

III-576 – DESENVOLVIMENTO DE PAVER ECOLÓGICO COM A INCORPORAÇÃO DE REJEITOS GERADOS NO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

Mariana Costa Severo⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Adriano Oliveira da Silva

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

William de Paiva

Graduado em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Técnico pela Escola Técnica Redentorista (ETER). Mestre em Geotecnia pela UFPB. Doutor em Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professor da UEPB.

Djane de Fátima Oliveira

Engenheira Química pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Graduada em Licenciatura Plena em Química pela UEPB. Mestra em Engenharia Química pela UFPB. Doutora em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professora da UEPB.

Antonio Augusto Pereira de Sousa

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Químico Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Doutor em Engenharia de Processos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professor da UEPB.

Endereço⁽¹⁾: Rua Manoel Joaquim Ribeiro, 745 - Bodocongó - Campina Grande - PB - CEP: 58430-475 - Brasil - Tel: +55 (83) 9168-9036- e-mail: marianacsevero15@gmail.com

RESUMO

O setor de rochas ornamentais no Brasil é uma área de grande desenvolvimento que tem como grande desafio nos últimos anos a questão ambiental, principalmente relacionada ao grande volume de resíduos sólidos gerado nos processos. Com o crescimento das atividades neste setor, os resíduos na sua maior parte são destinados de forma inadequada, oferecendo riscos à contaminação do solo e aos recursos hídricos, devido principalmente pela falta de gerenciamento de resíduos. A reutilização do resíduo como material de construção civil é uma alternativa ecológica para mitigar o impacto ambiental, visando a sustentabilidade do setor. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo principal desenvolver Tijolos Intertravados (Pavers) com a incorporação de rejeitos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais, obedecendo aos limites permitidos pela norma técnica de resíduos sólidos NBR 10.004. Inicialmente foi realizado um Planejamento Fatorial de tal modo a definir o melhor fator água/cimento e percentual de substituição dos agregados (areia e pedrisco) na fabricação dos Pavers, em função da resistência a compressão simples aos 28 dias. Observou-se que as maiores resistências foram obtidos com os menores valores do fator água/cimento e menor percentual de resíduo incorporado. A metodologia de ensaio recomendada pela NBR 9780 (ABNT 1987), que determina uma resistência à compressão simples de 35 MPa não foi atendida, porém o intuito dos Pavers é para pisos de calçadas para pedestres (praças), no qual não é necessário um valor que, por norma, é recomendado a cargas veiculares.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Rochas Ornamentais, Pavers.

INTRODUÇÃO

A indústria de extração e beneficiamento de rochas ornamentais é uma das áreas promissoras de negócios no setor de mineração, apresentando nos últimos dez anos considerável crescimento na produção mundial. O grande crescimento populacional e o elevado déficit habitacional em todo o mundo fazem com que um dos maiores desafios para o século XXI seja a necessidade de se obter materiais de construção com baixo consumo de energia e capazes de satisfazer aos anseios de infraestrutura da população, sobretudo nos países em desenvolvimento (ANJOS et al., 2003a).

O beneficiamento de rochas ornamentais passa por várias etapas. De maneira resumida, pode-se descrever o processo da seguinte forma: o desdobramento de materiais brutos extraídos nas pedreiras em forma de blocos, que possuem dimensões normalmente variáveis de 5m³ a 10m³, são beneficiados sobretudo através da serragem (processo de corte) em chapas, por teares e talha-blocos, para posterior acabamento até sua dimensão final. A serragem nos teares é feita a partir de um quadro com fixação de lâminas de aço paralelas, que desenvolvem movimentos retilíneos, pendulares ou curvo retilíneo-curvo sobre a rocha. O processo de serragem nos teares é auxiliado por uma polpa de água, cal, gralha e pó de pedra, despejada continuamente sobre a rocha, para otimizar o corte, lubrificar e resfriar as lâminas, evitando sua oxidação de modo a impedir o aparecimento de manchas nas chapas. O acabamento final das chapas é feito logo após a serragem, o processo de acabamento é realizado por meio de desbaste, polimento e lustro. O desbaste representa a diminuição da espessura das chapas, com isso podemos obter superfícies planas e paralelas. O polimento produz o desbaste fino da chapa e o fechamento dos poros entre os grãos minerais, criando uma superfície lisa, opaca e mais impermeável que a de uma face natural da mesma rocha.

Os resíduos gerados no beneficiamento das rochas ornamentais são oriundos principalmente no momento do corte das placas ou blocos, onde a polpa constituída de água, gralha, cal moída e pó de pedra são acrescentados nos teares com o objetivo de lubrificar e resfriar as lâminas para evitar sua oxidação. O problema desses resíduos reside no fato de serem depositados nos arredores das empresas ou em barragens de rejeito improvisadas.

A destinação correta para resíduos sólidos é hoje um problema de grande importância no âmbito das grandes indústrias. Assim, a atenção especial tem sido dada para o destino dos resíduos sólidos, e que a reciclagem consiste na utilização desses resíduos como matérias-primas alternativas nos diferentes setores industriais, além de preservar o meio ambiente. Diante do contexto atual de preservação do meio ambiente e de reaproveitamento de resíduos, estudos que visam materiais e técnicas de construção alternativas vêm ganhando maior espaço e destacando-se no setor da construção civil.

A falta de habitações dignas nos países em desenvolvimento em virtude dos grandes problemas são os elevados preços dos materiais de construção, e surge então a necessidade de utilizar meios alternativos que sejam ecológicos, de menor custo e com disponibilidade, de modo depreciação os custos das habitações. As atividades relacionadas à extração e beneficiamento de rochas ornamentais promovem um grande crescimento econômico no país, porém produz um alto volume de resíduos que geralmente é lançado no meio ambiente, acarretando graves consequências ambientais.

A opção pela utilização dos rejeitos provenientes do beneficiamento de rochas ornamentais justifica-se principalmente pelo aspecto tecnológico e ecológico diante de uma análise ambiental. Estes rejeitos podem ser classificados como material potencialmente poluidor. Portanto, estudos têm sido realizados com a finalidade de incorporá-los em compósitos para a construção civil, como por exemplo, Pavers, que são peças pré-moldadas de concreto utilizadas na construção de pavimentos ou calçamentos.

Dentre as principais vantagens associadas aos Pavers ecológicos está a economia de matéria prima, com repercussão direta no impacto ambiental de exploração; a regularidade das formas, influenciando na economia de argamassa de assentamento, desde que o Pavers esteja protegido da ação direta da água; e a redução dos agentes poluentes pela inexistência do processo de queima.

A reciclagem também pode colaborar bastante com a diminuição das áreas destinadas à remoção e redução destas despesas. A incorporação de resíduos industriais na produção de matérias de construção civil pode reduzir o consumo de energia para a produção do mesmo produto sem resíduos, e consequentemente reduzir distâncias de transporte e contribuir para a redução da poluição gerada, dependendo da localização do resíduo e o seu mercado consumidor potencial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho de pesquisa teve início com o levantamento do referencial teórico sobre a caracterização do resíduo do corte das rochas ornamentais e sua aplicação como materiais de construção alternativos incorporando resíduo da lama abrasiva do proveniente do beneficiamento de rochas ornamentais.

Para realização dos ensaios procedeu-se uma substituição dos agregados pela lama proveniente do corte e polimento do mármore e granito. A otimização do processo, na busca do melhor fator água/cimento(A/C) e percentual de resíduos foi realizado um delineamento composto com pontos centrais (DCC), ver a Tabela 1.

Tabela 1- Matriz de Planejamento

Variáveis	Menor Valor	Ponto Central	Maior Valor
Fator água cimento (A/C)	2	2,5	3
% de Resíduos	30	45	60

Após todo o estudo bibliográfico, iniciou-se a parte experimental em laboratório. Primeiramente, foi realizada a confecção de corpos de provas com os traços previamente obtidos no Planejamento Fatorial, variando a relação A/C e o percentual de resíduo. Para cada relação A/C foram moldados 4 (quatro) Pavers.

O ensaio de compactação foi conduzido de acordo com a norma NBR 12023 (ABNT, 1990), aplicada a solo-cimento, sendo a moldagem dos corpos de prova cilíndricos, de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura, realizada conforme os procedimentos indicados pela norma NBR 12024 (ABNT, 1992). Na preparação das misturas, levou-se em conta a quantidade de água em relação à massa do cimento (fator água/cimento).

A mistura dos componentes foi feita manualmente, sendo primeiramente misturados o cimento, a areia e o pedrisco, até se conseguir homogeneidade, para depois adicionar-se o resíduo gerado no beneficiamento de rochas ornamentais, e, por último, a água. Os moldes foram previamente untados com óleo desmoldante, sendo a moldagem dos corpos de prova feita logo em seguida.

A moldagem dos corpos de prova foi feita imediatamente após o amassamento e com a maior rapidez possível. Para tanto, foi necessário que o recipiente contendo a mistura estivesse junto aos moldes durante o adensamento. A colocação da mistura na forma é feita com o auxílio da espátula, em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, recebendo cada camada 30 golpes uniformes com o soquete normal, homogeneamente distribuídos. Como observa-se na Figura 2.

Esta operação foi terminada com a rasadura do topo dos corpos de prova, por meio da régua que o operador faz deslizar sobre as bordas da forma em direção normal à régua, dando-lhe também um ligeiro movimento de vaivém na sua direção. Após 24 horas da confecção, os corpos de prova foram desmoldados (Figura 3) e submetidos ao processo de cura por 28 dias, como mostra a Figura 4.



Figura 1: Tipo (A) com o Fator A/C 3; Tipo (C) com o Fator A/C 2



Figura 2: Confeção dos corpos de prova



Figura 3: Corpos de prova moldados e desmoldados



Figura 4: Corpos de prova em cura

RESULTADOS OBTIDOS

Foram avaliados os ensaios de resistência à compressão simples, através do rompimento dos corpos de prova em uma prensa específica para este ensaio. Os resultados da determinação da resistência à compressão simples dos corpos de prova fabricados com diferentes combinações em relação à A/C e o percentual de resíduo, aos 28 dias, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Dados dos corpos de prova estudados

Traço	Tipo	% Resíduo	A/C	Tempo (dia)	Código	Valor obtido no ensaio	Resistência (Mpa)
1/7	A	60	3	28	A1	120	1,61
					A2	115	1,54
	B	30	3	28	B1	130	1,74
					B2	125	1,68
	C	60	2	28	C1	145	1,95
					C2	155	2,08
	D	30	2	28	D1	165	2,21
					D2	150	2,01
	E	45	2,5	28	E1	115	1,54
					E2	125	1,68
	F	45	2,5	28	F1	100	1,34
					F2	110	1,48
	G	45	2,5	28	G1	100	1,34
					G2	160	2,15

A Tabela 3, apresenta um resumo descritivo para os valores de resistência a compressão simples da argamassa dos Pavers. Observa-se uma resistência média de 1,74 MPa e um coeficiente de variação de 16,67% o que mostra uma baixa dispersão dos dados.

Tabela 3: Valores Descritivos da Resistência a Compressão Simples

Valores Descritivos da Resistência a Compressão Simples				
Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de Variação (%)	Máximo (MPa)	Mínimo (MPa)
1,74	0,29	16,67	2,24	1,34

Após a realização dos ensaios de resistência a compressão simples, observou-se que a variável independente fator água-cimento (A/C) e o fator mais influente no processo, pois com o aumento deste fator observa-se uma redução na resistência (Figura 5).

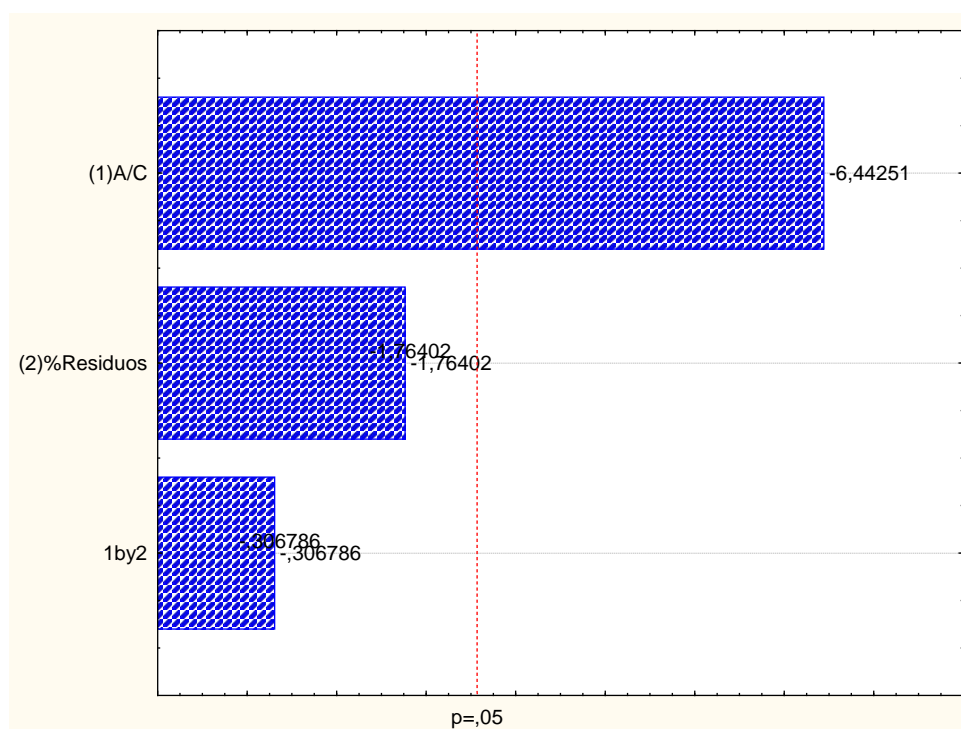


Figura 5: Gráfico de Pareto para resistência e compressão

A superfície resposta apresenta uma maior resistência para um fator água-cimento(A/C) e um percentual de resíduo em torno de 2 e 30%, respectivamente. A Figura 6 apresenta a superfície resposta do Planejamento Fatorial.

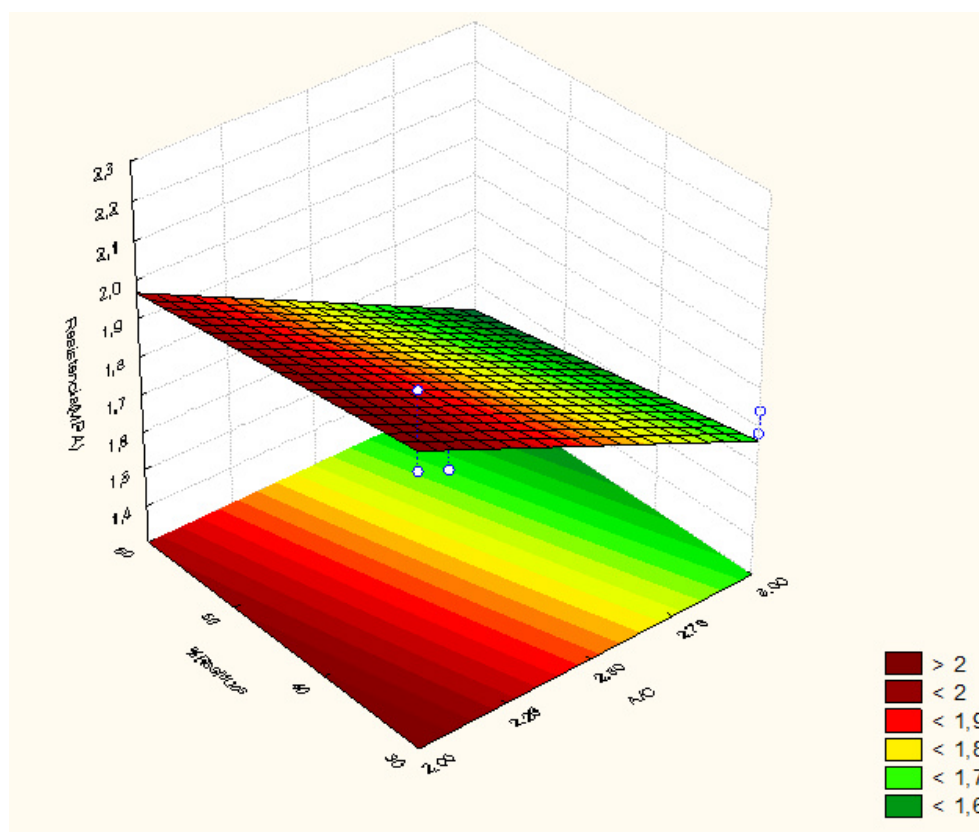


Figura 6: Superfície resposta do Planejamento Fatorial

CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado, concluiu-se que apesar dos escassos estudos sobre o efeito do uso do resíduo de corte de rochas ornamentais em Pavers, sabe-se que há minimização dos impactos no meio ambiente quando se reutiliza um resíduo, quer seja pela diminuição no consumo de cimento ou de agregados, materiais que demandam extração de recursos naturais, quer seja, pela incorporação do próprio resíduo, cujo volume é alto e cujo destino final ainda representa um problema.

Mesmo com um percentual alto de resíduos, as resistências à compressão simples dos corpos de prova apresentam-se adequadas para utilização em locais de passeio público. O valor que otimiza essa resistência é de 2,0 e 30%, para fator água/cimento e percentual de resíduo incorporado nos Pavers, respectivamente. Com esses valores citados anteriormente obtém-se um Paver com resistência média de 2,0 MPa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9781/13 - Peças de concreto para pavimentação.
2. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 9780/87 - Método de ensaio para determinação de resistência à compressão de peças de concreto para pavimentação.
3. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 10004 - Resíduos Sólidos: Classificação. São Paulo, 2004.
4. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 07215 - Cimento Portland: determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996. 8 p.
5. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 12023 - Solo-cimento: ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1990. 9 p.
6. ANJOS, M. A. S.; Ghavami, K.; Barbosa, N. P. Compósitos à base de cimento reforçado com polpa celulósica de bambu. Parte II: Uso de resíduos cerâmicos na matriz. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.346-349, 2003.
7. DOS REIS, Alessandra Savazzini; DE ALVAREZ, Cristina Engel. A sustentabilidade e o resíduo gerado no beneficiamento das rochas ornamentais.
8. GONÇALVES, Jardel Pereira. Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos. 2000.