# ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE AREIA INDUSTRIAL EM SUBSTITUIÇÃO À AREIA NATURAL PARA A CONFECÇÃO DE ARGAMASSAS PARA ALVENARIA ESTRUTURAL CERÂMICA

**Eloise Guzzo[(1)]; Paulo Roberto Dutra[(2)]; Gilson Francisco Paz Soares[(3)]**

(1) URI Erechim – eloisegu@hotmail.com; (2) URI Erechim – paulo_rdutra@outlook.com; (3) URI Erechim – gilsonfps@uricer.edu.br

## RESUMO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que se caracteriza pela racionalidade dos processos executivos. Nesse sentido, a incorporação de resíduos do processo de britagem de rocha pode contribuir com a redução de passivos ambientais, além de potencializar o seu desempenho. Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a possibilidade de utilização de um material alternativo, mais sustentável e de menor custo. O método utilizado consistiu na substituição total do agregado miúdo natural por outro de origem industrial. Para tanto, foram confeccionadas duas séries de prismas de dois blocos, com mesmo traço de argamassa de assentamento (1:1:4), variando-se apenas o tipo de agregado miúdo. O traço em questão foi escolhido a fim de que sua resistência se situasse no intervalo entre 70% e 100% da resistência característica à compressão do bloco. Os resultados da resistência à compressão dos prismas apontaram que ambas as séries apresentaram comportamento semelhante para o teor de substituição estudado. Por fim, pode-se afirmar que, dentre as várias formas de redução de custos e impactos ambientais na construção civil, a utilização de areia industrial pode ser uma solução adequada, uma vez que dá um novo significado a um material que até então seria descartado na natureza.

**Palavras-chave:** alvenaria estrutural, resistência à compressão, areia industrial.

# STUDY ON THE FEASIBILITY OF THE USE OF INDUSTRIAL SAND IN SUBSTITUTION TO THE NATURAL SAND FOR THE MANUFACTURE OF MORTARS FOR CERAMIC STRUCTURAL MASONRY

## ABSTRACT

Structural masonry is a building system known by rationality of the executive processes. Thus, the incorporation of waste from the rock crushing process can contribute to the reduction of environmental liabilities, in addict to improve its performance. Therefore, this work aimed to analyze the feasibility of using an alternative material, more sustainable and cheaper. The method used consisted in the total substitution of the natural small aggregate for another one of industrial origin. In order to do this, two sets of two-block prisms with the same mortar trace (1:1:4) were made, only the type of small aggregate being varied. The trace in question was chosen in order to be in the range of 70%a 100% of characteristic compressive strength of the block. The results of compressive strength of the prisms showed that both series presented similar behavior for the substitution content studied. Finally, it can be stated that among the various ways of reducing costs and environmental impacts in construction, the use of industrial sand may be an adequate solution, since it gives a new meaning to a material that would have been discarded in nature.

**Key-words:** structural masonry, compressive strength, industrial sand.

# 1. INTRODUÇÃO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo tradicionalmente utilizado desde os primórdios da humanidade, quando surgiu a necessidade de abrigo. Em resumo, pode ser definida como a justaposição de blocos, unidos por argamassa, compondo paredes com função de vedação e estrutural. Desse modo, a sua resistência deve ser perfeitamente especificada e controlada, a fim de garantir a segurança da edificação(1).

A argamassa de assentamento possui um papel secundário no desempenho mecânico da alvenaria estrutural. Cabe a ela desempenhar funções igualmente importantes, como absorver as deformações do conjunto e distribuir uniformemente as tensões atuantes(2). Consequentemente, há a necessidade de atendimento aos seguintes requisitos: consistência, retenção de água, coesão e ausência de exsudação, no estado fresco; e resistência à compressão, aderência superficial, durabilidade e capacidade de acomodar deformações, no estado endurecido(3). Nesse sentido, o uso de argamassas mistas de areia, cal e cimento garante uma boa resistência, além de excelente trabalhabilidade e retenção de água, devido à incorporação de aglomerante aéreo(4).

Como alternativa, tem sido estudados diferentes materiais para a sua composição, como, por exemplo, agregados de origem industrial, provenientes de britagem de rocha basáltica. Por definição da ABNT NBR 9935: 2011(5), é um “material granular resultante de processo industrial envolvendo alteração mineralógica, química ou físico-química da matéria-prima original, para uso como agregado em concreto ou argamassa”.

Santos(6), ao substituir gradualmente a areia natural por areia de britagem em teores de 0, 25, 50, 75 e 100%, obteve os melhores resultados para retenção de água, coeficiente de capilaridade, resistência à tração na flexão e resistência à compressão quando utilizada 25% de areia natural. Quanto à questão econômica, para esse nível de desempenho a economia seria de aproximadamente 12% em relação à argamassa composta por somente areia natural.

Logo, considerando a abundância de material e a baixa inserção no mercado da construção civil, o presente trabalho buscou avaliar o uso do resíduo do processo de britagem para a composição de argamassas para o assentamento de blocos cerâmicos estruturais. Com isso, poder-se-iam evitar os danos ambientais decorrentes da dragagem de areia natural do leito dos rios, além de propiciar a adequada disposição para a areia de britagem.

# 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho consistiu na substituição total da areia natural pela areia industrial para a confecção das argamassas de assentamento. O teor de substituição de 100% foi escolhido para que pudesse ser estabelecida uma comparação direta entre o agregado e a resistência mecânica da argamassa. A resistência à compressão do prisma foi definida como variável de resposta.

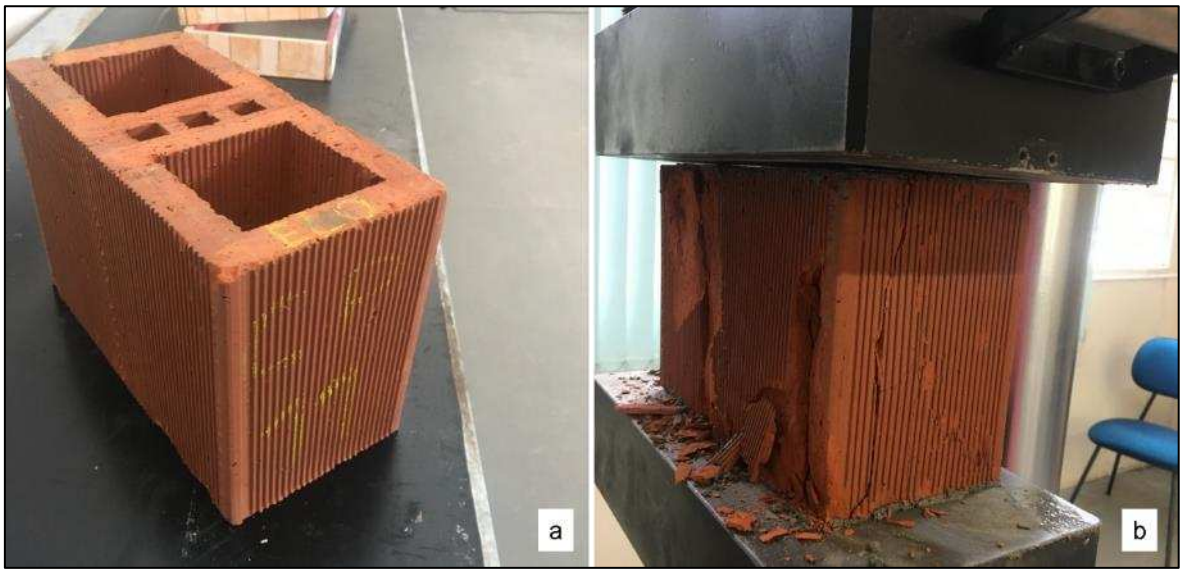
## 2.1. Materiais

Para o desenvolvimento do trabalho foram empregados materiais comumente utilizados na região de Erechim-RS, a saber: bloco cerâmico estrutural, cimento Portland do tipo CP II-Z, cal hidratada do tipo CH-III, agregado miúdo de origem natural e industrial.

### 2.1.1. Bloco cerâmico estrutural

Os blocos utilizados para a confecção dos prismas foram blocos cerâmicos estruturais com paredes externas maciças e interna vazada (Fig. 1). Conforme a ABNT NBR 15270-2:2017[7], para uma amostra de 12 blocos foram realizadas as caracterizações geométricas (dimensão efetiva das faces, área bruta e área líquida) e mecânica (resistência característica à compressão). Como a caracterização geométrica está relacionada principalmente com a aceitação do lote, são apresentados apenas os valores de resistência à compressão.

**Figura 1 – a) Bloco cerâmico estrutural utilizado; b) Determinação da resistência à compressão do bloco.**



A resistência característica estimada de cada amostra, para ambas foi calculada a partir da seguinte equação, de acordo com o que estabelece a ABNT NBR 15270-2: 2017[7]:

$$f_{bk,est} = \left[\frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \cdots + f_{b(i-1)}}{i-1}\right] - f_{bi} \quad \text{(A)}$$

onde

$f_{bk,est}$: resistência característica estimada da amostra, em MPa;

$f_{b(1)}, f_{b(2)}, \ldots, f_{bi}$: valores de resistência à compressão individual dos corpos de prova da amostra, ordenados crescentemente;

$i$: $n/2$, se n for par, $(n-1)/2$, se n for ímpar;

$n$: quantidade de blocos da amostra.

Para cada amostra de 12 corpos de prova, calculou-se o $f_{bk,est}$ e, em seguida, efetuou-se a seguinte análise:

a) Se $f_{bk,est} \geq f_{bm}$(média da resistência à compressão dos corpos de prova da amostra), $f_{bm}$ é adotado como a resistência característica do lote ($f_{bk}$);

b) Se $f_{bk,est} < \emptyset \cdot f_{b(1)}$ (menor resistência à compressão dos corpos de prova da amostra), o $f_{bk}$ é dado pela expressão $\emptyset \cdot f_{b(1)}$, onde $\emptyset$ varia em função da quantidade de blocos ($\emptyset$ é igual a 0,98 para uma amostra contendo 12 blocos);

c) Se $f_{bk,est}$ estiver entre os dois limites ($\emptyset \cdot f_{b(1)}$ e $f_{bm}$), adota-se este valor como resistência característica à compressão ($f_{bk}$).

Considerando a Eq. (A), os valores individuais, médio e característico da amostra de blocos são apresentados na Tab. 2. Observa-se que há uma variabilidade de valores em torno da média, denotada pelo alto coeficiente de variação. No entanto, como o projeto estrutural está pautado na resistência característica à compressão do prisma, o valor característico da resistência do bloco prevalece sobre os demais valores.

**Tabela 2 – Resistência à compressão uniaxial do bloco cerâmico estrutural.**

| Corpo de prova | Resistência à compressão uniaxial (MPa) |
|---|---|
| 1 | 11,55 |
| 2 | 10,56 |
| 3 | 10,06 |
| 4 | 9,88 |
| 5 | 8,79 |
| 6 | 12,46 |
| 7 | 10,95 |
| 8 | 13,95 |
| 9 | 8,00 |
| 10 | 10,52 |
| 11 | 13,92 |
| 12 | 7,25 |
| Média (MPa) | 10,66 |
| Desvio padrão (MPa) | 2,10 |
| Coeficiente de variação (%) | 19,70 |
| Resistência característica à compressão (MPa) | 7,10 |

### 2.1.2. Agregado miúdo

Como agregado miúdo foram utilizadas a areia natural e a areia industrial, as quais foram caracterizadas quanto à massa específica[8], determinação da massa unitária[9], composição granulométrica[10] e absorção de água[11]. Os resultados da etapa de caracterização dos agregados naturais e artificiais são apresentados na Tab. 3.

**Tabela 3 - Caracterização do agregado miúdo.**

| Propriedade do material | Natural | Industrial |
|---|---|---|
| Módulo de finura | 2,24 | 3,04 |
| Dimensão máxima característica (mm) | 4,80 | 4,8 |
| Massa específica (g/cm³) | 2,63 | 2,87 |
| Massa unitária (g/cm³) | 1,55 | 1,53 |
| Absorção de água (%) | 0,47 | 3,22 |

Devido ao maior teor de material pulverulento quando comparada à areia natural, pode ser necessário que argamassas com substituição de 100% de agregado industrial requeiram uma quantidade maior de água de amassamento. Assim, a tendência é de que haja um decréscimo de resistência e formação de fissuras no estado endurecido.

## 2.2. Estudo de dosagem das argamassas

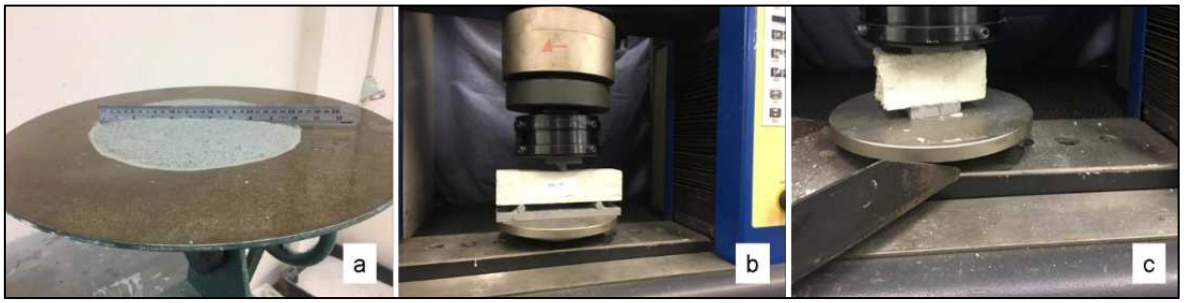
A fim de melhor definir um traço de argamassa cuja resistência à compressão se situasse no intervalo entre 70 e 100% da resistência característica à compressão do bloco, três traços foram ensaiados para cada tipo de agregado miúdo: 1:0,5:5, 1:1:4 e 1:1:6 (Fig. 2).

**Figura 2 – Moldagem dos corpos de prova de argamassa.**




Para cada traço, foram determinados o índice de consistência[12], além da resistência à tração na flexão e resistência à compressão[13], como mostra a Fig. 3. Os corpos de prova foram rompidos após um período de 28 dias de cura em câmara climatizada (temperatura de 25 ºC e umidade de 60%).

**Figura 3 – a) Índice de consistência; b) Resistência à tração na flexão; c) Resistência à compressão.**



Para a confecção dos traços das argamassas, a relação água/aglomerante foi adequada (Tab. 4), posto que a consistência atingiu o valor padrão de 255±10 mm[12]. Uma vez definidas as quantidades de materiais necessárias, avaliou-se o desempenho mecânico das argamassas (Tab. 5).

**Tabela 4 – Índice de consistência e relação água/aglomerante das argamassas.**

| Traço | Areia natural | | Areia industrial | |
|---|---|---|---|---|
| | Relação água/aglomerante | Índice de consistência (mm) | Relação água/aglomerante | Índice de consistência (mm) |
| 1:1:4 | 0,66 | 255 | 0,80 | 255 |
| 1:0,5:5 | 0,90 | 245 | 1,20 | 260 |
| 1:1:6 | 1,20 | 255 | 1,50 | 255 |

**Tabela 5 – Resistência à tração na flexão e à compressão das argamassas.**

| Traço | Areia natural | | Areia industrial | |
|---|---|---|---|---|
| | Resistência à tração na flexão (MPa) | Resistência à compressão (MPa) | Resistência à tração na flexão (MPa) | Resistência à compressão (MPa) |
| 1:1:4 | 2,10 | 5,70 | 1,30 | 6,70 |
| 1:0,5:5 | 2,70 | 6,50 | 1,40 | 7,90 |
| 1:1:6 | 2,00 | 3,90 | 0,90 | 4,40 |

Os resultados obtidos mostraram-se coerentes, sendo que a utilização de areia industrial proporcionou argamassas mais resistentes. Contudo, deve-se evitar a combinação de argamassas muito rígidas com blocos pouco resistentes, dado que, desta maneira, a junta de assentamento não possui a capacidade adequada para absorver as deformações a que a alvenaria está sujeita. Do mesmo modo, argamassas muito fracas tendem a comprometer a resistência final da parede. Assim, para o traço 1:1:4, em massa, a resistência da argamassa guarda uma relação de 80% da resistência característica do bloco, quando utilizada areia natural, e de 94%, quando utilizada areia industrial.

## 2.3. Produção dos prismas

Para cada tipo de agregado miúdo, oito prismas com dois blocos de altura (Fig. 4) foram produzidos e ensaiados à compressão uniaxial. A espessura da junta não foi objeto de análise, possuindo espessura de 10 mm e argamassamento em toda a área líquida do bloco.

**Figura 4 – Confecção dos prismas.**



## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os prismas foram ensaiados após 28 dias em câmara climatizada, sob condições controladas: temperatura de 25°C e umidade de 60%. Em seguida, procedeu-se à ruptura em prensa hidráulica a pêndulo, modelo PC200CS da marca EMIC, com capacidade máxima de 2000 kN (Fig. 5).

**Figura 5 – Determinação da resistência à compressão do prisma.**



A resistência à compressão dos prismas (Tab. 6) é expressa em relação à área bruta, ou seja, considerando a carga aplicada em toda a sua superfície. De forma análoga ao cálculo desenvolvido para os blocos, os menores valores foram utilizados para a determinação da resistência característica à compressão dos prismas.

**Tabela 6 - Resistência à compressão dos prismas, em relação à área bruta.**

| Corpo de prova | Resistência à compressão (MPa) | |
|---|---|---|
| | Areia natural | Areia industrial |
| 1 | 8,09 | 8,09 |
| 2 | 7,68 | 8,64 |
| 3 | 6,78 | 5,67 |
| 4 | 6,62 | 5,94 |
| 5 | 8,85 | 6,05 |
| 6 | 6,22 | 7,07 |
| 7 | 6,99 | 8,86 |
| 8 | 7,17 | 8,46 |
| Média (MPa) | 7,30 | 7,35 |
| Desvio padrão (MPa) | 0,80 | 1,24 |
| Coeficiente de variação (%) | 11,03 | 16,88 |
| Resistência característica à compressão (MPa) | 6,09 | 5,27 |

Os valores médios de resistência à compressão dos prismas pouco variaram com o tipo de agregado miúdo, mesmo que a variabilidade tenha sido menor para os prismas confeccionados com areia natural. Quanto aos valores característicos, utilizados em projeto, os prismas com areia natural apresentaram resistência 15,5% menor do que aqueles produzidos com areia natural. Tal fato pode estar ligado à maior rigidez dos prismas com areia industrial, uma vez que a argamassa atingiu uma resistência bem próxima à resistência característica do bloco (94% $f_{bk}$). Salienta-se que este aumento na rigidez da argamassa de areia industrial poderia ser minimizado com a incorporação de

aditivo, permitindo avaliar o seu efeito no prisma, nas mesmas condições mecânicas que a argamassa de areia natural.

## 4. CONCLUSÕES

Os valores médios de resistência à compressão dos prismas pouco se alteraram com a substituição do agregado miúdo. Contudo, a eficiência (resistência do prisma/resistência do bloco) diminuiu de 86% para 74% com o uso de areia industrial. Em edificações de baixa e média altura, onde as tensões atuantes são menores, a produção de argamassa de assentamento com agregado de origem industrial pode ser mais apropriada, principalmente no que tange aos aspectos ambientais e econômicos (menor custo em comparação com a areia natural).

Logo, pode-se afirmar que, dentre as várias formas e métodos de redução de custos e impactos ambientais, a utilização de agregado miúdo industrial apresenta-se como uma solução bastante interessante, posto que dá um novo destino a um material sem valor comercial que seria descartado na natureza.

## 5. REFERÊNCIAS


1. RAMALHO, M.; CORRÊA, M.R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2008.
2. CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G.C. (Org.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed., atual. e ampl. São Paulo: IBRACON, 2010. v. 2. p. 893-944.
3. MOHAMAD, G. **Mecanismo de ruptura da alvenaria de blocos à compressão**. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, 2007.
4. PARSEKIAN, G. A, SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**: projeto, execução e controle. São Paulo: O Nome da Rosa, 2010.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.
6. SANTOS, T. F. dos. Substituição da areia natural por areia de britagem de rochas basálticas para argamassas de assentamento. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, 2017.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 2: Métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2017.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. 8f. Rio de Janeiro, 2006.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. 6f. Rio de Janeiro, 2003.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 30**: Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.

12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

13. 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.