

AValiação DO POTENCIAL DO GRITS COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO NA PRODUÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO¹

Larissa de Almeida Miranda², Rita de Cássia Silva Sant'Anna Alvarenga³, Paulo Cesar Moreira Pinto Junior², Eduardo Dantas de Paula Júnior², Carlos Alexandre Braz de Carvalho³, Délio Porto Fassoni³ e Lauro Gontijo Couto³

RESUMO – O "grits" é um resíduo sólido de características arenosas e coloração acinzentada, gerado pela indústria de polpa kraft durante a etapa de recuperação do licor branco empregado no cozimento dos cavacos de madeira. O objetivo deste trabalho foi estudar o potencial do grits como material de construção, considerando-se a sua empregabilidade na fabricação de tijolos de solo-cimento. Para a determinação da quantidade ideal de resíduo a ser utilizada, foram estudados os traços em volume 1:14:0; 1:10,5:3,5; 1:7:7; 1:3,5:10,5; e 1:0:14 de cimento, solo e grits, respectivamente. Os materiais foram caracterizados por meio de ensaios de análise granulométrica, limite de liquidez e limite de plasticidade, e os resultados foram de acordo com as prescrições normativas. O ensaio prático da caixa também foi usado para verificar os materiais, e os resultados atenderam às recomendações. Uma vez realizado o ensaio de compactação para obter o teor de umidade ótima, os tijolos foram produzidos com 90% desse valor, pois a resistência à compressão é favorecida com o material do ramo seco. No entanto, durante a moldagem não foi possível produzir tijolos com os traços 1:3,5:10,5 e 1:0:14, pois, nesses casos, as misturas de solo-cimento-grits não apresentaram plasticidade suficiente. Os tijolos produzidos com os demais traços foram, então, submetidos a ensaios de resistência à compressão e de absorção. Em relação à resistência à compressão, aos 28 dias todos os traços apresentaram valores médios superiores ao estabelecido pela normalização, que é de 2,0 MPa. Os tijolos fabricados com maior quantidade de grits apresentaram melhor desempenho no que se refere à resistência mecânica. Assim, este estudo não apenas apresenta o benefício ambiental de destinar corretamente o resíduo, como também contribui com novos materiais para a construção civil.

Palavras-chave: Tijolo de solo-cimento, Resíduo sólido industrial (grits) e Construção civil e habitação.

EVALUATION OF GRITS AS THE BUILDING MATERIALS IN THE PRODUCTION OF SOIL-CEMENT BRICKS

ABSTRACT – *Grits is a solid residue, with sandy characteristics and grayish appearance, produced by the kraft pulp industry, during the recovery stage of white liquor used in the cooking of the wood chips. The aim of this paper was to study the potential of grits as a building material, considering their employability in the manufacturing of soil-cement blocks. To set the ideal amount of residue to be used, the traits in volume 1:14:0; 1:10,5:3,5; 1:7:7; 1:3,5:10,5; 1:0:14 of cement, soil and grits were studied, respectively. The materials were characterized by the sieve analysis, liquid limit and plastic limit tests and the results are consistent with the prescriptive requirements. The practical test of the box was also used to verify the materials and the results met the recommendations. Once the compaction test was performed to obtain the optimum moisture content, the bricks were produced with 90% of this value, because the compressive strength is increased with dry material. However, it was not possible to produce blocks with traits 1:3,5:10,5 and 1:0:14 because, in these cases, mixtures of soil-cement-grits did not show sufficient plasticity. The blocks produced with others*

¹ Recebido em 21.12.2009 e aceito para publicação em 31.10.2011.

² Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail: <larissa_miranda@ymail.com>, <paulo.cesar@ufv.br> e <eduardo.junior@ufv.br>.

³ Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. E-mail: <critadecassia@ufv.br>, <cabraz@ufv.br>, <delio@ufv.br> e <lauro.gontijo@ufv.br>.

traits were tested for compressive strength and absorption. Regarding the compressive strength at 28 days, all traits had their mean values higher than the normalization, which is 2.0 MPa. The blocks which were produced with higher grits showed better performance in compressive strength. Therefore, this study not only has the environmental benefit of directing the residue properly, but also contributes to new construction materials.

Keywords: Soil-cement block. Industrial solid waste (grits). Construction and habitation.

1. INTRODUÇÃO

O “grits” é um resíduo sólido com características arenosas e coloração acinzentada gerado na indústria de polpa *kraft*, caracterizada pela recuperação dos reagentes empregados no cozimento da madeira.

A fabricação da celulose inicia-se com o cozimento de cavacos de madeira com uma substância denominada licor branco, que produz o licor negro. Dentro dessa etapa, inicia-se o processo de recuperação do licor branco, através da queima do licor negro, produzindo o resíduo “smelt”. Este é dissolvido em água, gerando o licor verde, que, por sua vez, é clarificado e produz um resíduo denominado “dregs”. Por fim, a caustificação do licor verde, etapa que retorna novamente com o licor branco, dá origem ao resíduo grits.

Segundo Martins (2006), que procedeu à coleta desse resíduo logo após a sua geração no tanque de caustificação, o grits apresenta como principais compostos: a calcita (CaCO_3), a portlandita (Ca(OH)_2) e a pirsonita ($\text{CaNa}_2(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), apresentando também brucita (Mg(OH)_2) e larnita (Ca_2SiO_4). Esse autor sugeriu a utilização do grits como matéria-prima para a fabricação de cimento.

Segundo Pereira (2005), o grits é classificado conforme a NBR 10004 (ABNT, 1987) como classe II, material não inerte, apesar de o elevado pH ser indicativo de material altamente corrosivo, levando-o à classe I. Segundo Souza e Cardoso (2008), que procederam ao estudo de resíduos sólidos da indústria de polpa *kraft* para a fabricação de cimento, o grits é classificado, através de extratos lixiviados e solubilizados, como classe II A, isto é, resíduo não perigoso e não inerte.

Nos últimos anos, a produção da indústria de celulose vem aumentando de forma considerável no Brasil, assim como, conseqüentemente, o volume de resíduos gerados. Segundo Pereira (2005), são gerados 12 kg de grits por tonelada de celulose seca ao ar. Assim, esse crescimento amplia a preocupação com a gestão dos resíduos sólidos produzidos pelo setor, uma vez que, em geral, são acumulados nos pátios das próprias fábricas

geradoras, produzindo custos de armazenamento e acarretando problemas ambientais, como a poluição do solo e a contaminação dos lençóis de água.

Com base no anteriormente exposto, este trabalho teve como objetivo o estudo do potencial do resíduo grits, considerando-se a sua empregabilidade na fabricação de tijolos de solo-cimento, de forma a integrar o aproveitamento do resíduo com a produção de novas tecnologias para a construção civil.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O traço-base escolhido para produzir os tijolos foi 1:14 de cimento e solo, respectivamente. Sabe-se que esse traço atende aos valores normativos quanto à resistência mecânica e, ao mesmo tempo, é capaz de absorver maior quantidade de resíduo, em conformidade com a proposta do trabalho. Assim, o estudo foi desenvolvido substituindo-se gradativamente o solo pelo grits até chegar à totalidade do volume em grits. Portanto, foram testadas as seguintes proporções de solo-grits em porcentagem: 100-0; 75-25; 50-50; 25-75; e 0-100; correspondendo aos traços em volume 1:14:0; 1:10,5:3,5; 1:7:7; 1:3,5:10,5; e 1:0:14 de cimento, solo e grits, nessa ordem.

O solo escolhido para o trabalho foi proveniente da jazida Nô da Silva, na microrregião de Viçosa, MG. Esse solo apresenta características arenosas, e estudos anteriores indicaram que ele é adequado para a fabricação de tijolo de solo-cimento, atendendo às exigências normativas.

O resíduo grits, fornecido pela empresa CENIBRA S.A., situada na microrregião de Ipatinga, MG, também apresenta características arenosas, o que aparentemente o torna ideal para emprego na fabricação de tijolo de solo-cimento. Além disso, segundo Machado et al. (2003), esse resíduo mostrou-se potencialmente utilizável como agente estabilizante do solo pesquisado para pavimentos de estradas florestais.

A NBR 10832 (ABNT, 1989) fixa as condições necessárias para a produção de tijolos maciços de solo-cimento utilizando prensas manuais. Assim, o solo deve

atender às seguintes características: 100% passando na peneira de 4,8 mm (n° 4), de 10% a 50%, passando na peneira de 0,075 mm (n° 200), limite de liquidez menor que 45% e índice de plasticidade inferior a 18%.

Para caracterizar o material solo-grits, foram realizados os seguintes ensaios: análise granulométrica, segundo a NBR 7181 (ABNT, 1984); limites de consistência – limite de liquidez (LL), segundo a NBR 6459 (ABNT, 1984); e limite de plasticidade (LP), segundo a NBR 7180 (ABNT, 1984).

Com o intuito de obter a melhor relação entre as propriedades de densidade e resistência mecânica, foi realizado o ensaio de compactação, de acordo com a NBR 7182 (ABNT, 1986). Assim, os tijolos foram moldados com 90% da umidade ótima, pois a resistência à compressão é favorecida no ramo seco da curva de compactação, aumentando a qualidade dos tijolos. Foi realizado ainda o ensaio prático da caixa, o qual, embora não seja normatizado, é de fácil execução, e seu resultado é representativo, possibilitando que ele seja executado inclusive na própria obra. O ensaio consiste em umedecer uma quantidade de solo até que ele comece a grudar na colher de pedreiro. Em seguida, deve-se colocá-lo em uma caixa de dimensões de 60 x 8,5 x 3,5 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente, sem compactá-lo, e rasar a sua superfície. A caixa deve estar lubrificada com óleo. Após sete dias armazenada em ambiente fechado e ao abrigo do sol, deve-se proceder à medição da retração sofrida pelo solo.

Uma vez concluída a fase de caracterização dos materiais, procedeu-se à fase de produção dos tijolos. Para tanto, é necessário haver um mínimo de plasticidade no solo para que seja possível retirar o tijolo da prensa e removê-lo para o local de cura. Assim, nessa etapa já se esperava que não seria possível produzir o tijolo com 100% de grits, visto que este material se apresentou como não plástico no decorrer dos estudos. Portanto, apesar de todos os traços estarem de acordo com a NBR 10832 (ABNT, 1989) para a produção de tijolos de solo-cimento, foram fabricados apenas tijolos com traços que possuíam plasticidade suficiente para serem retirados da prensa manual. Os tijolos produzidos foram curados através de irrigação manual e armazenados em locais protegidos do sol e cobertos por lonas.

Por fim, foram feitos os ensaios de resistência à compressão, aos 14 e 28 dias, e de absorção de água, segundo a NBR 8492 (ABNT, 1984). Os resultados foram

verificados de acordo com os requisitos especificados pela NBR 8491 (ABNT, 1984).

De forma a obter resultados precisos para a caracterização do material segundo a NBR 10832 (ABNT, 1989), o traço em volume foi convertido para traço em peso. Já na produção dos tijolos a dosagem foi em volume, visto que se pretendia avaliar a qualidade dos tijolos obtidos de forma mais próxima da realidade em que ele seria concebido na prática.

3. RESULTADOS

Na Figura 1, apresentam-se as curvas granulométricas do solo e do grits, respectivamente. Pode-se observar, nessa figura, que 25% do solo passa na peneira de malha de 0,075 mm, assim como 10% do grits passa nessa mesma peneira.

Na Figura 2 são apresentados os resultados dos ensaios de limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP) e os valores do índice de plasticidade (IP), para os diversos teores de solo-grits apresentados.

Na Figura 3, mostram-se os resultados referentes ao ensaio da caixa com os teores de solo-grits em porcentagem, respectivamente de 100-0; 75-25; e 50-50.

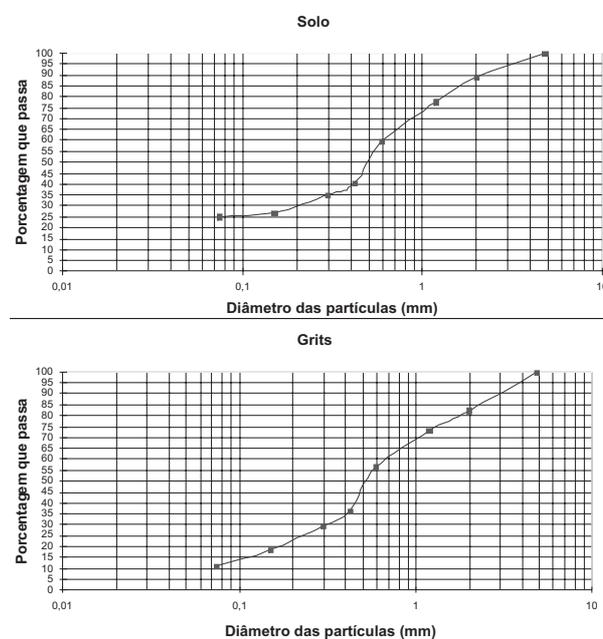


Figura 1 – Curva granulométrica do solo e do grits.
Figure 1 – Grading curve of the soil and of grits.

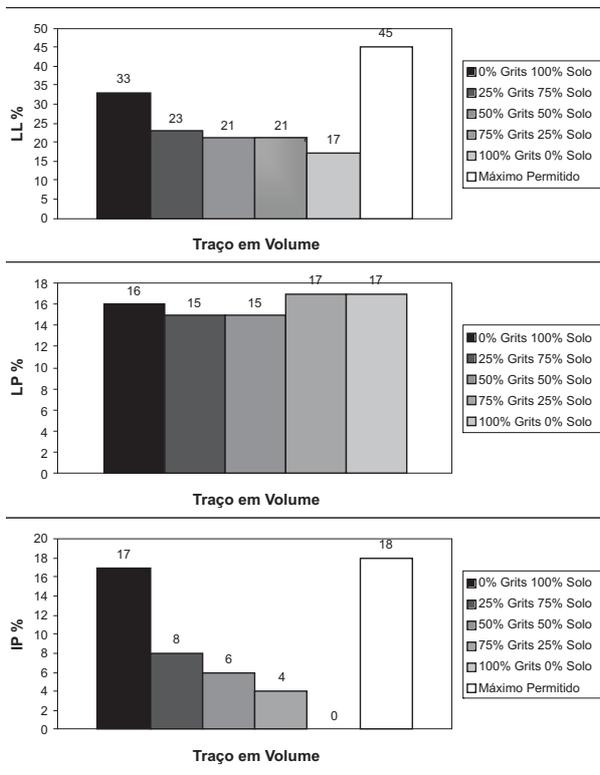


Figura 2 – Resultados dos ensaios de limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP) dos diversos teores de mistura solo-grits e comparação com os limites permitidos pela NBR 10832.

Figure 2 – Test results of liquid limit, plastic limit and plasticity index for different levels of soil-grits mixture and comparison with the limits allowed by the NBR 10832.

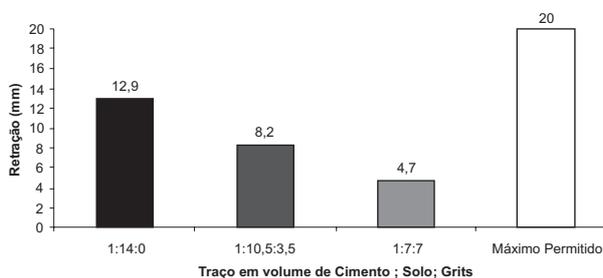


Figura 3 – Resultados do ensaio da caixa dos diversos teores de mistura solo-grits.

Figure 3 – Results of the test box for different levels of soil-grits mixtures.

A Figura 4 refere-se aos valores de umidade ótima e peso específico de matéria seca, respectivamente, obtidos no ensaio de compactação dos diversos traços estudados. Entende-se como umidade ótima aquela correspondente ao peso específico máximo, como pode ser observado na Figura 4.

Na Figura 5, apresentam-se os resultados do ensaio de resistência à compressão simples dos tijolos aos 14 e 28 dias e do ensaio de absorção de água, respectivamente, dos diversos teores de solo-grits capazes de fabricar os tijolos.

4. DISCUSSÃO

Dos ensaios de granulometria do solo e do grits, cujos resultados são apresentados na Figura 1, pode-se observar que tanto o solo quanto o grits atendem aos requisitos estabelecidos pela NBR 10832 (ABNT, 1989). Portanto, qualquer combinação de teores de solo-grits também se apresentará em conformidade com as especificações da Norma, que limita entre 10% e 50% o material passante na peneira de abertura de malha de 0,075 mm.

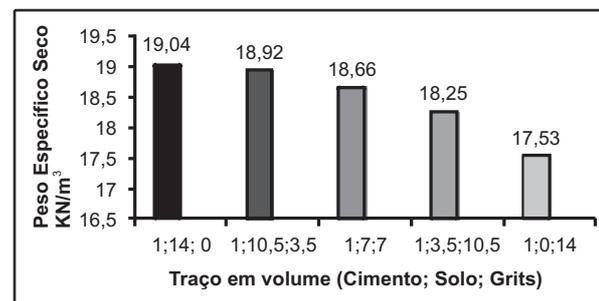
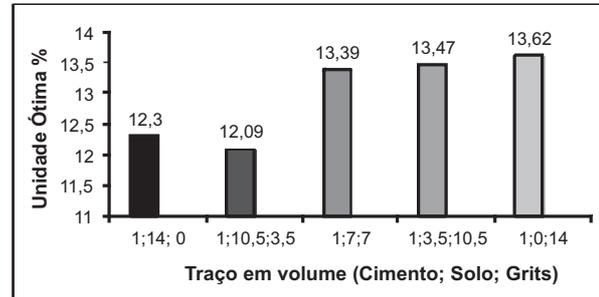


Figura 4 – Valores obtidos de umidade ótima e peso específico de matéria seca dos diversos teores de mistura solo-grits.

Figure 4 – Values for the optimum moisture and dry unit weight for different levels of soil-grits mixture.

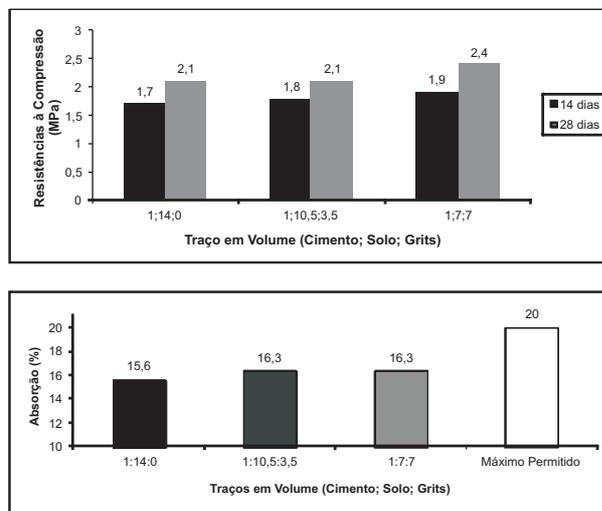


Figura 5 – Valores de resistência à compressão aos 14 e 28 dias e absorção dos diversos traços de solo-grits e comparação com os limites permitidos pela NBR 8491.

Figure 5 – Values of compressive strength at 14 and 28 days and absorption for the various traits of soil-grits and comparison with the limits allowed by NBR 8491.

Com relação aos resultados obtidos dos limites de consistência, apresentados na Figura 2, pode-se observar que o aumento do teor de grits corresponde a uma redução no valor do limite de liquidez e não houve grandes variações para o limite de plasticidade, resultando em redução dos valores obtidos do índice de plasticidade. O grits apresenta-se como material não plástico (NP), uma vez que o valor obtido para o IP foi zero. Esses resultados estão de acordo com os dos estudos de Pereira et al. (2006). Todos os valores de LL permaneceram abaixo do máximo permitido de 45%, assim como os valores obtidos para o IP, que permaneceram abaixo do máximo permitido de 18%, estando de acordo com a NBR 10832 (ABNT, 1989). Percebe-se que essa redução no IP, com a adição do resíduo, se deve à diminuição ocorrida no LL, tendo em vista que o LP pouco se alterou.

Na Figura 3 são apresentados os resultados de retração no ensaio prático da caixa para alguns traços estudados, pois tendo em vista a característica arenosa do grits, se o teor de grits na mistura for superior a 50%, a retração será ainda menor. Pode-se observar que todos os resultados foram abaixo dos 20 mm esperados nesse ensaio prático.

Com os resultados da umidade ótima e do peso específico de matéria seca, conforme apresentado na Figura 4, pode-se observar que o aumento no teor de grits corresponde a uma tendência de aumento no teor de umidade ótima e redução no peso específico de matéria seca.

Com a análise dos resultados dos ensaios apresentados na Figura 5, pôde-se observar que, quanto à resistência à compressão simples aos 28 dias, todos os traços apresentados atingiram o mínimo de 2,0 MPa, conforme estabelecido na NBR 8491 (ABNT, 1984). Os resultados da absorção se encontram abaixo do máximo valor médio prescrito na norma (20%), e nenhum valor individual ultrapassou o limite máximo prescrito (22%). Pode-se perceber também que o traço 1:7:7 de cimento, solo e grits apresentou o melhor desempenho quanto à resistência à compressão, se comparado aos outros. Com isso, entende-se que maior quantidade de grits, considerando as limitações para a moldagem dos tijolos, favorece as características de resistência mecânica do tijolo de solo-cimento.

5. CONCLUSÕES

No que diz respeito à caracterização de material para fabricação de tijolos de solo-cimento, pode-se concluir que todos os traços avaliados: 1:14:0; 1:10,5:3,5; 1:7:7; 1:3,5:10,5; 1:0:14 de cimento, solo e grits, respectivamente, atenderam às condições da NBR 10832 (ABNT, 1989). Portanto, era de se esperar que fosse possível produzir tijolos com todos eles. No entanto, foi possível produzir tijolos apenas com os traços 1:14:0; 1:10,5:3,5; 1:7:7 de cimento, solo e grits, nessa ordem. Os traços 1:3,5:10,5; 1:0:14 de cimento, solo e grits, respectivamente, não apresentaram plasticidade suficiente para manuseio dos tijolos e, portanto, foram descartados. Assim, a fabricação de tijolos de solo-cimento com a adição do grits não apenas apresenta o benefício ambiental de destinar corretamente um resíduo, como também contribui com novos materiais para a construção civil.

Tendo em vista que a produção de tijolos de solo-grits-cimento é viável dos pontos de vista ambiental e tecnológico, a próxima etapa desta pesquisa refere-se à avaliação de prismas e paredes confeccionados com esses tijolos. Espera-se que essas novas avaliações permitam ratificar a viabilidade técnica de se construírem edificações utilizando tijolos de solo-grits-cimento.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 1984a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182**: Solo - Ensaio de Compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491**: Tijolo Maciço de Solo-Cimento – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1984d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492**: Tijolo Maciço de Solo-Cimento – Determinação da Resistência à Compressão e da Absorção D'água. Rio de Janeiro: ABNT, 1984e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10832**: Tijolo maciço de solo-cimento com utilização de prensa manual. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem em métodos de ensaio**. São Paulo: Publicações ABCP, 1980.

MACHADO, C.C.; PEREIRA, R.S.; PIRES, J.M.M. Influência do tratamento térmico do resíduo sólido industrial grits na resistência mecânica de um latossolo para pavimentos de estradas florestais. **Revista Árvore**, v. 27, n. 4, p. 543-550, 2003.

MARTINS, F.M. **Caracterização química e mineralógica de resíduos sólidos industriais minerais do estado do Paraná**. Curitiba. 158f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Paraná, 2006.

PEREIRA, R. S.; MACHADO, C. C.; CARVALHO, C. A. B. Uso de resíduos em pavimentos de estradas florestais: caracterização de solos e misturas solo-grits. **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.629-635, 2006.

PEREIRA, R. S. **Viabilidade técnica do emprego de resíduos da indústria de celulose para construção de estradas florestais**. 2005. 356f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

SOUZA, T. I.; CARDOSO, A. V. Utilização de resíduos sólidos da indústria de celulose kraft na fabricação de cimento: caracterização físico-química. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 18., 2008. Porto das Galinhas. **Anais...** Porto das Galinhas, 2008. 1 CD-ROM.