

Avaliação da utilização de lama abrasiva gerada no beneficiamento de mármore e granito para a confecção de telhas de concreto

J. F. Barbosa*, V. S. da Costa, M. R. P. Lima

Coordenadoria de Saneamento Ambiental – Instituto Federal do Espírito Santo

Campus Vitória, Av. Vitória, 1729, CEP 29040-780, Vitória – ES

(Recebido em 11/07/2012; revisado em 16/01/2013; aceito em 01/05/2013)

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

O resíduo das rochas ornamentais, denominada Lama Abrasiva, é gerado no beneficiamento das rochas ornamentais nos processos de corte e polimento. Quando disposta incorretamente no meio ambiente poderá ocasionar assoreamento e turbidez dos recursos hídricos, contaminação do lençol freático e do solo, poluição atmosférica, desfiguração da paisagem e danos à saúde. Como forma de eliminar os impactos negativos com a disposição inadequada desse resíduo no meio ambiente, este trabalho visa avaliar o efeito da incorporação da lama abrasiva gerada no processo de beneficiamento de mármore e granito, na confecção de telhas de concreto, de acordo com a NBR 13858-2 – ABNT. As telhas foram confeccionadas com 10% e 20% de incorporação de lama abrasiva em substituição à areia fina. Após a confecção das telhas, essas passaram por testes de absorção de água, permeabilidade e ruptura à flexão. A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que o efeito resultante da incorporação da lama na massa para confecção das telhas de concreto foi favorável, atendendo aos limites estabelecidos pela norma.

Palavras-chave: Lama abrasiva; impacto ambiental; reutilização; telha de concreto.

Abstract:

The ornamental rocks's waste, called Abrasive Sludge, is generated on ornamental rock's benefit by cutting and polishing process. When improperly disposed at the environment, it can cause siltation and turbidity of water resources, contamination of groundwater and soil, atmospheric pollution, it may cause lost of the landscape, and health damage. In order to eliminate the negative impacts to the improper disposal of this waste in the environment, this study aims to evaluate the effect of incorporation of the abrasive sludge generated in the marble and granite benefit process in the manufacture of concrete roof tiles, according to NBR 13858-2 - ABNT. The tiles were made with 10% and 20% of incorporation of abrasive sludge, replacing the fine sand. After their manufacturing, the tiles passed by water absorption tests, permeability and mechanical strength. From the obtained results it was possible to conclude that the effect resulted from the incorporation of sludge at the mass used to manufacture the tiles was positive, being in accordance with the limits established by the standard.

Keywords: Abrasive sludge; environmental impact; reuse; concrete tile.

1. Introdução

O mercado de rochas ornamentais e de revestimento compreende os mármore e granitos que perfazem cerca de 90% da produção mundial, estando o Brasil entre os cinco maiores produtores mundiais de rochas ornamentais [1]. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS as exportações brasileiras já superaram expectativas no mês de janeiro de 2012 obtendo 24,63% de exportações à frente ao mesmo período de 2011[2].

O Espírito Santo possui uma das maiores reservas de mármore e granito do País com uma enorme variedade de cores. O Estado dispõe de um parque industrial com cerca

1.000 empresas e representa 65% das exportações brasileiras [3]. O município de Cachoeiro de Itapemirim é conhecido nacionalmente pela produção de rochas ornamentais, destacando-se pelo pioneirismo no setor [1].

A lama abrasiva surge devido à água que é utilizada para a refrigeração das máquinas, em conjunto com o pó resultante dos processos de corte e polimento [4]. Esse resíduo, de acordo com estudos realizados por Lima, Neves e Carvalho [4], apresenta elevado teor de sílica (59,56%), alumina (16,46%), óxidos de ferro (6,58%) e óxido de cálcio (6,14%), sendo que o óxido de cálcio é proveniente da cal utilizada como lubrificante dos equipamentos (serras) e o ferro, da granalha utilizada como abrasivo.

*Email: je.fbarbosa@yahoo.com.br (J. F. Barbosa)

Os resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais são basicamente de dois tipos: frações de pedras e lama em forma de polpa, que se caracteriza como sendo a massa mineral resultante dos processos de serragem, polimento e corte [4]. A lama abrasiva é uma mistura composta de água, granelha metálica de ferro e/ou aço, cal e rocha moída [6]. Essa lama abrasiva é classificada, segundo a NBR 10004/2004 [5], como resíduo Classe IIB – inerte e não apresenta toxicidade.

Vale salientar que a lama abrasiva, mesmo não tendo constituinte perigoso em sua composição, deve ter um tratamento adequado. Isso porque, quando despejada diretamente em um recurso hídrico, poderá ocasionar seu assoreamento e turbidez que afetam diretamente a biota local, além de contaminar o lençol freático [7], contaminar o solo, poluir a atmosférica; desfigurar a paisagem e causar danos à saúde [8].

Alguns autores já realizaram estudos para o reaproveitamento da lama abrasiva, podendo destacar Coelho *et al.* [9] que pesquisaram a utilização do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais, substituindo a argila, em argamassas de revestimento e de assentamento. Neste estudo, os autores concluíram que a substituição de argila por esse resíduo não interfere nos índices de consistência, sendo o teor de resíduo de 75% o que apresentou melhor desempenho.

Diante deste contexto, esse trabalho objetiva avaliar o efeito da incorporação da lama abrasiva gerada no processo de beneficiamento de mármore e granito, na confecção de telhas de concreto.

As telhas de concreto devem atender basicamente a NBR 13858-2, Telhas de Concreto – Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio [10], que tem por objetivo fixar os requisitos exigíveis para o recebimento e aceitação de telhas de concreto, destinadas à execução de telhados. Assim, a pesquisa seguiu os critérios definidos por esta norma para fabricação, determinação de lotes e realização de ensaios nas telhas de concreto.

2. Materiais e Métodos

Para este estudo foram definidos dois lotes com doze telhas de concreto cada, sendo um com a incorporação de 10% de lama abrasiva na confecção das telhas e o outro, com 20%. O número de telhas pertencentes a cada um dos lotes foi adotado de acordo com os padrões estabelecidos pela NBR 13858-2 [10], que também serviu de base para a prática dos ensaios realizados nas telhas. O trabalho seguiu as seguintes etapas:

A lama abrasiva foi coletada na marmoraria Loren, localizada em Civit II, Serra –ES e, devido ao alto teor de água junto à lama, houve a necessidade de submetê-la a um processo simples de desaguamento para posterior utilização na confecção das telhas. O desaguamento foi realizado no pátio da Fábrica Teghovix, localizada no bairro São Diogo, Serra – ES, que consistiu em expor o material ao sol por um período de três dias. Não foi utilizado estufa nesse procedimento.

Para a confecção das telhas de concreto são utilizadas, normalmente, matérias-primas como areia fina e média, cimento, plastificante e água. Nesta pesquisa, após a realização do desaguamento da lama abrasiva, esta foi moída e adicionada ao processo de confecção da telha de concreto nas proporções de 10% e 20% em substituição a areia fina. Esses materiais foram misturados e homogeneizados num misturador cilíndrico.

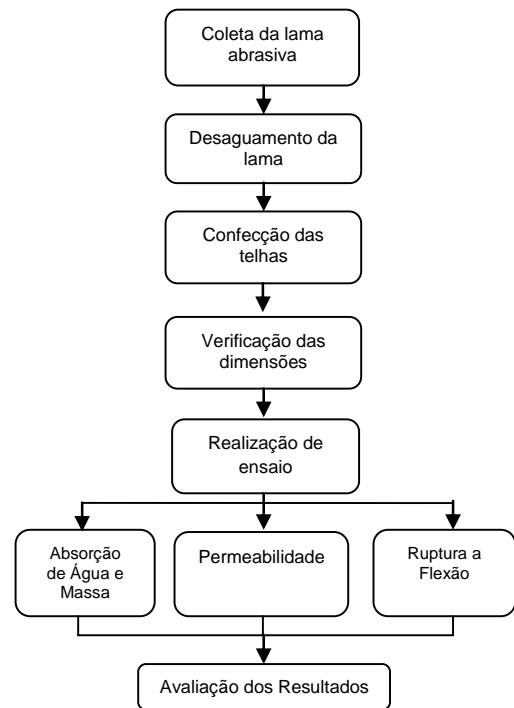


Figura 1. Sequência das etapas realizadas na pesquisa.

A massa já pronta foi colocada nos moldes da telha de concreto e, após esta etapa, as telhas foram encaminhadas para uma estufa, onde ficaram por cerca de 24h. Ao sair da estufa as telhas de concreto foram desenformadas, molhadas com água e, em seguida, organizadas no pátio da fábrica, onde permaneceram por sete dias para a cura do cimento.

Depois de prontas as telhas de concreto passaram por testes de absorção de água, permeabilidade e carga de ruptura à flexão, todos os testes foram realizados empregando a metodologia baseada na NBR 13858-2 [10].

No ensaio de absorção de água, inicialmente, as telhas de concreto foram imersas em um tanque com água por um período de 24h. Após esse tempo as telhas de concreto foram pesadas obtendo-se a massa úmida (M_u). Logo depois foram encaminhadas para secagem em estufa, onde permaneceram por 24h. As telhas foram, então, pesadas para se obter a massa seca (M_s).

A absorção d'água (A), expressa em percentagem, é calculada pela seguinte equação:

$$A = \frac{M_u - M_s}{M_s} \times 100 \quad (1)$$

onde:

- M_u é a massa da amostra inicial úmida, em quilogramas;
- M_s é a massa da amostra seca, em quilogramas.

O valor de M_s foi utilizado, também, para avaliação da Massa das Telhas, segundo a NBR 13858-2 [10].

Para o ensaio de permeabilidade foram colocados dois tubos sobre as telhas de concreto com o objetivo de simular a pressão de água nas telhas (Figura 2). Os tubos permaneceram sobre as telhas de concreto por 24h e, após este período, foi verificada a ocorrência de vazamentos ou formação de gotas em sua face inferior.



Figura 2. Demonstração do ensaio de permeabilidade.

O ensaio de ruptura a flexão foi realizado com o auxílio de uma prensa hidráulica (Figura 3). Sobre a telha de concreto foi colocada uma madeira para distribuição uniforme da pressão.



Figura 3. Demonstração do ensaio de ruptura a flexão.

3. Resultados e Discussão

Para a avaliação dos resultados foram utilizados os parâmetros apresentados na NBR 13858-2 [10]. Como forma de diferenciação das diferentes dosagens de lama na confecção das telhas, as com 10% de lama receberam a letra “a” na sua denominação e as confeccionadas com 20% a letra “b”.

A primeira característica avaliada foi à espessura. Segundo a norma a espessura da onda central deve ser maior ou igual a 10 mm e admite-se nas partes do encaixe espessuras de no mínimo 6 mm. Não foi observada nenhuma variação significativa entre as telhas com relação a essa característica.

Todas as telhas foram, então, pesadas obtendo-se os valores de massa encontrados na Tabela 1.

Tabela 1. Massa das telhas fabricadas com 10% e 20% de incorporação da lama abrasiva.

Massa das Telhas (ABNT - Variação entre 4,3 a 5,0 kg) ¹			
Incorporação de 10% De Lama Abrasiva		Incorporação de 20% De Lama Abrasiva	
Telha	Massa (kg)	Telha	Massa (kg)
T1a	4,460	T1b	4,785
T2a	4,160	T2b	4,615
T3a	4,320	T3b	4,645
T4a	4,465	T4b	4,630
T5a	4,450	T5b	4,635
T6a	4,420	T6b	4,625
T7a	4,310	T7b	4,530
T8a	4,260	T8b	4,620
T9a	4,735	T9b	4,630
T10a	4,955	T10b	4,465
T11a	4,485	T11b	4,530
T12a	4,520	T12b	4,380
Média 1	4,462 ± 0,2129	Média	4,591 ± 0,1027
Média 2 *	4,512 ± 0,1948	-	-

Nota: 1 - Variação dos valores de massa permitida – Norma 13858-2 ABNT [10].

*- Desconsiderando as massas de T2a e T8a

Pode ser observado que, praticamente, todas as telhas tiveram a sua massa dentro da variação estabelecida pela norma com exceção das telhas T2a e T8a com incorporação de 10% de lama abrasiva, apresentaram-se abaixo do limite estabelecido pela legislação.

Para as telhas com 10% de incorporação de lama abrasiva realizou-se o cálculo da Média 1 em que foi considerada a massa de todas as telhas e a Média 2 que desconsiderou os valores das telhas T2a e T8a.

Por apresentar uma variação irrisória entre as médias Média 1 e Média 2 (Incorporação de 10% de lama), que mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos pela norma, optou-se por não descartá-las.

Na Figura 4 é possível ver a comparação entre as médias das massas apresentadas nas diferentes incorporações de lama.

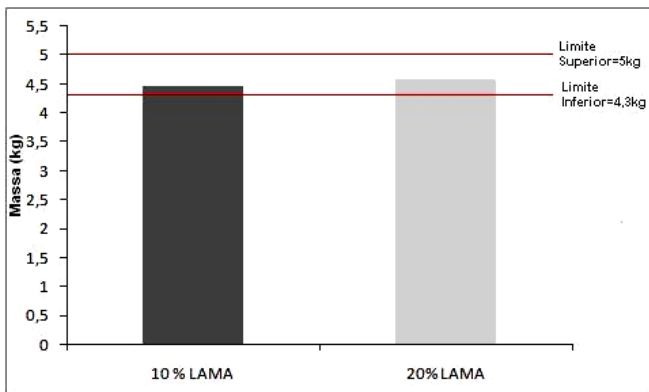


Figura 4. Médias das massas das telhas confeccionadas com 10% e 20% de incorporação lama abrasiva e os limites estabelecidos pela ABNT.

No quesito absorção, a norma estabelece o valor máximo em 10%. Na Tabela 2 estão apresentados os valores referentes a esse ensaio, sendo que: Massa úmida (M_u) é a massa, em kg, da telha após a submersão de 24 horas, Massa seca (M_s) é a massa, em kg, da telha após o período em que permanece na estufa e Absorção (%) (eq. 1) é a quantidade de água absorvida pela telha.

No teste de absorção, como se observa na Figura 5, foi possível perceber que todas as amostras estão dentro do padrão estabelecido pela NBR e as telhas com incorporação de 20% de lama abrasiva obtiveram desempenho melhor que as confeccionadas com 10%.

Esse fato pode ser explicado inicialmente pela granulometria da lama, pois, por tratar-se de material muito fino [9], a lama abrasiva consegue preencher os interstícios (vazios) causados pela expulsão do ar.

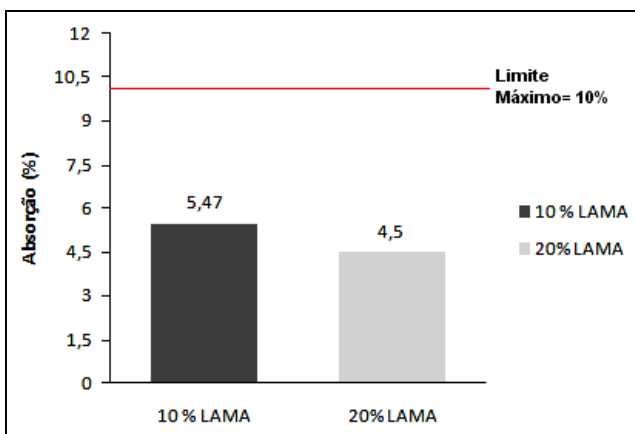


Figura 5. Médias obtidas no ensaio de absorção das telhas confeccionadas com 10% e 20% de incorporação lama abrasiva e o limite máximo estabelecido pela ABNT.

No quesito permeabilidade, todas as telhas foram aprovadas, conforme metodologia descrita no item 2.

Tabela 2. Resultados obtidos no ensaio de absorção de água para 10% e 20% de incorporação de lama abrasiva.

Absorção de Água (ABNT – limite máximo 10%) ¹			
Telha	Massa Úmida (Kg)	Massa Seca (Kg)	Absorção (%)
Incorporação 10% de lama abrasiva			
T1a	4,706	4,460	5,52
T2a	4,286	4,160	3,04
T3a	4,667	4,320	8,04
T4a	4,678	4,465	4,77
T5a	4,744	4,450	6,60
T6a	4,758	4,420	7,64
T7a	4,491	4,310	4,21
T8a	4,600	4,260	7,98
T9a	4,951	4,735	4,56
T10a	5,264	4,955	6,24
T11a	4,631	4,485	3,25
T12a	4,689	4,520	3,74
Média	4,705 ± 0,237	4,462 ± 0,213	5,47 ± 1,81
Incorporação 20% de lama abrasiva			
T1b	4,888	4,785	2,15
T2b	4,853	4,615	5,15
T3b	4,845	4,645	4,30
T4b	4,801	4,630	3,70
T5b	4,820	4,635	4,00
T6b	4,819	4,625	4,20
T7b	4,716	4,530	4,10
T8b	4,819	4,620	4,30
T9b	4,896	4,630	5,74
T10b	4,742	4,465	6,20
T11b	4,725	4,530	4,30
T12b	4,634	4,380	5,80
Média	4,796 ± 0,088	4,591 ± 0,103	4,50 ± 1,10

Nota: 1 - Limite máximo de absorção – Norma 135858-2 ABNT [10].

Para o teste de ruptura à flexão os valores estão apresentados na Tabela 3.

Pelos dados obtidos pode-se inferir que a maioria das telhas obteve excelentes resultados e atenderam o estipulado pela norma. Há de se destacar que quatro telhas fabricadas com 10% de lama abrasiva se romperam com uma tensão inferior. Mesmo nesse caso, o valor médio continuou acima do limite definido pela ABNT. Os resultados obtidos (Figura 6) indicam que as telhas com 20% de lama abrasiva apresentaram maior resistência à ruptura à flexão.

Tabela 3. Resultados obtidos no ensaio de carga de ruptura à flexão para 10% e 20 % de incorporação.

Ruptura à Flexão (ABNT – limite mínimo 250 kgf) ¹			
Telha	Ruptura (kgf) ²	Telha	Ruptura (kgf) ¹
Incorporação 10% de lama abrasiva		Incorporação 20% de lama abrasiva	
T1a	240	T1b	320
T2a	330	T2b	320
T3a	220	T3b	320
T4a	300	T4b	380
T5a	320	T5b	320
T6a	300	T6b	330
T7a	220	T7b	300
T8a	250	T8b	320
T9a	320	T9b	340
T10a	340	T10b	340
T11a	280	T11b	320
T12a	240	T12b	360
Média 1	280±44,11	Média	331 ±21,51
Média 2*	305 ± 29,28	-	-

Nota: 1-Limite mínimo de carga de ruptura a flexão – Norma 135858-2 ABNT [10].

2- Os valores apresentados na coluna ruptura representam o valor de carga impresso nas telhas suficientes para rompê-las.

* - Desconsiderando as telhas T1a, T3a, T7a e T12a.

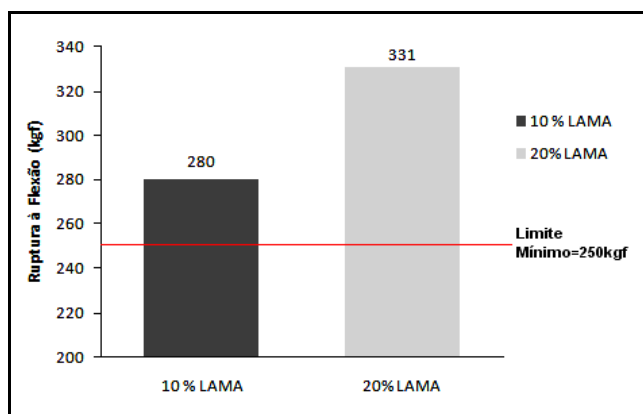


Figura 6. Médias obtidas no ensaio de ruptura à flexão das telhas confeccionadas com 10% e 20% de incorporação de lama abrasiva e o limite mínimo estabelecido pela ABNT.

4. Conclusões

Para as condições testadas pode-se concluir que a incorporação da lama proveniente do beneficiamento do mármore e do granito na confecção de telhas de concreto atendeu aos limites estabelecidos pela ABNT.

Pode-se, ainda, concluir que:

- Foi possível confeccionar as telhas incorporando a lama abrasiva;

- Os resultados obtidos nos ensaios de absorção de água, permeabilidade e carga de ruptura à flexão, de acordo com a norma 13858-2, foram satisfatórios e comprovaram a viabilidade técnica das telhas.

- As telhas confeccionadas com incorporação de 20% de lama abrasiva apresentaram melhor desempenho em comparação às de 10%.

- O uso da lama abrasiva reduz a necessidade de utilização de agregado miúdo (areia) no preparo da massa para a confecção da telha de concreto e constitui uma eficaz solução para a minimização de resíduos lançados *in natura* no meio ambiente.

- A possibilidade de reciclagem da lama abrasiva como matéria-prima alternativa para a confecção de telha de concreto, polpa áreas em aterros sanitários, uma vez que este material é disposto, na maioria das vezes, em aterro.

Quanto às recomendações, vale destacar que:

- Considerando os impactos causados, deve-se intensificar a fiscalização nas empresas de beneficiamento, afim de que a disposição dos resíduos gerados no beneficiamento do mármore e do granito seja realizada de maneira sustentável e correta em locais adequados.

- As marmorarias devem promover o desaguamento da lama para reaproveitamento da água na cadeia produtiva e fornecerem às fábricas de telhas e/ou similares a lama em um estado apropriado para o seu uso imediato na confecção dos produtos, facilitando, também, seu transporte.

Novas pesquisas devem ser realizadas, considerando a incorporação de outras porcentagens de lama abrasiva na fabricação de telhas de concreto.

Referências

- [1] Brasil. Ministério da Educação: Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Rochas Ornamentais. Brasília, DF, 2007. 27 p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/publica_s_etec_rochas.pdf>. Acesso em 02 de mar. 2012.
- [2] Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS. Balanço das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais e de revestimento em janeiro de 2012. São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/10808/Informe_02_2012.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2012.
- [3] Espírito Santo. Secretaria de Desenvolvimento. Rochas Ornamentais. Vitória, 2011. Disponível em: <http://www.sedes.es.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=40>. Acesso em: 02 mar. 2012.
- [4] Lima, R. C. O., Neves, G. A., carvalho, J. B. Q. Durabilidade de tijolos de solo-cimento produzidos com resíduo de corte de granito. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, Paraíba, v. 5.2, p. 24-31, 2010.
- [5] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- [6] Braga, F. S. et al. Concepção de um sistema de

- gerenciamento de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais. 2010. Disponível em: <<http://www.manancialprojetos.com.br/home/artigos.aspx?id=17&pg=1&qnt=7>>. Acesso em: 01 mar. 2012.
- [7] Silva, A. A. A. Gestão de resíduos na indústria de rochas ornamentais, com enfoque para a lama abrasiva. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos... Rio de Janeiro: Excelência em Gestão, 2011. p. 1-19 Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg7/anais/T11_0350_2134.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2012.
- [8] Magacho et al. Identificação e Gerenciamento dos Resíduos Gerados em Empresas de Beneficiamento de Rochas Ornamentais Localizadas no Município de Nova Venécia/ES – Brasil. In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental, 30., 2006, Puntadel Este, Uruguay. Anais... Puntadel Este: Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2006. p. 1-9
- [9] Coelho, M. A. M. et al. Utilização do Resíduo do Beneficiamento de Rochas Ornamentais (RBRO) em substituição à argila em argamassas. Cerâmica, São Paulo, v. 51, n. 319, p. 180-186, 2007.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 13858-2: Telhas de concreto - Parte 2: requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 1997.