



Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC -
como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil



EFEITO DO PÓ DE PEDRA EM ARGAMASSA PARA ALVENARIA ESTRUTURAL

Jurandi José Nunes Junior (1); Fernando Pelisser (2).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1) jjrnunes@hotmail.com (2) fep@unesc.net

RESUMO

A necessidade de se aumentar a resistência à compressão dos prismas de blocos estruturais e também das argamassas por eles compostas, além da relevância das questões ambientais relacionadas com a exploração das areias convencionais, remetem a uma solução para a substituição de agregados componentes da argamassa de assentamento para alvenaria estrutural. Nesta pesquisa foram utilizados agregados disponíveis na região de Criciúma, com foco também na necessidade de soluções para o sistema de alvenaria estrutural dessa região. O estudo foi realizado substituindo a areia convencional por pó de pedra nos teores de 0, 50 e 100%, por fim comparando-a com uma argamassa industrializada utilizada em obras de alvenaria estrutural. A resistência à compressão e o módulo de elasticidade apresentaram-se consideravelmente maiores na argamassa com substituição de 50% de pó de pedra em comparação a argamassa industrializada. Os resultados mostram que as argamassas compostas por pó de pedra apresentam uma alternativa viável com vantagens técnicas do aumento da resistência à compressão das argamassas e dos prismas de blocos estruturais. E também uma alternativa para as questões ambientais que envolvem as areias convencionais.

Palavras chave: Argamassa de assentamento, Pó de pedra, Alvenaria estrutural, Resistência à compressão.

1. INTRODUÇÃO

A Argamassa confeccionada com pó de pedra é determinada como uma mistura que na sua composição apresenta a substituição da areia convencional pelo agregado miúdo proveniente do processo de britagem, no caso o pó de pedra, com substituição total ou parcial.

O pó de pedra é um agregado proveniente do processo de britagem de rocha vulcânica, com diâmetro máximo de 4,8mm. Segundo Sá (2006), apresenta de uma forma geral em sua composição, dióxido de silício, óxido de alumínio, óxido de ferro, óxido de cálcio, óxido de magnésio, trióxido de enxofre, óxido de sódio, óxido de potássio.



No estudo realizado para obter argamassas produzidas com pó de pedra, por Silva, Campitelli e Gleize, (2007), na maioria dos traços realizados, as argamassas produzidas com pó de pedra apresentaram maiores resistências de aderência e de compressão do que aquelas produzidas com areia. Já o estudo de Holsbach (2004), mostra uma maior resistência à compressão aos 28 dias das argamassas produzidas somente com areia. Porém ainda assim as argamassas produzidas com pó de pedra em alguns teores de substituição, dentre eles o de 50%, apresentam resistências próximas às das misturas confeccionadas somente com areia convencional.

O pó de pedra se mostra também com uma relevância para a solução de questões ambientais, Segundo Almeida e Sampaio (2002), os impactos ambientais são características marcantes do mundo industrializado. A substituição da areia natural pelo pó de pedra pode ser uma solução para alguns desses impactos. Nos países desenvolvidos essa substituição iniciou-se nos anos setenta, uma década após a produção em série dos primeiros equipamentos especiais usados para britagem dos materiais finos. Assim viabilizou-se industrialmente a ideia de se produzir pó de pedra em escala comercial.

O objetivo deste trabalho foi a utilização do pó de pedra, coletado em uma unidade de britagem da região de Criciúma, na composição da argamassa de assentamento para blocos de alvenaria estrutural, tornando-se possível aumentar a resistência à compressão das argamassas de assentamento e dos prismas (conjunto bloco estrutural e argamassa de assentamento), para a alvenaria estrutural. É também uma alternativa para as questões ambientais que envolvem as areias convencionais, considerando-se materiais comumente utilizados e de fácil acesso na região de Criciúma, tendo-se em conta a necessidade dessa região.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Bloco

Os blocos cerâmicos foram fornecidos por uma empresa construtora da cidade de Criciúma. O bloco cerâmico ensaiado foi o bloco de dimensões 29x14x19cm (Comp. x Larg. x Alt.).

Argamassa

Na primeira etapa foram utilizadas três tipos de argamassas. O traço **1 : 0,5 : 8,5**, (cimento, cal e areia), foi escolhido para os ensaios.

Cada mistura foi especificada em uma substituição gradativa de 50% de pó de pedra em relação à areia comum.

A composição com o teor de pó de pedra e areia comum em cada mistura é demonstrada a seguir na tabela 1.

Tabela 1 : Teor de substituição dos agregados

Mistura	Areia Comum (%)	Pó de Pedra (%)
A	100	0
B	50	50
C	0	100

Fonte - Autor

Na segunda etapa foi também selecionada uma argamassa industrializada, usinada entregue em obra.



3.2 MÉTODOS

3.2.1 Análise dimensional dos blocos

As dimensões (largura, altura e comprimento) foram determinadas medindo-se blocos individualmente com paquímetro, com precisão de 0,01 mm. Foram seguidas as orientações da NBR 15270-3/2005.

3.2.2 Determinação do índice de consistência das argamassas

Conforme a NBR 13276/2005, as argamassas foram submetidas ao ensaio de índice de consistência. Para as argamassas confeccionadas no laboratório manteve-se um teor água/cimento de 1,5.

3.2.3 Determinação da resistência à compressão das argamassas

Conforme a NBR 13279/2005, as argamassas utilizadas foram ensaiadas à compressão axial. Foram executados seis corpos de prova cilíndricos, dimensões 10 x 5 cm, para a obtenção de resistência aos 28 dias. A mesma argamassa utilizada para a confecção dos prismas, também foi utilizada para moldagem dos corpos de prova, para obtenção da resistência direta da argamassa dos prismas. A cura dos corpos de prova foi realizada em tanque úmido durante o período de 28 dias.

3.2.4 Determinação da resistência à compressão dos prismas

Conforme o método A da NBR 8215/1983 foi determinada a resistência à compressão dos prismas, para as misturas A (0% de pó de pedra), B (50% de pó de pedra e C (100% de pó de pedra) confeccionadas em laboratório e também para uma argamassa industrializada, que é uma argamassa usinada entregue em obra. Para cada mistura foram feitos ensaios com 04 corpos de prova, ou seja, 04 prismas de 02 blocos.



A confecção dos prismas, ou seja, a parte principal de assentamento, foi realizada no laboratório desta universidade, em ambiente fechado. A argamassa foi colocada em um dos blocos de forma a ser distribuída uniformemente com uma espessura de 10 mm, e logo em seguida foi assentado o bloco de complementação do prisma. Após aguardar a passagem de três dias os prismas foram capeados de um dos lados, e no dia seguinte foi realizado o capeamento do lado faltante. Os prismas permaneceram em ambiente protegido do sol e do vento para sua cura por 28 dias, conforme indicação da norma NBR 8215/1983.

3.2.5 Determinação do módulo de elasticidade das argamassas

Para a determinação do módulo de elasticidade das argamassas foi utilizada a norma NBR 8522/2002 (Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação, e da curva tensão-deformação).

Foram utilizados 04 corpos de prova para cada argamassa. Sendo tomados os módulos de elasticidade da argamassa B (50% de pó de pedra) e da argamassa IND (argamassa industrializada usinada entregue em obra).

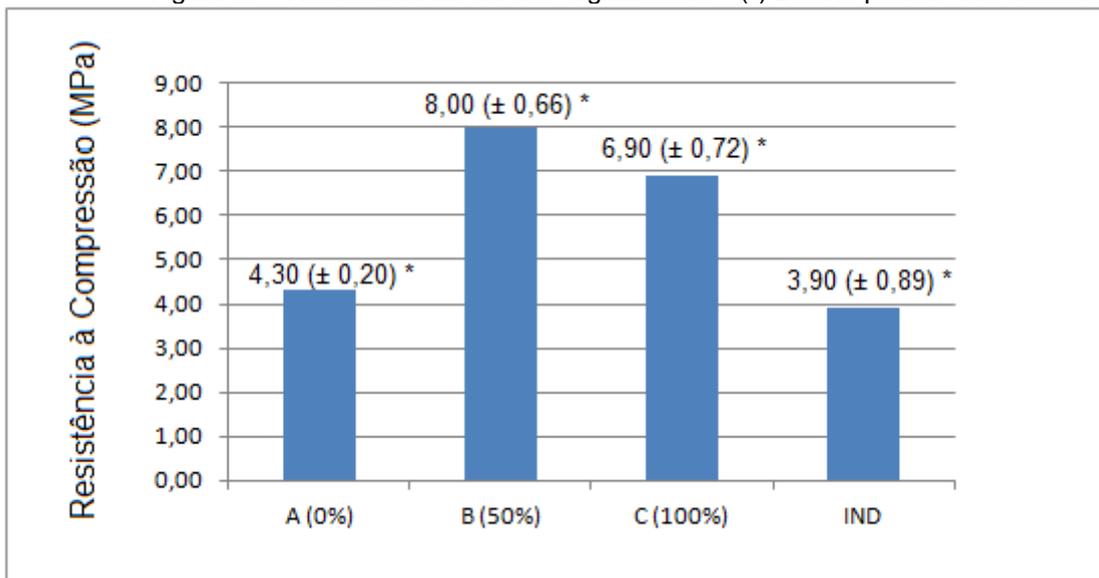
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de resistência à compressão obtidos foram expostos em duas etapas, na primeira etapa são apresentados os resultados de caracterização mecânica das argamassas. Na segunda etapa foram utilizadas duas composições para a caracterização mecânica dos prismas, sendo a primeira argamassa com substituição de 50% de pó de pedra, e a segunda uma argamassa industrializada de uma empresa concreteira da região de Criciúma, argamassa essa usinada e entregue em obra. Após isso são apresentados os resultados do módulo de elasticidade para as argamassas da segunda etapa.

3.1 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DAS ARGAMASSAS

Para a primeira etapa a nomenclatura das argamassas foi determinada em A (0% de pó de pedra), B (50% de pó de pedra), C (100% de pó de pedra) e IND (argamassa industrializada usinada entregue em obra). As misturas confeccionadas em laboratório tiveram um traço de 1:0,5:8,5, (cimento, cal e areia/pó de pedra) e uma relação A/C (água/cimento) de 1,5. Alterou-se apenas o teor percentual de substituição pelo pó de pedra. Na figura 01 podem ser vistos os valores de resistência à compressão média aos 28 dias das argamassas da primeira etapa.

Figura 01 - Resistência média das argamassas – (*) Desvio padrão das amostras



Fonte - Autor

A argamassa B com substituição de 50% de pó de pedra apresentou a maior resistência entre as quatro misturas, a argamassa C (100% de pó de pedra) apresentou um valor 13,75% menor em relação a mistura B. Diferentemente da mistura A, confeccionada somente com areia, que apresentou uma resistência 54% menor do que a maior resistência entre as argamassas. A argamassa industrializada apresentou uma resistência de 3,90 MPa, valor próximo à especificação do fabricante que é de 4,0 MPa, e próximo também a resistência da Mistura A, produzida somente com areia.



Mantendo-se a mesma relação água/cimento, as plasticidades medidas para as argamassas obtiveram um espalhamento de 22 cm para as argamassas B e C, de 24 cm para argamassa A e de 23 cm para argamassa industrializada. Dessa forma não houve diferenças significativas entre as plasticidades que levem a uma justificativa para o resultado de maior resistência das argamassas B e C, compostas por pó de pedra.

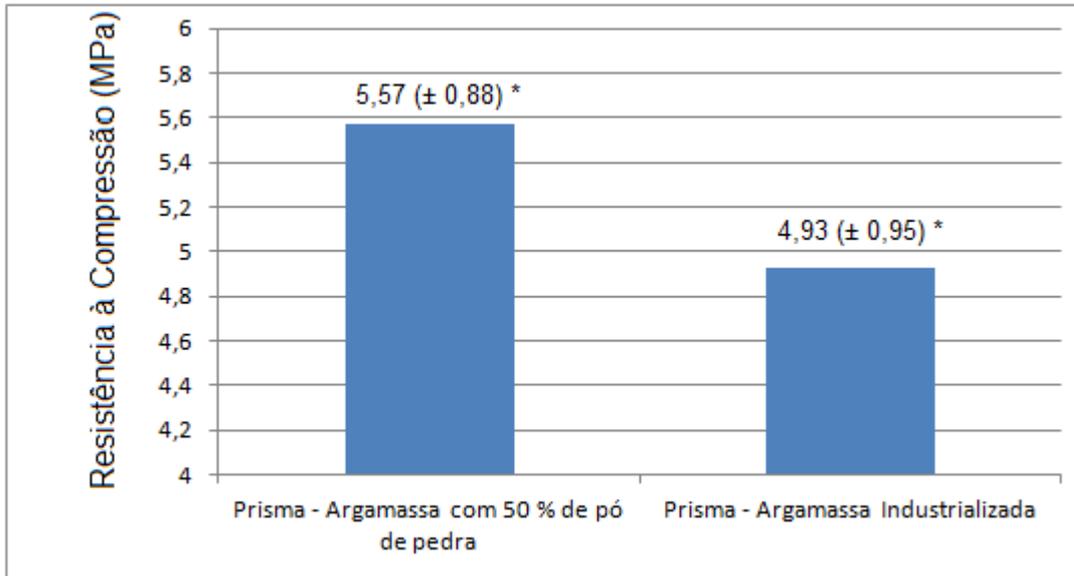
Segundo Silva, Campitelli e Gleize, (2007), em seu estudo de comparação entre argamassas confeccionadas com areia de britagem e argamassas com areia convencional, as argamassas produzidas com areia de britagem apresentaram resistências mecânicas maiores do que as argamassas com areia natural, provavelmente devido ao fato de possuírem maior densidade de massa aparente no estado endurecido, consequência da maior quantidade de material pulverulento e menor consumo de água.

Já o estudo de Holsbach (2004), mostrou que dentre suas misturas de argamassas utilizadas, a mistura composta por 50% de pó de pedra apresentou uma resistência à compressão aos 28 dias semelhante à mistura produzida somente com areia.

3.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS PRISMAS

A seguir apresentam-se as resistências à compressão dos prismas para as argamassas B (50% de pó de pedra) e IND (argamassa industrializada usinada entregue em obra), que é uma argamassa utilizada para assentamentos de blocos estruturais na região de Criciúma. A argamassa B foi selecionada para realizar-se o ensaio de resistência à compressão dos prismas por apresentar a maior resistência à compressão entre as argamassas A, B e C. A seguir na figura 02 observam-se as resistências à compressão média dos prismas.

Figura 02 - Resistência média dos prismas – (*) Desvio padrão das amostras



Fonte - Autor

O prisma confeccionado com a argamassa B (50% de pó de pedra) apresentou uma resistência à compressão 13% maior do que o prisma produzido com a argamassa industrializada.

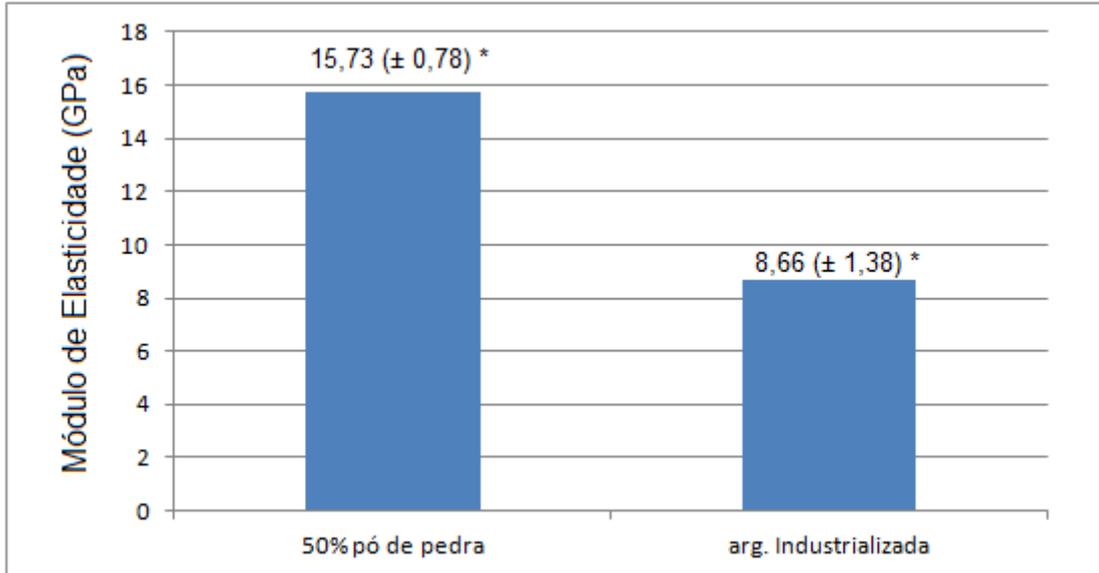
Esse aumento de resistência mostra-se pequeno em relação à diferença das resistências à compressão entre as duas argamassas que é de 8,0 MPa para a argamassa B (50% de pó de pedra) e de 3,90 MPa para a argamassa industrializada. Isso provavelmente se deve ao limite de resistência do bloco cerâmico que é especificado pelo fabricante em 5,0 MPa.

Segundo Viapiana (2009), conclui-se que não há ganho de resistência nos prismas quando se trabalha com uma argamassa com resistência próxima ou superior a resistência do bloco.

3.3 MÓDULO DE ELASTICIDADE DAS ARGAMASSAS

Foram verificados os módulos de elasticidade para os corpos de prova das argamassas da segunda etapa, ou seja, a argamassa com 50% de pó de pedra e a argamassa industrializada. A figura 03 expõe esses resultados do módulo de elasticidade médio aos 28 dias.

Figura 03 - Módulo de Elasticidade médio das argamassas - (*) Desvio padrão das amostras



Fonte - Autor

O módulo de elasticidade da argamassa com substituição de 50% de pó de pedra apresentou-se 81,63% maior do que o módulo de elasticidade da argamassa industrializada

Segundo Silva, Campitelli e Gleize (2007), em seu estudo de comparação entre argamassas confeccionadas com areia de britagem e argamassas com areia convencional, o módulo de elasticidade é uma expressão da rigidez da argamassa no estado endurecido que é proporcionado pelo cimento hidratado, pelo embricamento entre as partículas dos agregados, devido à forma e às rugosidades dos grãos e pelo teor de material pulverulento, entre outros fatores. O consumo de água e o teor de cimento são variáveis determinantes nas resistências à compressão, à tração na flexão e de aderência à tração, que influenciam diretamente no módulo de elasticidade. O fato do módulo de elasticidade ser maior para as argamassas produzidas com areia de britagem é devido ao melhor empacotamento das partículas, consequência do maior teor de material pulverulento e, também, devido ao menor consumo de água das argamassas, o que produziu maiores resistências mecânicas.



Considerando-se o módulo de elasticidade obtido e as informações dos estudos realizados por Silva e Campitelli e Gleize (2007), pode-se concluir que o maior módulo por parte da argamassa composta por pó de pedra se deve ao fato de um melhor empacotamento das partículas, consequência do maior teor de material pulverulento do pó de pedra.

4. CONCLUSÕES

Com as pesquisas e estudos realizados pode-se constatar que a utilização do pó de pedra em argamassas de assentamento mostra-se com um desempenho satisfatório, apresentando um aumento de resistência à compressão para as argamassas compostas por esse agregado.

As argamassas compostas por pó de pedra apresentaram resistências consideravelmente superiores à argamassa confeccionada com areia e também superiores a argamassa industrializada (usinada entregue em obra). Isso demonstra que é possível atingir através de outros estudos com a utilização do pó de pedra, uma economia de cimento, pois o aumento da resistência da argamassa com pó de pedra foi evidente nos ensaios de resistência a compressão das argamassas. Os resultados dos prismas mostraram uma diferença pequena entre a argamassa B (50% de pó de pedra) e a argamassa industrializada. Isso ocorreu, provavelmente, devido a maior resistência somada a menor capacidade de deformação da argamassa utilizando esse tipo de agregado. Estudos mais detalhados sobre a capacidade de deformação dessas argamassas em alvenarias seriam fundamentais para permitir alterações no projeto, inferindo-se que a partir dessas, ocorreria uma redução no custo das alvenarias. Uma outra vantagem para este tipo de argamassa, é de que erros durante o processo de mistura e aplicação causariam uma redução inferior na resistência, devido a não utilização de aditivos incorporadores de ar em sua composição.

Além de uma alternativa para o aumento da resistência à compressão para argamassas, o pó de pedra pode ser colocado como uma alternativa à utilização de areia comum. O pó de pedra por ser um sub produto de britagem, muitas vezes



encontra-se estocado nos depósitos de britadores, e tem produção obrigatória pois é um sub produto de outras granulometrias de brita e materiais britados. Essa substituição pode diminuir os possíveis impactos causados pela exploração das areias comuns.

Os resultados obtidos no estudo mostram algumas propriedades e vantagens relativas à utilização do pó de pedra em argamassas para alvenaria estrutural, contribuindo para viabilidade técnica e economia para indústria da construção da região.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão: Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2005. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2. Componentes cerâmicos - Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural Terminologia e requisitos** Rio de Janeiro, 2005. 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8215. Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural - Preparo e ensaio à compressão.** Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522. Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação.** Rio de Janeiro, 2002.



ALMEIDA, S.L.M. e SAMPAIO, J.A.; **Obtenção de Areia Artificial com Base em Finos de Pedreiras. Areia e Pedra**, n.20, p.32-36, Dezembro de 2002.

HOLSBACH, Turíbio Serpa, **Avaliação da substituição da areia natural por areia artificial em argamassa de cimento cal e areia para assentamento**. Ijuí UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2004

SÁ, MARIA DAS VITÓRIAS, **Influência na substituição da areia natural por pó de pedra, no comportamento mecânico, microestrutural e eletroquímico dos concretos**. Universidade Federal do Rio grande do Norte, 2006.

SILVA, N.; CAMPITELI, V.; GLEIZE, P. J. P. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia de britagem de rocha calcária**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 7., 2007

VIAPIANA, Rafael, **Análise da resistência de prismas de blocos cerâmicos e de blocos de concreto com função estrutural**. Ijuí UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2009