

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**ANGÉLICA CRISTINA BARROS MARTINS
PRICILA APARECIDA DE SOUSA DA SILVA**

**ANÁLISE DO TEMPO DE PEGA DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM
O USO DA AREIA INDUSTRIAL E COM ADITIVO A BASE DE CELULOSE**

**CARATINGA
2018**

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**ANGÉLICA CRISTINA BARROS MARTINS
PRICILA APARECIDA DE SOUSA DA SILVA**

**ANÁLISE DO TEMPO DE PEGA DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM
O USO DA AREIA INDUSTRIAL E COM ADITIVO A BASE DE CELULOSE**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil das Faculdades DOCTUM de
Caratinga, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.**

**Área de concentração: Materiais de
Construção.**

**Orientadora: Professora Esp. Camila
Alves da Silva.**

CARATINGA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ANÁLISE DO TEMPO DE PEGA DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO COM O USO DA AREIA INDUSTRIAL E COM ADITIVO A BASE DE CELULOSE, elaborado pelo(s) aluno(s) ANGÉLICA CRISTINA BARROS MARTINS e PRICILA APARECIDA DE SOUSA DA SILVA foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 06/12/2018

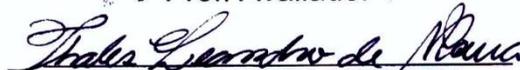


CAMILA ALVES DA SILVA

Prof. Orientador


JOÃO MOREIRA DE OLIVEIRA JÚNIOR

Prof. Avaliador 1


THALES LEANDRO DE MOURA

Prof. Examinador 2

Dedicamos este trabalho especialmente
aos nossos familiares aos nossos pais,
irmãos e a Deus.

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradecemos a Deus, por nós possibilitar chegar até este momento, e por sempre ter nós abençoado e protegido durante esta caminhada.

Agradecemos aos nossos pais, Maria de Lurdes e João, Ana Maria e Jair Martins, que sempre estiveram ao nosso lado em todas as etapas desta caminhada, obrigada por nos apoiarem, e acreditarem em nossa capacidade.

Agradecemos também aos nossos avós, que nos ensinou e ensinam, todos os dias com sua experiência de vida e conhecimento, a sermos melhores e mais fortes. Obrigada por sempre acreditarem e lembrarem de nós em suas palavras e orações. Agradecemos também aos nossos irmãos, por todo incentivo, ajuda, palavras de carinho e apoio.

Aos demais familiares agradecemos por sempre demonstrarem estar na torcida por nosso crescimento profissional e pessoal.

Agradecemos também as várias pessoas tão especiais que sempre estavam dispostas ajudar na concretização deste projeto. Aos nossos companheiros Diogo e Tim, que sempre tiveram do nosso lado, nos dando apoio, obrigada pela compreensão. Douglas, Gabriela, obrigada por acompanharem essa trajetória, e fazer dela possível. Ao Thales que é dono do britador São Geraldo agradecemos pelo apoio e ajuda neste projeto. A empresa fornecedora do aditivo também agradecemos.

Aos nossos amigos de sala e também de coração agradecemos imensamente por todo carinho, a equipe do laboratório, Lucas e Leandro, a Mônica da limpeza, e aos porteiros que trabalham na faculdade, nosso muito obrigado por sempre estarem dispostos a ajudar no que fosse preciso.

A nossa orientadora Camila Silva por nos incentivar sempre, e mostrar o melhor caminho que poderíamos percorrer para realização deste trabalho. Aos Mestres por todo conhecimento passado.

E por fim, agradecemos a todos que fizeram parte destes cinco anos, de muita luta e esforço, anos estes que temos muito orgulho de poder dizer que apesar de estar finalizando, poderemos levar em nossos corações lembranças de momento e de pessoas maravilhosas. Obrigada a todos.

“Tudo é loucura ou sonho no começo. Nada do que o homem fez no mundo teve início de outra maneira, mas já tantos sonhos se realizaram que não temos o direito de duvidar de nenhum.” **Monteiro Lobato.**

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Operação no processo de produção da cal	21
Figura 2: Procedimento para realização de ensaio do tempo de pega	46
Figura 3: Pesagem das amostras de areia natural e industrial	53
Figura 4: Série de peneiras utilizadas para realização do ensaio	54
Figura 5: Curva Granulométrica com utilização de Areia Natural	55
Figura 6: Curva Granulométrica com utilização de Areia Industrial	56
Figura 7: Lavagem da areia para retirada do material pulverulento	59
Figura 8: Comparação de água de lavagem em relação a água límpida final da areia industrial	59
Figura 9: Comparação de água de lavagem em relação a água límpida final da areia indústria	60
Figura 10: Areia Natural	61
Figura 11: Ensaio de Vicat com o uso da Areia Natural na Fabricação de Argamassa	62
Figura 12: Areia Industrial	64
Figura 13: Aparelho de Vicat, determinação do tempo de pega	65
Figura 14: Realização das etapas do revestimento	68
Figura 15: Resultado final do revestimento	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais aditivos empregados nas argamassas	23
Quadro 2: Fatores que influenciam na aderência das argamassas	27
Quadro 3: Materiais e equipamentos utilizados para realização do ensaio de granulometria	39
Quadro 4: Materiais e equipamentos para realização do ensaio de teor de material pulverulento	43
Quadro 5: Materiais e equipamentos utilizados para realização do ensaio de Vicat	45
Quadro 6: Materiais e equipamentos utilizados para realização do ensaio do teste prático	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espessura admissíveis de argamassa	20
Tabela 2: Peneiras da série normal e intermediária e respectivas aberturas nominais	40
Tabela 3: Propriedades Típicas	50
Tabela 4: Propriedades Químicas	50
Tabela 5: Propriedades Físicas	51
Tabela 6: Propriedades Físicas	52
Tabela 7 : Propriedades Químicas	52
Tabela 8: Ensaio de Granulometria com utilização de Areia Natural	54
Tabela 9: Ensaio de Granulometria com utilização de Areia Industrial	56
Tabela 10: Material Pulverulento da Areia Natural	58
Tabela 11: Material Pulverulento da Areia Industrial	58
Tabela 12: Tempo de Início e Fim de Pega da Argamassa de Revestimento com utilização de Areia Natura	63
Tabela 13: Tempo de início e fim de pega da areia industrial sem aditivo	65
Tabela 14: Tempo de início e fim de pega da areia industrial com aditivo	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

Mpa - MegaPascal

NBR - Norma Brasileira de Regulamentação

ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados Para Construção Civil

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

pH - Potencial de Hidrogênio

mg - Miligrama

l - Litros

SO₂- Dióxido de Enxofre

g - Gramas

Cl - Cloro

m³ – Metros Cúbicos

NM - Norma Mercosul

mm - Milímetro

µm - Micrômetro

RESUMO

Embora a crescente preocupação com o impacto ambiental gerado pela extração da areia natural, sua substituição, pela areia industrial, ainda vem sendo pouco utilizada na produção de argamassas. Uma das alegações é que a argamassa com areia industrial não apresenta tempo de pega satisfatório. Este trabalho objetivou-se a analisar o tempo de pega de argamassas de revestimento com uso da areia industrial com e sem aditivo a base de celulose, para determinar um traço que viabilizasse seu uso, tendo por comparação o desempenho de uma argamassa com areia natural. Para tanto, por metodologia adotou-se a pesquisa experimental. Foram realizados ensaios para verificação das características das areias, e no que tais características podem provocar no estado fresco e endurecido da argamassa de revestimento como, a influência do teor de material pulverulento e o ensaio de distribuição granulométrica. Utilizou-se cimento CP II E 32, cal hidratada CH III, areia industrial, e areia natural. O traço utilizado foi o 1:2:9. Com as argamassas no estado fresco foram moldados corpos de provas cilíndricos, utilizados para realização do ensaio de Vicat que determina o tempo de início e fim de pega da argamassa. Definido o traço com melhores resultados para o tempo de pega, foram produzidas as argamassas e revestidas paredes em uma construção, para determinação da aderência, trabalhabilidade, e tempo de pega da argamassa em contato com o tijolo, a espessura utilizada do revestimento foi de 2 cm e o procedimento foi realizado por profissionais com experiência na área de construção. Através destes ensaios foi definindo se a utilização do aditivo realmente traz melhoras para o uso da areia industrial em argamassas. Os resultados mostraram que o teor de finos é encontrado em maior porcentagem na areia industrial, fator este que influencia nas propriedades da argamassa, já nas argamassas com o traço 1:2:9 produzidas com areia industrial e com a adição do aditivo em 0,2 % da massa do cimento mais da cal, foi apresentada uma melhoria na trabalhabilidade, e no tempo de pega com duração de 4.20hrs, tornando o tempo de pega maior que o da areia natural que é de 3.10hrs.

Palavras chave: Argamassa. Areia industrial. Aditivo. Tempo de pega.

ABSTRACT

Although the growing concern about the environmental impact generated by the extraction of natural sand, its replacement by industrial sand, is still little used in the production of mortars. One of the allegations is that the mortar with industrial sand does not present satisfactory handling time. The objective of this work was to analyze the time of pickling of mortars with the use of industrial sand with and without cellulose-based additive, in order to determine a trait that could be used, comparing the performance of a mortar with natural sand. For that, by methodology the experimental research was adopted. Tests were carried out to verify the characteristics of the sand, and in that such characteristics can cause in the fresh and hardened state of the coating mortar as well as the influence of the powder content and the particle size distribution test. It was used CP II E 32 cement, hydrated lime CH III, industrial sand, and natural sand. The trace used was 1: 2: 9. With the mortars in the fresh state, cylindrical specimens were molded for the Vicat test, which determines the start and finish time of the mortar. Once the mortars and walls were produced in a construction, the mortar was produced with a better performance for the picking time, to determine the adhesion, workability, and the time of picking of the mortar in contact with the brick. cm and the procedure was performed by professionals with experience in the construction area. Through these tests it was defined whether the use of the additive actually brings improvements to the use of industrial sand in mortars. The results showed that the content of fines is found in a higher percentage of industrial sand, which influences the properties of the mortar, already in mortars with the trace 1: 2: 9 produced with industrial sand and with the addition of the additive at 0, 2% of the cement mass plus lime, showed an improvement in workability, and the time of handle with duration of 4.20hrs, making the time of handle greater than that of natural sand, which is 3.10hrs.

Keywords: Mortar. Industrial sand. Additive. Handle time.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Contextualização.....	15
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo Geral.....	17
1.2.2 ObjetivosEspecíficos.....	17
1.3 Estrutura do trabalho.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1 Argamassas de revestimento.....	19
2.1.1 Materiais.....	20
2.2.1.1 Cimento.....	20
2.2.1.2 Cal.....	21
2.2.1.3 Agregados.....	22
2.2.1.4 Aditivos.....	22
2.2.1.5 Água.....	23
2.1.2 Dosagem	24
2.2 Propriedades Desejáveis para Argamassas de Revestimento.....	26
2.2.1 Aderência.....	26
2.2.2 Trabalhabilidade.....	27
2.2.3 Plasticidade.....	28
2.3 Tempo de pega.....	29
2.3.1 Tempo de Início de Pega.....	29
2.3.2 Tempo de Fim de Pega.....	29
2.4 Emprego de areia artificial em argamassas de revestimento.....	30
2.5 Aditivo a base de celulose.....	33
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 Classificação da pesquisa.....	36
3.2 Procedimentos de pesquisa.....	37
3.2.1 Coleta Inicial de Dados.....	37
3.3 Ensaio Realizados.....	39
3.3.1 Ensaio de Composição Granulométrica.....	39
3.3.2 Ensaio de Determinação do Teor de Material Pulverulento.....	43

3.3.3 Ensaio de Vicat.....	45
3.3.4 Teste prático.....	47
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E ANÁLISE.....	49
4.1 Materiais e características das argamassas de revestimento.....	49
4.1.1 Aditivo.....	49
4.1.2 Cimento.....	50
4.1.3 Cal.....	51
4.2 Ensaio de Granulometria.....	53
4.3 Ensaio de Determinação do Teor de Material Pulverulento.....	57
4.4 Ensaio de início e fim de pega.....	61
4.4.1 Ensaio de Vicat com Areia Natural.....	61
4.4.2 Ensaio de Vicat com Areia Industrial sem aditivo	63
4.4.3 Ensaio de Vicat com Areia Industrial com aditivo	66
4.5 Ensaio Prático.....	67
5 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE.....	79
ANEXO.....	82

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

No Brasil o consumo de agregados, que pode ser considerado um indicador econômico, varia de forma significativa entre as diversas regiões, o agregado é um dos materiais mais consumidos no mundo só perde para água, responde por cerca de 2/3 do total da produção mineral mundial (ANEPAC, 2014).

Em 2014 o consumo brasileiro de agregados atingiu 741 milhões de toneladas, correspondente a 3,7 toneladas per capita, e no mundo 45.370 milhões de toneladas (ANEPAC, 2014). Esses números expressivos levam a um panorama de exploração maciça destes materiais.

Segundo Guacelli (2010), a extração contínua das areias naturais, utilizadas em argamassas, concretos e demais processos construtivos na construção civil, acabou por resultar no esgotamento das jazidas próximas aos grandes centros urbanos. Além disso, órgãos ambientais têm aumentado gradativamente as restrições para essa extração, em virtude do impacto que ela causa na natureza. Esse aspecto pode justificar a busca de fontes alternativas para a substituição da areia natural.

Tendo em vista as delimitações existentes, uma das opções para amenizar esse impacto seria a substituição da areia natural pela utilização da areia proveniente da britagem de rochas, denominada de areia artificial ou industrial. Cabe destacar que esta areia industrial já vem sendo utilizada na construção civil, embora não em substituição total a areia natural.

De acordo com Petrucci(2005) agregados artificiais é mais barato do que areia natural. Esse material é obtido do britamento de rochas estáveis com tamanho de partículas passante na peneira 4,8 mm. Também possui uma distribuição granulométrica bem homogeneia. Isso se dá pelo processo de britagem uma uniformidade aos grãos e, assim como a brita, possui um formato anguloso e superfície áspera

Os agregados artificiais são produzidos a partir de britagem de maciços rochosos. São utilizados no preparo de argamassas e concretos, mas também possuem outras aplicações no campo da engenharia (QUEIROZ, 2013).

Agregados artificiais são oriundos da britagem de rochas, obtido através por processos de peneiramento, lavagem e rebitagem (FERNANDES, 2008).

O uso do agregado artificial, ainda não é generalizado em relação às argamassas, devido seu alto teor de material pulverulento que é existente pelo tipo de extração do agregado e pelo próprio tipo de pedra utilizada na região como é o caso do gnaiss, pedra utilizada na região de Caratinga – MG. Outro fator de grande relevância é a rápida absorção de água causada pelo agregado a base do processo industrial, que diminui expressivamente o tempo de pega das argamassas as tornando menos viável que a argamassa com utilização da areia natural.

Neste contexto fica claro a necessidade de se realizar mais estudos sobre a interferência da areia industrial no tempo de pega de argamassas, para que se possa empregar em maior escala este material sem que haja prejuízos na qualidade dos serviços.

Sendo assim, a presente pesquisa se justifica por ter como propósito realizar diferentes dosagens para argamassas, utilizando a areia artificial e aditivo retardador de pega, investigando e analisando possíveis traços que viabilizem o uso da areia industrial para argamassas de revestimento, tendo como parâmetro atingir um tempo de pega satisfatório.

Entende-se que ao ser possível a utilização em grande escala da areia industrial, os impactos sobre o meio ambiente causados pela extração excessiva da areia natural, tendem a reduzir. Logo, ao se aprimorar o uso da areia industrial para produção de argamassas, a pesquisa, que é um estudo sobre o tempo de pega de argamassas de revestimento com uso da areia industrial e com aditivo a base de celulose, contribui com conhecimento técnico que gera reflexos positivos sobre a sustentabilidade e preservação do meio ambiente.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o tempo de pega de argamassas de revestimento com uso da areia industrial e com aditivo a base de celulose.

1.2.2 Objetivos Específicos

A presente pesquisa tem como objetivos específicos os seguintes tópicos:

- Identificar quais são as propriedades e os requisitos desejáveis às argamassas de revestimento, principalmente quanto ao tempo de pega.
- Realizar ensaios para determinação do tempo de pega das argamassas de revestimento com areia industrial e aditivo, estabelecendo um traço que apresente um tempo de pega igual ou superior a argamassa com areia natural;
- Avaliar o desempenho do traço estabelecido, mediante aplicação em campo, através da execução do revestimento em uma parede.

1.3 Estrutura do trabalho

Capítulo 1. Trata-se do capítulo introdutório onde é apresentada a contextualização do tema, onde se mostra a relevância do assunto estudado. Também são apresentados neste capítulo os objetivos e a estrutura do trabalho.

Capítulo 2. Neste capítulo apresenta-se a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do trabalho, abordando os conceitos, publicados na literatura científica, que envolvem o uso da areia industrial como componente da argamassa.

Capítulo 3. Aborda a metodologia adotada para os ensaios realizados, sendo este composto da escolha e caracterização dos materiais, definição do traço e programação dos ensaios.

Capítulo 4. São apresentados e analisados os resultados obtidos dos ensaios realizados.

Capítulo 5. Capítulo reservado para considerações finais e discussões dos ensaios realizados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Argamassas de revestimento

Segundo a ABNT NBR 13529:2013 a argamassa de revestimento caracteriza o revestimento, formado por uma ou mais camadas superpostas de argamassas, de uma superfície, tornando esta, apta a receber o acabamento final. Sendo assim, a argamassa de revestimento é fundamental para a durabilidade e qualidade do acabamento fino das edificações, agregando valor estético e funcional.

Este material tem a função de dar um acabamento às paredes de alvenaria feitas com diversos materiais, paredes de concreto e também nos tetos das edificações, atendendo aos requisitos arquitetônicos, recebendo na maioria das vezes acabamentos como pintura, revestimentos cerâmicos, laminados, pedras decorativas, entre outros.

Os seus materiais constituintes variam muito em tamanho, características físicas e químicas sendo eles, os responsáveis pelo desempenho da mesma (HEINCK, 2012). Características dos constituintes a ser utilizado são: o tipo de ligante, a composição mineralógica e granulométrica da areia e, ainda, as adições ou aditivos.

Segundo Ishikawa, (2013), no Brasil, as argamassas para revestimento são produzidas com aglomerantes minerais de cimento Portland e/ou cal hidratada e agregado miúdo. Tradicionalmente utiliza-se areia natural como agregado miúdo, no entanto, o custo desta tem aumentado substancialmente devido às despesas de transporte e grandes danos ao meio ambiente estão sendo feitos através da extração.

Segundo Tiecher (2003), areia industrial, tende ser um produto alternativo nos próximos anos, pois a mesma causa uma menor degradação ao meio ambiente. E ela possui uma aderência melhor que a areia natural, pois ela tem os grãos mais ásperos e angulosos.

Portanto, a presente pesquisa trata-se de revestimento para paredes externas, de acordo com a ABNT NBR 3749: 2013 as espessuras estabelecidas para os revestimentos em argamassa estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – **Espessura admissíveis de argamassa**

REVESTIMENTOS	ESPESSURA (mm)
Paredes internas	Entre 5 e 20
Paredes externas	Entre 20 e 30
Tetos	Menores do que 20

Fonte: ABNT NBR 13749: 2013.

2.1.1 Materiais

2.1.1.1 Cimento

De acordo com o ABCP BT-106:2002 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.

O cimento Portland é composto de clínquer e de adições. Ele possui propriedade aglomerante desenvolvida pela reação de seus constituintes com a água, sendo assim denominado aglomerante hidráulico.

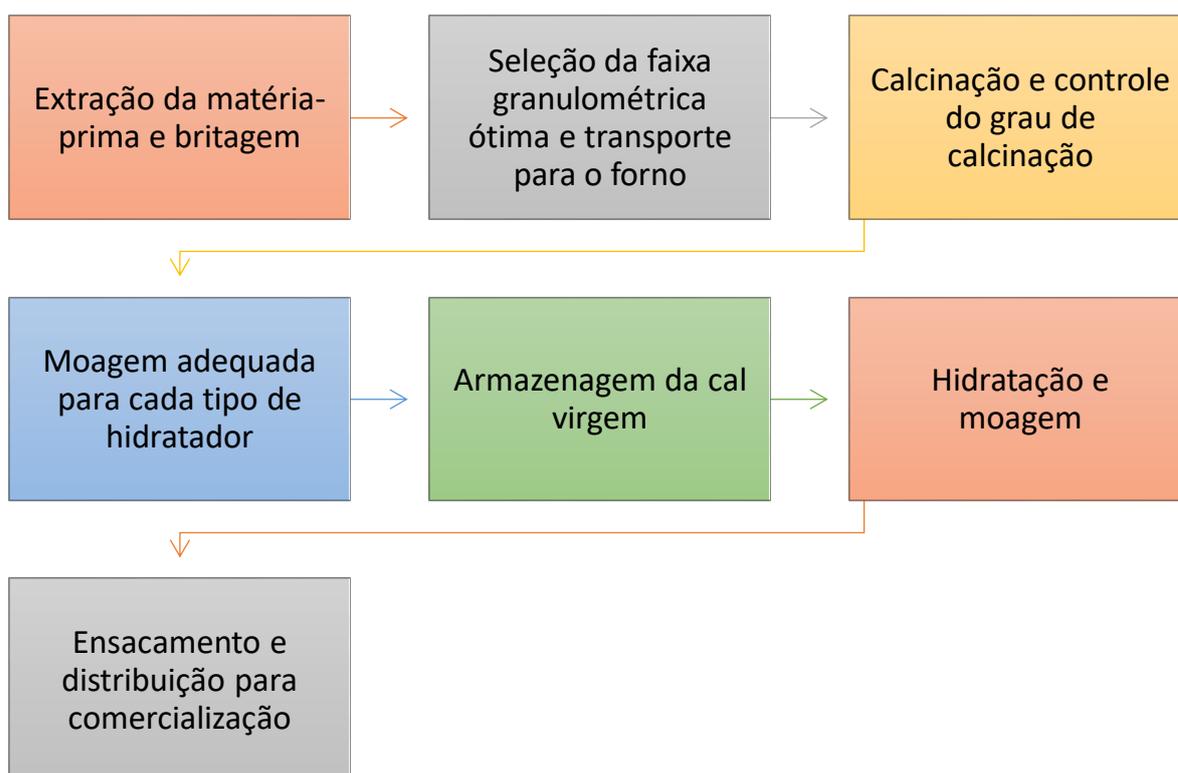
A contribuição do cimento nas propriedades das argamassas está voltada sobretudo para a resistência mecânica. Além disso, o fato de ser composto por finas partículas contribui para a retenção da água de mistura e para a plasticidade. Se, por um lado, quanto maior a quantidade de cimento presente na mistura, maior é a retração, por outro, maior também será a aderência à base. De acordo com suas características, os cimentos são classificados em diferentes tipos por normas específicas.

2.1.1.2 Cal

A ABNT NBR 7175:2003 define cal hidratada como um pó obtido pela hidratação da cal virgem, constituído essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

Na Figura 1 pode ser visto um esquema simplificado do processo industrial de fabricação cal, conforme Barbosa (2008).

Figura 1: Operações no processo de produção da cal.



Fonte: adaptado de BARBOSA (2008).

De acordo com a ABCP BT-106:2002, a cal é utilizada na construção civil como na forma hidratada, é fundamental no preparo de argamassas de revestimento, e tem grande durabilidade e bom desempenho.

Bauer (2000) afirma que a cal tem várias vantagens, entre elas a maior facilidade de manuseio, transporte e armazenamento. A mesma é seca e pulverulenta, que proporciona facilidade de mistura na elaboração das argamassas.

2.1.1.3 Agregados

Conforme definições de Bauer (2000), agregado é o material particulado, incoesivo, ele é constituído das misturas de partículas que cobre uma extensa gama de tamanhos. As areias naturais provêm de depósitos sedimentares que se formam nos leitos de alguns rios, a extração se faz por dragas de sucção que bombeiam a água.

Os agregados têm formato granular, inertes e classificados com base na sua composição granulométrica. De acordo com a sua origem eles podem ser definidos como natural ou artificial.

- Agregados naturais - são obtidos através da exploração de jazidas naturais ou retirados dos leitos dos rios através de dragagem.
- Agregados artificiais – são obtidos através de processos industriais como a britagem de rochas.

Segundo Silva (1991), os agregados devem ser isentos de substâncias nocivas que podem prejudicar as reações e o endurecimento da mistura. Nas areias naturais podem ser encontradas partículas de argila, impurezas orgânicas, torrões de argila, gravetos, etc. Já nas areias artificiais há um elevado teor de material pulverulento.

2.1.1.4 Aditivos

São tipos de produtos químicos que são adicionados em argamassas e concretos com a finalidade de melhorar suas características, como aderência,

plasticidade, tempo de pega, durabilidade, etc. No Quadro 1 mostra os aditivos usados em argamassas.

Quadro 1. **Principais aditivos empregados nas argamassas.**

Incorporadores de ar	Melhoram a plasticidade e trabalhabilidade, reduz a permeabilidade, a água de amassamento e fissuramento.
Plastificantes	Agem como incorporador de ar com ação plastificante indicado para aumentar coesão e melhora a consistência da argamassa.
Retentores de água	Diminuem a absorção de água pelo substrato, evaporação e exsudação de água da argamassa fresca.
Retardadores de pega	Tem a função de retardar o início da hidratação do cimento.
Adesivos	Proporcionam uma aderência química com o substrato.
Impermeabilizantes	Usados para impermeabilizar os poros capilares superficiais, para combater os efeitos que a água causa.

Fonte: adaptado de BARBOSA, (2008).

2.1.1.5 Água

De acordo com Barbosa (2008, p.30) “deve ser armazenada em caixas, protegidas para evitar a contaminação e deve ser livre de impurezas que afetem sua reação com o cimento”.

A ABNT NBR 11560:1990 especifica como regra geral que as águas potáveis são consideradas satisfatórias desde que apresentem os seguintes valores: pH entre 6,0 e 8,0; matéria orgânica (em oxigênio consumido) = 5 mg/l; resíduos sólidos = 4000 mg/l; sulfatos (em íons SO₂) = 300 mg/l; cloretos (em íons Cl⁻) = 250 mg/l; açúcar = ausente.

2.1.2 Dosagem

A dosagem de argamassas de revestimentos deve ser feita visando à produção de argamassas trabalháveis enquanto fresca e que, depois de aplicadas, produzam revestimentos com bom desempenho, principalmente, o quanto à aderência ao substrato e resistência à fissuração. No caso de revestimentos externos, é importante considerar também a permeabilidade do revestimento e a sua resistência a variações alternáveis de temperatura e umidade (FAGUNDES, 2000).

Nas obras, observa-se, geralmente, que dosagem das argamassas de revestimento não é realizada com prudência. O hábito de adoção de traços de argamassas, sua aplicação sem controle e o desconhecimento das funções das argamassas, produzem argamassas que apresentam fissuras generalizadas, pulverulência, comprometendo a qualidade, segurança da construção (GOMES e NEVES, 2001). Devidos essa falta de entendimentos tecnológicos das argamassas, frequentemente ocorrem patologias que exige intervenções de reparos.

A produção de uma argamassa que apresente desempenho satisfatório depende, fundamentalmente, da escolha dos materiais e de sua proporção na mistura. Uma argamassa deve apresentar resistência adequada, trabalhabilidade e durabilidade como parâmetros que indiquem a sua qualidade. Assim, para cada finalidade da argamassa deve-se utilizar os materiais adequados, principalmente no que se diz respeito ao agregado miúdo. A definição da quantidade de agregado, isto é, a proporção em volume, aglomerante: agregado, para cada finalidade pode basear-se na definição do projeto ou na experiência do construtor. Fazendo-se a seleção dos materiais e o acompanhamento adequado e possível otimizar estas proporções para cada tipo de aplicação das argamassas (LARA et al., 1995).

Nas últimas décadas houve avanço considerável no traço do concreto, tanto em relação a composição como na produção e controle. Com relação as argamassas observam-se que não apresentou a mesma evolução. Esta falta de avanços tecnológicos pode ser devida, principalmente, ao desconhecimento das funções das argamassas e das características necessárias para atendimento das mesmas, isto é, resistência adequada, trabalhabilidade e durabilidade.

Em relação às argamassas de baixa resistência, a resistência a compressão simples não é a principal característica exigida, e sim a trabalhabilidade (CAVALHEIRO, 1995).

Lara et al. (1995), propõe a obtenção de dosagem baseada em um gráfico correlacionando consumo de água por m³ de argamassa e traço em massa, não mencionando como foi obtida esta correlação. Não estão definidas as consistências e resistência mecânica que a argamassa poderá apresentar, visto que a longevidade da argamassa de revestimento, por exemplo, poderá ser avaliada pelo valor do módulo de elasticidade (JOHN, 2003).

Gomes e Neves (2002) propõem um estudo de dosagem de argamassa de cimento, em massa, contendo argilo-minerais, fixando parâmetros de teor máximo de finos, adição de argilominerais, consumo de cimento, índice de consistência, teor de ar incorporado e retenção de água.

Carneiro e Cincotto (1999) apresentam um estudo de dosagem de argamassas através de curvas granulométricas. O método consiste em dosar argamassas com diversas composições granulométricas obtidas por cálculos matemáticos, e verificar qual composição granulométrica produz argamassas com melhor desempenho no estado fresco e endurecido.

Martins Neto e Djanikian (1999) apresentam um estudo de dosagem para argamassas produzidas em central dosadora de argamassas, com adição de aditivos retardadores e incorporadores de ar. O estudo mostra a viabilidade da produção de argamassas em centrais dosadoras, serem transportadas para as obras e aplicadas, sem perdas das características físicas no estado fresco e endurecido.

Como se observa, há divergências quanto ao método de dosagem mais adequado para as argamassas. Portanto, busca-se identificar e padronizar procedimentos de dosagem de modo a atender a uma condição de obra para um revestimento de argamassa externo, segundo as especificações da ABNT NBR 13281: 2005.

2.2 Propriedades desejáveis para argamassas de revestimento

Os revestimentos de argamassa, para cumprir adequadamente as suas funções, devem possuir características e propriedades que sejam compatíveis com as condições a que estarão expostos, com condições de execução, com as especificações de desempenho, e com o acabamento final previsto.

As argamassas no seu processo de execução de revestimento exigem condições peculiares que devem satisfazê-las. Precisam ter propriedades que devem cumprir adequadamente suas funções obtendo uma argamassa de boa qualidade, as quais estão descritas a seguir.

2.2.1 Aderência

Aderência é a propriedade que deixa a camada de revestimento resistir às tensões normais e tangenciais atuantes na interface com a base (SABBATINI, 1986). O Manual de Revestimento de Argamassas diz que aderência a mesma depende das condições climáticas, substrato e execução. O mecanismo se desenvolve principalmente pela ancoragem da pasta aglomerada nos poros da base, saliências da superfície a ser revestida.

O fator mais importante para uma aderência adequada do revestimento à base é a camada de argamassa que tem maior extensão efetiva de contato possível com a base. A aderência depende de vários fatores como trabalhabilidade da argamassa e uma boa técnica de execução do revestimento. Tendo essa trabalhabilidade adequada, ela pode apresentar contato mais extenso com a base tendo um melhor espalhamento.

Vários autores admitem que possam ocorrer interações resultantes de fenômenos químicos ou físico-químicos, que também favorecem a aderência (CARASEK, 1996; GOMES, 2008).

De acordo com Cincotto, Silva e Carasek (1995), a aderência é influenciada por diversos fatores, que variam desde as características do substrato até as propriedades dos materiais utilizados (Quadro 2).

Quadro 2. Fatores que influencia na aderência das argamassas.

1	Condições da base, como a porosidade e absorção de água, resistência mecânica, textura superficial e pelas próprias condições de execução do assentamento de componentes da base.
2	Natureza do aglomerante (argamassas de cal dolo mítica apresentam maior resistência que as de cal cálcica).
3	Capacidade de retenção de água, da consistência e do conteúdo de ar da argamassa
4	A granulometria fina do agregado influencia favoravelmente a aderência.

Fonte: adaptado de CINCOTTO, SILVA e CARASEK (1995).

2.2.2 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade em termos práticos significa facilidade de manuseio, por parte do operário, que prepara a argamassa e a aplica. Desta forma a trabalhabilidade não se constitui em uma propriedade, pois depende do julgamento subjetivo do operário (CINCOTTO; SILVA; CARASEK, 1995).

De acordo com Carneiro et. al., (2003), apesar do consenso no meio técnico sobre a importância desta propriedade, ainda é difícil a sua quantificação, devido á complexidade apresentada pela influência conjunta de diversas variáveis, tais como a relação água/aglomerante, a relação aglomerante/agregado miúdo, forma dos grãos e distribuição granulométrica do agregado e teor de ar incorporado, além da natureza e qualidade dos aglomerantes.

De acordo com Sabbatini (1986), a argamassa é trabalhável, quando ela distribui-se facilmente ao ser assentada, não gruda na ferramenta quando esta sendo aplicada, não segrega ao ser transportada, não endurece em contato com superfícies

absortivas e permanece plástica por tempo suficiente para que a operação seja completada.

Avaliar, quantificar e prescrever valores de trabalhabilidade das argamassas por meio de ensaios é uma tarefa muito difícil, uma vez que ela depende não só das características intrínsecas da argamassa, mas também da habilidade do pedreiro que esta executando o serviço e de várias propriedades do substrato, além da técnica de aplicação (CASCUDO et al, 2005).

2.2.3 Plasticidade

Plasticidade é a propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a conservar-se deformada após a redução das tensões de deformação, sendo que esta propriedade é influenciada pelo teor de ar, natureza e teor de aglomerantes e pela intensidade de mistura das argamassas (CINCOTTO; SILVA; CARASEK, 1995).

É a propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a conservar-se deformada após a redução das tensões de deformação. De acordo com Cincotto et al. (1995), a plasticidade e a consistência são as propriedades que efetivamente caracterizam a trabalhabilidade, e são influenciadas pelo teor de ar aprisionado, natureza e teor de aglomerantes e pela intensidade de mistura das argamassas.

Segundo Cascudo et al. (2005), a plasticidade adequada para cada mistura, de acordo com a finalidade e forma de aplicação da argamassa, demanda uma quantidade ótima de água a qual significa uma consistência ótima.

Segundo a ABNT NM 9: 2003 o momento de início do endurecimento é chamado de tempo de início de pega, este tempo determina o período útil para concluir o processo de aplicação da pasta, compreende desde a mistura dos materiais, contato da água com o cimento até o seu adensamento final.

Os sistemas de revestimentos de argamassa são integrantes das vedações e fundamentais para a durabilidade dos edifícios, desempenham as funções de absorver as deformações naturais a que as alvenarias estão sujeitas, de revestir e de proteger de maneira uniforme as alvenarias contra agentes agressivos externos. Apesar do intenso uso dos revestimentos argamassados, é muito frequente a ocorrência de patologias nos mesmos (FERREIRA; SILVA; CARVALHO, 2010 pag. 40).

Para Cincotto et al (1995) além das características dos materiais e da mistura dos mesmos, a ação de fatores externos sobre o revestimento afeta de forma visível a durabilidade e o desempenho das argamassas.

Segundo pesquisadores como Bauer (1994) e Cincotto et al (1995) a falta de um planejamento pode causar diversas patologias no revestimento. Outros fatores que também podem gerar certas patologias no revestimento seriam a falta de projeto, qualificação profissional, não conformidade dos materiais e falta de manutenção.

2.3 Tempo de Pega

2.3.1 Tempo de Início de Pega

Segundo a ABNT NM 9: 2003, o tempo de início de pega é o tempo decorrido após o contato inicial do cimento com a água, necessário para uma argamassa atingir resistência de penetração equivalente a 3,4 MPa.

O início de pega é, em condições de ensaio normalizadas, o intervalo de tempo transcorrido desde a adição de água ao cimento até o momento em que a agulha de Vicat correspondente penetra na pasta até uma distância de (4 ± 1) mm da placa base (ABNT NM 65: 2002 pag.1).

2.3.2 Tempo de Fim de Pega

O tempo de fim de pega pode ser definido como o momento final do enrijecimento da pasta de argamassa ou o início do ganho da resistência mecânica da mesma.

É, em condições de ensaio normalizadas, o intervalo de tempo transcorrido desde a adição de água ao cimento até o momento em que a agulha de Vicat penetra 0,5 mm na pasta (ABNT NM 65: 2002 pag.1).

Na prática, os tempos de início e fim de pega representam às etapas do processo de endurecimento do cimento. Portanto, é a combinação à condição de perda da plasticidade, medida pela resistência à penetração em ensaios como o ensaio de vicat.

Segundo Fiorito (2003), o enrijecimento da argamassa é acompanhado por uma diminuição do volume em relação com a perda de água evaporável, ocasionada pela hidratação. Mesmo após a secagem pode haver variações dimensionais em função do grau higrométrico do ambiente, tal fenômeno é classificado como “retração”.

Segundo Barbosa (2008), a qualidade da argamassa depende das características dos materiais, como também do preparo e manuseio adequado. Sendo que a consistência e plasticidade são apontadas como as principais propriedades que determinam uma condição de trabalhabilidade das argamassas de revestimento.

Uma baixa trabalhabilidade da argamassa é considerada em aspectos como uma argamassa áspera, muito seca ou muito fluida, com dificuldade de espalhar, falta de “liga”, de adesão inicial (BAUER et al., 2003).

Deve-se lembrar de que uma avaliação do início e fim de pega tem grande importância porque possibilita estimar um intervalo de tempo, ao longo do qual é possível executar as operações de mistura com a água, transporte e aplicação sem prejudiciais alterações no mecanismo de hidratação do aglomerante (BAUER et.al., 2003 pag. 17).

2.4 Emprego de areia artificial em argamassas de revestimento

A área da construção civil busca incessantemente, materiais alternativos que atendam a diminuição de custos, a agilidade de execução, a durabilidade e a melhoria das características do produto, visando a redução do uso de matérias naturais (BARBOSA; COURA; MENDES, 2008).

A argamassa de revestimento é usada como acabamento final ou como base para receber outras soluções, e tem como função regularizar superfícies, a pasta de argamassa pode ser tanto de origem industrializada ou preparada no canteiro de obras, e é composto por água, areia, geralmente utilizada a areia natural, cal, cimento e aditivos.

Um dos substitutos da areia natural na confecção de concreto e argamassa de cimento Portland é a areia industrial proveniente da britagem de rochas. Em seu trabalho de pesquisa, Buest Neto (2006) constatou que é possível utilizar concreto com areia artificial, desde que seja realizado controle dos materiais finos, reduzindo o teor de material pulverulento. Ou seja, a granulometria tem um papel fundamental quanto à aplicabilidade do material que são utilizados no preparo de argamassas e concretos.

As areias industriais, quando comparadas às areias naturais, apresentam diversas diferenças como, a distribuição granulométrica, a forma, a textura e a resistência mecânica das partículas. Surgindo a necessidade de adequação desses agregados (SILVA, 2006).

Este agregado artificial ou também denominado areia industrial, até pouco tempo era considerado como rejeito com pouco valor comercial, com difícil colocação no mercado, da construção civil, pela falta de conhecimento ou pesquisas desenvolvidas de tal assunto.

Um dos principais fatores que contribuem para que a areia industrial não seja tão utilizada é devido seu alto teor de material pulverulento. Segundo a ABNT NBR 7219, material pulverulento são partículas com dimensão inferior a 0,075mm, inclusive os materiais solúveis em água, presentes nos agregados, tal material que é existente pelo tipo de extração do agregado e pelo próprio tipo de pedra utilizada na região como é o caso do gnaiss, pedra utilizada na região de Caratinga - MG, que provoca rápida absorção da água, diminuindo o tempo de pega das argamassas, as tornando menos viável para utilização que a argamassa com utilização da areia natural.

A utilização da areia industrial fabricada com rochas de gnaiss trituradas (RGT) resulta em uma menor trabalhabilidade da mistura, sendo este fato comprovado pela dificuldade de homogeneização da mistura, devido ao efeito das pequenas partículas difundidas nela, além de os grãos de RGT possuírem maior massa específica do que a areia natural, possivelmente, o aumento dos teores de finos aumenta o grau de empacotamento do conjunto agregado/aglomerante (TERESA; VALERIA; OLIVEIRA, 2008).

O agregado natural é um material pétreo granular que pode ser utilizado da forma como é encontrado, enquanto que o agregado artificial é um material resultante de processo industrial ANBT NBR 9935:2011. Os agregados artificiais,

especificamente a areia artificial, são provenientes de rejeitos de britagem, ou seja, redução do tamanho de pedras através de trituração em equipamentos mecânicos (britadores) Basílio, (1995). Esses rejeitos são finos de pedreira com diâmetro máximo inferior a 4,75mm e ficam retidos na peneira de 150 µm, sendo denominados como agregados miúdos ABNT NBR 9935: 2011.

Segundo Menossi (2004), estudos mostram que pós de pedras que apresentam porcentual de material pulverulento variando de 7% a 20%, dependendo da litologia, podem ser utilizados, pois colaboram na melhoria da aglomeração das partículas maiores. Pode-se considerar que a quantidade de material pulverulento pode ajudar na diminuição da porosidade, podendo elevar a massa específica (BANCZYNSKI; YUMI; MATOSKI, 2015).

De acordo com Lodi (2006), além da aspereza, outro fator que torna a areia industrial um material pouco utilizado é a presença de silte e argila, que atrapalha a aderência entre o agregado e a pasta, elevando a demanda de água para que se tenha uma boa trabalhabilidade do concreto. O uso da areia industrial em substituição à natural, em concretos causa um grande consumo de cimento, para atingir um mesmo nível de resistência à compressão. Essas desvantagens podem ser combatidas pela introdução, na massa, de aditivos retentores de água.

A areia industrial tem partículas angulosas e superfícies frescas, recém-criadas pela britagem, não hidratadas ou oxidadas, que podem diminuir a plasticidade da argamassa. Entretanto, os britadores de impacto de eixo vertical vêm ganhando espaço, devido a uma vantagem única, como grande parte do trabalho de redução de tamanho é feita pelo impacto de partícula contra partícula, ocorre um arredondamento acentuado do produto, compensando a desvantagem da angulosidade das partículas (FREITAS, 2007).

A elevada quantidade de material pulverulento encontrados na areia industrial influencia em duas características no concreto e na argamassa, na trabalhabilidade e na resistência à compressão.

Vários pesquisadores, tais como, Almeida e Sampaio (2002), Bastos (2002), Pereira e Almeida (2004), Almeida e Silva (2005), Chaves (2005), Buest Neto (2006), Busanello et al. (2007), Barbosa et al. (2008), Pereira (2008), entre outros, vêm desenvolvendo estudos com foco na areia industrial, procurando identificar suas características e visando avaliar seu uso em concretos e em argamassas, com

substituição parcial ou total da areia natural. Os resultados obtidos e mencionados pelos autores acima demonstram que devido a utilização de areia industrial pode haver melhoras em certas características do produto, como por exemplo, o aumento da resistência.

2. 5 Aditivo a base de celulose

A argamassa de revestimento com adição de areia industrial possui um tempo inviável para seu uso quando feita com os traços convencionais, porém segundo Paiva (2006) utilizando o aditivo à base de celulose em seu traço pode-se aumentar o tempo de trabalhabilidade devido, aos efeitos causados pelo aditivo nos componentes da argamassa.

Em estudos realizados em argamassas de revestimento no Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília – UnB observou-se que os aditivos com intuito de reter água mais utilizado na composição dessas argamassas são os polímeros à base de éter de celulose solúveis em água (BAUER, 2001; DO Ó, 2004).

Bauer (2000) definiu aditivo como todo produto necessário à composição e finalidade da argamassa ou concreto, que adicionado na betoneira imediatamente, antes ou durante a mistura do concreto, em quantidades geralmente bem pequenas e bem homogêneas, faz aparecer ou reforça determinadas características.

O aditivo a base de celulose WALOCEL XCS 47106, pode ser devidamente utilizado para melhora do tempo de endurecimento em argamassas de revestimento, devido suas propriedades. Quando utilizado em materiais com base de cimento, tem como sua principal finalidade melhorar propriedades como, resistência, deformabilidade, adesão, impermeabilidade e durabilidade (OHAMA, 1998).

De acordo com diversos estudos mesmo em pequenas concentrações de aditivo retentor de água, a incorporação de ar é notada e é bastante considerável. O uso do aditivo retentor de água impossibilita a perda de água por evaporação, permitindo que a água flua para as superfícies absorventes fazendo com que sua utilização seja indispensável em argamassas de revestimento.

Três efeitos são observados no comportamento desses aditivos: adsorção onde as moléculas poliméricas aderem na periferia das moléculas de água; associação onde podem surgir forças de atração entre moléculas adjacentes nas cadeias poliméricas, restringindo ainda mais a locomoção da água e o entrelaçamento que em grandes proporções de polímeros e sob baixas tensões cisalhantes. As cadeias podem se entrelaçar, causando o efeito do aumento da viscosidade. (MAILVAGANAM, 1984; OHAMA, 1984; DO Ó, 2004).

Ainda nesse sentido, EDEN e BAILEY apud SILVA (2001) afirmam que devido à natureza hidrofílica dos polímeros celulósicos (ésteres de celulose) as moléculas de água fixam-se (adsorção) nessas, provocando o aumento da viscosidade da fase aquosa, logo a mobilidade da água e o transporte dos íons são dificultados, tornando as reações de hidratação mais lentas, o que conseqüentemente provoca alterações na retenção de água (DO Ó; BAUER; SALLES, 2006 pag. 4).

Diante do exposto, vale lembrar que para a utilização do aditivo na argamassa de revestimento, se faz necessário, uma reformulação da proporção dos componentes constituintes da mesma. Portanto, para o emprego de forma correta do aditivo na composição da argamassa, é de extrema importância uma orientação técnica, e de ensaios que comprovem melhorias na argamassa devido o uso do aditivo.

Esses aditivos são produtos químicos adicionados à composição do traço das argamassas com o objetivo de melhorar suas características relativas à plasticidade, tempo de utilização, resistência mecânica, impermeabilidade, aparência e durabilidade. Têm influência direta na consistência favorecendo a manutenção do comportamento reológico por mais tempo e evitando a formação de fissuras no estado fresco.

Também conhecidos como aditivos promotores de viscosidade, são na maioria à base de éter de celulose, sendo considerados os mais empregados na preparação de argamassas o hidroxipropil-metilcelulose e o hidroxietil-metilcelulose (PAIVA et al.,2006). Tais aditivos aumentam a coesão e promovem melhoras na trabalhabilidade e na hidratação do cimento (PAIVA *et al.*, 2009; AFRIDI et al.,1995);(KNAPEN; GEMERT, 2009).

Porém como efeito secundário, os produtos à base de éter de celulose podem alterar o tempo de início de pega do cimento, reduzir a densidade das argamassas e

causar uma grande incorporação de ar nelas (KNAPEN; GEMERT, 2009; JENNI et al., 2006).

A influência desses aditivos na densidade das argamassas é fundamentada pela interação forte das moléculas dos polímeros com a água e entre si por pontes de hidrogênio, além de possuírem afinidade pelas superfícies polarizadas das partículas do cimento e dos agregados. Logo, devido a essa interação física, há um aumento na estruturação interna (SILVA, 2001).

Com o consumo de água pelo cimento e com o desenvolvimento da estrutura hidratada, as partículas poliméricas vão sendo confinadas nos vazios capilares e, em determinado momento, coalescem, formando filme com a secagem da mistura. O filme polimérico forma uma rede tridimensional e normalmente é encontrado no interior de poros capilares, em torno dos grãos de cimento e envolvendo agregados (SILVA E RAMOS, 2001 pag. 32).

O aditivo químico utilizado na formulação dos traços das argamassas foi o WALOCEL XCS 47106, é um Hidroxietil Metil Celulose (HEMC) que foi projetado para uso em aplicações à base de cimento, especialmente, para argamassas. O produto oferece propriedades equilibradas, entre as quais, tempo em aberto e espessamento. XCS 47106 também agrega boa trabalhabilidade a pasta de argamassa.

Atualmente no mercado brasileiro existem inúmeras argamassas desenvolvidas para a realização de alvenaria estrutural contendo polímeros com a base de éter de celulose. Dessa forma analisando a situação, pretende-se realizar uma análise do tempo de pega da argamassa de revestimento com o uso da areia industrial e aditivo a base de éter de celulose.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo apresenta os passos metodológicos que nortearam a pesquisa, com objetivo de apontar os métodos utilizados, assim como os tipos de pesquisa e as técnicas adotadas.

3.1 Classificação da pesquisa

O presente estudo é caracterizado através de pesquisa predominante qualitativa, devido às suas características de investigação, já que permitiu o aprofundamento necessário na busca do conhecimento.

A pesquisa qualitativa não procura enumerar e/ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados, envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo (GODOY, 1995).

Na presente pesquisa, o objetivo é analisar o tempo de pega de argamassas de revestimento com uso da areia industrial e com aditivo a base de celulose. Logo, a abordagem qualitativa encaixa-se ao propósito do estudo. Com destaca Gil (1999, p.94), “métodos de pesquisa qualitativa estão voltados para auxiliar os pesquisadores a compreenderem pessoas e seus contextos sociais, culturais e institucionais”.

Este é um estudo exploratório, que aborda o uso da areia industrial na produção de argamassas, logo, a pesquisa teve como finalidade descrição das características desse material, em um contexto preestabelecido, que permitiu obter as informações desejadas, a fim de compreender melhor o problema.

Um trabalho é de natureza exploratória quando envolver levantamento bibliográfico, entrevista com pessoas que tiveram (ou tem) experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Possui

ainda a finalidade básica de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias para a formulação de abordagens posteriores (GIL, 1999).

Quanto à natureza, a pesquisa é aplicada, pois pode ser definida como atividades em que conhecimentos previamente adquiridos são utilizados para coletar, selecionar e processar fatos e dados, afim de se obter e confirmar resultados, e se gerar impacto. Ou seja, o estudo pretende gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, que no caso é uso da areia industrial na produção de argamassas.

Para a realização da pesquisa foi necessário realizar diferentes procedimentos, sendo eles: revisão bibliográfica, aplicação de questionários e programa experimental. A descrição destes processos é abordada nos tópicos seguintes.

3.2 Procedimentos de pesquisa

Para a realização deste trabalho, foram feitas pesquisas bibliográficas, de livros, trabalhos científicos e outras publicações, assim também como a elaboração de um questionário de pesquisa, ensaios de laboratório e ensaios práticos.

3.2.1 Coleta Inicial de Dados

A partir da intenção de compreender o comportamento da argamassa de revestimento com substituição de areia natural pela areia industrial, realizou-se uma visita no Britador São Geraldo, que fica localizado na cidade de Caratinga/MG, para obter dados sobre as características e produção da areia industrial, a mesma fabricada pelo Britador.

Para a realização do presente trabalho além de pesquisas bibliográficas, foi realizado um questionário, com intuito de descobrir o traço mais característico na região de Caratinga/MG, para argamassas de revestimento, assim como os pós e

contras da substituição da areia natural para areia industrial por parte das empresas entrevistadas. Estando os questionários presentes no Apêndice A deste trabalho.

Para o preenchimento dos questionários foram realizadas várias visitas a obras em andamento, principalmente na fase de revestimento tanto interno quanto externo, o preenchimento do questionário foi realizado pelo funcionário responsável pela obra. Procurou-se então analisar os documentos internos do preenchimento dos questionários realizados pelas empresas e responsáveis pela obra.

Antes de realizar as entrevistas e o preenchimento dos questionários com as pessoas envolvidas no estudo de caso, foi necessário estruturar as questões relativas ao assunto para fundamentar a pesquisa. O questionário é composto por 13 perguntas, que vão desde informações básicas da empresa, tais como o tipo de empresa, quantos colaboradores a empresa tem atualmente, qual a função dentro da empresa pelo responsável pelo preenchimento do questionário, quantos anos de mercado e empresa tem, até informações sobre a base de conhecimento do responsável pela empresa sobre a areia industrial, tais como se já houve testes em alguma das obras realizadas pela empresa em questão com o uso da areia industrial em argamassas de revestimento, se ele teria alguma sugestão para seu uso, como também alguma crítica.

As 13 questões foram formuladas com a finalidade de conhecer melhor a empresa e de como o mercado atual reage ao uso da areia industrial, bem como o traço mais usual para revestimentos externos na região de Caratinga.

A partir do preenchimento dos questionários, foi realizada uma análise de cada uma das respostas preenchidas, para escolha do traço ideal a ser utilizado. As empresas entrevistadas estão situadas na região de Caratinga/MG, e ano de pesquisa 2018. Foram escolhidas diversas empresas da região, foi realizada a visita em 15 obras, dentre os traços coletados, identificou-se o que repetiu com maior frequência e que apresentou maior proporção de areia.

A coleta de dados pode ser considerada um dos momentos mais importantes da realização de uma pesquisa, pois é durante a coleta de dados que o pesquisador obtém as informações necessárias para o desenvolvimento do seu estudo.

3.3 Ensaio realizados

Para este trabalho foram realizados quatro ensaios para obtenção das características da areia natural e industrial, para fins de comparação e análises das mesmas.

3.3.1 Ensaio de Composição Granulométrica

Segundo Fernandes (2008) composição granulométrica pode ser definida como sendo a distribuição do tamanho das partículas de determinado agregado. Assim, a composição granulométrica de um agregado é determinada por meio de peneiramento de uma amostra em uma sequência de peneiras dispostas da maior abertura em cima para a menor abertura em baixo. No presente trabalho foi realizado o ensaio de granulometria dos agregados miúdos, areia natural e industrial, para realização do ensaio foram utilizados os materiais no Quadro 3 abaixo.

Quadro 3: **Materiais e equipamentos utilizados para realização do ensaio.**

Balança com resolução de 0,1% da massa da amostra de ensaio;
Estufa capaz de manter temperatura no intervalo de $(105 \pm 5) ^\circ \text{C}$;
Peneiras das séries normal e intermediária com tampa e fundo;
Agitador mecânico de peneiras;
Recipientes para amostras;
Escova;
Areia natural: 500 gramas;
Areia industrial: 500 gramas.

Fonte: elaborado pelos autores.

O ensaio de peneiramento foi realizado de acordo com a ABNT NM 248:2003, que apresenta algumas recomendações, como por exemplo, a quantidade mínima da amostra que deve ser ensaiada de acordo com a dimensão máxima característica do agregado e quantidade limite de material que pode ficar sobre cada peneira. Esta quantidade é limitada a fim de evitar que o excesso de material provoque obstrução da malha, e impeça que grãos menores passem.

As peneiras que foram utilizadas no ensaio de peneiramento possuem aberturas padronizadas classificadas em série normais e série intermediária. Na Tabela 2 são apresentadas estas séries de peneiras de acordo com a ABNT NBR 7211:2009.

Tabela 2 – Peneiras da série normal e intermediária e respectivas aberturas nominais.

Série Normal	Série Intermediária
75mm	-
-	63mm
-	50mm
37,5mm	-
-	31,5mm
-	25mm
19mm	-
-	12,5mm
-	-
9,5mm	6,3mm
-	-
4,75mm	-
2,36mm	-
1,18mm	-
600µm	-
300µm	-
150µm	-

Fonte: adaptado da ABNT NBR 7211:2009

As peneiras da série intermediária são utilizadas no ensaio de peneiramento para auxiliar na avaliação da granulometria e na classificação quanto à dimensão máxima característica. Já as peneiras da série normal, devem ser sempre utilizadas nos ensaios, pois os resultados em termos destas são utilizados para classificação granulométrica e determinação do módulo de finura de acordo com ABNT NBR 7211:2009.

- Módulo de finura: soma das porcentagens retidas acumuladas, relativas à massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100 (ABNT NBR 7211:2009).

- Dimensão máxima característica: corresponde à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa (ABNT NBR 7211:2009).

Para realização do ensaio de granulometria, primeiramente foram formadas duas amostras, de acordo a ABNT NBR NM 27, com massa mínima indicada por amostra na Tabela 2 da ABNT NBR 248:2003. Após a separação da amostra foi realizado a secagem das mesmas em estufa a 100°C, em seguida determinou-se as massas secas já em temperatura ambiente.

A próxima etapa do ensaio foi à montagem das peneiras que sempre devem estar limpas sobre o agitador mecânico, as peneiras foram montadas em ordem crescente (base para o topo) da abertura das malhas, após a montagem foi inserida a amostra do agregado miúdo, promovendo a agitação mecânica do conjunto, por um tempo de 3 minutos para permitir a separação e classificação das diferentes dimensões de grãos da amostra.

O próximo procedimento realizado com o agitador mecânico foi destacar e agitar manualmente a peneira superior do conjunto (com tampa e fundo falso encaixados) até que, após um minuto de agitação contínuo, a massa de material passante pela peneira foi inferior a 1% da massa do material retido. A agitação da peneira foi feita em movimentos laterais e circulares alternados.

Os últimos passos foram à retirada do material retido em cada peneira com o auxílio de uma escova própria para limpeza da malha, que deve ser limpa nos dois lados, sendo os mesmos pesados separadamente, em uma balança de precisão que determinou a massa retida em cada peneira.

Após o procedimento do ensaio foi calculado a porcentagem retida em massa, em cada peneira, com a aproximação de 0,1%, a porcentagem média, retida e acumulada, em cada peneira, com aproximação de 1%, e montada a tabela com os resultados da distribuição granulométrica dos agregados miúdos.

Considerando os valores de porcentagem média retida e acumulada, determinou-se: A dimensão máxima característica; O módulo de finura, com aproximação de 0,01; A classificação do agregado conforme a ABNT NBR 7211:2009.

O módulo de finura fornece uma ideia de quão fino ou grosso é o agregado. Segundo Popovics (1966) apud Neville (1997), ele pode ser demonstrado como sendo a média logarítmica da distribuição de tamanhos de partículas de um agregado.

Já Neville (1997) e Farias e Palmeira (2007) afirmam que a representação gráfica da curva granulométrica é uma das formas mais fáceis de avaliar a composição de um agregado, pois consegue observar se a curva granulométrica se enquadra em uma especificação, se é muito grossa ou muito fina, ou ainda, se é deficiente em um determinado tamanho.

Independente de como é representada, de maneira geral, a composição granulométrica, ela pode ser considerada uma das principais propriedades dos agregados, em especial dos agregados miúdos.

Segundo Neville (1997), a trabalhabilidade tem grande influência sobre a demanda de água, da segregação, e da exsudação, sendo a composição granulométrica é indiretamente responsável por estes fatores.

Porém, areias muito finas proporcionam misturas bastante coesivas, mas por conta de sua elevada superfície específica, aumentam o gasto com a água e por isso se tornam antieconômicas ou também resultar em segregação. Por outro lado, para uma mesma composição de agregados graúdos, normalmente as areias mais finas demandam um teor menor de argamassa para características satisfatórias de coesão e trabalhabilidade comparadas a areias mais grossas.

Os agregados miúdos de britagem apresentam uma granulometria diferente das areias naturais, com maior teor de micro finos, elevado teor de material retido nas malhas 1,18mm e 2,36mm e redução de grãos entre os tamanhos de 600 μ m e 150 μ m. Além disso, possui textura mais rugosa. Agregados maiores diminuem a área de ligação à pasta para um volume de sólidos igual, tendem a formar zonas de transição,

podendo contrapor o benefício em resistência obtido pela menor demanda de água (MEHTA e MONTEIRO, 1994; NEVILLE, 1997).

3.3.2 Ensaio de Determinação do Teor de Material Pulverulento

A coesão depende muito da proporção de partículas finas na mistura. Visualmente observou-se que o agregado industrial a ser estudado, contém grande quantidade de finos. Portanto, antes de confeccionar as argamassas, foi realizado um estudo sobre teor de materiais pulverulentos deste agregado, já que o mesmo tem grande relevância nas características finais da argamassa de revestimento.

Conforme a ABNT NBR NM 46: 2001 materiais pulverulentos são partículas minerais com dimensão inferior a 0,075 mm. No geral a presença desses materiais é indesejável na constituição do concreto; um agregado com alto teor de materiais pulverulentos diminui aderência do agregado a pasta, prejudicando de forma direta a resistência e instabilidade dimensional do concreto. Foi realizado o ensaio de material pulverulento, para então saber se o mesmo está apto para ser utilizado. O Quadro 4 mostra os materiais e equipamentos utilizados para a realização do ensaio.

Quadro 4. Materiais e equipamentos para realização do ensaio de teor de material pulverulento.

Peneiras de 1,18mm e 0,075mm de abertura de malha
Dois recipientes de vidro transparente
Recipiente para agitação do material
Balança
Estufa
Recipiente
Água
Areia industrial e natural =1000 gramas

Fonte: elaborado pelos autores.

Para realização do ensaio de determinação do teor de material pulverulento foi necessário, primeiramente peneirar duas amostras de 1000 gramas de areia industrial e natural que foram retirados de uma amostra coletada, logo em seguida as amostras foram colocadas em um recipiente e na estufa por 24 h. Posteriormente, foi colocado cada amostras em um recipiente e recobriu-se com água. Agitou-se o material com as mãos, até separação e suspensão das partículas finas.

Seguidamente, despejou a água cuidadosamente sobre um conjunto de duas peneiras sobrepostas, sendo de 1,18 mm de abertura de malha, visando reter o material mais grosso, e a inferior de 0,075 mm de abertura de malha.

Na sequência foi lançado o material retido nas duas peneiras de volta ao recipiente e repetiu a operação de lavagem até que a água de lavagem se tornou limpa. Imediatamente fez a comparação visual da limpidez entre a água, antes e depois da lavagem, utilizando recipientes de vidro.

Logo em seguida, ao terminar a lavagem colocou-se o material no recipiente, e recobriu com água e deixou em repouso por 15 minutos, tempo que foi necessário para decantar as partículas. Retirou-se a água em excesso para facilitar a posterior secagem em estufa, tomando cuidado para não provocar perda de material. Posteriormente, colocou as amostras em estufa por 24 horas e determinou-se suas massas finais seca.

Em seguida foram realizados os cálculos da média da porcentagem de material fino, e a diferença obtida entre as duas médias foi maior que 1%, portanto de acordo com a norma ABNT NBR NM 46:2001, para agregado miúdo as médias das duas determinações não deve ser maior que 1%.

Entretanto foi realizado uma terceira determinação, com os mesmo procedimentos das anteriores, adotando como resultados do ensaio a média aritmética dos dois resultados mais próximos.

O teor dos materiais pulverulentos de cada amostra foi obtido pela diferença entre a massa da amostra antes (M_i) e depois da lavagem (M_f), expresso em porcentagem da massa da amostra ensaiada, conforme a expressão a seguir:

$$M = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

M = porcentagem de material fino que a peneira de 75 μm por lavagem;

M_i = é a massa original da amostra seca em gramas;

M_f = é a massa da amostra seca após a lavagem em gramas.

3.3.3 Ensaio de Vicat

O ensaio de Vicat, que tem como objetivo especificar o tempo de início e fim de pega da argamassa de revestimento, que deve ser feito através da norma ABNT NBR NM 65: 2002 - Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. Com o traço escolhido, 1: 2: 9 (Cimento: Cal: Areia) foram realizados os ensaios utilizando a areia natural e industrial, e a areia industrial com adição do aditivo a base de celulose, o ensaio foi realizado no laboratório de Materiais de Construção da Faculdade Doctum de Caratinga, foram utilizados os materiais e equipamentos citados no Quadro 5.

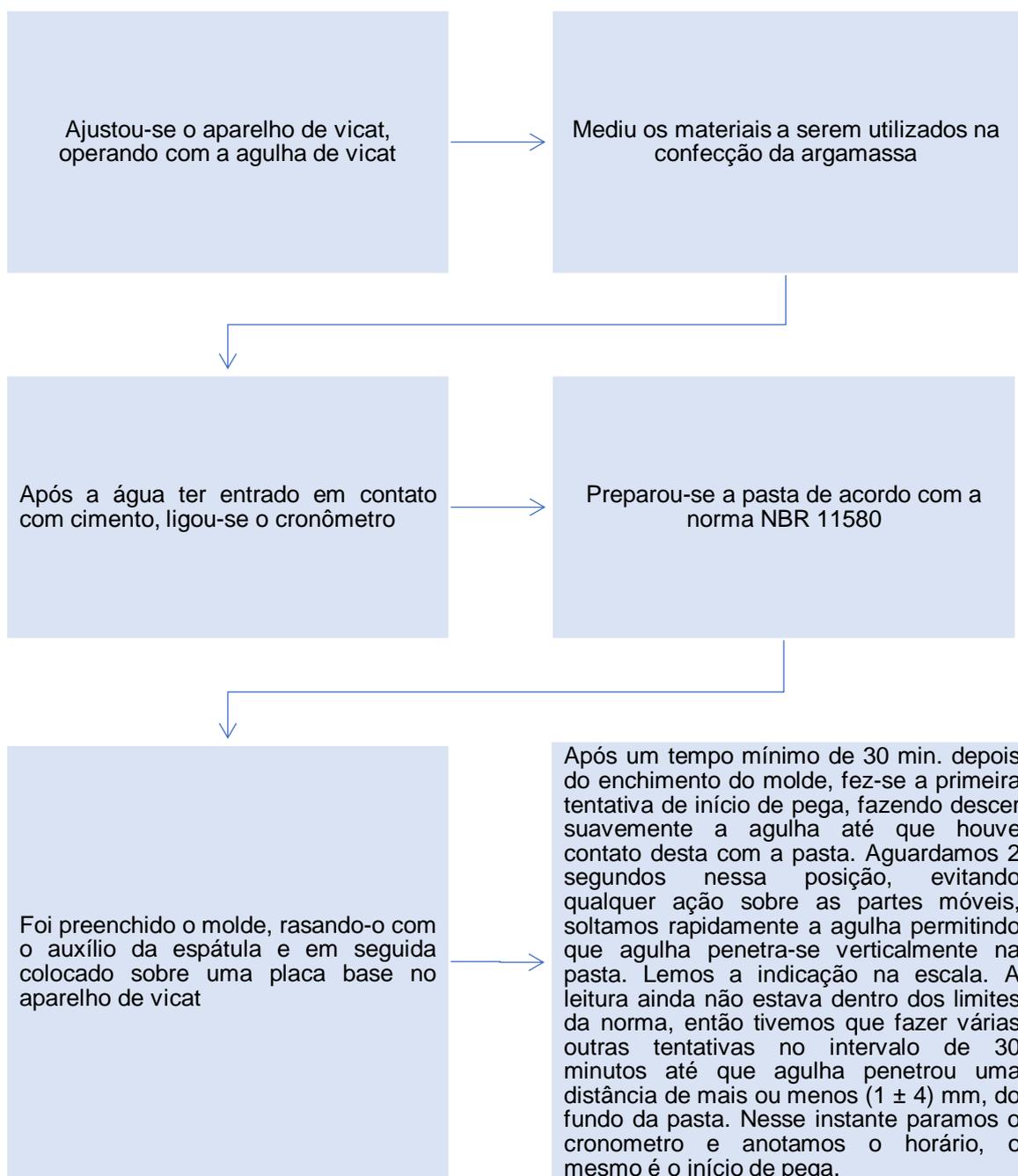
Quadro 5: **Materiais e equipamentos utilizados para realização do ensaio de Vicat.**

Cimento CP II E 32;
Cal hidratada CH III;
Água;
Areia natural;
Areia Industrial;
Aditivo Walocel XCS;
Balança;
Recipiente Para Fazer a Mistura das Pastas;
Espátula;
Molde;
Aparelho de Vicat;
Câmara Úmida;
Cronômetro.

Fonte: elaborado pelos autores

Para realização do ensaio de determinação do tempo de início pega e do tempo de fim de pega da argamassa, foram utilizados os seguintes procedimentos, indicados na figura 2, os mesmos foram feitos de acordo com a ABNT NBR 65: 2002.

Figura 2: Procedimentos para realização de ensaio do tempo de pega.



Fonte: adaptado da ABNT NBR NM 65: 2002.

3.3.4 Teste prático

O teste foi realizado para analisar as propriedades desejáveis da argamassa em obra, para assim ter o resultado em prática na construção, dando uma ideia se o que foi colhido no laboratório coincide com a realidade, e se os resultados obtidos foram favoráveis para todas as propriedades da argamassa. No quadro 6, segue a relação dos materiais utilizados no teste.

Quadro 6. **Materiais e equipamentos.**

Areia industrial
Aditivo Walocel XCS
Cimento CP II E 32
Cal hidratada CH III
Balança
Água
Caixote para fazer a mistura da massa
Enxada
Colher de pedreiro
Réguas
Filtro

Fonte: elaborado pelos autores.

Para determinar que o uso do aditivo a base de éter celulose melhora realmente os requisitos de tempo de pega da argamassa de revestimento, com o uso da areia industrial, em relação a areia natural. Foi realizado o teste prático em uma obra, com a argamassa confeccionada, sendo ela com o traço 1: 2: 9 com a adição do aditivo a base de celulose nas porcentagens de 0,2(interna) e 0,3(externa).

Realizado em uma obra localizada na cidade de Imbé de Minas, que fica próximo a região de Caratinga, o procedimento de teste em obra foi feito seguindo o passo a passo de revestimento, com especificações das normas ABNT NBR 13749:2013 e ABNT NBR 7200:1998.

Onde dois colaboradores fizeram as etapas do revestimento, primeiramente foi feita a mistura da massa adicionando a cal, cimento, areia, aditivo e a água, logo depois picotou os blocos cerâmicos e seguidamente lançou a massa nos blocos com o uso da colher. Em seguida sarrafeou a massa para dar o acabamento final.

Durante a realização do revestimento foram analisadas as propriedades da argamassa de revestimento, em relação a trabalhabilidade, plasticidade aderência e tempo de pega, onde foi observado se o pedreiro teve tempo suficiente para manusear a pasta, fazendo todas etapas do revestimento com facilidade.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E ANÁLISE

4.1 Materiais e características das argamassas de revestimento

Diferentes traços de argamassas foram produzidos para analisar parâmetros ligados ao tempo de início e fim de pega através do ensaio de Vicat. Os tempos de pega tanto inicial quanto final são afetados, pelos materiais empregados e a proporção entre eles. Portanto, a análise dos resultados inicia-se do ponto de vista dos materiais e da dosagem dos mesmos, bem como da diferença entre a utilização da areia natural, com a areia industrial, e adição do aditivo a base de celulose com areia industrial. Para escolha do traço, foi utilizado um questionário, que foi preenchido, por profissionais da área da construção civil, da região de Caratinga/MG, através deste questionário realizamos uma média dos traços que mais se repetiram, e chegamos ao traço 1: 2: 9 (cimento: cal: areia). As argamassas foram produzidas utilizando esses materiais.

Para a produção da argamassa foram empregados os seguintes materiais: aditivo, cimento Portland CP II E 32, cal hidratada CH III, areia natural foi fornecida pela Faculdade Doctum de Caratinga, com granulometria média, a mesma foi preparada por peneiramento. A areia industrial foi obtida através do Britador São Geraldo da região de Caratinga/MG, que é proveniente da pedra gnaisse e água de amassamento utilizada foi fornecida pelo sistema de abastecimento da cidade de Caratinga/MG. As caracterizações dos materiais estão apresentadas nas seguintes tabelas.

4.1.1 Aditivo

A Tabela 3 a seguir mostra as propriedades do aditivo químico WALOCEL XCS 47106, usado para os testes nos traços da argamassa de revestimento, os dados foram fornecidos pelo fabricante.

Tabela 3: **Propriedades Típicas.**

ITENS DE ANÁLISE	UNIDADE	ESPECIFICADO
Aparência Visual	-	Pó Branco
Solubilidade	-	Solúvel em água
Viscosidade	mPas	40.000
Teor de Umidade	-	<7.0
Cloreto de Sódio	%	<3.0
Tamanho de Partícula	%(<70 peneira EUA, 212 μ m)	>95

Fonte: Dados do fabricante (2018).

4.1.2 Cimento

Para a realização do programa experimental foi utilizado o cimento Portland CP II E 32, por ser o cimento mais utilizado em obra da região para confecção de argamassas, adquirido em uma loja da cidade de Caratinga/MG. Suas propriedades químicas estão diretamente ligadas ao processo de endurecimento por hidratação. Esse processo é complexo, ocorre a dissolução da água, precipitações de cristais e gel com hidrólises e hidratações dos componentes do cimento, suas propriedades estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4: **Propriedades Químicas**

ENSAIOS QUÍMICOS	UNIDADE	NBR
Perda ao fogo (%)	<6,5	NBR 5743
Resíduo insolúvel (%)	<2,5	NBR 5744
Trióxido de enxofre – SO ₃ (%)	<4,0	NBR 5745
Óxido de cálcio livre – CaO Livre (%)	–	NBR 7227
Óxido de magnésio – MgO (%)	<6,5	NBR 9203
Óxido de alumínio – Al ₂ O ₃ (%)	–	NBR 9203
Óxido de silício – SiO ₂ (%)	–	NBR 9203
Óxido de ferro – Fe ₂ O ₃ (%)	–	NBR 9203
Óxido de cálcio – CaO (%)	–	NBR 9203
Equivalente alcalino (%)	–	–

Fonte: Dados do fabricante (2018).

As propriedades físicas são consideradas sob três aspectos diferentes: propriedades do produto em sua condição natural, em pó, da mistura de cimento e água e finalmente a mistura da pasta com o agregado escolhido. As propriedades da argamassa são relacionadas com o comportamento da cal quando utilizada, ou seja, as suas propriedades. Tais propriedades se enquadram em processos artificialmente definidos nos métodos e especificações padronizados, oferecendo sua utilidade quer para o controle de aceitação do produto, quer para a avaliação de suas qualidades para os fins de utilização dos mesmos. Na Tabela 5, segue as propriedades físicas do cimento.

Tabela 5: **Propriedades Físicas**

ENSAIOS FÍSICOS	UNIDADE	NBR
Blaine (cm²/g)	>2600	NBR NM 76
Tempo de início de pega (h:min)	>1	NBR NM 65
Tempo de fim de pega (h:min)	<10	NBR NM 65
Finura na peneira # 200 (%)	<12,0	NBR 11579
Finura na peneira # 325 (%)	–	NBR 9202
Expansibilidade a quente (mm)	<5,0	NBR 11582
Consistência normal (%)	–	NBR NM 43
Resistência à compressão 1 dia (MPa)	–	NBR 7215
Resistência à compressão 3 dias (MPa)	>10,0	NBR 7215
Resistência à compressão 7 dias (MPa)	>20,0	NBR 7215
Resistência à compressão 28 dias (MPa)	>32,0	NBR 7215

Fonte: Dados do fabricante (2018).

4.1.3 Cal

Utilizou-se a cal hidratada CH III ,na região de Caratinga é comum a utilização da cal hidratada na preparação da mistura com areia e água, para posterior se fazer a mistura com cimento, a tabela a seguir mostra suas propriedades físicas , esse ensaio pertence a categoria e verifica se a cal foi bem moída no processo de fabricação, se é econômica, se é boa para o pedreiro trabalhar com ela e se a

argamassa desta cal retém a água da mistura ou a perde para a parede onde a argamassa foi assentada. Na Tabela 6, segue as propriedades físicas da cal.

Tabela 6: **Propriedades Físicas**

COMPOSTOS	LIMITES	
Finura	Peneira 0,600 mm	$\leq 0,5\%$
	Peneira 0,075 mm	$\leq 15\%$
Retenção de água		$\geq 70\%$
Incorporação de areia		$\geq 2,2\%$
Estabilidade	Ausência de cavidades	de
Plasticidade		$< 110\%$

Fonte: (ABNT NBR 7175:2003).

Esta categoria de ensaio tem por objetivo verificar a pureza da cal hidratada, avaliando o processo de fabricação do produto e a qualidade da sua matéria prima. Os ensaios químicos têm influência direta sobre o desempenho do produto, a ABNT NBR 7175: 2003, a Tabela 7 especifica alguns requisitos exigidos no recebimento da cal, a ser empregada em argamassas.

Tabela 7: **Propriedades Químicas**

COMPOSTOS	LIMITES	
Anidrido carbônico	Na fábrica	$\leq 13\%$
	No depósito	$\leq 15\%$
Óxido de cálcio e magnésio não hidratado calculado		$\leq 15\%$
Óxidos totais na base de não voláteis		$\geq 88\%$

Fonte: (ABNT NBR 7175:2003).

4.2 Ensaio de Granulometria

O ensaio de granulometria foi realizado para determinar a porcentagem em peso de cada tamanho de partícula, representada na massa total da amostra ensaiada, para o mesmo foram utilizadas duas amostras de areia natural, e duas amostras de areia industrial, com 500g de cada tipo de areia, secas em estufa a 100°.

Figura 3: **Pesagem das amostras de areia natural e industrial**



Fonte: acervo dos autores.

Através dos resultados obtidos foi feita a curva de distribuição granulométrica, para a classificação dos solos. A determinação da granulometria de um solo pode ser feita por peneiramento e sedimentação, se necessário. No presente trabalho foi apenas realizado por peneiramento. Na Figura 4, as peneiras utilizadas no ensaio.

Figura 4: Série de peneiras utilizadas para realização dos ensaios



Fonte: acervo dos autores.

Através do ensaio de granulometria, que foi realizado para duas amostras de areia industrial e para duas amostras de areia natural, foram obtidos os resultados representados na Tabela 8, para as amostras de areia natural.

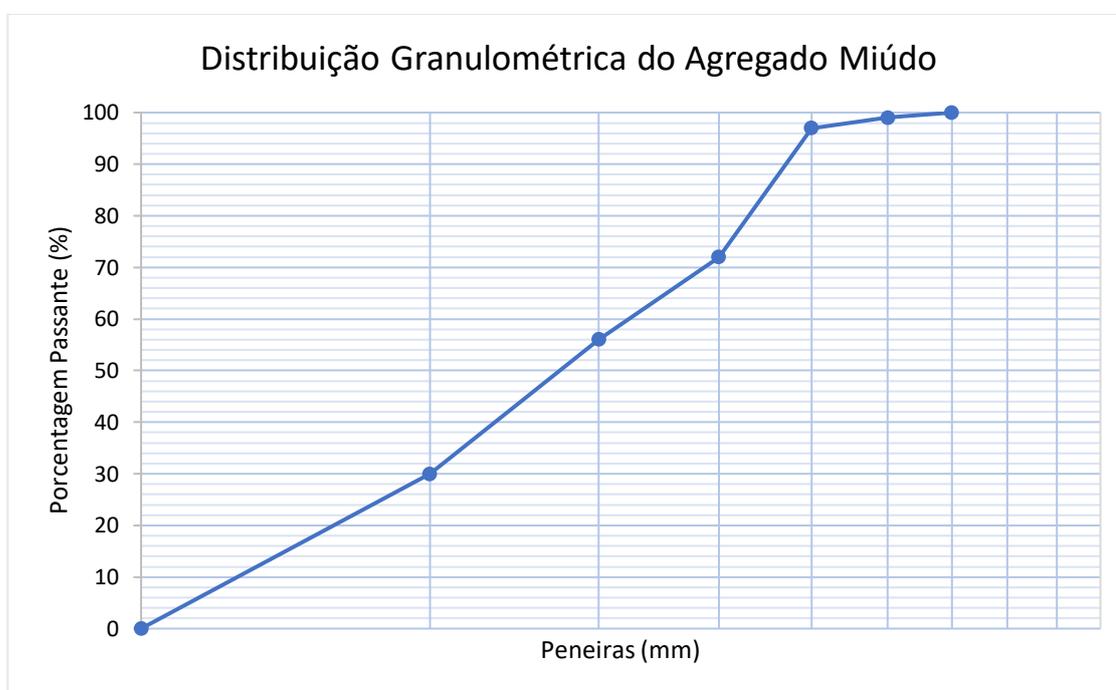
Tabela 8: Ensaio de Granulometria com utilização de Areia Natural

Areia Natural						
Peneiras (mm)	Primeira Determinação		Segunda Determinação		% retida média	% retida acumulada
	Peso retido (g)	% retida	Peso retido (g)	% retida		
1,18	1,42	0,3%	0,35	0,1%	0%	0%
0,6	130,2	26,1%	165,7	33,2%	30%	30%
0,425	138,06	27,7%	126,82	25,4%	27%	56%
0,3	80,71	16,2%	71,56	14,4%	15%	72%
0,15	132,29	26,5%	117,1	23,5%	25%	97%
0,075	13,92	2,8%	13,9	2,8%	3%	99%
Fundo	2,26	0,5%	2,94	0,6%	1%	100%
Total	498,86	100,0%	498,37	100,0%	100%	*

Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa.

Como pode-se observar através da tabela acima, a areia natural tem uma grande quantidade de material miúdo retido nas peneiras de 0,6 mm a 0,150 mm, que representa que a mesma não possui grande porcentagem de material fino já que a maior parte da amostra não chega a peneira de 0,075mm e no fundo. Através da curva granulométrica abaixo, podemos observar também a grande porcentagem de material médio, e a pequena quantidade de material fino, bem como constatar que a areia natural pode ser considerada um material com uma boa distribuição granulométrica dos grãos. A figura 5 apresenta a curva granulométrica da areia natural.

Figura 5: **Curva Granulométrica com utilização de Areia Natural.**



Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa.

O modulo de finura da areia natural é 1,99 o que pode-se considerar um percentual bem pequeno em comparação a massa total da amostra utilizada para realização do ensaio de granulometria da areia industrial. Sendo que possui dimensão máxima igual a 1,18mm.

Os resultados obtidos através do ensaio de granulometria para areia industrial estão representados na Tabela 9.

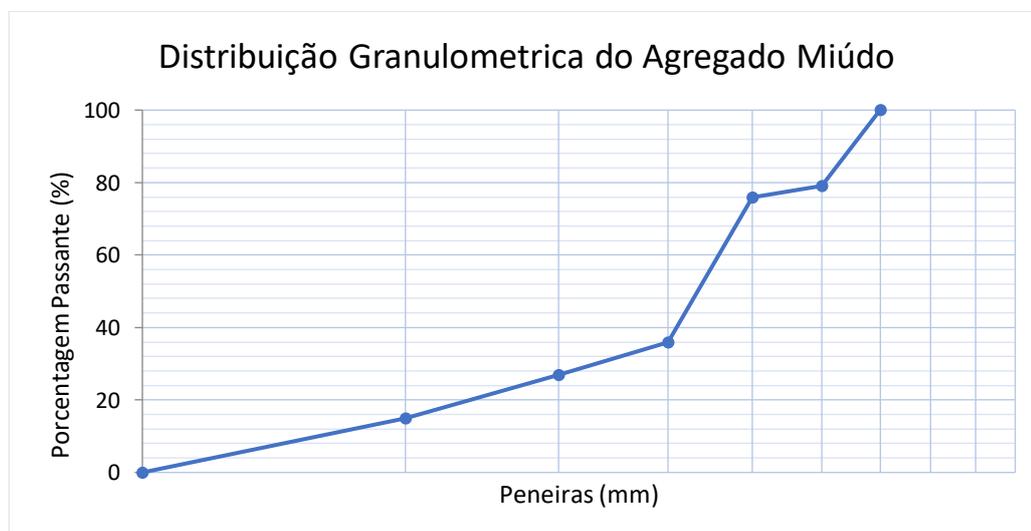
Tabela 9: Ensaio de Granulometria com utilização de Areia Industrial

Areia Industrial						
Peneiras (mm)	Primeira Determinação		Segunda Determinação		% retida média	% retida acumulada
	Peso retido (g)	% retida	Peso retido (g)	% retida		
1,18	0,9	0,2%	0,05	0,0%	0%	0%
0,6	65,15	13,1%	79,5	16,0%	15%	15%
0,425	56,57	11,3%	71,41	14,3%	13%	27%
0,3	42,84	8,6%	48	9,6%	9%	36%
0,15	196	39,3%	203	40,7%	40%	76%
0,075	117,2	23,5%	83,38	16,7%	20%	97%
Fundo	20,44	4,1%	14,6	2,9%	4%	100%
Total	499,1	100,0%	499,94	100,3%	100%	*

Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa.

Para os resultados obtidos nas amostras da areia industrial, percebe-se que ela possui grande parte de seu material retido nas peneiras de 0,6 mm até o fundo das peneiras, contendo mais porcentagem de material fino que a areia natural. Através da curva granulométrica abaixo, podemos observar também a grande porcentagem de material fino, e a pequena quantidade de material médio, bem como constatar que a areia industrial pode ser considerada uma material com uma distribuição granulométrica dos grãos não uniforme já que possui diversos tamanhos de grãos em uma pequena amostra. A figura 6 mostra a curva granulométrica.

Figura 6: Curva Granulométrica com utilização de Areia Industrial.



Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa.

O módulo de finura da areia industrial 1,27 um percentual bem menor em relação ao percentual da areia natural, e quanto maior o percentual do módulo de finura, mais grosso será o solo. Com dimensão máxima igual a 1,18mm.

Com base nos resultados das tabelas e gráficos apresentados acima, pode-se constatar que a areia natural possui uma granulometria com grãos maiores do que a areia industrial que por sua vez apresenta uma grande quantidade de material fino, o que resulta na interferência quanto ao tempo de pega, pois os materiais finos retêm uma quantidade maior de água, do que materiais com dimensões maiores. Esse é um dos fatores mais importantes da relação do curto tempo de pega de argamassas de revestimento que utilizam a areia industrial em sua composição.

Segundo Dutra (2015) a granulometria dos agregados pode aumentar a porosidade dos concretos e argamassas, e até mesmo o seu valor, além de poder influenciar suas propriedades mecânicas.

Em geral as areias muito grossas causam misturas ásperas e com menos trabalhabilidade, por outro lado areias muito finas aumentam o consumo de água, e de cimento para manter uma dada relação água/cimento (DUTRA, 2015).

Chegando à conclusão que para se obter uma mistura econômica, que tenha boa trabalhabilidade e seja menos porosa é de grande relevância que a areia tenha uma distribuição granulométrica equilibrada e preferencialmente contínua (DUTRA, 2015). Devido a tais fatores fica definido que quanto menos porcentagem de finos for utilizada melhor a pasta de argamassa vai ficar.

4.3 Ensaio de Determinação do Teor de Material Pulverulento

O conhecimento da quantidade de material pulverulento é extremamente importante, pois o excesso deste material prejudica a aderência entre a pasta de cimento e a argamassa e aumenta o consumo de água devido maior superfície de contato, ocasionando uma diminuição da resistência de concretos e argamassas. A Tabela 10 mostra a porcentagem encontrada em cada amostra da areia natural, onde todas as amostras da areia natural tiveram resultados satisfatórios segundo a ABNT NBR 7211: 2009 que deve ser menor que 5%.

Tabela 10: Material Pulverulento da Areia Natural.

	M_i (gramas)	M_f (gramas)	(% material fino)	Média
Amostra 1	1000	988,15	1,18	
Amostra 2	1000	975,80	2,42	
Amostra 3	1000	963,80	3,62	
				$M = 3\%$

Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa.

Cabe observar que o agregado influencia as propriedades da argamassa a fresco e também as propriedades da argamassa endurecida, devido à alta porcentagem ocupada na massa. O material pulverulento apesar de ser considerado uma substância deletéria, pode ser utilizado mesmo assim com baixos teores, o resultado do teor da areia industrial segue na Tabela 11.

Tabela 11: Material Pulverulento da Areia Industrial

	M_i (gramas)	M_f (gramas)	(% material fino)	Média
Amostra 1	1000	927,97	7,20	
Amostra 2	1000	940,52	5,95	
Amostra 3	1000	949,50	5,05	
				$M = 6\%$

Fonte: elaborado pelos autores com dados da pesquisa.

O resultado obtido para a areia industrial é de 6%, estando dentro do limite recomendado pela ANT NBR 7211: 2009, que deve ser menor que 12%, isso para concreto protegido do desgaste superficial, mostrando assim que a quantidade desse material é maior quando comparado com a areia natural. Para o processo do ensaio a lavagem é essencial para os resultados, pois a mesma é feita com muito cuidado, para ser feita a retirada do material pulverulento do material. Na Figura 7 mostra o procedimento da lavagem.

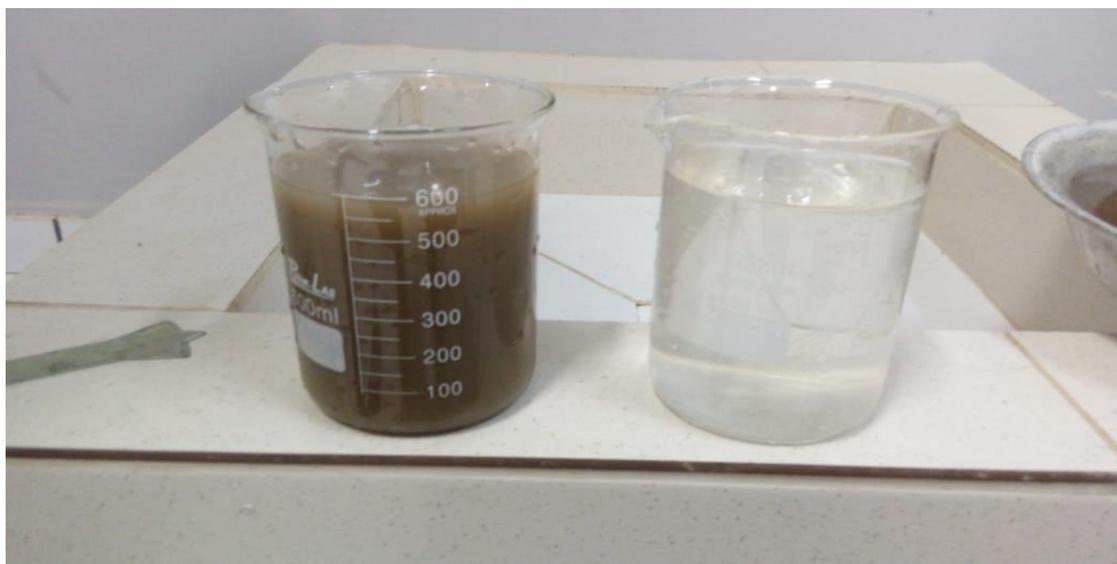
Figura 7: Lavagem da areia para retirada de material pulverulento



Fonte: acervo dos autores.

O resultado obtido da areia industrial de sua limpidez pode ser visto na figura 8, onde foi feito todos os procedimentos do ensaio até chegar esse resultado, onde também foi feito a comparação da água de antes e depois da sua lavagem.

Figura 8: Comparação de água de lavagem em relação a água límpida final da areia industrial



Fonte: acervo dos autores.

O resultado obtido da limpeza da areia natural pode ser visto na Figura 9, depois de feito todos os requisitos do ensaio.

Figura 9: Comparação de água de lavagem em relação a água límpida final da areia natural



Fonte: acervo dos autores

Devido esses resultados pode observar que a determinação desse material se dá pela importância que ele pode modificar as propriedades da argamassa, no sentido de não proporcionar uma boa liga. Pois, conforme citado nesse trabalho os materiais pulverulentos em alto teor diminuí a aderência da argamassa, prejudicando de forma direta a trabalhabilidade, aderência e plasticidade, comprometendo a qualidade da argamassa.

Porém a presença de finos na argamassa melhora as resistências mecânicas, com argamassas produzidas com a areia britada, que apresentaram melhores resistências à compressão e à tração na flexão que as argamassas de areia natural. Onde teve a presença de maior porcentagem de finos na argamassa exigiu um pouco mais de água de amassamento, para obter o mesmo índice de consistência que a argamassa. Por outro lado, os finos ocupam os espaços vazios entre as partículas maiores, tendo, assim, um empacotamento melhor que a argamassa sem finos. Com

isso, as resistências à compressão e à tração na flexão são maiores e obtiveram melhores resultados na retenção de água comparados às argamassas de areia natural, (SERPA, 2004).

BERN (1997 p. 15) “o teor de material fino abaixo de 75 μm , contido nas areias de britagem, aumenta seu efeito na redução da trabalhabilidade a partir de teores acima de 15%. Dessa forma, teores abaixo disso não produzem grandes perdas de abatimento, principalmente, se associada a uma forma mais arredondada e unidimensional dos grãos.”

4.4 Ensaios de início e fim de pega

4.4.1 Ensaio de Vicat com Areia Natural

A Figura 10 mostra à amostra de areia natural que foi utilizada para realização de todos os ensaios desta pesquisa, a mesma é de granulometria média.

Figura 10: **Areia Natural**



Fonte: acervo dos autores.

No ensaio de Vicat, com o traço 1: 2: 9 (cal: cimento: areia) foram obtidos os resultados dos tempos de início e fim de pega da argamassa de revestimento com o uso da areia natural. A Figura 11 mostra o aparelho de vicat utilizado para realização dos ensaios em laboratório.

Figura 11: Ensaio de Vicat com o uso da Areia Natural na Fabricação de Argamassa



Fonte: acervo dos autores.

Segundo Borja (2013) a partir do instante em que a água entra em contato com o cimento para executar a mistura destinada a determinar a consistência normal da pasta, ocorrem reações químicas cuja consistência é um gradativo enrijecimento. Na Tabela 12 são apresentados os resultados do ensaio de Vicat, para argamassas com o uso de areia natural.

Tabela 12: Tempo de Início e Fim de Pega da Argamassa de Revestimento com utilização de Areia Natural.

Traço			Água (ml)	Temperatura (C°)	Data	Início de Pega (minutos)	Fim de Pega (minutos)	Tempo de Pega (minutos)
Cimento	Cal	Areia						
1	2	9	800	27°	07/11/18	184	350	166
1	2	9	710	17°	09/11/18	229	430	201
1	2	9	900	23°	12/11/18	325	506	181
1	2	9	700	25°	13/11/18	186	383	197
							Média	186

Fonte: elaborado pelos autores.

Com base nos resultados obtidos, percebe-se que o tempo de pega da argamassa de revestimento com o uso da areia natural, ficou com média de 186 minutos, esse tipo de argamassa é mais usual atualmente, pois conta como uma boa trabalhabilidade e um tempo maior de pega em comparação a areia industrial, e pelo próprio costume da área de construção civil, que já utiliza esse tipo de areia há bastante tempo, trazendo assim um pouco de resistência por parte dos engenheiros, pela sua substituição, por outro tipo de material. Apesar do teor de água ter sido ajustado tendo-se como referência a areia natural, todas as argamassas do estudo se mostraram trabalháveis, sendo esta uma premissa básica para o critério de fixação da água.

Benabed et al. (2012, pág. 73) “o teor de material fino abaixo de 75 µm, contido nas areias de britagem, aumenta seu efeito na redução da trabalhabilidade a partir de teores acima de 15%.

4.4.2 Ensaio de Vicat com Areia Industrial sem aditivo

O ensaio de Vicat, com o traço 1: 2: 9 (cimento: cal: areia) foi reproduzido para os tempos de início e fim de pega da argamassa de revestimento com o uso da areia industrial. Na figura 12 está representada a amostra de areia industrial utilizada para a realização dos ensaios em laboratório.

Figura 12: Areia Industrial



Fonte: acervo dos autores.

O fenômeno da pega do cimento compreende a evolução de algumas propriedades da argamassa, do início do processo de endurecimento, até suas propriedades físicas, químicas de hidratação. Portanto esse momento é definido quando a pasta adquire certa consistência e essa torna imprópria para manusear, (Rodrigues et al, 2011).

A partir de certo tempo após a mistura, quando o processo de pega alcança determinado estágio, a pasta não é mais trabalhável, não admite operação de nova mistura. Este intervalo de tempo é o período disponível para as operações de manuseio das argamassas e concretos, após o qual esses materiais devem permanecer em repouso, em sua posição definitiva, para permitir o desenvolvimento do endurecimento, (Rodrigues; et al, 2011). O ensaio de Vicat, realizado com a areia industrial (Figura 13).

Figura 13: **Aparelho de Vicat, determinação do tempo de pega**



Fonte: acervo dos autores.

Através do ensaio de pega da areia industrial sem o aditivo, foram obtidos os resultados representados na Tabela 13, mostrando que o tempo da areia industrial é menor que a da natural.

Tabela 13: **Tempo de início e fim de pega da areia industrial (sem aditivo)**

Traço			Água (ml)	Temperatura (C°)	Data	Início de Pega (minutos)	Fim de Pega (minutos)	Tempo de Pega (minutos)
Cimento	Cal	Areia						
1	2	9	800	27°	07/11/18	177	262	85
1	2	9	800	17°	09/11/18	263	357	94
1	2	9	900	23°	12/11/18	225	376	51
1	2	9	800	25°	13/11/18	143	274	131
							Média	90

Fonte: elaborado pelos autores.

Com base nos resultados apresentados, obteve-se a média do tempo de pega da argamassa com areia industrial de 90 minutos, observa-se que é bem menor do que a natural. Uma propriedade muito importante para ser avaliada na produção de

argamassas, é a absorção do agregado, que está ligada a quantidade de material pulverulento, isso faz com que a mesma tenha um tempo de pega rápido.

De acordo com os resultados, pode-se aferir grande capacidade de absorção de água, que é maior do que a absorção da areia natural. Conseqüentemente, a areia industrial é mais fina do que a natural e tem um alto teor de material pulverulento e, portanto necessitam de maior quantidade de água para o amassamento plasticidade. Observando isso, em função do grau de absorção e porosidade, o agregado industrial tende a absorver a água mais rapidamente, tendo seu tempo de pega muito rápido.

4.4.3 Ensaio de Vicat com Areia Industrial com aditivo

No ensaio de Vicat, com o traço 1: 2: 9 (cimento: cal: areia) foram obtidos os resultados representados na Tabela 14, dos tempos de início e fim de pega da argamassa de revestimento com o uso da areia industrial e adição do aditivo a base de éter de celulose.

Tabela 14: Tempo de início e fim de pega da areia industrial (com aditivo)

Traço			% do aditivo	Quantidade de aditivo(ml)	Água (ml)	Temperatura (C°)	Data	Início de Pega (minutos)	Fim de Pega (minutos)	Tempo de Pega (minutos)
Cimento	Cal	Areia								
1	2	9	0,2	1	800	26°	14/11/18	197	445	248
1	2	9	0,7	3	900	26°	14/11/18	789	-	>10 horas
1	2	9	0,3	1,43	900	27°	16/11/18	458	721	263
1	2	9	0,5	2,41	800	27°	16/11/18	516	-	>10 horas
									Média	256

Fonte: elaborado pelos autores.

Com base nos resultados apresentados, com adição do aditivo na porcentagem de 0,2 e 0,3, obteve-se um tempo de 256 min, um valor considerável se olhar o traço sem o aditivo que deu em média de 90 minutos, foi observado que a mesma teve uma trabalhabilidade boa. Portanto pode se observar que teve uma

melhora no tempo de pega da argamassa de revestimento com uso da areia industrial e a adição do aditivo a base de celulose.

Foi avaliada a eficiência do uso de aditivos químicos plastificantes, superplastificantes e incorporadores de ar. Verificou-se que sem o uso de aditivos para alcançar a trabalhabilidade estipulada, a demanda por água aumentou em torno de 45 Kg/m³ para os concretos com areia de britagem, verificou-se ainda que a forma e a textura das partículas dos agregados são determinantes para os efeitos dos aditivos, pois a eficiência é menor para os concretos com areia de britagem, sendo necessário utilizar maiores quantidades para obter a mesma consistência que o concreto com areia natural. (NOGUEIRA,2015).

Nogueira (2015) estudou 13 tipos diferentes de areia industrial e natural, e concluiu que as misturas são muito dependentes das características de forma e a quantidade de teor de finos do agregado. Onde foi verificado que o aumento de tensão de escoamento e viscosidade plástica pode ser minimizado pelo uso de aditivos.

4.5 Ensaio prático

Os resultados obtidos através do teste prático foram com uma porcentagem de 0,2% para revestimento interno e 0,3% para externo, obteve-se que para o traço com a porcentagem de 0,2% teve trabalhabilidade e uma aderência e plasticidade boa, dando tempo para que pudesse manuseá-la fazendo todas as etapas do revestimento com tranquilidade.

Já para o traço com 0,3% de aditivo foi utilizado para revestimento externo por que esse traço também teve uma boa trabalhabilidade e uma boa aderência, e uma maior plasticidade do que a porcentagem de 0,2%, essa escolha foi feita pois a parte externa da construção tem uma necessidade a mais de tempo, o revestimento foi feito sem divisões das paredes, portanto se reveste maior quantidade de metros de parede, necessitando de uma maior quantidade de aditivo, sendo assim dando tempo também de fazer todas as etapas do revestimento com calma.

Cavalheiro (1995), fala que no estado plástico a argamassa deve ser trabalhável, mantendo sobre a colher de pedreiro durante todo o manuseio horizontal,

deslizando sem grudar quando é feita a colocação sobre a unidade, também possibilitando o espalhamento fácil sobre a alvenaria, permanecendo plástica durante o alinhamento do prumo e nível do revestimento.

No estado endurecido, a argamassa deve apresentar, em primeiro lugar, boa aderência com a unidade de alvenaria. Esta é, pois uma propriedade conjunta do par junta de argamassa/alvenaria. A boa união vai depender das características dos dois componentes individualmente e da sua compatibilidade, primordialmente. (CAVALHEIRO, 1995).

Buest Neto (2006), em seu estudo mostrou que precisa ter uma maior necessidade de controle na qualidade na produção dos agregados britados, pois os mesmos tem uma influência que depende do tipo de rocha, equipamentos utilizados no agregado resultante. Na Figura 14 mostra a aplicação da argamassa na alvenaria.

Figura 14 – Realização das etapas do revestimento



Fonte: acervo dos autores

Portanto, o resultado final de um revestimento depende muito da sua execução, que deve ser feita adequada seguindo todas as etapas corretamente, corrigindo as irregularidades e fazendo os alinhamentos necessários para um bom revestimento como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Resultado final do revestimento



Fonte: acervo dos autores

5 CONCLUSÃO

Devido à diminuição das jazidas de areia natural, foi necessário desenvolver materiais que apresentassem características semelhantes à mesma e que pudessem ser utilizados em substituição da areia natural. Nesse contexto, a areia industrial surge como uma alternativa. Contudo, pouco se utiliza desta na produção de argamassas de revestimento devido às dificuldades causadas em sua trabalhabilidade.

Um dos objetivos desta pesquisa foi identificar quais as propriedades e os requisitos desejáveis para as argamassas de revestimento, principalmente quanto ao tempo de pega, no decorrer do trabalho e dos resultados pode-se observar que a areia natural tem características bastante diversas a areia industrial, como modo de extração, granulometria, porcentagem de material pulverulento e principalmente possui um tempo de pega maior que a areia natural, quando realizada nos traços convencionais sem o uso de aditivos retentores de água.

No decorrer desta pesquisa, observou-se que a areia industrial possui a quantidade de finos e de material pulverulento dentro do limite permitido pela norma, porém mesmo assim essa quantidade de material é suficiente para prejudicar a trabalhabilidade, aderência, plasticidade e principalmente o tempo de pega da argamassa, se feita com cal e cimento para as composições. Esse aspecto, no entanto, pode ser compensado com o uso de aditivos.

Ao realizar os ensaios para determinação do tempo de pega das argamassas de revestimento com areia industrial e aditivo, foi estabelecido um traço com desempenho satisfatório, para uma porcentagem de aditivo igual a 0,2% para revestimento interno e 0,3% para externo do total da massa de cimento e cal.

O desempenho do traço estabelecido, foi verificado mediante aplicação em campo, através da execução do revestimento de uma parede, o traço resultou em uma boa trabalhabilidade e em um tempo de pega mais longo. Indicando que o uso do aditivo a base de éter de celulose proporciona um desempenho desejado para utilização em argamassas de revestimento com uso da areia industrial. Dessa forma, nota-se a importância do uso da areia industrial disponível no mercado nas construções civis.

Nas propriedades de aderência, plasticidade e trabalhabilidade o aditivo também influenciou. Portanto é possível concluir que o aditivo diminuiu a absorção de água da areia industrial e o mesmo possui características que possibilitam o seu uso como componente de pastas de argamassas de revestimento.

A substituição da areia natural pela areia industrial mostrou-se viável na produção de argamassas de revestimento, quando se acrescenta aditivos a base de éter de celulose, porém apenas algumas das características da argamassa e de sua qualidade, foram testadas, deixando assim algumas limitações no contexto do trabalho, tais como, a generalização dos resultados obtidos, já que foram realizadas apenas pequenas amostragens com o traço modificado, além da verificação de que o custo de investimento necessário para confecção do traço utilizando o aditivo seja viável.

Outro fator que deve ser levado em questão é a realização de testes em laboratório da argamassa com a adição do aditivo, verificando se seu uso afeta de alguma forma a resistência final da pasta. Tornando assim imprescindível que se desenvolva mais estudos sobre tais questões, dando continuidade à pesquisa iniciada neste trabalho. Fica de sugestão também a análise do custo de produção da argamassa com areia industrial e aditivo.

REFERÊNCIAS

ABCP–Associação Brasileira de Cimento Portland. BT-106: **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7ª. ed. São Paulo,2002. Disponível em: < <https://www.abcp.org.bro> >. Acesso em: 7 nov. 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Água destinada ao amassamento do concreto para estruturas classe I, em centrais núcleo elétricas - Qualidade e controle – Especificação**. NBR 11560. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem**: NM 46. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Cimento Portland - Determinação do tempo de pega**: NBR NM 65:- Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Determinação dos tempos de pega por meio de resistência á penetração**. NBR NM 9. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento**: NBR 72200. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **Agregado miúdo-Determinação da absorção de água**: NM 30. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **Agregados - Determinação da composição granulométrica**. NBR 248. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2001.

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

_____. **Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório**. NBR NM 27. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2001.

_____. **Agregados-Terminologia**: NBR 9935. Rio de Janeiro, 2011.

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

_____. **Cal hidratada para argamassas-Requisitos**: NBR 7175. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **Edificações Habitacionais-Desempenho**: NBR 15575. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **Emenda: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas-Procedimento**: NBR 7200 Rio de Janeiro, 1998.

_____. **Emenda: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação:** NBR 13749. Rio de Janeiro, 2013.

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

Areia artificial reduz impacto ambiental de construção civil. Disponível em < www.cienciahoje.org.br >. Acesso em 24 de março de 2018.

Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. Disponível em: < <http://www.anepac.org.br/> >. Acesso em: 15 de novembro de 2018.

BARBOSA, M. T. G.; COURA, C. V. G.; MENDES L. O. **Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto. Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 51-60, out./dez. 2008. Disponível em: < <https://seer.ufrgs.br/> >. Acesso em: 03 de junho de 2018.

BARBOSA, Maria Teresa Gomes; COURA, Cláudia Valéria Gávio; MENDES, Larissa de Oliveira. **Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto**, Juiz de Fora – MG – Brasil, 2008. Disponível em: < <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/5047/4719> >. Acesso em: 21 out. 2018.

BAUER, Elton. **CARACTERÍSTICAS E PECULIARIDADES: REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA. Revestimento de Argamassas.** Pará, p. 7-9, 2018. Disponível em: < <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAJs8AG/revestimentosargamassa?part=7> > Acesso em: 23 nov. 2018.

BAUER, Elton; SOUSA, José G. Gomes; LARA, Patrícia L. Oliveira; ALVES, Nielsen J. Dias; DO Ó, Sávio Wanderley; PAES, Isaura Lobato; GONÇALVES, Sérgio Ricardo; SANTOS, Carla C. Nascimento; RAMOS, Daiane V. Machado. **Revestimentos de Argamassa: Revestimentos de Argamassa: Características e Peculiaridades.** Revisão linguística e ortográfica: Prof. Darcy Bauer, 2018.

BAUER, L.A.F. **Materiais de Construção.** V. 1 e 2. São Paulo: LTC, 2000. Disponível em: < <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAhSswAG/materiais-construcao-falcao-bauer-vol-1-5-ed-p-25> >. Acesso em: 21 de março de 2018.

BERN, R. **Agregados cúbicos: produção de agregados de alta qualidade com impactadores e britadores cônicos.** Revista areia e brita. São Paulo. Publicação trimestral. N.1. Maio/1997. Disponível em: < <http://www.pec.ufc.br/images/Dissertacoesdefendidas/Heloina--Areia-de-britagem--dissertao--corrigida--Final.pdf> >. Acesso em 26 de novembro de 2018.

BORJA, Edilberto Vitorino. **Ensaio com cimento. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO EDIFICAÇÕES – 2013.** Disponível em: < <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/materiais-de-construcao/ensaios-com-cimento> >. Acesso em: 26 novembro 2018.

BUEST NETO, G. T. **Estudo da substituição de agregados miúdos naturais por agregados miúdos britados em concretos de cimento Portland**. 117 f. Dissertação (Mestrado em construção civil). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/5776/guilherme.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em: 26 novembro 2018.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas a base de cimento Portland a substratos porosos**: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação. Tese (Doutorado em engenharia civil) - Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1996. Disponível em: < <http://www.infohab.org.br/acervos/buscaautor/codigoAutor/118#> >. Acesso em: 16 de novembro 2018.

CARASEK, H.; CASCUDO, O; SCARTEZINI, L. M. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa**. SBTA, Brasília, 2001. Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/244635375/CARASEK-Argamassas-IBRACON-pdf> >. Acesso em: 16 de novembro 2018.

CARNEIRO, A. M. P. CINCOTTO, M. A. **Dosagem de argamassas através de curvas granulométricas**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. Disponível em:< http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00237.pdf >. Acesso em: 04 de novembro 2018.

CARNEIRO, A. M. P. et al. **Influência da cal hidratada nas propriedades de argamassas de cimento, cal e areia**. Disponível em: < <https://www.univates.br> >. Acesso em: 04 de novembro 2018.

CAVALHEIRO Odilon Pâncaro. **Argamassa de assentamento: Receita, Dosagem ou Adequação de Traço**. Santa Maria: Cidade Universitária. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Tecnologia. Disponível em:< <https://www.escavador.com/sobre/3084305/odilon-pancaro-cavalheiro> >. Acesso em: 26 de novembro 2018.

CECHIN, Luana; TOKARSKI, Rosangela Basso; TRENTO, Ticiania Patel Weiss; MATOSKI, Adalberto. **Utilização da areia industrial em argamassas de revestimento**. Divulgação Científica Tecnológica do IFPB, N° 29, 2016. Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Princesa Isabel.

CINCOTTO, M. A.; CARNEIRO, A. M. P. **Discussão dos métodos de determinação da massa unitária de areia para argamassas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3. 1999, Vitória. Anais... Vitória, 1999. p. 59-68. Disponível em < <https://www.escavador.com/sobre/2066282/arnaldo-manoel-pereira-carneiro> >. Acesso em: 26 de novembro de 2018.

CINCOTTO, M. A.; SILVA M. A. C.; CARASEK H. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. (Publicação IPT 2378.1.ed.

São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000134&pid=S0370-4467200800040001600017&lng=pt >. Acesso: 25 de novembro, 2018.

DO Ó, Sávio; BAUER, Elton; SALLES, Maria José. **Influência do Aditivo Retentor de Água nas Propriedades Reológicas de Argamassas de Revestimentos**, 2006. 12 p. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 23 a 25 de Agosto. Disponível em: < http://www.infohab.org.br/entac2014/2006/artigos/ENTAC2006_4237_4248.pdf >. Acesso em: 12 set. 2018.

Dosagem das argamassas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS DUTRA, Marina Bedeschi. **Produção de concreto com areia de granulometria ótima obtida do resíduo da mineração de quartzo**. Ouro Preto, Outubro de 2015. Acesso dia 26 de novembro de 2018. Disponível em < <https://www.propec.ufop.br/> >. Acesso em 26 de novembro de 2018.

DUTRA, Marina Bedeschi. **Produção de concreto com areia de granulometria ótima obtida do resíduo da mineração de quartzo**. Ouro Preto, Outubro de 2015. Disponível em: < https://www.propec.ufop.br/uploads/propec_2016/teses/arquivos/dissertacao-de-mestrado-marina-bedeschi-dutra.pdf >. Acesso em: 26 nov. 2018.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIL, Antônio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: < <https://ayanrafael.files.wordpress.com> >. Acesso em: 12 março 2018.

GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa - tipos fundamentais**. Revista de Administração de Empresas, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-75901995000300004> >. Acesso em: 26 de nov. de 2018.

GOMES, A de O; NEVES, C. M. M. **Proposta de método de dosagem racional de argamassas contendo argilominerais**. Ambiente construído, Porto Alegre, v. 2, n.2 p. 19-30, abr./jun. 2002. Disponível em < <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/3415/1830> >. Acesso em :26 de nov. de 2018.

GOMES, A. de O. **Propriedades das argamassas de revestimento de fachadas. Comunidade da Construção** – UFBA, 2008. Disponível em: < <http://www.win2pdf.com> >. Acesso em: 12 agosto 2018.

GUACELLI, P. A. G. **Substituição da areia natural por areia de britagem de rochas basálticas para argamassa de revestimento**. 2010. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2010. Disponível em < <http://www.uel.br/pos/enges/portal/pages/arquivos/dissertacao/59.pdf> > . Acesso em: 23 de abril de 2018.

HEINECK, S. **Desempenho de argamassas de revestimentos com incorporação de agregados reciclados de concreto**. 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo-RS, 2012. Disponível em: < www.repositorio.jesuita.org.br >. Acesso em: 12 agosto 2018.

Ishikawa, P. H., **Propriedades de argamassas de assentamento produzidas com areia artificial para alvenaria estrutural**. Campinas- SP, 2003 – 158 p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas. Disponível em< http://www.apfac.pt/congresso2012/comunicacoes/Paper%2045_2012.pdf >. Acesso em: 25 de abril de 2018.

JOHN, V. M. **Repensando o papel da cal hidratada nas argamassas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, V., 2003, São Paulo. ANTAC, 2003. p. 47-63. Disponível em:< <http://dedalus.usp.br/F/G6M3U3H1JQ7B9AI5J8QCB969NEA5SAJ8BNGL977Y4RLIG7SQ7X-35685?func=short-l> >. Acesso em: 26 de nov. de 2018.

LARA, D.; NASCIMENTO, O.; MACEDO, A.; GALLO, G.; PEREIRA, L.; POTY, E. **Manual de Revestimentos de Argamassas**, 2002. Disponível em: < <http://www.comunidadeconstrucao.com.br> >. Acesso em: 12 agosto 2018.

MARTINS NETO; N. A. A. A.; DJANIKIAN, J. G. **Aspectos de desempenho da argamassa dosada em central**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo serie BT/PCC/235, p. 23, 1999. Disponível em: < http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/BT_00235.pdf. Acesso em 15 de agosto de 2018.

MASUERO, Ângela Borges. **Conheça as Patologias Associadas à Argamassa de Revestimento**, 2018. Disponível em: < http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/conheca-as-patologias-associadas-aargamassa-de-revestimento_16459_10_0 >. Acesso em: 18 out. 2018.

MATTOS, L. R. S. **Identificação e caracterização das argamassas para revestimento externo utilizadas na cidade de Belém-PA**. 2001. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2440/000319558.pdf> >. Acesso em 18 de agosto de 2018.

NOGUEIRA, C.H- **Caracterização de areias de britagem de pedreiras da região metropolitana de Fortaleza e avaliação da sua aplicação no concreto**. 2015 Dissertação Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: < <http://www.pec.ufc.br/images/Dissertacoesdefendidas/Heloína--Areia-de-britagem--dissertao--corrigida--Final.pdf> >. Acesso em: 26 out. 2018.

OLIVEIRA, A. L.; CORRÊA, B. P.; RIBEIRO, I. F. R.; SOUZA, R. A.; CALÇADA; L. M. **Influência do uso de aditivo retentor de água à base de éter de celulose nas**

propriedades das argamassas de assentamento em alvenaria estrutural de blocos de concreto. Porto Alegre, v. 15, n. 3, p. 57-69, jul./set. 2015.

PETRUCCI, Eladio G. R., Concreto de cimento Portland / Eladio G. R. Petrucci. – 14ª ed. rev. por Vladimir Antonio Paulon – São Paulo: Globo, 2005. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/34832314-Alexandre-lima-oliveira-bruna-pe> >. Acesso em: 23 de março de 2018.

QUEIROZ. **Materiais de Construção-Agregados**, 2013. Disponível em: < <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17310/material/4%20-%20Agregados.pdf> >. Acesso em: 11 out. 2018.

R. A. Rodrigues; L.S. Alves; A. C. J. Evangelista; V. C. Almeida. **Comparação de tempo de pega e temperatura de hidratação de argamassas com substituintes cerâmicos.** In: Congresso Brasileiro de Cerâmica, 11 de junho de 2011, Porto de Galinhas, PE. Disponível em: < https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/48/009/48009606.pdf >. Acesso em: 26 out. 2018.

SABBATINI, F. H. **Patologia das argamassas de revestimentos** – aspectos físicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 3. 1986 São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986, p. 69-76. Disponível em: < <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/03/patologias-em-argamassa.pdf> >. Acesso em: 13 de março de 2018.

SALGADO, Bárbara Banczynski; SUETAKE, Graziela Yumi; MATOSKIE, Adalberto. **Caracterização das Areias Industriais Utilizadas na Indústria de Artefatos de Cimento – Estudo de Caso.** Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em engenharia civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – PR, Brasil, (2015).

SANTOS, Altair. **Início e Fim de Pega. Qual a Utilidade?** 2010. Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br/inicio-e-fim-de-pega-qual-a-utilidade/> >. Acesso em: 20 out. 2018.

SANTOS, Heraldo Barbosa. **Ensaio de Aderência das Argamassas de Revestimento.** Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, Dezembro. 2008. 50 p.

SANTOS, Heraldo Barbosa. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento.** Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2008. Disponível em < <http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Heraldo%20Barbosa.pdf> >. Acesso em: 27 de outubro de 2018.

SERPA, Turíbio Holsbach. **Avaliação da substituição da areia natural por areia artificial em argamassa de cimento cal e areia para assentamento.** Disponível em: < <http://www.projetos.unijui.edu.br> >. Acesso em: 11 março 2018.

SILVA, Denise Antunes; RAMOS, Humberto. **Caracterização Microestrutural de Pastas de Cimento Aditivadas com Polímeros HEC e EVA**, 2002. Disponível em:

< <http://file:///C:/Users/User/Downloads/3416-11732-1-PB.pdf> >. Acesso em: 14 out. 2018.

SILVA, N. G.; BUEST, G. T.; CAMPITELI, V. C. **A influência do filler de areia britada de rocha calcária nas propriedades da argamassa de revestimento**. In: SEMINÁRIO: O USO DA FRAÇÃO FINA DA BRITAGEM M, 2005, São Paulo. Anais... São Paulo: USP. p. 1-12. . Disponível em: < http://paginapessoal.utfpr.edu.br/ngsilva/links2/noticias/A1294_SBTA2007_Finos.pdf >. Acesso em: 17 setembro. 2018.

TIECHER, Francieli. **Comparação de Concreto Dosado com Areia Natural e Artificial**. Salão de iniciação Científica (14: 2002 dez. 2-6: UFRGS, Porto Alegre, RS). Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/82586> >. Acesso em: 21 de maio de 2018.

VERGARA, Sílvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5. ed., São Paulo: Atlas, 2005. Disponível em: < <https://www.passeidireto.com/arquivo/38301433/vergara-sylvia-constant--projetos-e-relatorios-de-pesquisa-em-administracao> >. Acesso em: 23 de abril de 2018.

VIEIRO, E. H. **Aplicação da areia de britagem de rochas basálticas na fabricação de concreto de cimento Portland**. Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em materiais da Universidade de Caxias do Sul, (2010). Disponível em: < <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/571/Dissertacao%20Edison%20Humberto%20Viero.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 18 de outubro de 2018.

WEIDMANN, Denise Fernandes. **Contribuição ao Estudo da Influência da Forma e da Composição Granulométrica de Agregados Miúdos de Britagem nas Propriedades do Concreto de Cimento Portland**, Florianópolis, Agosto de 2008. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/106626/264453.pdf?se> >. Acesso em: 21 set. 2018.

APÊNDICE

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DA COLETA DE DADOS

Prezado.

Somos estudantes do curso de Engenharia Civil, e estamos desenvolvendo uma pesquisa que tem por objetivo verificar a viabilidade na utilização da areia industrial em argamassas de revestimento externo.

Para tal, solicito a Vossa Senhoria, que responda o questionário abaixo, de acordo com o posicionamento de vossa empresa com relação às questões que serão apresentadas.

Agradecemos desde já vossa cordial contribuição para esta pesquisa.

1. Sua empresa é um (a): (Assinale apenas uma das alternativas)

- a. Construtora
- b. Incorporadora
- c. Empreiteira
- d. Escritório de Engenharia
- e. Escritório de Arquitetura

2. Quantos colaboradores tem sua empresa?

- a. De 1 a 10 colaboradores
- b. De 11 a 50 colaboradores
- c. De 51 a 100 colaboradores
- d. De 100 a 200 colaboradores
- e. Mais de 200 colaboradores

3. Qual é sua função dentro da empresa? (Assinale apenas uma das alternativas)

- a. Sócio Proprietário
- b. Comprador
- c. Gerente de Compras
- d. Técnico Responsável
- e. Outro. Qual? _____

4. Qual o endereço da sua empresa?

5. Quantos anos de mercado sua empresa tem?

- a. Menos de 5 anos
- b. Entre 5 e 10 anos
- c. Mais de 10 anos

6. Qual o tipo de areia sua empresa utiliza para confecção de Argamassa de revestimento externo?

- a. Areia Natural
- b. Areia industrial (artificial)

7. Qual traço sua empresa utiliza para confecção de argamassas de revestimento externo e interno?

8. Como você avalia o seu conhecimento com relação às propostas de utilização da areia industrial em maior escala no mercado?

- a. Nenhum conhecimento
- b. Pouco conhecimento
- c. Conhecimento razoável
- d. Bom conhecimento

9. Qual é sua posição quanto à utilização da areia industrial em substituição pela areia natural?

- a. A favor
- b. Indiferente
- c. Contrário

10. Você ou sua empresa tem conhecimento de algum trabalho de pesquisa relacionado ao uso da areia industrial?

- a. Sim
- b. Não

11. Sua empresa estaria disposta a realizar alguns testes com um novo traço de argamassa de revestimento externo, que utiliza a areia industrial?

- a. Sim
- b. Não
- c. Talvez

12. Sua empresa compraria uma argamassa que na sua composição utilizasse areia industrial?

- a. Sim
- b. Não

13. Deixe aqui alguma sugestão ou comentário com relação ao negócio proposto.

Grata pela colaboração!

ANEXO



Ministério da Educação
Faculdades Integradas de Caratinga
Graduação em Engenharia Civil
Pesquisa

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DIVULGAÇÃO DE INFORMAÇÕES DE EMPRESAS

Empresa:

CNPJ: _____ Inscrição Estadual:

Endereço completo:

Representante da empresa:

Telefone: () _____ e-mail:

Tipo de produção intelectual: () TCC () Dissertação () Tese

Título/subtítulo:

Autor: _____ Código de matrícula:

Orientador:

Co-orientador:

Curso/Programa de Pós-graduação:

Como representante da empresa acima nominada, declaro que as informações e/ou documentos disponibilizados pela empresa para o trabalho citado:

- () Podem ser publicados sem restrição.
- () Possuem restrição parcial por um período de _____ anos, não podendo ser publicadas as seguintes informações e/ou documentos:

- () Possuem restrição total para publicação por um período de _____ anos, pelos seguintes motivos:

Representante da empresa

Local e Data