



UNIFG

CENTRO UNIVERSITÁRIO FG – UNIFG

ENGENHARIA CIVIL

ALAN ARAÚJO DO ROSÁRIO

TAMIRES SOUZA DE BRITO

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR PÓ
DE BRITA**

GUANAMBI – BA

2021

**ALAN ARAÚJO DO ROSÁRIO
TAMIRES SOUZA DE BRITO**

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR PÓ
DE BRITA**

Artigo científico apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Universitário UniFG, como requisito avaliativo da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Orientador: Msc. Otacísio Gomes Teixeira

ALAN ARAÚJO DO ROSÁRIO

TAMIRES SOUZA DE BRITO

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM
SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR PÓ
DE BRITA**

Trabalho de conclusão de curso II (TCC II),
apresentado ao Núcleo de Pesquisa e
Extensão (NUPEX) do Centro Universitário
FG (UNIFG), como parte das exigências
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Guanambi, 03 de novembro de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Otacísio Gomes Teixeira

Prof.

Prof.

.

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL E TOTAL DO AGREGADO MIÚDO NATURAL POR PÓ DE BRITA

Alan Araújo do Rosário¹, Tamires Souza de Brito¹, Otacísio Gomes Teixeira²

¹ Graduando do curso de Engenharia Civil, Centro Universitário FG – UNIFG.

² Docente do curso de Engenharia Civil, Centro Universitário FG – UNIFG.

RESUMO: Segundo Menossi (2004), acredita-se que a construção civil brasileira consome 320 milhões de m³ de areia natural por ano, o que faz com que se torne importante a obtenção de novas formas para viabilizar a substituição da areia nas argamassas e concretos utilizados nas obras. Pensando nisso, o presente estudo visa avaliar as propriedades mecânicas da argamassa com substituição total do agregado miúdo natural por pó de brita. Para isso realizou-se uma revisão bibliográfica com o intuito de se obter eficácia nos ensaios realizados em um laboratório situado na cidade de Guanambi-Ba, mesma cidade de onde foi coletado o material para estudo. Para a confecção dos corpos de prova, foram utilizadas argamassas com traço de 1:8:1, sendo eles, uma lata de cimento para oito latas de pó de brita e uma lata de água. Analisou-se os resultados da compressão axial do traço controle com as idades de 3, 7 e 28 dias, obtendo um crescimento na resistência ao decorrer do tempo da argamassa. Com isso, concluiu-se que há viabilidade no uso do pó de brita em substituição da areia em argamassas, devido aos resultados que comprovaram a resistência mecânica dos corpos de prova com relação aos comparativos das médias encontradas pelos ensaios, considerando as vantagens técnicas, econômicas e ambientais dessa substituição, já que esse material muita das vezes seria descartado pela sua pouca utilização, o que evidencia ainda mais a grande relevância do seu uso na construção civil.

Palavras-chave: Argamassa, Construção civil, Resistência mecânica. Trabalhabilidade.

ABSTRACT: According to Menossi (2004), it is believed that Brazilian civil construction consumes 320 million m³ of natural sand per year, which makes it important to obtain new ways to make the replacement of sand in mortars and concretes used in viable concrete construction. With that in mind, this study aims to evaluate the mechanical properties of mortar with total replacement of fine natural aggregate by gravel powder. For this, the bibliographical review was carried out in order to obtain efficacy in the tests carried out in a laboratory located in the city of Guanambi-Ba, the same city where the material for study was collected. To make the specimens, mortars with a trace of 1:8:1 were used, including a cement can for eight cans of gravel powder and a can of water. The results of the axial compression of the control mix were analyzed at the ages of 3, 7 and 28 days, obtaining an increase in strength over time of the mortar. Thus, it was concluded that there is feasibility in using gravel powder to replace sand in mortars, due to the results that proved the mechanical resistance of the specimens in relation to the comparative averages found by the tests, considering the technical and economic advantages and environmental Effects of this replacement, as this material would often be discarded due to its low use, which further highlights the great importance of its use in civil construction.

Keywords: Mortar. Construction. Mechanical resistance. Workability

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos com o crescimento dos grandes centros, e ampliação habitacional nas cidades de todo o país, ocorre em paralelo o crescimento e a busca de materiais para a execução das obras de construção civil, onde os agregados para construção civil são materiais abundantes no Brasil, e são facilmente encontrados em todas as regiões do país (SILVA, 2011).

Por outro lado, é de suma importância que ocorra debates e preocupações em relação ao meio ambiente, pois o uso incorreto e descarte irregular dos materiais utilizados na construção civil segundo um estudo realizado pela Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública (ABRELPE), destacou-se que no ano de 2014 o Brasil gerou cerca de 78,6 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos da construção civil por dia, afetando diretamente a degradação do meio ambiente. Alguns dos problemas mais comuns são: alteração nos cursos de rios, destruição da mata ciliar dos rios, mudança e degradação da flora e da fauna, entre outros problemas.

O autor Whitaker (2001) detalha que a produção de agregados naturais em 1999 foi de 215 milhões de metros cúbicos, dos quais 127,2 milhões são representados por areia. A Associação Nacional das Entidades de Produtores de agregados para a Construção Civil (ANEPAC, 2013) apresentou em suas pesquisas que os agregados naturais são os materiais mais usados no mundo, isso corresponde a cerca de 2/3 do total de produção mineral mundial.

Buscando um detalhamento numérico para melhor ilustração dos dados, a ANEPAC (2014) informou que em 2013 a produção de mineral alcançou 65 bilhões de toneladas em todo o mundo, e no mesmo ano, o consumo brasileiro atingiu 741 milhões de toneladas, correspondente a 3,7 toneladas per capita.

Os autores Almeida e Silva (2005) em suas pesquisas afirmam que cerca de 90% da areia produzida no Brasil se origina da extração do leito de rios, e os outros 10% são obtidos de outras fontes (mantos de decomposição de rochas, várzeas, arenitos decompostos e entre outros).

Conforme Menossi (2004), em dados estimados anualmente, acredita-se que a construção civil brasileira consome 320 milhões de m³ de areia natural por ano. Essa quantidade possibilita a construção de 7100 Maracanãs. Desse modo, é importante que se obtenha novas alternativas que viabilizem a substituição dos agregados areia nas argamassas e concretos utilizados na construção civil, uma ideia que vem sendo debatida a vários anos é a utilização dopó de brita.

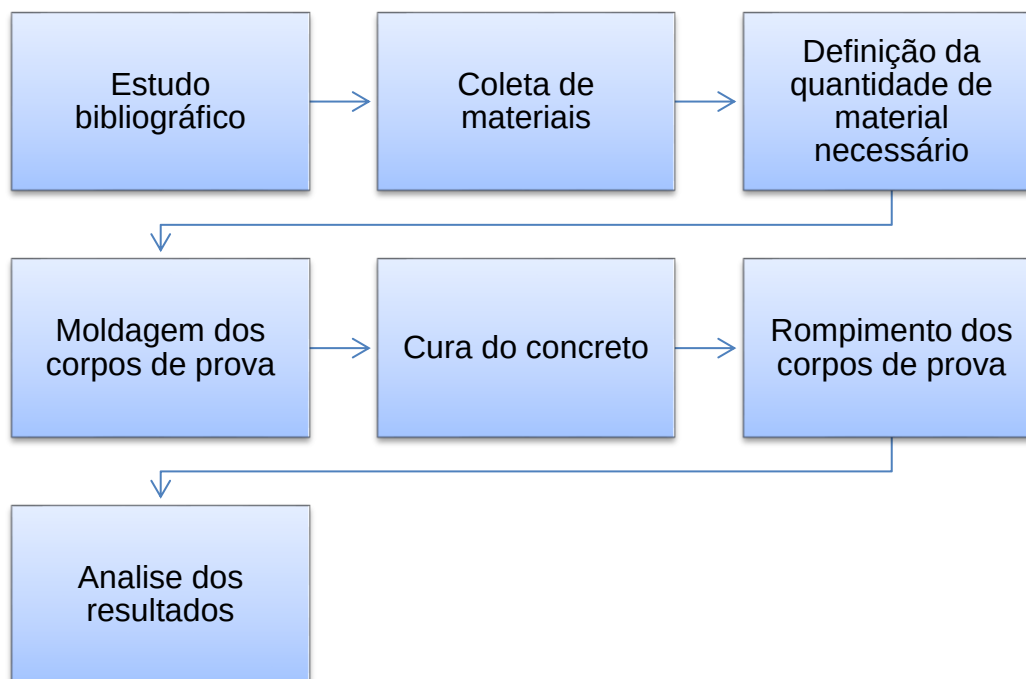
Ainda assim, segundo Menossi (2004) concluiu que a incorporação do pó de pedra tem mostrado ser uma solução viável para questões ambientais e com resultados satisfatórios, o aproveitamento dos finos gerados pelos processos de britagem é um assunto que vem sendo estudados já se faz algumas décadas, esse material possui diversas finalidades como na produção de blocos de concreto, camadas de sub-base asfálticae de camadas de concreto compactado a rolo (CCR).

Neste contexto, a pesquisa visa analisar a realização da substituição total do agregado miúdo natural por areia natural nas argamassas, levando em consideração as avaliações sobre a resistência que essa alteração possa casar sobre o material gerado e a viabilidade financeira.

2 METODOLOGIA

2.1 PROCEDIMENTOS EXECUTADOS

2.2.1 Fluxograma da execução do projeto



Fonte: AUTOR, 2021

2.2.2 Coleta de materiais

Para a realização adequada dos ensaios, foi utilizado o laboratório de ensaios mecânicos de concreto, situada na cidade de Guanambi-BA, onde os materiais foram adquiridos e coletados no mesmo local, sendo eles o cimento CP V Ari, pó de brita e água. Foi necessário seguir algumas normas que estabelecem as diretrizes que devem ser executadas para um resultado satisfatório, de início seguiu-se as diretrizes estabelecidas pela norma NBR 7211 (ABNT, 2019), onde a mesma especifica os requisitos exigíveis para recepção e produção dos agregados miúdos.

Para a moldagem dos corpos de prova, procedeu-se com a confecção das argamassas feita com um traço de acordo as determinações expostas pela norma NBR 7200.

2.2.3 Traços utilizados na argamassa

A dosagem da argamassa foi dividida em três partes, reboco, levante com 30% de substituição do pó de brita e levante com 100%. Na argamassa para reboco utilizou-se o traço exibido na Tabela 1.

Tabela 1- Traço para argamassa de reboco

Traço de reboco			
Material	Unid. Medidas	Quantidade	Traço unitário
Cimento	Kg	6,00	1,00
Areia	Kg	47,4	8,00
Água	L	6,60	1,10

Fonte: AUTOR, 2021

Os traços utilizados para a preparação da argamassa de levante está indicada na Tabela 2 logo abaixo.

Tabela 2- Traço para argamassa de levante com substituição de 30%

Traço da argamassa de levante			
Material	U.M.	Quantidade	Traço unitário
Cimento	Kg	6,00	1,00
Areia	Kg	33,18	5,53
Pó de brita	Kg	14,22	2,37
Água	L	6,60	1,10

Fonte: AUTOR, 2021

E para o traço da argamassa de substituição com 100% do pó de brita está indicado na Tabela 3.

Tabela 3- Traço para argamassa com substituição de 100%

Traço da argamassa de levante			
Material	U.M.	Quantidade	Traço unitário
Cimento	Kg	6,00	1,00
Pó de brita	Kg	47,40	8,00
Água	L	6,60	1,10

Fonte: AUTOR, 2021

Para a moldagem dos 18 corpos de prova, utilizou-se no total 18,00 kg de cimento; 80,58 kg de areia lavada; 19,80 litros de água e 61,62 kg de pó de brita. A pesagem foi realizada com uma balança digital, demonstrado na Figura 1.

Figura 1- Pesagem da areia lavada



Fonte: AUTOR, 2021

A escolha desses traços são levados em consideração a NBR 13281, e utilizou-se a substituição de 30% e 100% da areia lavada pelo pó de brita.

Utilizaram-se as medidas dos corpos de prova indicados para concreto, visto que a empresa não possuía os cilindros próprios para argamassa, possuindo a dimensão de 75 x 100 mm, sendo indicado por norma a dimensão de 50 x 100 mm. Após a moldagem, os mesmos foram encaminhados para um armazenamento de cura no laboratório da GEOMIX por um período de 3, 7 e 28 dias, prazo esse necessário para ser possível a realização da cura do material submersos em água com temperatura ambiente, e em seguida, realizaram-se os testes de resistência a compressão simples.

2.2.4 Ensaio de compressão axial

A quantidade de água utilizada foi determinada conforme a necessidade buscando atingir uma textura moldável do material. Em seguida, foi necessário moldar um total de 18 corpos de prova (Figura 2) para a realização dos ensaios de ruptura à compressão axial.

Figura 2- Corpos de prova sendo moldados



Fonte: AUTOR, 2021

Realizou-se a moldagem de 18 corpos de prova, deixando 3 corpos de prova em cura por 3 dias, 7 dias e 28 dias, respeitando o tempo de cura seguindo norma NBR 5739. Para a ruptura do corpo de prova foi necessário retirar os corpos de prova da cura e deixar secando em temperatura ambiente por 50 minutos, tempo necessário para secar a argamassa. Após a argamassa seca, anotou-se o diâmetro e a altura dos corpos de prova, utilizou-se uma prensa hidráulica solotest 100 t, realizando a ruptura dos 18 cilindros, sendo eles 3 de cada argamassa (reboco, 30% e 100%). Sendo demonstrado nas Figuras 3, 4 e 5.

Figura 3- Corpo de prova cilíndrico com 100% de substituição



Fonte: AUTOR, 2021

Figura 4- Corpo de prova cilíndrico com 30% de substituição



Fonte: AUTOR, 2021

Figura 5- Corpo de prova cilíndrico sem substituição



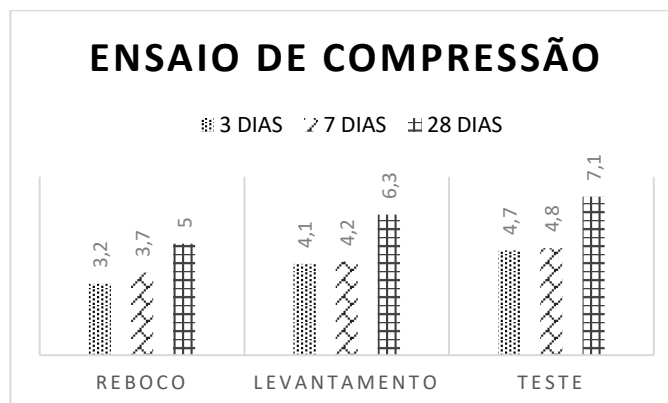
Fonte: AUTOR, 2021

Após o rompimento dos corpos de prova com idade de 3, 7 e 28 dias, foi possível perceber pequenas trincas ao longo do comprimento do cilindro e rompimento da argamassa nas pontas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.2 RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO UNIAXIAL DO CONCRETO

O Gráfico 1 a seguir mostra os resultados de ensaio de compressão, realizada para cada traço das misturas aos 3, 7 e 28 dias de cura da argamassa.

Gráfico 1- Dados obtidos no ensaio de compressão axial

Fonte: AUTOR, 2021.

De acordo o Gráfico 1, obtiveram-se os valores de resistência, onde se percebeu que a resistência à compressão, de acordo a idade da argamassa, apresentou-se um crescimento de maneira a ultrapassar a resistência mínima de 1,5 MPa requerida pela NBR 13276/2016.

É possível observar que com a utilização do cimento e areia lavada, a argamassa atingiu a resistência de 5,00 MPa, com 28 dias de cura. Quando se adicionou 14,22 kg de pó de brita com 33,18 kg de areia, a resistência da argamassa subiu para 6,30 MPa, aumentando 26% a resistência da argamassa de levantamento.

Na argamassa com 100% de substituição de areia lavada pelo pó de brita, obteve-se uma resistência de 7,10 MPa, quando comparado com a argamassa de reboco ele aumentou 42%. Considerando o pó de brita como uma opção mais resistente e viável financeiramente conforme demonstrado na Tabela 5.

Após a verificação da resistência da argamassa com 100% e 30% de substituição, analisou-se a viabilidade financeira da substituição do pó de brita pela areia lavada. A Tabela 5 demonstra um comparativo de preços.

Tabela 5- Comparativo entre preços dos materiais

Comparativo de preços				
Material	Unid. Medidas	Preço m³	Quantidade kg	Valor final
Areia	m³	R\$ 100,00	33,18	3,00
Pó de brita	m³	R\$ 25,00	33,18	0,75

Fonte: AUTOR, 2021

O comparativo de preços foi realizado nas empresas da cidade de Guanambi. O pó de brita foi orçado nas pedreiras da região, já a areia lavada realizou-se o orçamento nas lojas de materiais de construção. Através dos orçamentos foi possível obter a média dos valores dos materiais na região.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos ensaios efetuados, constou-se a acessibilidade no uso do pó de brita em substituição da areia em argamassas, devido à resistência que comprovou ser acima do que necessário pela indicação da norma de 1,5 MPa e valor acessível. Quanto a substituição total no material estudado, especificamente se tratando da resistência mecânica, que se mostrou adequada com relação aos comparativos das médias encontradas pelos ensaios. Isso possibilitou o objetivo do trabalho, levando em consideração o fato de se fazer a utilização do pó de brita que, numa pedreira.

Um outro ponto a ser ressaltado são as grandes vantagens em se substituir a areia pelo pó de brita, tanto em aspectos técnicos, já que devido o pó de brita possuir uma granulometria maior que a da areia, pode ser amplamente utilizado para o levantamento de alvenarias; quanto em aspectos econômicos, já que com seu baixo uso e pouca procura ele possui um valor aquisitivo bem menor se comparado ao preço tabelado de argamassas produzidas com areia natural de rios.

No estudo realizado por Sá (2006), analisou-se a influência da substituição de areia natural por pó de brita no comportamento mecânico. Ao final do trabalho foi possível concluir que o pó de brita pode ser utilizado em estruturas de concreto, sem riscos à saúde e meio ambiente, os melhores desempenhos de resistência à compressão apresentou-se com 28 dias. Analisou-se que quanto mais água fosse necessário na argamassa, resultou em uma menor resistência,

Recomenda-se para trabalhos futuros a realização dos ensaios de granulometria para a caracterização química e física dos materiais, a utilização de mais corpos de prova para a realização da média com os valores dos resultados.

Por fim, sugere-se também a utilização dos cilindros de corpos de prova para argamassa indicado pela NBR 7215, o método compreende a determinação da resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100

mm de altura. A não utilização dos corpos de prova corretamente podem ter influenciado na resistência adquirida ao longo do artigo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - 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, 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13281**; Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos, 2005.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7200**; Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas - Procedimento, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7211**: Agregados para concreto – especificação, Rio de Janeiro, 2019.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215**; Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão, 2019.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama Nacional dos Resíduos Sólidos 2017. Disponível em: https://belasites.com.br/clientes/abrelpe/site/wpcontent/uploads/2018/09/SITE_grappa_panoramaAbrelpe_ago_v4.pdf . Acesso em: 15 de março 2021.

ALMEIDA, S. L. M.; SAMPAIO, J. A. **Obtenção de Areia Artificial com base em finos de pedreiras**. Revista Areia & Brita, 2002.

ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil. Anuário ANEPAC: **construindo o presente, criando o futuro**. 2013. Disponível em:. Acesso em: 23 out. 2021.

Construção Civil. Anuário ANEPAC: **construindo o presente, criando o futuro**. 2014. Disponível em: . Acesso em: 23 out. 2021.

MENOSSEI, Rômulo Tadeu. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto**. 2004. Dissertação (Dissertação em Engenharia Civil) - UNESP. Ilha Solteira. 110 p.

SÁ, MARIA DAS VITÓRIAS VIEIRA ALMEIDA. **Influência da substituição de areia natural por pó de pedra no comportamento mecânico, microestrutural e eletroquímico de concretos**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

SILVA, MARIZE SANTOS TEIXEIRA CARVALHO. **Planejamento e controle de obras**. Salvador, 2011. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/Planejamento%20e%20Controle%20de%20Obras%20-%20Marize%20Silva.pdf>. Acesso em: 06 de outubro de 2021.

WHITAKER, W. **Técnicas de preparação de areia para o uso na construção civil.** 2001. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2001.

