto em barragens de rejeito, diminuindo o impacto ambiental. A umidade utilizada nas amostras foi considerada favorável para a geração dos produtos finais.

O produto final visado pelo processo de aglomeração desenvolvido é tornar a aplicação do calcário *filler* na agricultura pelo produtor rural sem haver perdas a partir de ações de intemperismos, utilizando os produtos gerados pela briquetagem. E também para produção de cal virgem através de procedimentos em mufla.

Ainda estão sendo realizados testes utilizando outros aglomerantes além da água para observar se há aumento da resistência dos briquetes. E o estudo para análise econômica deste novo produto no mercado.

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, E. A.; BRINCK, V. **Agglomeração**. Parte I: Briquetagem. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral; Ministério da Ciência e Tecnologia; Coordenação de Processos Mineraiis – COPM, 2010.
- FARIAS, C. E. G. **Mineração e o meio ambiente no Brasil**. Relatório preparado para o CGEE, 2002.
- NAHASS, S.; SEVERINO, J. **Calcário Agrícola no Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2003.
- PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 7-16, jul.-set. 2003.
- SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. Rochas e minerais industriais. In: LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Calcário e Dolomito**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005.
- SILVA, J. P. S. Impactos ambientais causados por mineração. **Revista Espaço da Sophia**, n. 8, nov. 2007.
- VOLKWEISS, S. J.; TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995.

