

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
SAMUEL VITOR CAMPOS SILVA**

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO
COM UTILIZAÇÃO DE AGREGADO NATURAL E AGREGADO
INDUSTRIALIZADO**

FORMIGA-MG

2018

SAMUEL VITOR CAMPOS SILVA

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO
COM UTILIZAÇÃO DE AGREGADO NATURAL E AGREGADO INDUSTRIALIZADO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil do UNIFOR-MG, como requisito
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil

Orientadora: Prof.^a Esp. Mariana Del
Hoyo Sornas

FORMIGA-MG

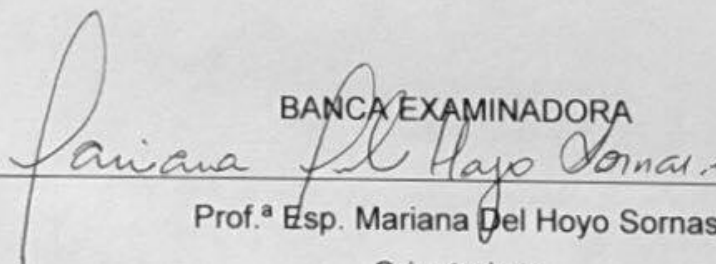
2018

Samuel Vitor Campos Silva

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO
COM UTILIZAÇÃO DE AGREGADO NATURAL E AGREGADO INDUSTRIALIZADO

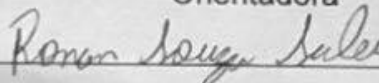
Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
do UNIFOR-MG, como requisito para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil

BANCA EXAMINADORA



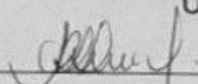
Prof.^a Esp. Mariana Del Hoyo Sornas

Orientadora



Prof. Dr. Ronan Souza Sales

UNIFOR-MG



Rosymeire Linderis da Silva

ENGENHEIRA CIVIL

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UNIFOR-MG

S586 Silva, Samuel Vitor Campos.
Contribuição ao estudo das argamassas de revestimento com utilização
de agregado natural e agregado industrializado / Samuel Vitor Campos
Silva. – 2018.
53 f.

Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) –
Centro Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Alvenaria. 2. Acabamento. 3. Areia. I. Título.

CDD 624.1

Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária
Regina Célia Reis Ribeiro – CRB 6-1362

RESUMO

O presente trabalho refere-se à uma pesquisa sobre a substituição da areia lavada como agregado miúdo pela areia industrializada. Nele foi utilizado a areia industrializada na mesma proporção da areia natural, para realização dos ensaios de composição granulométrica, índice de consistência e de resistência à compressão após 28 dias e também um comparativo de custos. Os resultados se mostraram bastante diferentes, sendo que a argamassa composta pela areia industrializada se mostrou mais resistente, sendo seu índice 120% maior do que a argamassa composta por areia natural. Conclui-se que a utilização da areia industrializada não é uma alternativa viável para utilização na argamassa de revestimento tipo reboco massa única, não atendendo aos requisitos granulométricos exigidos pela norma, além de possuir ainda, custo de produção maior.

Palavras chaves: Alvenaria, Acabamento. Areia.

ABSTRACT

The present work refers to a research on the replacement of washed sand as a small aggregate by the industrialized sand. It was used the industrialized sand in the same proportion of the natural sand, for the accomplishment of the tests of composition granulometric, index of consistency and resistance to compression after 28 days and also a comparative of costs. The results were quite different, and the mortar composed of the industrialized sand showed to be more resistant, being its index 120% greater than the mortar made up of natural sand. It is concluded that the use of industrialized sand is not a viable alternative for use in plastering mortar type plaster single, not meeting the granulometric requirements required by the standard, in addition to having a higher production cost.

Key words: Masonry, Finishing. Sand.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diferentes alternativas de revestimento de parede: (a) emboço + reboco + pintura; (b) camada única + pintura; (c) revestimento decorativo monocamada (RDM).	25
Figura 2 - Molde de ensaio de consistência preenchido	34
Figura 3- Moldes untados.....	35
Figura 4 - Corpos de prova moldados.....	36
Figura 5 - Corpos de prova desenformados.....	36
Figura 6 - Corpo de prova na prensa antes de seu rompimento	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Índice de consistência da argamassa	43
Quadro 2 -Resultados do ensaio de compressão	45
Quadro 3 - Argamassa com areia lavada - 28 dias	45
Quadro 4 - Exigências mecânicas e reológicas para argamassas	45
Quadro 5 - Argamassa com areia industrializada - 28 dias.....	46
Quadro 6 - Composição de Custos: Argamassa feita com areia lavada – 1 m ³	47
Quadro 7 - Composição de Custos: Argamassa feita com areia industrializada – 1m ³	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Massa mínima por amostra de ensaio	32
Tabela 2 - Massa específica dos Materiais	33
Tabela 3 - Traços das argamassas	39
Tabela 4 -Ensaio granulométrico Areia Industrializada	40
Tabela 5 - Ensaio granulométrico Areia Natural.....	41
Tabela 6 - Módulo de finura.....	42
Tabela 7 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva Granulométrica - Areia Industrializada	40
Gráfico 2 - Curva Granulométrica - Areia Natural.....	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVO	14
2.1. Objetivo Geral	14
2.2. Objetivo Específico	14
3. JUSTIFICATIVA.....	15
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
4.1. Conceito de Argamassa de Revestimento	17
4.1.1. Classificação das Argamassas	17
4.1.2. Denominação das Argamassas	18
4.2. Materiais Constituintes da Argamassa.....	19
4.4.1 Aglomerante	19
4.4.2 Agregado Miúdo	20
4.4.3 Aditivos Incorporadores de Ar	21
4.5 Propriedades das Argamassas no Estado Fresco	21
4.5.1 Trabalhabilidade	21
4.5.2 Consistência	22
4.5.3 Retenção de Água	22
4.5.4 Densidade de Massa	23
4.5.5 Teor de Ar Incorporado.....	23
4.6 Propriedades das Argamassas no Estado Endurecido	23
4.6.1 Resistência Mecânica	23
4.6.2 Módulo de Elasticidade.....	24
4.6.3 Aderência	24
4.7 Camadas do Revestimento.....	25
4.7.1 Emboço	26
4.7.2 Reboco	26
4.7.3 Massa Única.....	26
4.7.4 Chapisco	27
4.7.5 Revestimento Decorativo Monocamada (RDM)	27

4.8 Detalhes Executivos que Influenciam no Desempenho das Argamassas ...	27
4.8.1 Preparo da argamassa	27
4.8.2 Modo de aplicação da argamassa	28
5 MATERIAL E MÉTODOS	29
5.4 Materiais.....	29
5.4.1 Água	29
5.4.2 Cal	29
5.4.3 Cimento	30
5.4.4 Areia lavada	30
5.4.5 Areia britada	30
5.4.6 TCPO	30
5.4.7 Sinapi.....	30
5.5 Equipamentos.....	30
5.6 Métodos.....	31
5.6.1 Caracterização dos agregados miúdos.....	31
5.6.2 Comparativo de Custos	32
5.6.3 Preparo da Mistura	32
5.6.3.1 Determinação do Índice de Consistência.....	33
5.6.3.2 Resistência à Compressão Axial	34
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1 Preparo da mistura.....	39
6.2 Classificação granulométrica.....	40
6.3 Determinação do índice de consistência	43
6.4 Ensaio de resistência à compressão.....	44
6.5 Comparativo de custos.....	47
7 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil, ainda é na sua maioria, executada de forma artesanal, com os mesmos aspectos construtivos do que os que eram utilizados há muitos anos atrás. Dentro desse setor, as argamassas de revestimento, são em grande parte, dosadas e produzidas em obra, muitas vezes sem a devida atenção dedicada quando se trata de qualidade. Há também uma certa resistência, da sociedade em geral, para com a utilização de novos métodos e novas composições.

É comumente utilizado como agregado miúdo na composição das argamassas, o agregado natural, isto é, a areia lavada, proveniente de leitos de rios. Vários aspectos vêm dificultando a obtenção deste material, desde fatores ambientais, como falta de documentação necessária para a extração legal e a própria escassez gerada pela exploração intermitente dos recursos, e também com padronização de composição (que pode variar de acordo com a jazida, com características mais ou menos favoráveis ao uso na construção civil) e também a escassez em certas épocas do ano.

Nesse contexto, esse trabalho visa contribuir para o estudo das argamassas de revestimento, trazendo à tona, uma alternativa para a tradicional areia lavada: o agregado proveniente de beneficiamento de rocha calcária, popularmente conhecido como areia industrializada.

A utilização de tal agregado, em alternativa à utilização de areia natural, visa contornar uma possível proibição de extração do agregado natural, por questões ambientais, além de verificar a viabilidade de sua utilização na produção de argamassas de revestimento para reboco tipo massa única, quanto à sua consistência e sua resistência final.

A fim de identificar se a alternativa apresentada é viável para ser praticada, foram realizados dois ensaios segundo normas da ABNT, sendo eles o índice de consistência e o ensaio de resistência à compressão, além da avaliação visual, a fim de provar, se a argamassa composta com o agregado industrializado, atende à todos os critérios analisados e apresenta resultado satisfatório.

2 OBJETIVO

Esta seção tem por finalidade, descrever os objetivos do presente trabalho, sendo eles objetivo geral e objetivo específico, conforme especificados a seguir.

2.1. Objetivo Geral

Analisar as características e propriedades da argamassa de revestimento para reboco do tipo massa única, constituída com agregado industrializado em substituição total ao agregado natural.

2.2. Objetivo Específico

- Definir um agregado proveniente de beneficiamento industrial para a fabricação da argamassa;
- Comparar a argamassa feita com agregado convencional (areia lavada convencional) com a argamassa feita com o agregado industrializado, sendo analisado a consistência e a resistência à compressão após 28 dias, além de comparar a granulometria dos agregados e análise de custos;
- Analisar os resultados obtidos da argamassa feita com agregado industrializado a fim de constatar se a mesma atende ou não as expectativas quando comparada com a argamassa feita com agregado convencional natural.

3 JUSTIFICATIVA

A construção civil desempenha um papel importante na economia brasileira. Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), a construção civil foi responsável por 5,2 % do PIB do país em 2017. Devido à sua importância no cenário econômico, várias tecnologias tem sido incorporadas no setor, em praticamente em todas as áreas da construção civil. No setor das argamassas de revestimento não é diferente, visto que temos inúmeras inovações, tais como as argamassas industrializadas, argamassas projetadas, utilização de aditivos, dentre outros. Devido à inúmeros fatores, que vão desde a falta de qualificação da mão de obra até mesmo a resistência por parte dos construtores em utilizar essas inovações, a argamassa de revestimento virada em obra com sua tradicional composição (Cimento, areia e cal), ainda é utilizada na grande maioria das obras de pequeno porte. Mesmo com toda essa utilização, ela não tem a devida atenção dedicada, sendo que, na maioria das vezes é dosada com base em conhecimentos empíricos, tendo pouca padronização no seu processo.

Sendo o reboco, a parte externa da alvenaria, uma maior atenção no processo produtivo das argamassas (dosagem dos materiais, preparo da mistura), na sua aplicação e também no seu processo de cura, é de extrema importância para se obter um resultado final satisfatório, contribuindo também para a melhoria de outros fatores. O ponto de vista econômico é o principal fator afetado, pois ao monitorar todo o processo produtivo e executivo, é possível controlar o consumo de materiais, evitando o desperdício, além de diminuir drasticamente as chances da necessidade de algum reparo no revestimento após sua conclusão. A substituição total do agregado natural pelo agregado industrializado, visa contribuir para uma melhora na resistência por ser constituída de material menos friável, se comparado com o agregado natural. Em contrapartida, omitir esse monitoramento, pode vir a ocasionar vários problemas, como a identificação de um possível consumo excessivo de materiais, por exemplo. Dificulta também a padronização do produto final, podendo esse, não atender aos requisitos exigidos pelo projeto e pelas normas, refletindo diretamente no aspecto financeiro.

A realização do presente trabalho vem contribuir para mostrar os resultados da utilização do agregado industrializado na composição da argamassa de revestimento para reboco tipo massa única, analisando a possibilidade real dessa utilização.

Espera-se também, que esse trabalho seja o ponto de partida para incentivar e direcionar novas pesquisas acerca da utilização do agregado industrializado em argamassas e concretos com diferentes finalidades.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Serão abordados nessa etapa os temas relevantes para a elaboração do trabalho, através do embasamento teórico obtido por meio de pesquisa em literaturas existentes, trabalhos de conclusão de curso, artigos acadêmicos, dissertações de mestrados, teses de doutorados e experimentos já realizados.

4.1. Conceito de Argamassa de Revestimento

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), argamassa de revestimento é uma mistura homogênea, produzida a partir de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.

Para Isaia (2007), argamassa de revestimento é aquela utilizada para revestir paredes, muros e tetos, os quais, geralmente, recebem acabamentos como pintura, revestimentos cerâmicos, laminados, etc., tendo várias camadas, dentre elas, chapisco, emboço, reboco, camada única, ou ainda, revestimento decorativo monocamada.

Ainda segundo o mesmo autor supracitado, a função principal é proteger a alvenaria e a estrutura das intempéries, no caso do revestimento externo e, contribuir com diversas outras funções no sistema de vedação dos edifícios, como isolamento térmico, acústico, estanqueidade à água, segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais.

4.1.1. Classificação das Argamassas

Segundo a NBR 13530 (ABNT, 1995), as argamassas são classificadas segundo vários critérios:

- quanto à natureza do aglomerante: argamassa aérea e argamassa hidráulica, devido ao seu processo de endurecimento pelo CO₂ contido no ar e pela água, respectivamente;

- quanto ao tipo de aglomerante: argamassa de cal, argamassa de cimento e argamassa de cimento e cal, devido ao aglomerante utilizado, sendo cal, cimento ou cal e cimento, respectivamente;

- quanto ao número de aglomerantes: argamassa simples e argamassa mista, sendo a argamassa simples composta de apenas 1 aglomerante, e a argamassa mista composta por 1 ou mais aglomerantes.

- quanto à propriedades especiais: argamassa colante (para assentamento de pisos e cerâmicas), argamassa redutora de permeabilidade (para utilizações onde é necessário uma estanqueidade), argamassa de proteção radiológica (para blindagem em ambientes que contenham equipamentos emissores de raios-X), argamassa hidrófuga (para proteger da umidade), argamassa termoisolante (com isolamento térmico);

- quanto à função no revestimento: argamassa de chapisco, argamassa de emboço, e argamassa de reboco, devido à sua função no revestimento, sendo preparo da base, camada intermediária e camada externa, respectivamente;

- quanto à forma de preparo ou fornecimento: argamassa dosada em central (fornecidas em caminhões betoneira para utilização imediata), preparada em obra (dosada e preparada no canteiro de obras), industrializada (mistura pronta sendo necessária apenas adição de água para sua utilização), ou mistura semipronta para argamassa (mistura industrializada sendo necessária adição de areia e água para sua utilização).

4.1.2. Denominação das Argamassas

As argamassa são denominadas através do tipo de aglomerante, como argamassa de cal, argamassa de cimento, ou ainda, argamassa mista.

- **Argamassa de Cal**

Para Silva (2006), este tipo de argamassa é composta por cal, agregado miúdo e água. A pasta de cal preenche os vazios entre os grãos do agregado miúdo, melhorando a plasticidade e a retenção de água. Para Fiorito (2009), as argamassas de cal são utilizadas para emboço e reboco, e ainda no assentamento de alvenarias de vedação, por possuírem características como plasticidade, condições favoráveis de endurecimento, elasticidade e ainda proporcionar acabamento esmerado, plano e regular.

- **Argamassa de Cimento**

As argamassas de areia e cimento “[...] são utilizadas para chapisco pela sua resistência a curto prazo; nos revestimentos onde as condições de impermeabilidade são exigíveis [...] ou em pisos cimentados onde se exige resistência mecânica ao desgaste” (FIORITO, 2009, p. 29).

- **Argamassa Mista**

As argamassas mistas, constituídas de cimento, cal e areia são utilizadas nas alvenarias estruturais ou não, de tijolos ou blocos, nos contrapisos, entre outros. A adição da cal na argamassa, a torna mais plástica, com melhor trabalhabilidade e facilita o acabamento (FIORITO, 2009).

4.2. Materiais Constituintes da Argamassa

Serão abordados a seguir, os materiais que constituem a argamassa, sendo os aglomerantes e agregados.

4.4.1 Aglomerante

Para Bueno (2000), os aglomerantes são os produtos ativos empregados na composição de argamassas e concretos, sendo os principais: cimento, cal e gesso.

Ainda segundo o mesmo autor supracitado, apresentam-se sob forma de pó e, quando misturados com água formam pastas que endurecem pela secagem devido às reações químicas. Com o processo de secagem os aglomerantes aderem-se nas superfícies com as quais foram postos em contato.

A seguir são apresentados os agregados mais comumente utilizados na construção civil, sendo eles: o cimento, a cal e o gesso.

- **Cimento**

Bauer (2000) afirma que, Cimento *Portland* é o produto obtido pela pulverização de *clínker* constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa

proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego.

Ainda de acordo com o Boletim Técnico BT-106 (ABCP,2002), o cimento *Portland* é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento *Portland* não se decompõe mais.

- **Cal**

Para Bauer (2000), cal é o nome genérico dado a um aglomerante simples, obtido através da calcinação de rochas calcárias, com características resultantes da natureza da matéria-prima e do tipo de processamento.

- **Gesso**

Segundo a NBR 13207 (ABNT, 2017), gesso é um material moído em forma de pó, obtido da calcinação da gipsita, constituído predominantemente de sulfato de cálcio, podendo conter aditivos controladores do tempo de pega.

4.4.2 Agregado Miúdo

Agregado é a denominação para os materiais que são acrescentados ao cimento e à água para obtenção de argamassas e concretos, apresentando-se em formas de grãos, como areias e britas, devendo ser inertes, a fim de não provocarem reações indesejáveis (RIBEIRO, 2011).

A NBR 7211 (ABNT, 2005), define agregado miúdo como sendo aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm.

E de acordo com a mesma norma supracitada, os agregados devem ser compostos por grãos minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, não contendo substâncias de natureza e em quantidade que, possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade, ou ainda, o aspecto visual do concreto.

4.4.3 Aditivos Incorporadores de Ar

Bauer et al. (2005) afirma que, os aditivos incorporadores de ar são materiais orgânicos, geralmente apresentados em forma de solução ou em pó, que quando adicionados às argamassas, produzem uma quantidade controlada de bolhas microscópicas de ar, uniformemente dispersas.

“Os aditivos incorporadores de ar são considerados tensoativos, ou seja, modificam a tensão superficial da água e fazem com que haja menor coesão na interface água-ar e água-sólido modificando a cinética do processo de hidratação” (BAUER *apud* BIAVIA, 2017).

4.5 Propriedades das Argamassas no Estado Fresco

As argamassas de revestimento possuem propriedades em seu estado fresco que precisam ser levadas em conta, para que se tenha um resultado satisfatório, sendo elas: trabalhabilidade, consistência, retenção de água, densidade de água e teor de ar incorporado, conforme abordadas a seguir.

4.5.1 Trabalhabilidade

“A trabalhabilidade é uma das mais relevantes propriedades das argamassas no estado fresco. É a propriedade da argamassa recém-misturada que determina a facilidade com a qual pode ser misturada, lançada, adensada e acabada” (JOICHEM, 2012). Alves (2002) complementa que, sem a trabalhabilidade, a facilidade de manuseio, a adesão inicial, a extensão de aderência e por consequência, a resistência de aderência à tração fica comprometidas, sendo a trabalhabilidade uma das mais importantes propriedades das argamassas.

Para Isaia (2007), trabalhabilidade é a conjunção de diversas outras propriedades como: consistência, plasticidade, retenção de água, coesão, exsudação, densidade de massa e adesão inicial.

Yazigi (2009) cita alguns aspectos a fim de identificar uma argamassa com boa trabalhabilidade, sendo a argamassa que deixa penetrar facilmente a colher de pedreiro, mantém-se coesa ao ser transportada sem aderir à colher de pedreiro no

momento do lançamento, tem facilidade para preencher as reentrâncias do substrato e não endurece rapidamente quando aplicada.

4.5.2 Consistência

Segundo Isaia (2007), consistência é a maior ou menor facilidade de deformação da argamassa, quando essa estiver sob ação de cargas.

A argamassa pode ser classificada como seca, plástica ou fluida, sendo que na argamassa seca, a pouca quantidade de aglomerante somente preenche os vazios entre os agregados, porém não impede que exista o atrito entre eles, o que torna a massa áspera, já na argamassa plástica, uma fina camada de aglomerante cobre a superfície dos agregados, dando uma boa adesão entre eles, e finalmente na argamassa fluida, as partículas do aglomerante não apresentarão coesão interna, pelo fato de estarem imersas no interior da pasta aglomerante, tendendo a depositar-se por gravidade (segregação) (ISAIA, 2007).

A NBR 13276 (ABNT, 2002), estabelece o método de determinação do índice de consistência da argamassa a ser utilizada na realização de ensaios necessários à caracterização do material.

4.5.3 Retenção de Água

“É a capacidade da argamassa fresca de manter sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam a perda de água de amassamento, seja por evaporação ou pela absorção de água da base” (ISAIA, 2007).

O tempo disponível para aplicação, sarrafeamento e desempenho da camada de revestimento, está diretamente ligado com a propriedade de retenção de água da argamassa (ALVES, 2002).

A NBR 13277 (ABNT, 2005) estabelece o método para determinação da retenção de água em argamassas para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos.

4.5.4 Densidade de Massa

É a relação entre massa e volume da argamassa. Pode ser classificada em leve ($<1,40 \text{ g/cm}^3$), normal ($2,30 < a < 1,40 \text{ g/cm}^3$) ou pesada ($>2,30 \text{ g/cm}^3$) (ISAIA, 2007).

A NBR 13278 (ABNT, 2005) propõe para conhecimento da densidade da argamassa no seu estado fresco, o método de cálculo, no qual tal resultado é obtido através da razão da massa de argamassa em seu estado fresco em um recipiente pelo volume do recipiente.

“O valor dessa relação dá uma indicação do teor de ar incorporado da mistura e da facilidade de aplicação que a argamassa apresenta, uma vez que uma menor densidade resulta em menos esforço para sua aplicação” (ALVES, 2002).

4.5.5 Teor de Ar Incorporado

“É o volume de ar incorporado (ou outros gases) em argamassas em estado fresco. É expresso em porcentagem do volume total da argamassa” (ASTM *apud* BIAVIA, 2017).

A utilização de aditivos incorporadores de ar, é necessária para se ter um maior teor de ar incorporado nas argamassas.

A NBR 13278 (ABNT, 2005), estabelece o método para a determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado em argamassas para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos.

4.6 Propriedades das Argamassas no Estado Endurecido

As argamassas, ao entrar no seu estado endurecido, apresentam certas propriedades, tais como resistência mecânica, módulo de elasticidade e aderência, que são abordadas a seguir.

4.6.1 Resistência Mecânica

A resistência mecânica pode variar dependendo das solicitações a que estará submetida. Tal resistência é necessária para suportar uma possível movimentação da base, que poderá ocorrer por recalques ou por variação dimensional por

umedecimento e secagem ou ainda pela dilatação e contração do revestimento devido à variações térmicas (TRISTÃO, 1995).

Nas argamassas de revestimento, não são necessárias altas resistências para garantir o bom desempenho das paredes. Além disso, a resistência mecânica das argamassas nunca deve ser superior à resistência dos blocos, pois esta exerce pouca influência na resistência à compressão da alvenaria (ISAIA, 2007).

A NBR 13279 (ABNT, 2005), prescreve o método para determinação da resistência à tração na flexão e da resistência à compressão de argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos, no estado endurecido.

4.6.2 Módulo de Elasticidade

“A definição de elasticidade pura é que a deformação aparece e desaparece imediatamente na aplicação e remoção da tensão” (NEVILLE, 2013).

O módulo de elasticidade está relacionado com a capacidade de deformação da argamassa, já que, esta deve poder se deformar sem apresentar fissuras prejudiciais, devendo apresentar apenas microfissuras quando sujeita a solicitações diversas (ISAIA, 2007).

4.6.3 Aderência

Para Isaia (2007), aderência é uma propriedade essencial das argamassas, fazendo com que estas resistam aos esforços de cisalhamento e de tração, além de garantir a estanqueidade das juntas.

Aderência é o termo usado como descrição da resistência e a extensão do contato entre a argamassa e a base, sendo a base, não somente representada pela alvenaria, como também, pela estrutura de concreto, tendo o material constituinte da base, ligação direta com a aderência, pois esta é uma propriedade que depende da interação entre base e revestimento (ISAIA, 2007).

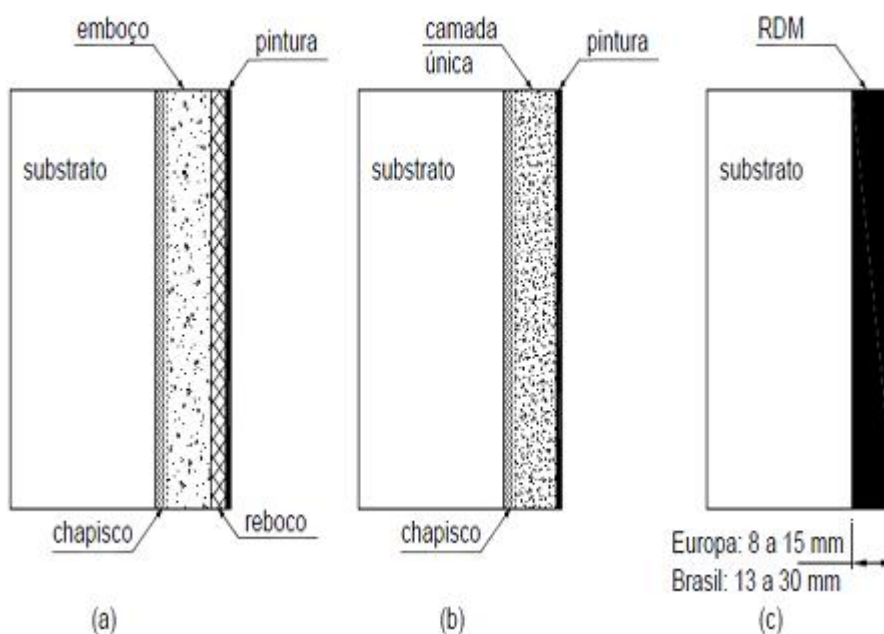
Para Bauer (2005), aderência é a propriedade que possibilita ao revestimento, através de seu contato com o substrato, absorver e resistir a esforços normais e tangenciais. Representa também, a capacidade do revestimento em manter-se estável, sem fissuração e fixo ao substrato.

4.7 Camadas do Revestimento

Segundo Ribeiro (2011), as argamassas de revestimento tem como função aprimorar o acabamento e aumentar o conforto termo-acústico de uma edificação. Isaia (2007) complementa que, as argamassas tem função de proteger alvenaria e estrutura contra a ação de intemperismos; integrar o sistema de vedação dos edifícios e regularizar a superfície dos elementos de vedação, servindo como base para acabamentos decorativos, contribuindo para a estética da edificação.

A FIG. 1 ilustra os três tipos de revestimentos mais utilizados, sendo: emboço, reboco e pintura; camada única e pintura e RDM, ou Revestimento Decorativo Monocamada.

Figura 1 – Diferentes alternativas de revestimento de parede: (a) emboço + reboco + pintura; (b) camada única + pintura; (c) revestimento decorativo monocamada (RDM).



Fonte: ISAIA, 2007.

A seguir, são abordadas as camadas do revestimento, como, chapisco, emboço, reboco, massa única e RDM.

4.7.1 Emboço

“Camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo [...]” (ABNT NBR 13529, 2013.)

Silva (2006), complementa que o emboço também conhecido por massa grossa, deve apresentar espessura média entre 15 mm e 25 mm.

Emboço deve ser composto de areia lavada, não podendo ser utilizada areia salitrada, para que o resultado final seja uma superfície áspera para facilitar a aderência do reboco (YAZIGI, 2009).

4.7.2 Reboco

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), reboco é a camada que cobre o emboço, propiciando uma superfície que permita o recebimento do revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final.

Silva (2006) complementa: “É o reboco que confere a textura superficial final aos revestimentos de múltiplas camadas [...]. Portanto, não deve apresentar fissuras, principalmente em aplicações externas.”

4.7.3 Massa Única

De acordo com Isaia (2007), camada única é um revestimento de um único tipo de argamassa, que é aplicado diretamente sobre o chapisco, sobre o qual é aplicado a pintura, definida como camada decorativa, podendo ainda, ser chamado de “massa única” ou “reboco paulista”, sendo o método mais empregado no Brasil.

Os rebocos monocamada tem uma constituição semelhante aos rebocos tradicionais (cimento, cal e areia), com a diferença de a dosagem ser feita de acordo com uma formulação devidamente estudada (QUINTELA, 2006).

“O tipo de areias utilizado e a sua composição granulométrica têm grande influência no comportamento das argamassas, pelo que a sua escolha e proporção na mistura assume um papel importante na qualidade final das argamassas” (QUINTELA, 2006).

4.7.4 Chapisco

O chapisco é considerado um processo de preparo da base, e não, uma camada de revestimento.

De acordo com Bauer et al. (2005), para melhorar e adaptar o substrato, utiliza-se rotineiramente o chapisco, que na sua essência visa fornecer ao substrato uma textura adequadamente rugosa e com porosidade adequada ao desenvolvimento da aderência.

As argamassas de chapisco são compostas por cimento, areia e água, tendo estes materiais as mesmas funções apresentadas nas argamassas de revestimento (MOURA, 2007).

4.7.5 Revestimento Decorativo Monocamada (RDM)

O revestimento decorativo monocamada altera a forma de execução e a estrutura física do revestimento de fachadas, substituindo o revestimento de argamassa tradicional aplicado sobre o preparo da base (PIOVEZAN; CRESCENCIO, 2003).

Ainda segundo os autores supracitados, sua espessura média varia de 12 a 15 mm, enquanto o revestimento tradicional tem espessura final usual em torno de 25mm.

4.8 Detalhes Executivos que Influenciam no Desempenho das Argamassas

O processo de execução das argamassas de revestimento, que vai desde à escolha e dosagem dos materiais utilizados, até sua aplicação, exercem bastante influência no resultado final das argamassas. Dentre esses processos, podemos citar:

4.8.1 Preparo da argamassa

A utilização da argamassa é uma informação fundamental para se determinar o tipo de aglomerante a ser utilizado, ou a combinação de mais de um tipo de aglomerante. Logo após, deve-se adotar o traço, que é a indicação das proporções de componentes da argamassa (FIORITO, 2009).

A NBR 7200 (ABNT,1998), complementa que, o traço deve ser estabelecido pelo projetista, obedecendo as especificações de projeto e às condições para execução dos serviços; logo após, deve-se dosar os materiais, para em seguida, proceder com a mistura da argamassa, preparando a base antes da sua aplicação, deve-se preparar a base, corrigindo imperfeições e falhas, para em seguida, aplicar as camadas do revestimento sobre a base.

Segundo Ripper (1995), as argamassas devem ser preparadas mecanicamente, ou manualmente, quando a quantidade não justificar a utilização de um misturador mecânico.

4.8.2 Modo de aplicação da argamassa

A maneira com que as argamassas são aplicadas, seja ela, manual ou mecânica, tem relação direta com algumas características de seu estado endurecido.

As argamassas são comumente lançadas contra a base, tanto manualmente, como mecanicamente (projeção), sendo a energia de impacto das mesmas contra superfície (energia cinética que uma porção de argamassa atinge a base), um fator determinante para o espalhamento adequado da argamassa sobre a base. (ANTUNES, 2007).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho teve como finalidade verificar a viabilidade técnica do uso de agregado proveniente do beneficiamento de rocha calcária em substituição do agregado proveniente do leito de rios na composição de argamassa de revestimento, através dos ensaios de granulometria, consistência e resistência à compressão, e também realizou-se uma análise de custos diretos para duas argamassas.

Para início do desenvolvimento do estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica referente ao tema do trabalho, através de produção acadêmica existente e consultas em livros.

A seguir estão apresentados os materiais necessários e os procedimentos realizados para a execução dos ensaios técnicos, em conformidade com as NBR da ABNT.

5.4 Materiais

Os materiais utilizados foram: Areia Lavada Fina, Areia Britada de Pedra Calcária (agregado derivado do beneficiamento do pó de pedra), Cal Hidratada CH-III, Cimento *Portland* CP-II E-32 e água.

5.4.1 Água

A água utilizada na composição das argamassas e para confecção dos corpos de prova utilizados nos ensaios, foi a água proveniente da rede de distribuição, semelhante à água utilizada para confecção de argamassas nas obras.

5.4.2 Cal

A cal utilizada na composição das argamassas e para confecção dos corpos de prova utilizados nos ensaios foi a Cal Hidratada CH-III.

5.4.3 Cimento

O cimento utilizado na composição das argamassas e para confecção dos corpos de prova utilizados nos ensaios foi o CII – E 32 (Cimento *Portland* com adição de escória de alto forno), que é mais abundante, devido à presença de duas fábricas na cidade de Arcos-MG.

5.4.4 Areia lavada

A areia lavada utilizada foi a areia lavada do tipo fina, peneirada na peneira comercializada como peneira de fubá, utilizada em grande parte das construções e obras para retirada de impurezas.

5.4.5 Areia britada

A areia britada utilizada foi a proveniente do beneficiamento de rocha calcária, comercializada por uma empresa de beneficiamento de rocha, localizada em Arcos – MG.

5.4.6 TCPO

Livro TCPO 13, da editora Pini, edição 2010.

5.4.7 Sinapi

Tabela Sinapi, referente ao mês de setembro de 2018.

5.5 Equipamentos

Aqui são apresentados os equipamentos utilizados para a realização dos ensaios laboratoriais.

- Formas prismáticas de madeira nas dimensões de 4 cm de altura, 4 cm de largura e 16 cm de comprimento;
- Balança de precisão para pesagem dos materiais;

- Recipiente para amassamento manual da argamassa;
- Soquete;
- Espátula;
- Máquina de compressão universal
- Bandeja de alumínio
- Mesa vibratória
- Molde tronco cônico
- Paquímetro
- Peneiras da série normal, segundo NBR NM 248
- Escova de aço

5.6 Métodos

A fim de atender os objetivos propostos, foram utilizados os seguintes métodos para realização do presente trabalho, como determinação do índice de consistência e determinação da resistência à compressão.

5.6.1 Caracterização dos agregados miúdos

A composição granulométrica dos agregados miúdos utilizados (areia industrializada e areia natural) foi feita com base na NBR NM 248 (ABNT, 2003), onde as peneiras foram agitadas manualmente.

Foram pesadas 300 gramas como amostra de cada agregado, seguindo os parâmetros da TAB 1, onde a dimensão máxima dos agregados não ultrapassou o diâmetro de 4,75mm.

Tabela 1 - Massa mínima por amostra de ensaio

Dimensão máxima nominal do agregado mm	Massa mínima da amostra de ensaio kg
<4,75	0,3
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fonte: NBR NM 248 (ABNT, 2003).

Após definido a quantidade de material e separado a amostra de cada agregado, fez-se a caracterização propriamente dita, através do peneiramento. As malhas utilizadas foram 4,75mm, 1,18mm, 800 μ m, 300 μ m e 150 μ m. As peneiras foram agitadas manualmente, uma a uma, durante 2 minutos, em movimentos circulares, conforme especificado na NBR NM 248 (ABNT, 2003). Após agitar cada peneira, o material retido foi pesado e a mesma foi limpa com escova de aço para evitar a retenção de materiais na malha da mesma.

5.6.2 Comparativo de Custos

O comparativo de custos entre a argamassa produzida utilizando areia proveniente do beneficiamento de rocha calcária e a argamassa produzida utilizando areia natural, foi feita com base na composição de custos segundo o TCPO (PINI, 2008) e os preços utilizados foram com base na tabela SINAPI referente ao mês de setembro.

5.6.3 Preparo da Mistura

O preparo da mistura foi feito com base na NBR 13276 (ABNT, 2002), onde foram preparados dois tipos de argamassas, sendo um com utilização de agregado natural (areia lavada) e outro com agregado industrializado (areia britada). Em ambas as composições, foram utilizados os mesmos traços. O traço utilizado foi o de 1:1/2:6, com relação água/cimento de 1,2

Para composição dos traços, encontrou-se o valor em volume, primeiramente, e, utilizando a massa específica de cada componente, encontrou-se a proporção, em massa, para dosagem. A TAB. 2 mostra as massas específicas, obtidas na NBR 6120 (ANBT, 1980).

Tabela 2 - Massa específica dos Materiais

Material	Peso específico aparente (kN/m ³)
Areia com umidade natural	17
Cal em pó	10
Cimento	14

Fonte: Adaptado ABNT(1980).

Considerando a aceleração da gravidade como 9,81 m/s², fez-se a transformação de kiloNewtons para quilogramas, para obter as massas dos componentes a serem utilizados nos ensaios.

Foram feitos 3 corpos de prova de cada composição para serem utilizados no ensaio de compressão, além de realizar o ensaio do índice de consistência, com a argamassa fresca.

A produção da argamassa ocorreu pela mistura manual dos materiais. O processo aconteceu em área preparada para tal, no Laboratório Ciências da Terra no Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG.

Todos os materiais foram pesados em balança com precisão de 2g antes de iniciar a produção propriamente dita.

Em ambas as misturas, o processo de preparo foi idêntico, adicionando primeiro o agregado, logo após o cimento e em seguida a cal. A mistura foi homogeneizada seca primeiramente. Após a mistura completa, foi adicionado a água, em etapas, até se obter a completa homogeneização da massa, utilizando toda a água definida pelo traço.

5.6.3.1 Determinação do Índice de Consistência

A determinação do Índice de Consistência foi feita segundo a NBR 13276 (ABNT, 2016), onde foi utilizada a argamassa em seu estado fresco para tal ensaio. Após o preparo das misturas, foi colocado o tronco-cônico sobre a bandeja e, preenchido em sua totalidade, em três camadas, e após a colocação de cada camada,

foram aplicados respectivamente 15, 10 e 5 golpes, para a uniformização do preenchimento do molde.

A FIG 2 mostra o molde preenchido com argamassa, antes de ir para a mesa vibratória.

Figura 2 - Molde de ensaio de consistência preenchido



Fonte: o autor (2018).

Logo após, acionou-se a mesa vibratória por 30 segundos e, em seguida, retirado o molde de tronco-cônico. Fez se então as medidas de espalhamento da argamassa em três direções.

5.6.3.2 Resistência à Compressão Axial

Para determinar a resistência à compressão, foram moldados os corpos de prova, conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005).

Os moldes foram untados com óleo a fim de facilitar o processo de desforma, conforme a FIG.3.

Figura 3- Moldes untados



Fonte: o autor (2018).

Após o preparo das misturas, os mesmos foram preenchidos com as duas composições de argamassas, em seu estado fresco. Foram preenchidos em três camadas, e após preenchimento de cada camada, foram aplicados 30 golpes alternados com soquete, a fim de uniformização para garantir o preenchimento completo das formas.

A FIG. 4 mostra os corpos de provas preparados, aguardando o período de cura para seu rompimento.

Figura 4 - Corpos de prova moldados



Fonte: o autor (2018).

Após 24 horas do processo de moldagem dos corpos de prova, eles foram desenformados, e armazenados para concluir o processo de 28 dias de cura, desde a data de moldagem, até a data de rompimento. A FIG. 5 mostra os corpos de prova desenformados, após 24 horas de moldados.

Figura 5 - Corpos de prova desenformados



Fonte: o autor (2018).

No processo de rompimento de corpos de prova, eles foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão na idade de 28 dias. A FIG. 6 mostra um corpo de prova na prensa hidráulica, momentos antes de seu rompimento.

Figura 6 - Corpo de prova na prensa antes de seu rompimento



Fonte: o autor (2018).

Após o rompimento dos corpos de prova, foram gerados os resultados da força aplicada pela prensa, em Newtons.

Para se calcular a resistência de cada corpo de prova, em Mega Pascals (MPa), de acordo com a NBR 13279 (2005), utiliza-se a equação 1.

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (1)$$

onde:

R_c é a resistência à compressão, em Mega Pascals;

F_c é a carga máxima aplicada, em Newtons;

1600 é a área da seção considerada quadrada do dispositivo de carga 40 mm x 40 mm, em milímetros quadrados.

Porém, devido ao fato de os corpos de provas serem rompidos no sentido horizontal, a superfície de contato passou a ser de 40 mm x 160 mm, fazendo-se a necessidade de substituir o valor de 1600 da fórmula, por 6400. Logo, a equação adaptada ficou da seguinte forma:

$$Rc = \frac{Fc}{6400} \quad (2)$$

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse item tem como objetivo, comparar os resultados obtidos das duas diferentes composições de argamassas uma utilizando o agregado de origem natural, e outra utilizando areia proveniente do beneficiamento da rocha calcária, utilizando a areia derivada do processamento da rocha calcária como agregado, destacando as particularidades e apresentando os resultados do ensaio granulométrico dos agregados, e de índice de consistência e de resistência à compressão de cada mistura.

6.1 Preparo da mistura

O preparo das argamassas, foi feito, conforme descrito nos materiais e métodos. Após a definição do traço a ser utilizado, os materiais foram dosados, para proceder com o processo de homogeneização. A TAB.3 apresenta a quantidade de cada material que foram utilizados para a composição dos traços.

Tabela 3 - Traços das argamassas

TRAÇO	CIMENTO (KG)	AREIA (KG)	CAL (KG)	ÁGUA (ML)
Argamassa com areia natural	0,191	2,04	0,100	505
Argamassa com areia industrializada	0,191	2,04	0,100	229

Fonte: o autor (2018).

Após a dosagem dos mesmos, foram homogeneizados manualmente, para proceder com os ensaios subsequentes.

Apesar das quantidades e volumes pré definidos, a mistura contendo agregado de origem natural (areia convencional), necessitou de utilizar 276 ml a mais de água, a fim de homogeneizar a mistura completamente, visto que a quantidade inicialmente definida, não foi suficiente. Segundo Silva (2006), as argamassas constituídas com areia britada exigem um menor teor de água, principalmente à maior massa específica de tal agregado ($2,778 \text{ g/cm}^3$) em relação à areia natural ($2,632 \text{ g/cm}^3$). Sendo assim, a argamassa constituída com agregado proveniente do beneficiamento de rocha calcária manteve a relação água/cimento natural, de 1,2, enquanto que, a argamassa

composta com agregado de origem natural, utilizou uma relação água/cimento de 2,64.

6.2 Classificação granulométrica

A TAB.4 apresenta o resultado do peneiramento da areia proveniente de rocha calcária, com peso e percentual retidos em cada malha.

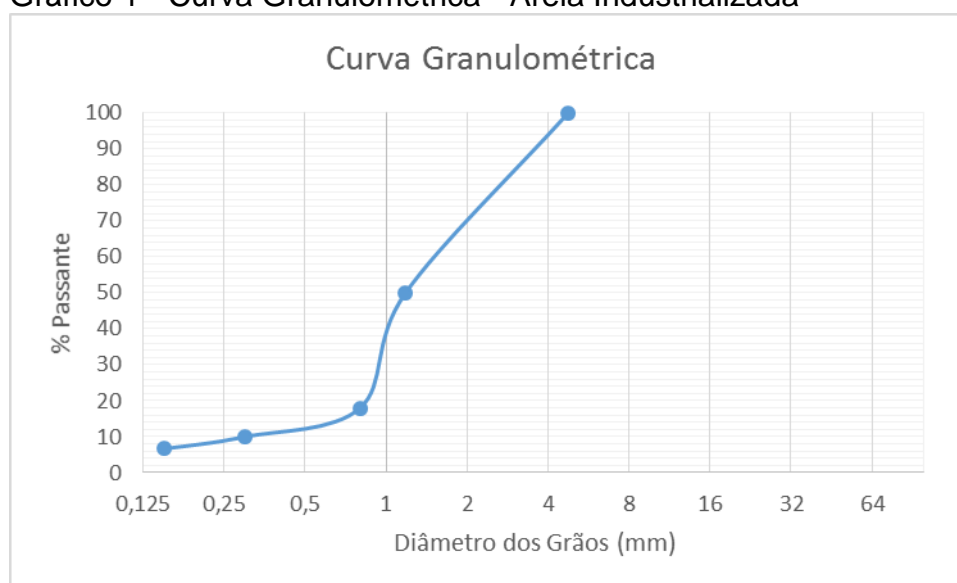
Tabela 4 -Ensaio granulométrico Areia Industrializada

Areia industrializada				
Peneira	Peso da Amostra (g)	Peso retido (g)	Percentual retido	Percentual acumulado
#4,75 mm	300	0	0,00%	0,00%
#1,18 mm	300	150	50,00%	50,00%
#800 µm	150	96	32,00%	82,00%
#300 µm	54	24	8,00%	90,00%
#150 µm	30	10	3,33%	93,33%
Passante	20	20	6,67	100,00%

Fonte: o autor (2018).

O GRAF. 1 ilustra a curva granulométrica da areia industrializada.

Gráfico 1 - Curva Granulométrica - Areia Industrializada



Fonte: O autor (2018).

Percebe-se que, uma parcela de cerca de 50% da amostra, é constituída de grãos com diâmetro maior que 1mm, o que torna a argamassa feita com tal agregado, com textura mais áspera em função disto.

A TAB.5 apresenta o resultado do peneiramento da areia natural, exibindo também o peso e o percentual retido em cada malha.

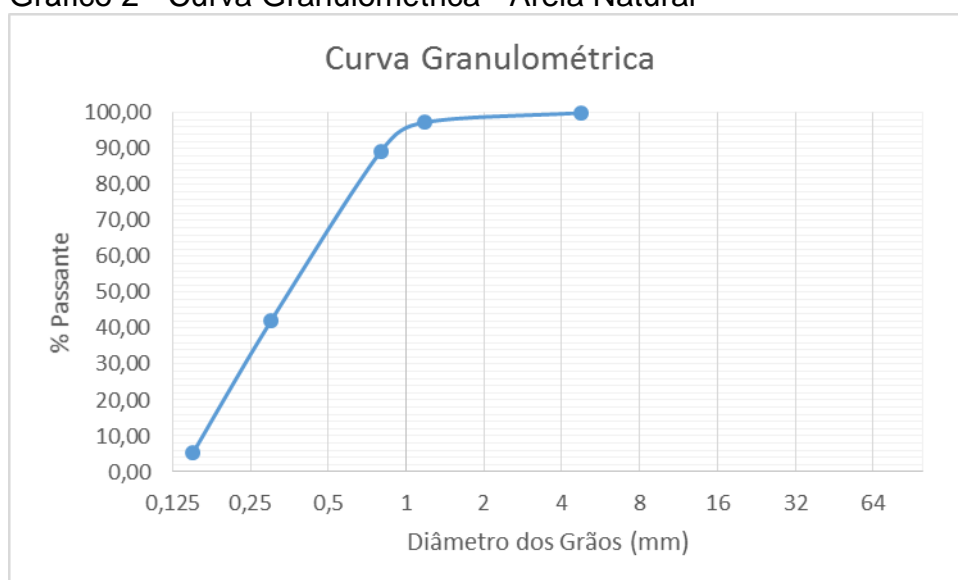
Tabela 5 - Ensaio granulométrico Areia Natural

Areia lavada				
Peneira	Peso da Amostra (g)	Peso retido (g)	Percentual retido	Percentual acumulado
#4,75 mm	300	0	0,00%	0,00%
#1,18 mm	300	8	2,67	2,67%
#800 µm	292	24	8,00%	10,67%
#300 µm	268	142	47,33%	58,00%
#150 µm	126	110	36,67	94,67%
Passante	16	16	5,33%	100,00%

Fonte: o autor (2018)

O GRAF. 2 ilustra a curva granulométrica da areia natural.

Gráfico 2 - Curva Granulométrica - Areia Natural



Fonte: O autor (2018).

Já a areia natural, possui grãos com diâmetro menor que os da areia industrializada, como mostrado no GRAF. 2, tendo uma parcela com mais de 80% dos

grãos com diâmetro menor que 1 mm, o que é muito mais favorável para sua utilização em argamassas de reboco.

Em seguida, calculou-se o módulo de finura de cada agregado. O módulo de finura é a soma das porcentagens retidas acumuladas de um agregado nas peneiras de série normal, dividida por 100. A TAB.6 apresenta o resultado do cálculo do módulo de finura de cada agregado.

Tabela 6 - Módulo de finura

Agregado	Módulo de Finura
Areia natural	1,66
Areia industrializada	3,15

Fonte: o autor (2018).

A TAB.7 mostra os limites de distribuição granulométrica para agregados miúdos segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009).

Tabela 7 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

Fonte: NBR 7211 (ABNT, 2009).

Como o objetivo do presente trabalho, era analisar o desempenho das argamassas no reboco convencional (massa única), é necessária areia fina para composição da mesmas. A areia fina é definida comercialmente, como aquela com módulo de finura <2,4, ou ainda, aquela classificada atendendo à faixa da zona utilizável do limite inferior da tabela da NBR 7211 (ABNT, 2009).

Nota-se que, na composição granulométrica, a areia industrializada não atende os padrões exigidos em ambos os aspectos, visto que, 50% da amostra ficaram retidos na peneira de abertura #1,18 mm, enquanto eram permitidos somente 5% e seu módulo de finura calculado foi de 3,15, enquanto que o máximo permitido seria de 2,4.

Já a areia natural, apresentou-se dentro dos limites exigidos em ambos os critérios, apresentando módulo de finura de 1,66 e percentual retido nas peneiras dentro dos limites exigidos pela norma, sendo portanto, a mais indicada para a execução do reboco massa única.

6.3 Determinação do índice de consistência

Para a realização de tal ensaio, foram utilizadas as duas composições de argamassas em seu estado fresco, conforme instruções da NBR 13276 (2002).

O QUADRO 1 mostra os resultados do ensaio.

Quadro 1 - Índice de consistência da argamassa

Argamassa	Consistência (mm)	Relação água/cimento
Argamassa com areia natural	371	2,64
Argamassa com areia industrializada	183	1,20

Fonte: O autor (2018).

A NBR 13276 (ABNT, 1995) estabelece como padrão para o ensaio de consistência, o abatimento de 255 mm \pm 10 mm. Assim sendo, nenhuma das amostras se mostrou dentro da norma, utilizando o traço acima especificado.

A diferença nos índices de consistências das duas composições, se dá, principalmente pela mudança da relação água/cimento. Na argamassa com areia lavada, foi necessário a utilização de uma maior quantidade de água, para que, se tivesse a mistura com a devida homogeneização, o que resultou em uma mistura com elevada trabalhabilidade. Em contrapartida, a argamassa utilizando areia industrializada, utilizou-se o fator água/cimento original, o que resultou em uma argamassa mais consistente, com menor trabalhabilidade do que a argamassa composta com areia lavada.

A argamassa constituída com areia industrializada, apresentou resultado abaixo do especificado pela norma. Tal consistência interfere diretamente na

trabalhabilidade, pois a mesma pode trazer dificuldades no seu lançamento no momento de execução do reboco. Uma argamassa com pouca trabalhabilidade além de dificultar o manuseio, prejudica a adesão inicial, tendo por consequência, ainda, uma baixa resistência à tração.

Já a argamassa constituída com areia natural, apresentou um resultado 40% superior à tolerância da norma. Tal resultado se deu principalmente, pelo acréscimo necessário de água para que a mistura ficasse homogênea. Isso interfere diretamente no lançamento da mesma, pois, uma argamassa muito fluida, além de prejudicar o lançamento, leva um tempo maior para ocorrer a pega, devido ao excesso de água, fazendo com que a mesma, não fixe ao substrato, refletindo diretamente em perda de produtividade. Essa maior utilização de água, se comparada com a argamassa feita com areia industrializada, se deve ao menor peso específico da areia natural, se comparada com a areia proveniente do beneficiamento de rocha, o que leva à uma maior necessidade de água na mistura.

Contudo, a argamassa que se utilizou uma menor quantidade de água, tende a resultar em um produto final com maior resistência mecânica, menor permeabilidade, enquanto que, a argamassa que foi necessário a utilização de uma maior quantidade de água, tende a perder algumas propriedades do cimento e da areia que podem ser escoadas juntamente com o excesso de água da mistura.

6.4 Ensaio de resistência à compressão

Esse ensaio foi realizado com base na NBR 13279 (2005), onde foram rompidos corpos de prova das duas diferentes composições, com a idade de 28 dias. Para cada composição, foram rompidos três corpos de prova, totalizando em seis corpos de prova rompidos com a idade de 28 dias.

No QUADRO 2, são apresentados os resultados do ensaio de compressão, aos 28 dias de idade, em Newtons.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de compressão

Resistência em 28 dias	Argamassa com areia lavada (Newtons)	Argamassa com areia britada (Newtons)
CP1 (Corpo de Prova 1)	18729,857	30635,070
CP2 (Corpo de Prova 2)	17099,525	35279,627
CP3 (Corpo de Prova 3)	16246,445	35412,324

Fonte: O autor (2018).

O QUADRO 3, apresenta os resultados dos corpos de prova, constituídos de argamassa com areia lavada, na idade de 28 dias.

Quadro 3 - Argamassa com areia lavada - 28 dias

Corpos de prova	Tensão (MPa)
1 *	2,926
2	2,672
3	2,540
Fck est	2,713
Desvio Absoluto Máximo	0,213

Fonte: O autor (2018).

O desvio absoluto máximo, segundo a NBR 13279 (ABNT, 2005) é a diferença entre a resistência média e a resistência individual de um corpo de prova que mais se afaste dessa média, para um valor acima ou abaixo desta.

A resistência dos corpos de prova feitos com argamassa com areia lavada, foi de 2,713 MPa, sendo classificada como classe I de acordo com o QUADRO 4 da NBR 13281 (ABNT,2001).

Quadro 4 - Exigências mecânicas e reológicas para argamassas

Características	Identificação	Limites
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	I	$\geq 0,1$ e $< 4,0$
	II	$\geq 4,0$ e $< 8,0$
	III	$\geq 8,0$

Fonte: Adaptado NBR 13281 (ABNT, 2001).

A NBR 13281 (ABNT,2001) classifica as argamassas em 3 classes, de acordo com a resistência à compressão após 28 dias.

O QUADRO 5, apresenta os resultados dos corpos de prova, feitos com argamassa industrializada, com a idade de 28 dias.

Quadro 5 - Argamassa com areia industrializada - 28 dias

Corpos de prova	Tensão (MPa)
1	4,787
2	5,512
3	5,533
Fck est	5,277
Desvio Absoluto Máximo	0,490

Fonte: o autor (2018).

A resistência da argamassa feita com areia industrializada, foi de 5,277 MPa, sendo classificada como classe II de acordo com o QUADRO 6 da NBR 13281 (ABNT,2001).

O desvio absoluto máximo, foi obtido através do mesmo procedimento utilizado com a argamassa feita com areia natural.

A divergência de classes de resistências das argamassas, se deu principalmente pela diferença da relação água/cimento, a qual teve que ser aumentada na argamassa composta com areia natural.

Apesar de atingir resistência satisfatória aos 28 dias, a argamassa constituída com areia industrializada, apresentou textura mais áspera, o que é indesejável no reboco. Sendo assim, essa composição, com essa granulometria não é indicada para reboco, podendo ser utilizada nas camadas que não são expostas, tais como emboço, ou ainda como assentamento.

Já a argamassa constituída com areia natural, apesar de baixa resistência à compressão após os 28 dias, apresentou textura menos rugosa, em relação à outra composição, sendo aceitável, do ponto de vista estético para ser utilizada no reboco. Entretanto, sua resistência se mostrou baixa, necessitando de uma nova formulação de traço para que a mesma atenda à todos os requisitos exigidos.

O fato de a rocha calcária ser um mineral mais forte do que os minerais constituintes da areia natural, contribui diretamente para o aumento da resistência da argamassa utilizando agregado industrializado, se comparada com a argamassa constituída com agregado natural.

6.5 Comparativo de custos

Foi feito o comparativo de custos, entre a argamassa produzida com areia proveniente do beneficiamento da rocha calcária e a argamassa produzida com areia natural. A composição de custos foi retirada do TCPO (PINI, 2008) e adaptada para o traço utilizado. Os valores unitários utilizados foram o da tabela SINAPI referente ao mês de setembro de 2018, sendo que a Cal CH-III e a areia industrializada foram cotadas nos comércios locais, em função da não existência de tais itens na tabela acima citada.

O QUADRO 6 apresenta a composição de custos com os valores referentes à argamassa feita com areia natural.

Quadro 6 - Composição de Custos: Argamassa feita com areia lavada – 1 m³

Código	Componentes	Unid.	Consumo	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
01270.0.45.1	Servente	H	12,244	12,28	150,36
02060.3.2.2	Areia lavada tipo média	M ³	1,122	63,33	71,05
02065.3.2.1	Cal hidratada CH III	Kg	61,00	0,40	24,40
02065.3.5.1	Cimento <i>Portland</i> CII-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	Kg	243,00	0,37	89,91
CUSTO FINAL					335,72

Fonte: Adaptado PINI, 2008.

O QUADRO 2 apresenta a composição de custos com os valores referentes à argamassa feita com areia industrializada.

Quadro 7 - Composição de Custos: Argamassa feita com areia industrializada – 1m³

Código	Componentes	Unid.	Consumo	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
01270.0.45.1	Servente	H	12,244	12,28	150,36
02060.3.2.2	Areia industrializada	M ³	1,122	83,60	93,80
02065.3.2.1	Cal hidratada CH III	Kg	61,00	0,40	24,40
02065.3.5.1	Cimento <i>Portland</i> CII-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	Kg	243,00	0,37	89,91
CUSTO FINAL					358,47

Fonte: Adaptado PINI, 2008.

Segundo as composições de custo acima, a argamassa composta com areia lavada, se mostrou mais viável economicamente, sendo essa 6,35% mais barata do que a argamassa composta com areia industrializada, tornando-se assim mais uma barreira para utilização da argamassa composta com areia industrializada.

7 CONCLUSÃO

A utilização de novos materiais na construção civil, é algo que levanta constantes dúvidas e questionamentos, com relação à viabilidade de utilização dos mesmos.

O presente trabalho foi realizado, com o intuito de, verificar, por meio de ensaios laboratoriais, a viabilidade de se utilizar a areia proveniente do beneficiamento de rocha calcária, nas argamassas, como alternativa de substituição da área lavada, tradicionalmente utilizada nas obras de pequeno e médio porte.

Do ponto de vista econômico, a argamassa utilizando agregado industrial, apresentou custo maior, de cerca de 6,77% se comparada com a argamassa constituída de agregado natural, o que pode ser fator contribuinte para a escolha, ou não, do agregado industrializado, em conjunto com outros fatores. Do ponto de vista granulométrico, a areia industrializada não atendeu aos requisitos exigidos, não sendo classificada como areia fina, o que inviabiliza a utilização desse agregado na composição de argamassa de revestimento utilizada no reboco. Além disso, do ponto de vista estético também não foi satisfatório, apresentando uma textura bastante áspera, o que é indesejável no reboco. Porém sua resistência no ensaio de compressão foi satisfatório, atendendo aos valores mínimos exigidos pela norma, o que abre um leque para outras utilizações, em camadas do revestimentos que não ficarão expostas, sendo seus resultados, superiores aos resultados obtidos pela argamassa composta com areia lavada.

Levando-se em conta a região do centro-oeste mineiro, principalmente, a região, composta pelas cidades de Arcos, Pains, Córrego Fundo, como sendo grandes produtoras/beneficiadoras de rocha calcária, a areia industrializada proveniente do beneficiamento de tal rocha, se mostra uma alternativa atraente, visto à abundância de jazidas e disponibilidade de produção para utilização em larga escala.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 175p, 2002. Disponível em: <<http://www.pecc.unb.br/wp-content/uploads/dissertacoes/M02-12A-Nielsen-Alves.pdf>>. Acesso em: 10/04/2018

ANTUNES, R. P. do N. **Determinação e controle da energia de impacto de argamassa lançadas manualmente**. - São Paulo: EPUSP, 2007. 14 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil; BT/PCC/455), disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00455.pdf>. Acesso em :14/05/2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **BT 106: guia básico de utilização do cimento Portland**. São Paulo: ABCP, 2002

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.

_____. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13207: Gesso para construção civil**. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência**. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13278: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13281: Argamassa para assentamentos e revestimento de paredes e tetos - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**. Rio de Janeiro, 2013

_____. **NBR 13530: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas.** Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR NM 248: Agregados: Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM ISO 3310-1: Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico (ISO 3310-1, IDT).** Rio de Janeiro, 2010.

BAUER, L.A. F. **Materiais de Construção.** 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. Associação Brasileira de Cimento *Portland*. **BT 106:** guia básico de utilização do cimento *Portland*. São Paulo: ABCP, 2002.

BAUER, E. et al. **Revestimentos de Argamassa: Características e Peculiaridades.** 2005. Disponível em: <<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/upload/ativos/123/anexo/revesar.pdf> > Acesso em Abril de 2018.

BIAVIA, J. F. **Contribuição ao estudo de argamassas de emboço com aditivo incorporador de ar.** Pato Branco: 2017 disponível em <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/3044/1/PB_PPGEC_M_Biava%2c%20Juceane%20de%20F%C3%A1tima_2017.pdf > acesso em 09 de abril de 2018

BUENO, C. F. H. **Tecnologia de materiais de construções.** Viçosa: UFV, 2000. Disponível em <http://arquivo.ufv.br/dea/ambiagro/arquivos/materiais_construcao.pdf> Acesso em: 12 maio 2018.

FIORITO, A. J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** - 2. ed. - São Paulo: Pini, 2009.

ISAIA, G. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo, IBRACON, 2007.

JOCHEM, L. F. **Estudo das argamassas de revestimento com agregados reciclados de RCD: características físicas e propriedades da microestrutura.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

MOURA, C. B. **Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substratos de Concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco.** 2007. 180f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto.** – 2. Ed. – São Paulo, Bookman Editora, 2013.

PEREIRA, P. C; CARASEK, H; FRANCINETE JR. P. **Influência da Cura no Desempenho de Revestimentos com Argamassas Inorgânicas.** VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Florianópolis. 2005. Disponível em <

<https://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/278-a-influencia-da-cura-no-desempenho-de-revestimentos-com-argamassas-inorganicas>> Acesso em 27 de junho de 2018.

PIOVEZAN, L. H; CRESCENCIO, R. M. **Inovação Tecnológica no Setor da Construção Civil: o Caso do Revestimento Decorativo Monocamada**. XXIII Encontro Nac. de Eng. De Produção. Ouro Preto, MG .2003. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0801_0098.pdf> Acesso em 28 de setembro de 2018.

QUINTELA, M. B. de O. A. **Durabilidade de Revestimentos Exteriores de Parede em Reboco Monocamada**. 2006. 254f. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Construção de Edifícios, Universidade do Porto, Porto. Disponível em <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/12353/2/Texto%20integral.pdf>> acesso em 03 de agosto de 2018

RIBEIRO, C. C; PINTO, J. D. S; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**. 2. ed. – Belo Horizonte: Editora UFMG; Escola de Engenharia da UFMG, 2002. 102P. – (Ingenium)

RIPPER, E. **Manual prático de materiais de construção**, São Paulo, Pini, 1995

SILVA, N. G.da. **Argamassa de Revestimento de Cimento, Cal e Areia Britada de Rocha Calcária**. Curitiba, 2006. Disponível em: <<http://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/4660/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20MESTRADO.pdf?sequence=1>> Acesso em 30 de Julho de 2018

SINAPI – Índices da Construção Civil. Disponível em: < <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 23 de outubro de 2018.

TCPO, Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos. 13. Ed. – São Paulo: Pini, 2008.

TRISTÃO, F.A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento**. Florianópolis, 1995, Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar** – 10. Ed. Ver. E atual. – São Paulo: Pini: SindusCon, 2009