



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE E DO TEMPO DE  
MISTURA NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS**

**LÚCIO ALVES COSTA**

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Aline Figueirêdo Nobrega de Azerêdo

CAMPINA GRANDE – PB

2019

LÚCIO ALVES COSTA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE E DO TEMPO DE  
MISTURA NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Campina Grande – UFCG, como requisito para  
obtenção do grau de bacharel em Engenharia  
Civil.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Aline Figueirêdo Nobrega de Azerêdo

CAMPINA GRANDE – PB

2019

Dedico este trabalho a minha avó Maria Amélia  
por sempre ter sido sustento, amparo  
e exemplo de empenho, amor e fé.

Com muito amor e carinho.

## AGRADECIMENTOS

Ao Deus misericordioso, criador de tudo e de todos, luz que ilumina na escuridão, e que a cada dia presenteia-me com o dom da vida;

Ao meu pai, José Carlos Costa Araújo que sempre esteve presente em toda a minha vida, me incentivando e me apoiando em todos os momentos de medos e incertezas. Nas dificuldades, sempre soubemos onde queríamos chegar, por que independente de qualquer coisa, estudo era prioridade. Se tratando de prioridade, o senhor sempre me ensinou a elencar o que era mais importante, como diz o senhor, “primeiro as primeiras coisas”. Agradeço pelos conselhos, pela força, e por compartilhar um pouco de seus sonhos, que sempre estava atrelado aos seus planos para a minha vida.

A minha mãe, Joselma Luciene Alves Costa, por toda sabedoria e esforço que sempre fez, nunca deixando que o cansaço abatesse a vontade de seguir adiante, nem muito menos permitindo que as dificuldades fossem maior que o desejo de me ver feliz. Agradeço pela fé ensinada que a senhora plantou dentro do meu coração, e sem ela eu não seria nada. Pelo amor, apoio, confiança e incentivo.

Ao meu irmão, Lucas Alves Costa, pelo amor e companheirismo em todos os momentos desde o meu surgimento, e por suas palavras de inspiração. Guardo muito suas palavras de orgulho, fé e certeza que a vitória é certa! Sabemos o nosso caminho, sabemos as pedras que tropeçamos, sabemos que o futuro é certo para aquele que planta e sabe onde quer chegar. Irmão pelo qual me inspiro e tenho muito orgulho.

A minha namorada, Jéssica Yanka Tabosa Vasconcelos, por todo amor, companheirismo, carinho e inspiração. Você também é fortaleza para mim, e motivo pelo qual busco ser melhor.

Aos meus amigos, que estiveram sempre do meu lado, especialmente ao HOU, em nome de Caio, Daniel, Gabriel, Gustavo, Igor, Jefferson, Patrick, Rafael, Savyo, Thalles, Victor Gabriel, Victor Nunes, que me acompanham desde o colégio. Espero muito ver esta mensagem um dia, lá na frente, e saber que na nossa amizade, nada mudou!

A todos os demais familiares, que sempre me deram forças, me inspiraram, me ajudaram com palavras, atos e exemplos. Agradeço pelas orações, e por todo acolhimento;

A professora Aline Figueirêdo Nobrega de Azerêdo que aceitou prontamente o convite de orientação, mesmo com pouco tempo na Universidade Federal de Campina

Grande, não fez disso um impecílio para me ajudar entre uma aula e outra, ou entre uma viagem e outra, sempre aconselhando, incentivando, e motivando através do exemplo, garantindo que eu poderia extrair o máximo de conhecimento possível. Especialmente nesta reta final, agradeço pela atenção em meio aos curtos prazos, e reuniões rápidas devido aos nossos horários corridos.

A todos os profissionais que passaram pela minha vida, Leonel, Genivaldo, Daniel, Fabinho, Anderson, Tota, Vicemilton me ensinando valores que levarei para sempre. Por todo conhecimento compartilhado, que vão além da construção civil. Especialmente a Pedro Uiran, além de chefe, tem se tornado um grande amigo, e exemplo de determinação, resiliência e foco. Deus à frente de TUDO!

A todos os meus professores, desde o colégio, se estendendo para a universidade, os quais me ensinaram conhecimentos acadêmicos, mas também valores morais. Por todo empenho, dedicação e amor para transmitir, em meio as dificuldades, todo o conhecimento. Minha admiração e o meu respeito por esta vocação.

A Universidade Federal de Campina Grande, prezada instituição que era objeto de desejo nos meus antigos sonhos, quando sonhava em ser Engenheiro Civil. Instituição a qual me orgulho, apesar de todos os problemas que enfrenta, de material e pessoal, continua sendo uma instituição de muito valor, com excelentes laboratórios e excelentes funcionários, onde o seu estimado valor não é apenas dirigido para os estudantes e professores, mas para a sociedade como um todo.

**“Engenharia: onde os nobres semi-hábeis  
trabalhadores executam a visão daqueles  
que imaginam e sonham...”**

**Sheldon Cooper**

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Mercado de Argamassa Industrializada no Brasil. ....  | 17 |
| Figura 2 - Equipamentos utilizados na mistura de argamassas. ....  | 23 |
| Figura 3 - Ensaio de Le Chatelier. ....  | 26 |
| Figura 4 - Caixa Preenchida com areia para ensaio de Massa Unitária. ....  | 27 |
| Figura 5 - Série de Peneiras para ensaio de Granulometria. ....  | 27 |
| Figura 6 - Frasco de Chapman para ensaio de Massa Específica da Areia. ....  | 28 |
| Figura 7 - Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo. ....  | 28 |
| Figura 8 - “cal” encontrado em mercado na cidade de Campina Grande. ....   | 29 |
| Figura 9 - Aditivo plastificante utilizado na pesquisa. ....   | 30 |
| Figura 10 - Ensaio de Índice de Consistência. ....   | 31 |
| Figura 11 - Recipiente para ensaio de Densidade no Estado Fresco. ....   | 32 |
| Figura 12 - Corpos de prova Velocidade 1 e Velocidade 3. ....  | 32 |
| Figura 13 - Corpos de prova na estufa para serem realizados ensaios de absorção. ....                              | 34 |
| Figura 14 - Corpos de prova sobre grade, com água na altura de 5mm. ....   | 34 |
| Figura 15 - Ensaio de Resistência à Compressão. ....   | 36 |
| Figura 16 - Corpo de prova rompido. ....   | 36 |
| Figura 17 - Ensaio de Densidade de Massa no Estado Fresco. ....  | 37 |
| Figura 18 - Ensaio de Densidade no Estado Endurecido variando a Velocidade de Mistura. ....                        | 38 |
| Figura 19 - Ensaio de Densidade no Estado Endurecido variando o Tempo de Mistura. ....                             | 39 |
| Figura 20 - Ensaio de Absorção por Capilaridade variando a Velocidade de Mistura. ....                             | 40 |
| Figura 21 - Ensaio de Absorção por Capilaridade variando o Tempo de Mistura. ....                                  | 41 |
| Figura 22 - Ensaio de Resistência à Compressão variando a Velocidade de Mistura. ....                              | 43 |
| Figura 23 - Ensaio de Resistência à Compressão variando o Tempo de Mistura. ....                                   | 43 |
| Figura 24 - Ensaio de Resistência à Compressão para Argamassas com “cal” variando a Velocidade de Mistura. ....    | 51 |
| Figura 25 - Ensaio de Resistência à Compressão para Argamassas com Aditivo, variando a Velocidade de Mistura. .... | 51 |
| Figura 26 - Ensaio de Resistência à Compressão para Argamassas com Cal, variando o Tempo de Mistura. ....          | 52 |
| Figura 27 - Ensaio de Resistência à Compressão para Argamassas com Aditivo, variando o Tempo de Mistura. ....      | 52 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Classificação das argamassas.....  | 19 |
| Tabela 2 - Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção.....  | 20 |
| Tabela 3 - Principais requisitos e propriedades das argamassas para as diferentes funções.....  | 20 |
| Tabela 4 - Densidade de Massa no Estado Fresco.....   | 37 |
| Tabela 5 - Classificação de Argamassas de assentamento e revestimento de paredes, quanto a densidade de massa no estado endurecido..... | 40 |
| Tabela 6 - Classificação de Argamassas de assentamento e revestimento de paredes, quanto ao coeficiente de capilaridade.....            | 42 |
| Tabela 7 - Classificação de Argamassas de assentamento e revestimento de paredes, quanto a resistência à compressão.....                | 44 |
| Tabela 8 – Resumo das classificações conforme ABNT NBT 13281.....   | 44 |

## **LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

NBR – Normalização Brasileira

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

NM – Norma Mercosul

MPa – MegaPascal

Mm – Milímetro

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA VELOCIDADE E DO TEMPO DE MISTURA NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS

COSTA, Lúcio Alves <sup>1</sup>

AZERÊDO, Aline Figueiredo Nóbrega de<sup>2</sup>

## RESUMO

Buscando atender todas as exigências para assentamento, revestimento, impermeabilização, acabamentos de superfícies, e garantindo a qualidade que se espera através de valores normatizados, e tendo em vista que a construção civil é um dos maiores indicadores do crescimento econômico e social de uma sociedade, quanto mais cresce o mercado, maior é o consumo. Tem-se então, a importância de se realizar estudos para análise de desempenho de argamassas, garantindo um bom desempenho, buscando compreender melhor suas propriedades e desenvolvendo novos materiais para alcançar um produto final de qualidade. Observa-se que o tempo e a velocidade de mistura, tendem a ser fatores determinantes na confecção de uma argamassa, especialmente se for levado em conta a situação para o dia a dia de uma obra, onde existe o “fator humano”, que é altamente variável. Desta forma, este estudo tem como objetivo avaliar a influência do tempo e da velocidade de mistura nas argamassas de assentamento com “cal”, e com aditivo químico ambos utilizados frequentemente nas obras da cidade de Campina Grande. Foram moldadas misturas de argamassas num traço 1:2:8 (cimento: "cal": areia - em volume) e no traço 1:8 (cimento: areia - com aditivo, em volume), com corpos de prova com dimensões 5 x 10 (cm), objetivando avaliar a influência do tempo e velocidade de mistura nas propriedades frescas e endurecidas das argamassas. No estado fresco foram avaliadas a densidade de massa e o espalhamento na mesa de consistência. No estado endurecido se estudou a absorção por capilaridade, densidade no estado endurecido e a resistência à compressão. Os corpos de prova moldados, foram ensaiados na idade de 28 dias, onde observou-se que a amostra com “Cal”, variando-se o tempo e a velocidade, se tornava menos densa, com maior coeficiente de capilaridade e menos resistente, no entanto, a argamassa com Aditivo sofria leve “queda” na densidade, com menor coeficiente de capilaridade, com resultados melhores de resistência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Argamassa, cal, aditivo, velocidade, tempo de mistura.

---

<sup>1</sup> Acadêmico do curso de Engenharia Civil – UFCG; email: [lucioalvesc@hotmail.com](mailto:lucioalvesc@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professora Orientadora do Curso de Engenharia Civil – UFCG

# ANALYSIS OF SPEED AND MIXING TIME INFLUENCE ON MORTAR PROPERTIES

COSTA, Lúcio Alves <sup>1</sup>

AZERÊDO, Aline Figueiredo Nóbrega de<sup>2</sup>

## ABSTRACT

Seeking to meet all the requirements for laying, coating, waterproofing, surface finishes, and guaranteeing the quality that is expected through standardized values, and considering that construction is one of the greatest indicators of a company's economic and social growth, the more the market grows, the greater the consumption. It is observed, therefore, the importance of performing studies to analyze performance of mortars, ensuring a good performance, and seeking to better understand their properties and develop new materials to achieve a final quality product. It is observed that the time and the speed of mixing tend to be determining factors in the preparation of a mortar, especially if we take the situation to the day to day of a work, where we have the human factor, which is highly variable. In this way, this study aims to evaluate the influence of time and speed of mixing on lime mortar and with chemical additive, both of which are frequently used in the city of Campina Grande. 1: 2: 8 (cement: "lime": sand - by volume) and 1: 8 (cement: sand - with additive by volume) molds were molded with test pieces measuring 5 x 10 (cm), aiming to evaluate the influence of time and mixing speed on the fresh and hardened properties of the mortars. In the fresh state, the mass density and the spreading were evaluated in the consistency table. In the hardened state the absorption by capillarity, density in the hardened state and the compressive strength were studied. The molded test specimens were tested at the age of 28 days, where it was observed that the sample with "Cal", varying the time and speed, became less dense, with a higher capillary coefficient and less resistant in the However, mortar with Aditive had a slight "drop" in density, with lower capillary coefficient, with better resistance results.

**KEY WORDS:** Mortar, lime, additive, speed, mixing time.

---

<sup>1</sup> Academic of Civil Engineering course - UFCG; email: [lucioalvesc@hotmail.com](mailto:lucioalvesc@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professor of the Civil Engineering Course - UFCG

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1. INTRODUÇÃO</b> .....                                       | 15 |
| 1.1 OBJETIVOS.....   | 16 |
| 1.1.1 OBJETIVO GERAL.....  | 16 |
| 1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....                                   | 16 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA.....   | 16 |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                            | 17 |
| 2.1 ARGAMASSA.....   | 17 |
| 2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS.....                            | 19 |
| 2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS..... | 22 |
| 2.3.1 ESTADO FRESCO.....   | 22 |
| 2.3.1.1 ENSAIO NO ESTADO FRESCO.....                             | 24 |
| 2.3.2 ESTADO ENDURECIDO.....                                     | 24 |
| 2.3.2.1 ENSAIO NO ESTADO ENDURECIDO.....                         | 25 |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....                              | 26 |
| 3.1 MATERIAIS.....   | 26 |
| 3.1.1 Cimento.....   | 26 |
| 3.1.2 Areia.....   | 26 |
| 3.1.3 Cal.....   | 29 |
| 3.1.4 Aditivo.....   | 29 |
| 3.1.5 Água.....  | 30 |
| 3.2 MÉTODOS.....   | 30 |
| 3.2.1 Estado Fresco.....   | 30 |
| 3.2.2 Estado Endurecido.....                                     | 32 |
| 3.2.2.1 Absorção por capilaridade.....                           | 33 |
| 3.2.2.2 Densidade de Massa no Estado Endurecido.....             | 35 |
| 3.2.2.3 Determinação da Resistência à Compressão.....            | 35 |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                          | 37 |
| 4.1 DENSIDADE DE MASSA.....                                      | 37 |
| 4.1.1 Estado Fresco.....   | 37 |
| 4.1.2 Estado Endurecido.....                                     | 37 |
| 4.2 ENSAIO DE ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE.....                     | 40 |
| 4.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....                      | 42 |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES DE PESQUISA</b> .....     | 46 |
| 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                    | 46 |
| 5.2 SUGESTÕES DE PESQUISA.....                                   | 47 |

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>6. REFERÊNCIAS</b> ..... | 48 |
| <b>APÊNDICE</b> .....       | 51 |
| <b>ANEXOS</b> .....         | 53 |



## 1. INTRODUÇÃO

A argamassa é um produto indispensável na construção civil e pode ser dividida em dois grandes grupos. Um grupo referente a argamassas básicas utilizadas para assentamento de blocos, pisos e regularização revestimento de paredes. O segundo grupo é referente às argamassas colantes e rejuntas utilizados para assentamento de porcelanatos, cerâmicas, etc. (FUKUI, 2015).

Uma das propriedades mais importantes das argamassas, é a trabalhabilidade, essencial na hora da aplicação, no entanto, o excesso de trabalhabilidade pode prejudicar a qualidade da amostra. Esta propriedade é diretamente influenciada pelo processo de mistura, e resulta da conjuntura de outras propriedades, como plasticidade, consistência e retenção de água. (SILVA, et. Al (2016))

A eficiência de uma mistura é definida como sua capacidade de distribuir uniformemente todos os seus constituintes no recipiente sem favorecer mais a um que a outro. Para preparar a argamassa, faz-se uma mistura de água com as partículas sólidas, e fará com que as mesmas desaglomerem e aglomerem entre si. Sendo assim, para que se tenha uma boa mistura, é necessário que exista um mecanismo capaz de prover certa quantidade mínima de energia para que se tenha uma boa desaglomeração, e posterior aglomeração de maneira homogênea. (FRANÇA, et. al (2011))

A etapa de mistura é muito importante para as argamassas. Nesta etapa, as partículas podem não ser bem hidratadas, podendo vir a se tornar pontos de defeitos, necessitando reparo. Ou até mesmo, podem ser hidratadas mais do que deveriam, influenciando também nas propriedades daquele material. “Quando o líquido é colocado, existe um aumento de esforço para realizar a mistura devido à formação dos aglomerados e depois pelo surgimento de forças capilares.” (FRANÇA, et. al (2011)).

São práticas bastante comuns em obras, o acréscimo sem controle de água, assim como a mistura sem controle de velocidade e de tempo, o que trará consequências nas propriedades da argamassa. Este estudo tem como foco a análise da influência da velocidade e do tempo de mistura, nas propriedades reológicas, variando-se a velocidade e o tempo.

Sendo assim, este trabalho busca avaliar as propriedades de argamassas no que diz respeito às suas propriedades frescas e endurecidas. Alterações no comportamento reológico de acordo com a influência da velocidade e do tempo de mistura.

## **1.1 OBJETIVOS**

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar as propriedades no estado fresco e endurecidos de argamassas para assentamento em função da variação da velocidade e do tempo de mistura.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar a relação água/cimento para as argamassas com e sem aditivos para um espalhamento fixo conforme NBR 13276 (2016).
- Avaliar a influência do tempo e velocidade de mistura no comportamento fresco e endurecido das argamassas;
- Verificar conforme norma se as argamassas atendem ao requisito de resistência a compressão aos 28 dias.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

O estudo da melhoria na qualidade das argamassas é de fundamental importância de um ponto de vista econômico, pois este é um material caro, que é amplamente utilizado nas diversas fases da obra e que pode gerar um prejuízo não apenas de tempo, mas financeiro, caso seja executado de forma errônea. Sendo assim, uma padronização de uma forma correta de aplicação evitaria retrabalhos, e com isso além da economia com mão de obra, tem-se economia com materiais. (FUKUI, 2015).

Buscando melhoria nas propriedades de argamassas, com justificativas comprovadas, da influência da velocidade e do tempo de mistura, e levando-se em conta a importância do controle da quantidade de água colocada no traço, sabendo que este é um problema comum em obra, se torna promissor buscar estudos que melhorem o desempenho de argamassas, sem prejudicar propriedades importantes.

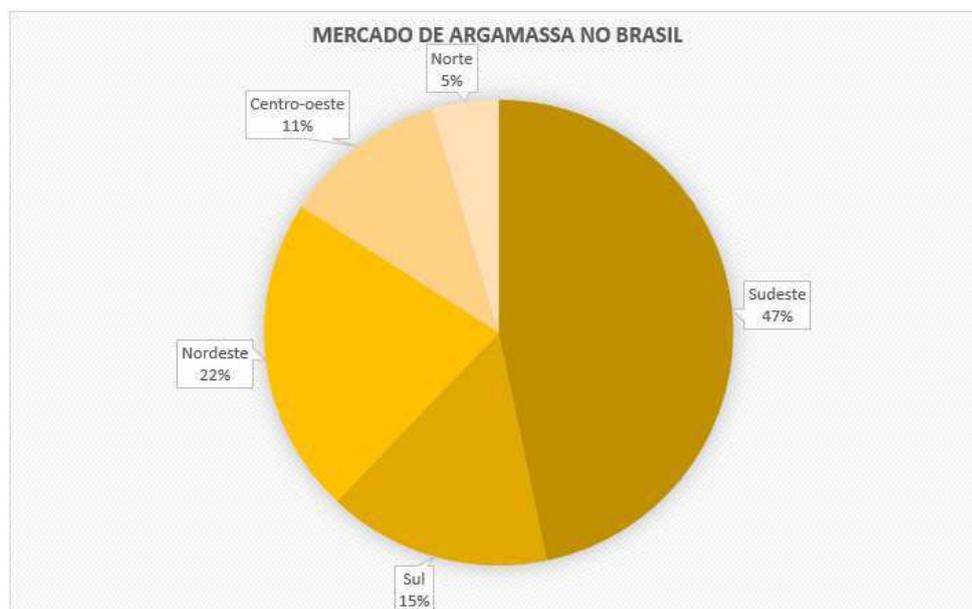
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ARGAMASSA

A NBR 13281 (ABNT 2005) diz que argamassa é uma mistura homogênea de agregados inorgânicos e água, podendo, ou não, conter adições e aditivos que procuram melhorar algumas de suas propriedades, seja no estado fresco ou endurecido. Ainda segundo a NBR 13281, existe uma classificação quanto ao uso: assentamento, revestimento e uso em geral, seja decorativo ou em camadas finas de reboco.

Conforme divulgação da ABAI (Associação Brasileira de Argamassas Industrializadas), em 2015 o mercado de argamassas no Brasil foi de 120 milhões de toneladas, e se distribuiu conforme mostra a Figura 1.

**Figura 1:** Mercado de Argamassa no Brasil.



**Fonte:** ABAI (2015)

As argamassas são um produto amplamente difundido, podendo ser industrial ou manufaturado. A qualidade de uma argamassa depende de diferentes fatores, tais como: qualidade das matérias-primas; dosagem dos materiais; processo de mistura; condições ambientais; energia de impacto na aplicação do revestimento (para uma argamassa de revestimento) e experiência do aplicador; características do substrato: porosidade, absorção e rugosidade; a interação da argamassa com o substrato; conforto térmico e estético.” (BARBOSA 2010).

O comportamento das argamassas no estado fresco é complexo, principalmente quanto aos diferentes desempenhos reológicos que a argamassa deverá mostrar em função das diversas fases de aplicação dos assentamentos. Como exemplo pode-se citar: o transporte da argamassa, pelo uso do carrinho de mão, processo de bombeamento; a forma de aplicação; o espalhamento da argamassa sobre o substrato que está relacionado com a área de contato, fato relevante na resistência de aderência no estado endurecido; tempo de consolidação da argamassa sobre o substrato, definindo o momento de execução do nivelamento e acabamento, influenciando na produtividade do aplicador. (FUKUI, 2015)

Em vista dos vários fatores que exercem influência nas argamassas, análises convencionais não são capazes de mensurar as alterações no fluxo da argamassa. Desse modo, métodos como o squeeze-flow (NBR15839 de 06/2010) e a Reometria Rotacional são capazes de realizar uma avaliação reológica das argamassas, verificando variáveis como o efeito do tipo de mistura, segregação e viscosidade do sistema (CARDOSO, 2009). Contudo, mesmo que já existam ensaios mais complexos, a mesa de consistência (NBR 7215, 1997 e NBR 13276, 2016) continua sendo um método válido e muito utilizado no estudo de argamassas, levando-se em conta a praticidade da execução, e por ser um método barato visto que a mesa de consistência é um equipamento com custo baixo e de fácil manuseio.

A maior adição de água em compostos cimentícios influencia nas propriedades no estado fresco (fluidez). O comportamento reológico com maior quantidade de água pode apresentar maior fluidez, quando o sistema não apresenta exsudação (CARDOSO, 2009). Ao adicionar-se água em uma argamassa anidra, essa tem a função de molhar a superfície dos agregados funcionando como um dispersante entre as partículas, propiciando a trabalhabilidade ao sistema (KLEIN, 2016). O conceito de trabalhabilidade é de certa forma relativo, pois depende de fatores como distribuição granulométrica, homogeneidade da mistura, e teor de água adicionada. O comportamento reológico das argamassas está ligado diretamente ao conceito de trabalhabilidade do material, à adição de água ao sistema que propicia a trabalhabilidade a argamassa e à manutenção da trabalhabilidade em canteiros de obra ocorre com o acréscimo de água (FUKUI, 2015). No entanto, fatores como o teor de água adicionado na mistura inicial, a homogeneidade da mistura, e energia e tempo de mistura são fatores que podem afetar o comportamento no estado fresco da argamassa, e posteriormente no estado endurecido.

## 2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS

As argamassas podem ser classificadas de acordo com suas propriedades internas, seja física ou molecular, bem como de acordo com o seu uso na construção civil, como pode ser visto nas Tabelas 1 e 2.

**Tabela 1:** Classificação das argamassas.

| <b>Critérios de Classificação</b>                | <b>Tipo</b>  |
|--|--|
| <b>Quanto à natureza do aglomerante</b>          | *Argamassa aérea<br>*Argamassa hidráulica  |
| <b>Quanto ao tipo de aglomerante</b>             | *Argamassa de “cal”<br>*Argamassa de Cimento<br>*Argamassa de Cimento e “cal”<br>*Argamassa de Gesso<br>*Argamassa de “cal”e Gesso |
| <b>Quanto ao número de aglomerantes</b>          | *Argamassa Simples<br>*Argamassa Mista   |
| <b>Quanto à consistência da argamassa</b>        | *Argamassa Seca<br>*Argamassa Plástica<br>*Argamassa Fluida  |
| <b>Quanto à plasticidade da argamassa</b>        | *Argamassa pobre ou magra<br>*Argamassa média ou cheia<br>*Argamassa rica ou gorda   |
| <b>Quanto à densidade de massa da argamassa</b>  | *Argamassa leve<br>*Argamassa normal<br>*Argamassa pesada  |
| <b>Quanto à forma de preparo ou fornecimento</b> | *Argamassa preparada em obra<br>*Mistura semipronta para argamassa<br>*Argamassa industrializada<br>*Argamassa dosada em central   |

**Fonte:** Isaia, 2005

**Tabela 2:** Classificação das argamassas segundo as suas funções na construção.

| <b>Função</b>                                       | <b>Tipos</b>   |
|---|--|
| <b>Para construção de alvenaria</b>                 | Argamassa de assentamento (elevação da alvenaria)        |
|   | Argamassa de fixação (ou encunhamento) - alv. de vedação |
| <b>Para revestimento de paredes e tetos</b>         | Argamassa de chapisco                                    |
|   | Argamassa de emboço                                      |
|   | Argamassa de reboco                                      |
|   | Argamassa de camada única                                |
|   | Argamassa para revestimento decorativo monocamada        |
| <b>Para revestimento de pisos</b>                   | Argamassa de contrapiso                                  |
|   | Argamassa de alta resistência para piso                  |
| <b>Para revestimentos cerâmicos (paredes/pisos)</b> | Argamassa de assentamento de peças cerâmicas - colante   |
|   | Argamassa de rejuntamento                                |
| <b>Para recuperação de estruturas</b>               | Argamassa de reparo                                      |

**Fonte:** Isaia, 2005

De acordo com determinada função da argamassa, espera-se que a mesma consiga realizar determinado comportamento, de acordo com sua propriedade. As principais propriedades das argamassas, seja no estado fresco ou no endurecido, tais propriedades influenciam diretamente em como a argamassa irá se comportar. Algumas destas propriedades são trabalhabilidade, retração, aderência, e estão associadas diretamente à quantidade de água colocada no processo de mistura. Cada tipo de argamassa deve apresentar requisitos mínimos dessas propriedades. Um resumo sobre estas informações pode ser visto na Tabela 3.

**Tabela 3:** Principais requisitos e propriedades das argamassas para as diferentes funções.

| <b>Tipos da argamassa</b>                                | <b>Função</b>  | <b>Principais requisitos/propriedades</b>                         |
|--|--|---|
| <b>Argamassa de assentamento de alvenaria (elevação)</b> | *Unir as unidades de alvenaria e ajuda-las a resistir aos esforços laterais                  | *Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e retenção de água) |
|  | *Distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a área resistente dos blocos | *Aderência  |
|  | *Absorver deformações naturais a que a alvenaria estiver sujeita                             | *Capacidade de absorver deformações                               |
|  | *Selar as juntas   | *Resistência mecânica   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>Chapisco</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Garantir aderência entre a base o revestimento de argamassa</li> <li>*Contribuir com a estanqueidade da vedação</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Aderência</li> </ul>   |
| <b>Emboço e camada única</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo</li> <li>*Integrar o sistema de vedação dos edifícios contribuindo com diversas funções (estanqueidade, etc..)</li> <li>*Regularizar a superfície dos elementos de vedação e servir como base para acabamentos decorativos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e retenção de água)</li> <li>*Baixa retração</li> <li>*Aderência</li> <li>*Baixa permeabilidade à água</li> <li>*Capacidade de absorver deformações</li> <li>*Resistência mecânica</li> </ul> |
| <b>Contrapiso</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Regularizar a superfície para receber acabamento (piso)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Aderência</li> <li>*Resistência mecânica</li> </ul>  |
| <b>Argamassa colante (assentamento de revestimento cerâmico)</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>* "Colar" a peça cerâmica ao substrato</li> <li>*Absorver deformações naturais a que o sistema de revestimento cerâmico estiver sujeito</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Trabalhabilidade (retenção de água, tempo em aberto, deslizamento e adesão inicial)</li> <li>*Aderência</li> <li>*Capacidade de absorver deformações (flexibilidade) - principalmente para fachadas</li> </ul>                             |
| <b>Argamassa de rejuntamento (das juntas de assentamento das peças cerâmicas)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Vedar as juntas</li> <li>* Permitir a substituição das peças cerâmicas</li> <li>*Ajustar os defeitos de alinhamento</li> <li>*Absorver pequenas deformações do sistema</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e adesão inicial)</li> <li>*Baixa retração</li> <li>*Aderência</li> <li>*Capacidade de absorver deformações (flexibilidade) - principalmente para fachadas</li> </ul>                         |
| <b>Argamassa de reparo de estruturas de concreto</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Reconstituição geométrica de elementos estruturais em processo de recuperação</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>*Trabalhabilidade</li> <li>*Aderência ao concreto e armadura originais</li> <li>*Baixa retração</li> <li>*Resistência mecânica</li> <li>*Baixa permeabilidade e absorção de água (durabilidade)</li> </ul>                                  |

Nesta pesquisa foram realizados ensaios com enfoque nas argamassas de assentamento de alvenaria, cujas principais propriedades são trabalhabilidade (consistência, plasticidade e retenção de água), aderência, capacidade de absorver deformações e resistência mecânica.

## 2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

### 2.3.1 ESTADO FRESCO

- Teor de água na mistura

A falta de água em uma argamassa de revestimento pode gerar uma falta de homogeneidade, e com isso causa certos problemas na adesão da massa com o substrato. A falta de água na argamassa para envolver completamente o sistema como um todo, que interfere diretamente no fluxo, visto que, argamassas com menor quantidade de água apresentam mais atritos entre as partículas do sistema, influenciando na homogeneidade da mistura (CARDOSO, 2009).

O teor de água utilizado na mistura inicial das argamassas afeta a viscosidade do sistema, a água funciona como um lubrificante entre as partículas e, quanto maior o percentual utilizado na mistura, maior a distância entre as partículas e menor é a viscosidade do sistema. Por outro lado, o excesso de água pode acusar a segregação das partículas mais grossas da argamassa (FUKUI, 2015).

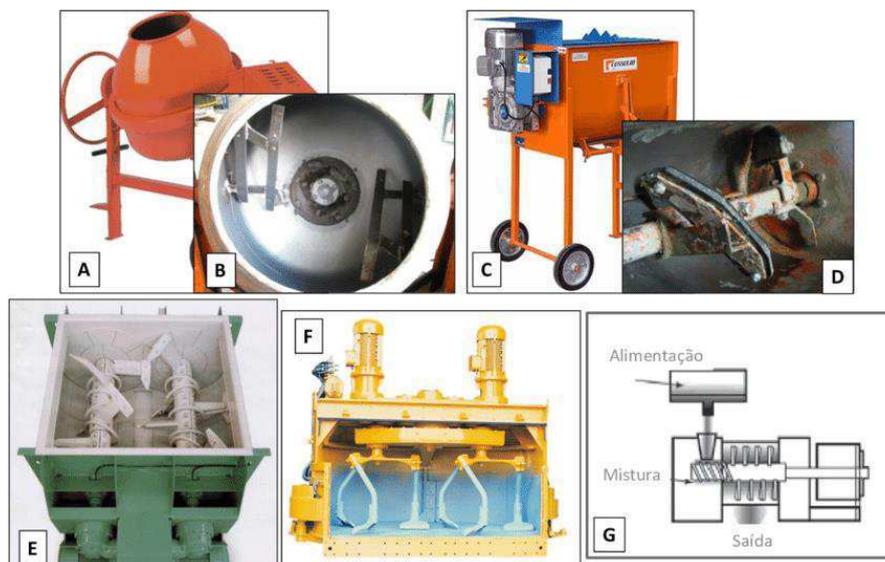
A literatura recente traz modelagens matemáticas para quantificar o volume mínimo de água necessária para molhar as partículas de cimento (KLEIN, 2016). Essas modelagens provam que a relação água cimento ( $a/c$ ) é um dos parâmetros, se não o mais importante, cuja influência interfere diretamente nas propriedades dos concretos e argamassas.

- Energia de mistura e tempo de mistura

A energia de mistura e o tempo de mistura são fatores que interferem nas propriedades da argamassa. Ou seja, equipamentos que tenham alta energia de cisalhamento, com maior velocidade, apresentam maior desaglomeração, tornando o sistema mais homogêneo. Na Figura 2, podemos ver alguns equipamentos que podem ser utilizados na mistura de argamassas. Geralmente a mistura inicia-se com a homogeneização dos constituintes anidros (cimento, cal, areia, adições). Com a

introdução da água no sistema, há o início da formação de aglomerados, onde posteriormente serão destruídos mecanicamente pela ação da mistura. Lembrando que, a mistura é influenciada pela energia que cada equipamento impõe sobre as argamassas (FRANÇA, 2013).

**Figura 2:** Equipamentos utilizados na mistura de argamassas.



A) Betoneira, mistura por bateladas, com eixo inclinado; B) Vista interna da betoneira; C) Equipamento de mistura por bateladas, com um eixo horizontal; D) ConFiguração do eixo central do misturador de eixo horizontal; E) Equipamento de mistura, por batelada, com dois eixos horizontais; F) Equipamento de mistura planetário, por batelada, de eixo vertical; G) Equipamento de mistura contínuo.

**Fonte:** (FRANÇA, 2013)

- Evaporação de água

De moro geral, nas obras o que é chamado de “puxamento da água”, nada mais é que um processo físico e químico da argamassa de revestimento. Logo após o lançamento inicia-se um processo de consolidação da argamassa, sendo conseqüentemente de conformação plástica da argamassa, a qual ocorre devido à gradativa perda de água pela absorção do substrato e a sua evaporação para o ambiente, ocasionando diminuição da trabalhabilidade (BARBOSA, 2010)

A perda de plasticidade da argamassa devido a evaporação de água e ao tempo de espera, foi evidenciado em trabalhos onde mensura-se o deslocamento da argamassa. A perda de plasticidade das argamassas induz ao aplicador a adicionar mais água para que haja a trabalhabilidade para a aplicação (FUKUI, 2015).

- Tempo de utilização

O termo tempo de utilização é o tempo que o pedreiro tem para aplicar a argamassa. A contagem do tempo de mistura inicia-se a partir da mistura inicial da argamassa anidra com água. As argamassas do mercado brasileiro indicam o tempo máximo de utilização das argamassas de revestimento de 2 horas contadas a partir na mistura inicial. No entanto, em muitos casos esse limite não é respeitado sendo esse tempo prolongado além do tempo indicado pelo fabricante (FUKUI, 2015).

#### 2.3.1.1 ENSAIO NO ESTADO FRESCO

No estado fresco, para atender os parâmetros que a NBR 13276 (2016) solicita, é importante realizar o ensaio do índice de consistência da argamassa, verificando a trabalhabilidade e definindo a quantidade de água adequada para cada tipo de argamassa. Outro ensaio importante é o de densidade de massa no estado fresco, realizado de acordo com a NBR 13278 (2005).

#### 2.3.2 ESTADO ENDURECIDO

- Resistência de aderência

A aderência é um estado pelo qual duas fases permanecem unidas por contato, de modo que as forças entre as duas faces ou trabalhos possam ser transferidos através da interface de uma para outra como se fosse apenas uma única peça.

Vários fatores influenciam na resistência de aderência, como porosidade, aumento de água, retração, e a retenção de forma que argamassas com elevada retenção de água apresentam uma melhor aderência à tração, sendo que o possível motivo está na redução da saída de água para o substrato e para o ambiente, ocasionando uma menor retração plástica (FUKUI, 2015)

- Resistência à flexão e à compressão.

A avaliação da resistência à compressão é um dos principais requisitos para a produção de argamassas e concretos, com a qual é analisada a capacidade desses materiais de sofrerem influências mecânicas. (MARTINS, 2011).

- Densidade de massa no estado endurecido

Este é um importante parâmetro para que se avalie, ao final do tempo de cura, se as partículas de argamassa estão realmente densas, ou se sofreram alguma diminuição da densidade, o que influenciará na qualidade da argamassa.

- Absorção por capilaridade

Avaliar as argamassas quanto a sua absorção por capilaridade pode trazer muitas informações sobre a qualidade daquela amostra, que a depender do coeficiente de capilaridade, pode tornar uma amostra melhor do que outra. Uma amostra com coeficiente de capilaridade alto, significa que ela absorve mais água do que uma amostra com coeficiente de capilaridade baixo, e isso é importante para se ter uma ideia de como as partículas estão distribuídas na amostra.

#### 2.3.2.1 ENSAIO NO ESTADO ENDURECIDO

No estado endurecido, é importante analisar a densidade de massa, com base na NBR 13278 (2005), onde é possível verificar o quanto as partículas estão densas no interior de um corpo de prova cujas medidas são conferidas. Outro ensaio também importante é o de absorção por capilaridade de acordo com a NBR 15259 (2005). Por fim, com os resultados de densidade e absorção em mãos, é possível ter um diagnóstico mais preciso, complementado com o ensaio resistência à compressão, de acordo com a NBR 7215 (1997) e NBR 13279 (2005), fazendo uma associação entre os resultados e estabelecendo um padrão entre eles.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

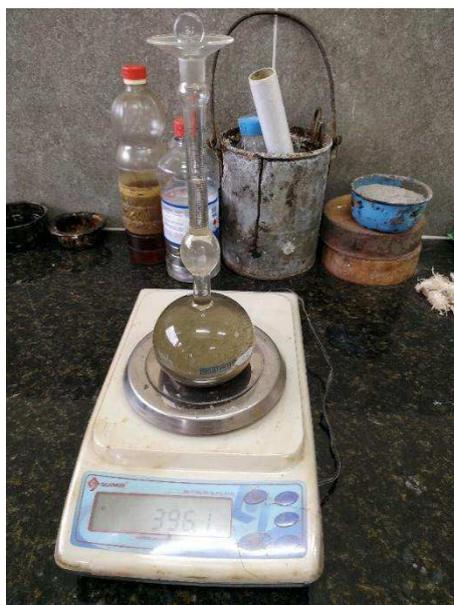
#### 3.1 MATERIAIS

Nesta pesquisa serão utilizados os seguintes materiais:

##### 3.1.1 Cimento

O cimento utilizado foi o CP II F 32, de massa específica  $2,94 \text{ g/cm}^3$  (NBR NM 23, 2000), obtido através do ensaio de Le Chatelier (Figura 3), com massa unitária  $1,03 \text{ g/cm}^3$  (feito de acordo com NBR NM 45, 2006) e módulo de finura 1,52% retido (NBR 11579, 2012).

**Figura 3:** Ensaio de Le Chatelier.



**Fonte:** Autor, 2019.

##### 3.1.2 Areia

O agregado miúdo utilizado, foi retirado do depósito de uma obra urbana no condomínio Parkville Residence Privê, tem origem nas proximidades de São José da Mata, com módulo de finura igual a 1,86, se classificando como fina, com massa unitária de  $1,4 \text{ g/cm}^3$  (NM 45 (2006), conforme Figura 4), com o maior grão retido de 4,8 mm, de acordo com o ensaio de granulometria (NM 248 (2003), Figura 5), e massa específica  $2,58 \text{ g/cm}^3$  (NBR 9776 (1987), Figura 6).

**Figura 4:** Caixaote preenchido com areia para ensaio de Massa Unitária.



Fonte: Autor, 2019

**Figura 5:** Série de Peneiras para ensaio de Granulometria.



Fonte: Autor, 2019

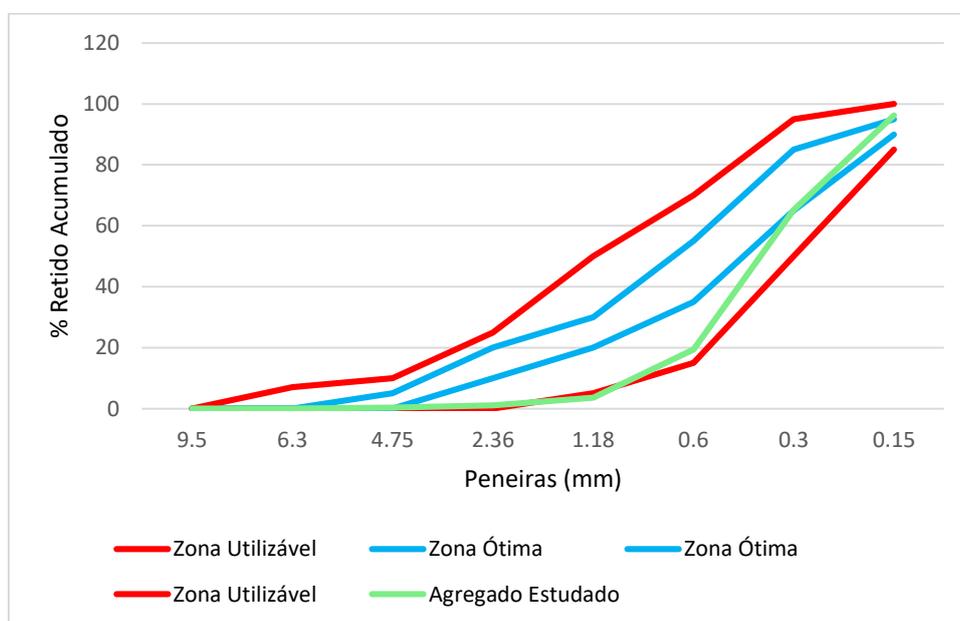
**Figura 6:** Frasco de Chapman para ensaio de Massa Específica da Areia.



**Fonte:** Autor, 2019

O gráfico da Figura 7, foi feito com base nos valores estabelecidos pela NBR 7211 (2005), e com os dados de granulometria obtidos através do ensaio de granulometria (NM 248, 2003). No gráfico é possível ver limites inferiores e superiores, onde existem zonas ótimas e utilizáveis. Pode-se observar que o agregado utilizado na pesquisa está entre a zona inferior utilizável e ótima.

**Figura 7:** Limites de distribuição granulométrica do agregado miúdo.



**Fonte:** Autor, 2019

### 3.1.3 “Cal” (Material vendido e utilizado como “cal” plastificante)

Foi utilizado um plastificante de argamassa adquirido em uma loja de construção na cidade de Campina Grande. Esse material é vendido como plastificante para argamassa e neste trabalho é nomeado como "cal". Ele apresentou massa unitária de 0,89 g/cm<sup>3</sup> (feito de acordo com a NM 45, 2006). Na Figura 8 pode-se ver a “cal” utilizada na pesquisa.

**Figura 8:** “Cal” encontrado em mercado na cidade de Campina Grande.



**Fonte:** Autor, 2019

### 3.1.4 Aditivo

Foi utilizado um aditivo químico indicado como plastificante para argamassas de revestimento e assentamento, disponível e adquirido em uma loja de material de construção, na cidade de Campina Grande. O fabricante do aditivo informa que ele é um plastificante incorporador de ar, à base de resina vegetal, que tem por objetivo a melhoria da trabalhabilidade e durabilidade de argamassa de revestimento e assentamento. Na Figura 9 pode-se ver o aditivo utilizado na pesquisa.

**Figura 9:** Aditivo plastificante utilizado na pesquisa.



Fonte: Autor, 2019

### 3.1.5 Água

A água utilizada, é fornecida pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba – CAGEPA.

## 3.2 MÉTODOS

Para realização da pesquisa, foi feita uma adequação ao traço em volume, sugerido pelos fabricantes do aditivo e do composto com “cal”, e também amplamente utilizado nas obras em Campina Grande (1:2:8 Argamassas com “Cal”; 1:8 Argamassa com Aditivo), transformando-o no traço em massa.

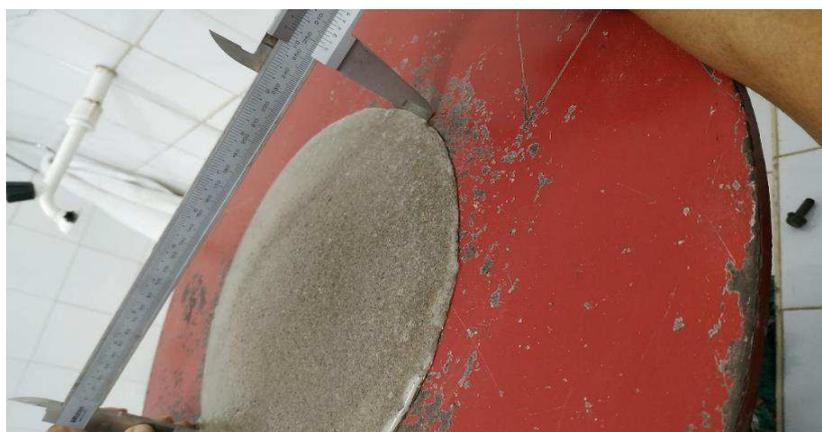
Inicialmente, com o traço em volume sugerido pelo fabricante do “cal” e do Aditivo, 1:2:8 e 1:8, respectivamente, para argamassas de assentamento, e com os valores de massa unitária calculados anteriormente (cimento 1,03; areia 1,4; “cal”1,4), assim como a dosagem de aditivo sugerida (100 ml do plastificante a cada 50 kg de cimento), chegou-se ao traço em massa da nossa pesquisa. Argamassa com Cal, 1:1,72:10,87. Argamassa com Aditivo 1:10,87.

### 3.2.1 Estado Fresco

A mesa de consistência, ou “Flow Table”, é uma ferramenta de ensaio estabelecida conforme a NBR 13276. O ensaio consiste no espalhamento da argamassa contida dentro de um cone metálico. A argamassa é deformada forçadamente com 30 golpes. O ensaio é dado em mm, obtido através do diâmetro (espalhamento) da argamassa após os golpes. Este ensaio sofre muitas críticas, por que pode ser influenciado por simples granulometrias de determinada amostra, contudo ainda é muito utilizado na determinação da consistência de argamassas.

Com o traço definido, utilizou-se a NBR 13276 (2016), para execução do ensaio, conforme a Figura 10, onde obteve-se ao fator água cimento para cada tipo de argamassa. Argamassa com “cal”  $fa/c = 1,12$ . Argamassa com Aditivo  $fa/c = 2,21$ . A partir disso, foi possível realizar os ensaios de densidade de massa no estado fresco (NBR 13278, 2005), conforme Figura 11, padronizando tempo de 4 minutos e velocidade 3, para cada tipo de argamassa, e em seguida, foram feitas as moldagens dos corpos de prova, sempre verificando o espalhamento, se atendia ao parâmetro exigido pela NBR 13276 (2006), para posteriores ensaios no estado endurecido.

**Figura 10:** Ensaio de Índice de Consistência.



**Fonte:** Autor, 2019

**Figura 11:** Recipiente para ensaio de Densidade no Estado Fresco.



**Fonte:** Autor, 2019

### 3.2.2 Estado Endurecido

A moldagem dos corpos de prova buscou atender todas as especificações da NBR 7215 (ABNT, 1997), onde foram utilizados corpos de prova cilíndricos com dimensões 5 cm x 10 cm. A cada amostra preparada, era feito um novo ensaio de espalhamento para verificar se a argamassa continuava atendendo os parâmetros solicitados pela ABNT. No preenchimento dos corpos de prova, foram feitas quatro camadas de argamassa, intervaladas com 30 golpes do soquete, com atenção especial para que cada golpe fosse executado apenas na camada da vez. Na Figura 12 pode-se alguns corpos de prova já moldados.

**Figura 12:** Corpos de prova Velocidade 1 e Velocidade 3.



**Fonte:** Autor, 2019

Como o estudo em questão visa avaliar a influência do tempo e da velocidade de mistura, foram estabelecidos tempos de 1 minuto e 30 segundos, com velocidade 3 padronizada, e no outro estudo, foram estabelecidas velocidades 1 e 3, com 4 minutos de mistura, intervalados de 1 em 1 minuto para tirar da parede do balde do misturador, amostras que não estavam sendo bem misturadas.

Além disso, para o desmolde, foi padronizado que 48 horas após a moldagem, seria feito o desmolde, onde seguiria até o 5º dia fora da água. Em seguida, do 5º dia em diante, as amostras ficariam submersas até o 28º dia. Para realização dos ensaios, retirou-se os corpos de prova, onde foram todos identificados, e destinados para estufa (3 cp para ensaio de absorção), ou ar livre (3 cp para ensaio de densidade no estado endurecido, e 3 cp para ensaio de resistência e compressão). Para uma melhor análise, os corpos de prova ensaiados para densidade no estado endurecido, também foram aproveitados para ensaios de resistência a compressão, sendo ao todo 6 corpos de prova para resistência a compressão.

#### 3.2.2.1 Absorção por capilaridade

Este ensaio foi realizado com o objetivo de se determinar a absorção de água para cada tipo de argamassa, e depois ser feita uma comparação de qual argamassa sofreria mais influência, sob o parâmetro de absorção. O ensaio foi feito de acordo com a NBR 15259 (2005).

Depois de retirar os corpos de prova submersos, eles foram colocados na estufa (Figura 13), onde ficaram 24 horas, para que toda a água fosse evaporada.

**Figura 13:** Corpos de Prova na estufa para serem realizados ensaios de absorção.



**Fonte:** Autor, 2019

Após decorrida as 24 horas, realizou-se a pesagem dos corpos de prova seco, e em seguida, foi colocado sobre uma grade, com a água tocando a superfície inferior dos corpos de prova até uma altura de 5mm, como pode ser visto na Figura 14. Após 10 minutos, os corpos de prova foram pesados novamente, e o ensaio foi finalizado após pesar a amostra com 90 minutos transcorridos sobre a grade, tocando a água.

**Figura 14:** Corpos de prova sobre a grade, com água na altura de 5 mm.



**Fonte:** Autor, 2019

### 3.2.2.2 Densidade de Massa no Estado Endurecido

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR 13280 (2005), com o objetivo de se determinar a densidade de massa no estado endurecido, e depois ser feita uma comparação para os diferentes tipos de argamassas desenvolvidas nesta pesquisa.

Após retirar os corpos de prova da água, e deixarmos 24 horas ao ar livre, foram identificados os corpos de prova, medidos e em seguida foram pesados. Assim, obteve-se as densidades de cada corpo de prova no estado endurecido.

### 3.2.2.3 Determinação da resistência à compressão

O ensaio de resistência foi realizado com base na NBR 7215 (1997) e NBR 13279 (2005), onde os corpos de prova após cura de 28 dias foram submetidos a uma força de compressão em um equipamento, Shimadzu Servopulser, modelo EHF-EM100K1-020-0A, onde é feita uma adaptação para o ensaio com argamassa, com o objetivo de se determinar as resistências médias para cada tipo de argamassa, e depois ser feita uma comparação, para efeito de pesquisa, e descobrir qual tipo de argamassa sofre mais influência da variação de tempo e velocidade de mistura.

Após retirar os corpos de prova da água, e terem sido deixados ao ar livre durante 24 horas, foram ensaiados 6 corpos de prova para cada tipo de mistura, lembrando a importância da prensa atuar com uma velocidade de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s, conforme preconiza a NBR 7215. Na Figura 15 pode-se ver um corpo de prova pronto para ser rompido pela prensa do Laboratório de Engenharia de Pavimentos (LEP). Já na Figura 16, tem-se o corpo de prova rompido.

**Figura 15:** Ensaio de Resistência à Compressão.



**Fonte:** Autor, 2019

**Figura 16:** Corpo de prova rompido.



**Fonte:** Autor, 2019

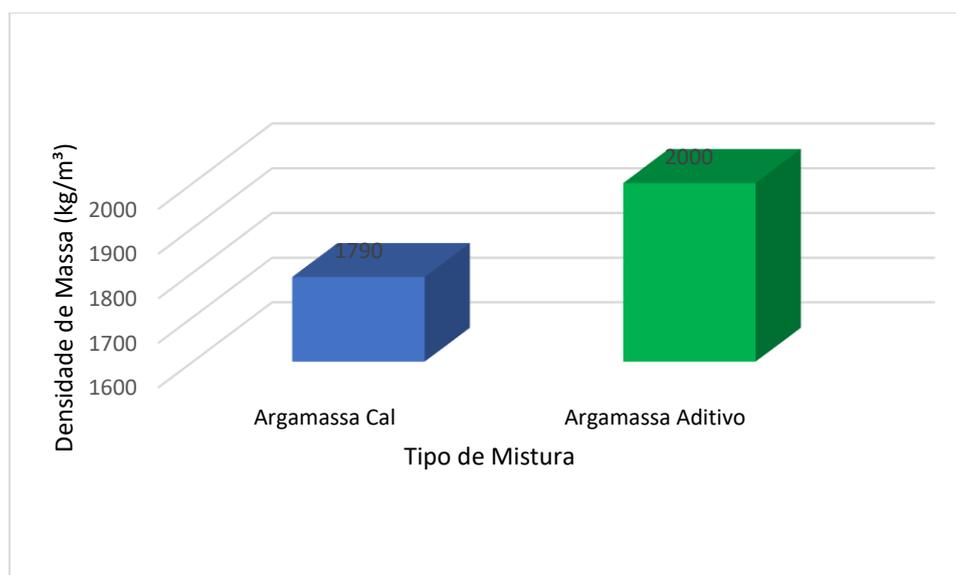
## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 DENSIDADE DE MASSA

#### 4.1.1 Estado Fresco

A Figura 17, mostra os resultados de densidade de argamassa no estado fresco, com tempo de 4 minutos e velocidade 3, e na Tabela 4 disponibilizada pela NBR 13281 (2005), tem-se a classificação das argamassas.

**Figura 17:** Ensaio de Densidade de Massa no Estado Fresco.



Fonte: Autor, 2019

**Tabela 4:** Densidade de Massa no Estado Fresco.

| Classe | Densidade de massa aparente no estado fresco (kg/m³) | Método do Ensaio |
|--------|--|------------------|
| D1     | ≤ 1400   | ABNT NBR 13278   |
| D2     | 1200 a 1600  |                  |
| D3     | 1400 a 1800  |                  |
| D4     | 1600 a 2000  |                  |
| D5     | 1800 a 2200  |                  |
| D6     | > 2000   |                  |

Fonte: ABNT NBR 13281 (2005)

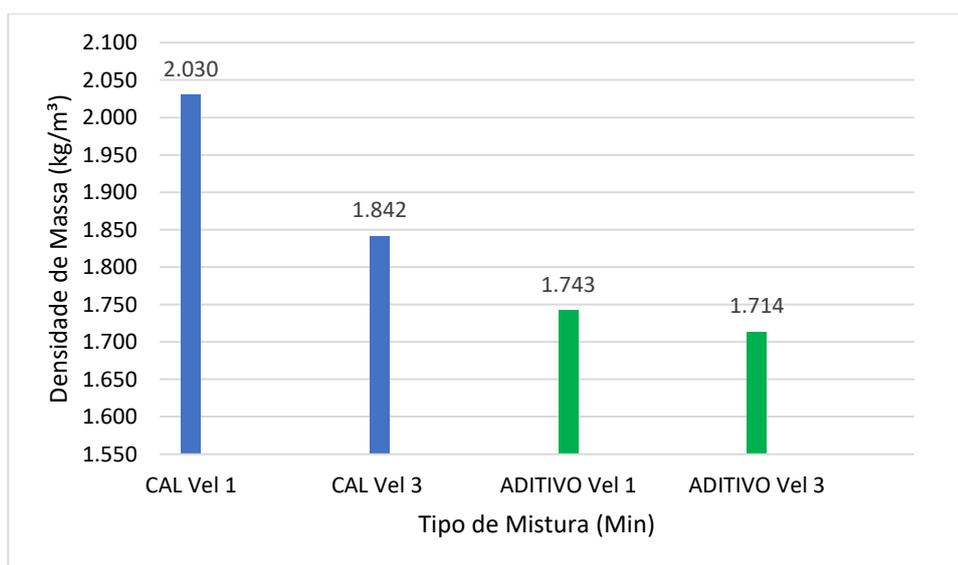
Através deles, é possível observar que a densidade da argamassa com “cal” é menor do que na argamassa com aditivo, tomando isto como base, seguiremos os demais estudos. Sendo assim, a argamassa com “cal” se encaixa na classe D4, enquanto a

argamassa com Aditivo se encaixa na classe D5, ou seja, a argamassa com aditivo químico é mais densa do que a argamassa com “cal”.

#### 4.1.2 Estado Endurecido

A Figura 18 mostra os resultados da densidade de argamassa com cal, e argamassa com aditivo, fazendo a variação da velocidade.

**Figura 18:** Ensaio de Densidade no Estado Endurecido variando a Velocidade de Mistura.

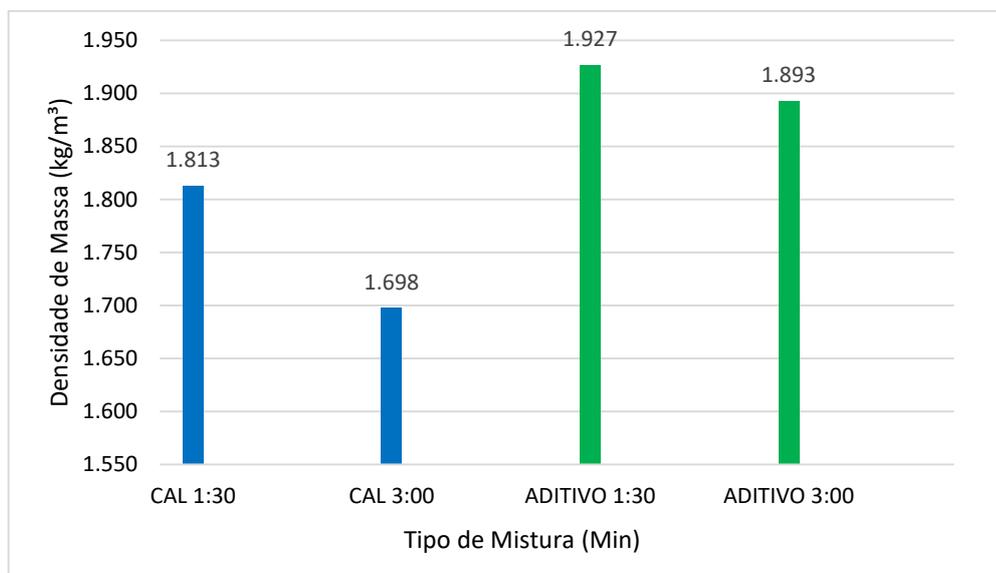


**Fonte:** Autor, 2019

É possível observar, que as amostras com “cal” sofrem mais influência na variação de velocidade. Nos dois tipos de mistura a densidade diminuiu quando se aumentou a velocidade, contudo, as amostras com “cal” sofrem uma maior perda de densidade, o que acarretará em uma amostra com maiores espaços entre as partículas.

Agora, levando-se em conta a variação do tempo de mistura, temos na Figura 19, os resultados das densidades de amostras com cal, e amostras com aditivo.

**Figura 19:** Ensaio de Densidade de Massa no Estado Endurecido variando o Tempo de Mistura.



**Fonte:** Autor, 2019

Com este gráfico, é possível observar a influência da variação do tempo de mistura. Nos dois tipos de mistura a densidade diminuiu com o aumento do tempo de mistura, e mais uma vez, nota-se que a amostra com “cal” sofre maior influência da variação, o que irá resultar em uma amostra com maiores espaços entre as partículas.

Sendo assim, de acordo com o tipo de argamassa em questão, pode-se determinar uma melhor velocidade de mistura, e também um tempo mais adequado. Esta variação da densidade de massa, em função da velocidade e tempo de mistura, para cada tipo de amostra, irá influenciar na resistência, e será discutido mais adiante.

Com os resultados, é possível classificar as argamassas de acordo com a Tabela a seguir:

**Tabela 5:** Classificação de Argamassas de assentamento e revestimento de paredes, quanto a densidade de massa no estado endurecido.

| Classe | Densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m <sup>3</sup> ) | Método do Ensaio |
|--------|---|------------------|
| M1     | ≤ 1200  | ABNT NBR 13280   |
| M2     | 1000 a 1400   |                  |
| M3     | 1200 a 1600   |                  |
| M4     | 1400 a 1600   |                  |
| M5     | 1600 a 2000   |                  |
| M6     | > 1800  |                  |

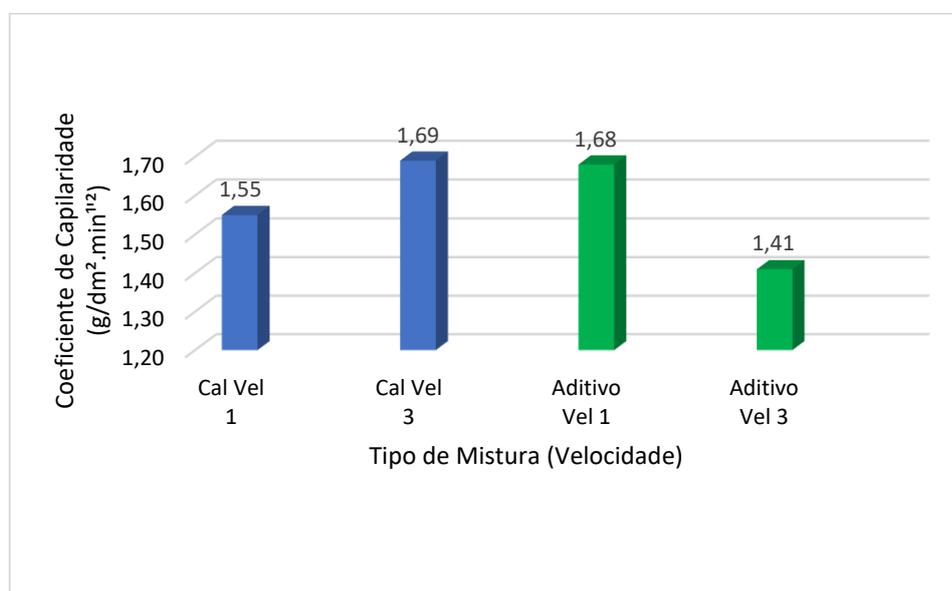
Fonte: ABNT BNR 13281 (2005)

Analisando a Tabela de classificação, podemos observar que, quanto a variação de velocidade, a argamassa com “cal” se encaixa na classe M6 (Velocidade 1 e 3), e a argamassa com aditivo se encaixa na classe M5 (Velocidade 1 e 3). Contudo, quando está sendo analisada a variação de tempo de mistura, a argamassa com “cal” se encaixa na classe M5 (Tempo de 1:30 e 3:00 minutos), e a argamassa com aditivo se encaixa na classe M6 (Tempo de 1:30 e 3:00 minutos).

#### 4.2 ENSAIO DE ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE

A Figura 20 apresenta os resultados de absorção por capilaridade, quando se está variando as velocidades de mistura. Através dela é possível observar, atentando para a absorção, qual tipo de mistura sofre maior influência da variação de velocidade.

**Figura 20:** Ensaio de Absorção por Capilaridade variando a Velocidade de Mistura.

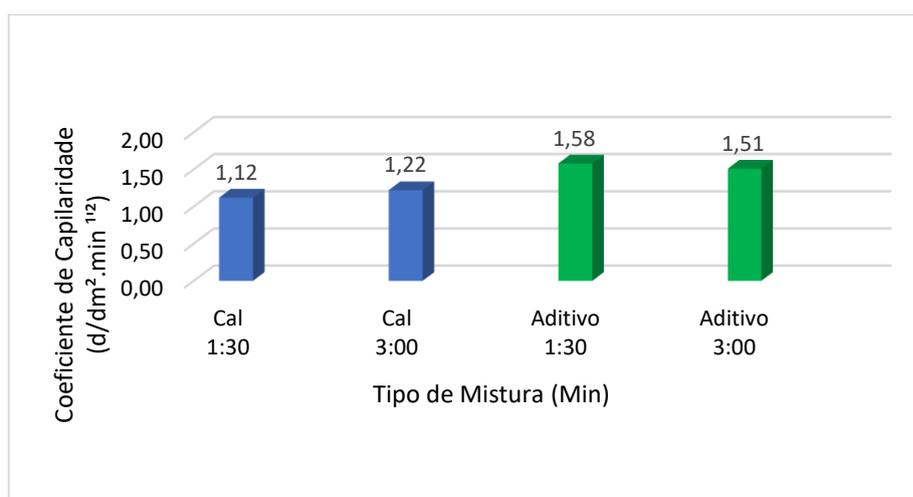


Fonte: Autor, 2019

É possível observar, que a amostra com “cal” fica com o coeficiente de capilaridade maior, aumentando a velocidade de mistura. Já a mistura com aditivo, quando se aumenta a velocidade, diminui o coeficiente de capilaridade. Provavelmente a argamassa com “cal”, em uma velocidade maior fez com que houvesse maior incorporação de ar, ao ponto de deixar a amostra porosa no estado endurecido.

Agora, levando-se em conta a variação do tempo, conseguimos observamos na Figura 21, os resultados dos coeficientes de capilaridade para amostras com cal, e amostras com aditivo, variando o tempo de mistura.

**Figura 21:** Ensaio de Absorção por Capilaridade variando o Tempo de Mistura.



**Fonte:** Autor, 2019

Analisando o gráfico, notamos que a amostra com “cal” sofre um aumento do coeficiente de capilaridade, quando se aumenta o tempo de mistura. Já a amostra com aditivo diminui o coeficiente de capilaridade, também aumentando o tempo de mistura da amostra. Ou seja, a amostra com “cal”, em um tempo maior de mistura, provavelmente teve mais incorporação de ar, deixando a amostra mais porosa no estado endurecido.

Ou seja, como a capilaridade não é algo desejável para o estudo em questão, tendo em vista que, de modo geral, irá fragilizar a amostra, pois ela estará com maior quantidade de vazios, então, é necessário atentar para qual tipo de argamassa está sendo trabalhada, para poder determinar um tipo de velocidade, e quantidade de tempo adequada

para misturar a amostra. Esta variação do coeficiente de capilaridade, em função da velocidade e tempo de mistura, para cada tipo de amostra, irá influenciar na resistência.

Com os resultados, podemos classificar as argamassas de acordo com a Tabela a seguir:

**Tabela 6:** Classificação de argamassas de assentamento e revestimento de paredes, quanto ao coeficiente de capilaridade.

| <b>Classe</b> | <b>Coeficiente de capilaridade<br/>(g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>)</b> | <b>Método do Ensaio</b> |
|---------------|---|-------------------------|
| <b>C1</b>     | ≤ 1,5   | ANBT NBR 15259          |
| <b>C2</b>     | 1,0 a 2,5   |                         |
| <b>C3</b>     | 2,0 a 4,0   |                         |
| <b>C4</b>     | 3,0 a 7,0   |                         |
| <b>C5</b>     | 5,0 a 12,0  |                         |
| <b>C6</b>     | > 10,0  |                         |

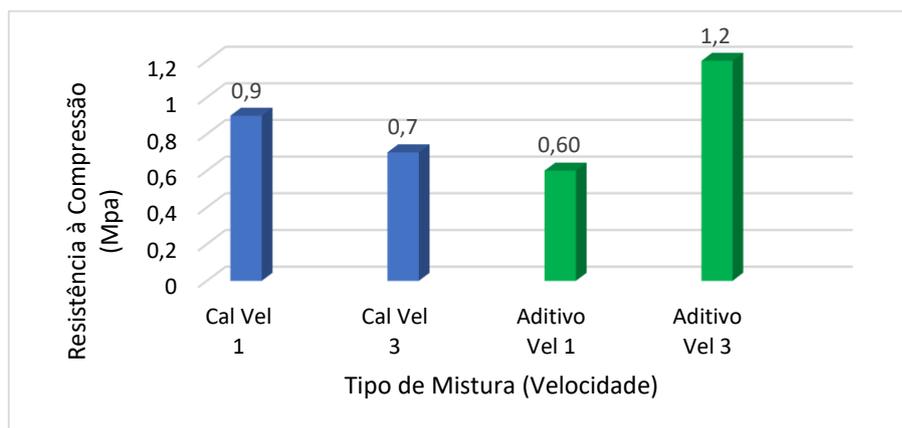
**Fonte:** ABNT NBR 13281 (2005)

De acordo com a Tabela de classificação, fornecida pela ABNT, tem-se que quando se está analisando a variação de velocidade, a argamassa com “cal” se encaixa na classe C2 (Velocidade 1 e 3), assim como a argamassa com aditivo. No entanto, quando se está analisando a variação do tempo de mistura, a argamassa com “cal” se encaixa na classe C1 (tempo de 1:30 e 3:00 minutos), enquanto a argamassa com aditivo se encaixa na classe C2 (Tempo de 1:30 e 3:00 minutos).

#### 4.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A Figura 22 representa uma gráfico, que nos traz alguns resultados obtidos no ensaio de resistência a compressão.

**Figura 22:** Ensaio de Resistência à Compressão variando a Velocidade de Mistura.

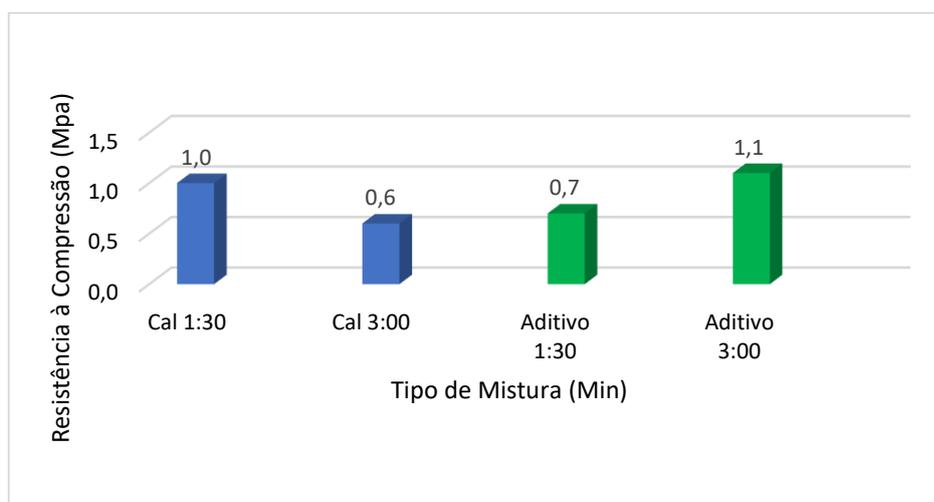


**Fonte:** Autor, 2019

É possível observar, que a velocidade de mistura faz com que a resistência da amostra sofra alteração. Nas misturas com "cal" uma maior velocidade implicou numa menor resistência. Este fato está coerente com o resultado de massa específica endurecida e capilaridade.

Levando-se em conta a variação do tempo de mistura, podemos avaliar na Figura 23 a influência exercida para cada tipo de amostra.

**Figura 23:** Ensaio de Resistência à Compressão variando o Tempo de Mistura.



**Fonte:** Autor, 2019

Analisando o gráfico, conseguimos observar que os valores de resistência da amostra com "cal" sofre influência negativa, ou seja, quando aumenta o tempo de mistura, a resistência diminui. Já para as amostras com aditivo, a variação do tempo de mistura,

de um tempo menor, para um maior, exerce uma influência positiva, fazendo com que a amostra se torne mais resistente. Provavelmente, o fato da “cal” utilizada como plastificante não ser uma cal hidratada, faz com que acarrete uma maior influência na diminuição de resistência à compressão.

Com os resultados de resistência à compressão, podemos classificar as argamassas de acordo com a Tabela a seguir:

**Tabela 7:** Classificação de argamassa de assentamento e revestimento, quanto a resistência à compressão.

| Classe | Resistência à Compressão (Mpa) | Método do Ensaio |
|--------|--------------------------------|------------------|
| P1     | ≤ 2,0                          | ABNT NBR 13279   |
| P2     | 1,5 a 3,0                      |                  |
| P3     | 2,5 a 4,5                      |                  |
| P4     | 4,0 a 6,5                      |                  |
| P5     | 5,5 a 9,0                      |                  |
| P6     | > 8,0                          |                  |

Fonte: ABNT NBR 13281 (2005)

Apesar das variações nas resistências, quando houve variação da velocidade e do tempo de mistura, todas as argamassas ficaram no intervalo de resistência da classe P1 (Argamassa com “cal” e aditivo, para velocidades 1 e 3, e tempos de mistura 1:30 e 3:00 minutos).

Na Tabela 8, tem-se um resumo de todas as classificações de acordo com os resultados obtidos, relacionando com os limites de cada propriedade avaliada de acordo com as normas.

**Tabela 8:** Resumo das classificações conforme ABNT NBR 13281.

| TIPO DE MISTURA | DENSIDADE ESTADO FRESCO | DENSIDADE ESTADO ENDURECIDO | COEFICIENTE DE CAPILARIDADE | RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| “CAL”V1         | D4                      | M6                          | C2                          | P1                       |
| “CAL”V3         |                         |                             |                             |                          |
| ADITIVO V1      | D5                      | M5                          | C1                          |                          |
| ADITIVO V3      |                         |                             |                             |                          |
| “CAL”1:30       | D4                      | M5                          | C1                          |                          |
| “CAL”3:00       |                         |                             |                             |                          |
| ADITIVO 1:30    | D5                      | M6                          | C2                          |                          |
| ADITIVO 3:00    |                         |                             |                             |                          |

Fonte: Autor, 2019

Observa-se que de acordo com o tipo de mistura, variando - se a velocidade e o tempo, acarreta uma mudança nos resultados obtidos, e por consequência, nas classificações. Vale lembrar que a “cal” utilizada como plastificante não é uma cal hidratada, e por isso não seria adequada para o uso na argamassa, visto que a cal hidratada é mais fina e leve, e tem propriedades adequadas para a argamassa, como retenção de água, plasticidade, cumprindo função semelhante a do cimento, e dando liga a mistura.

Observa-se uma carência de informações quanto aos plastificantes utilizados na pesquisa, o que elucida um problema específico para argamassas, a existência de uma norma reguladora para os aditivos utilizados. Além disso, tem-se que a massa unitária do cimento utilizada para cálculo do traço em massa, foi feita de acordo com a NM 45 (2006), podendo influenciar nos resultados da pesquisa.

Contudo, o trabalho conseguiu alcançar excelentes resultados, mostrando a influência da velocidade e do tempo de mistura nas propriedades da argamassa, de acordo com o tipo de mistura ensaiado. Sendo assim, este trabalho tem importância não apenas do ponto de vista acadêmico, mostrando a influência da velocidade e do tempo de mistura nas argamassas, mas trazendo uma elucidação quanto ao mercado da construção em Campina Grande, que vende um material, inclusive com nome sugestivo (Bom-Cal) como se fosse cal, sem ser.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES DE PESQUISA

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após ter sido finalizado o trabalho, e analisado os resultados provenientes das argamassas que sofreram alterações na velocidade e no tempo de mistura, chegou-se aos seguintes desfechos:

- Quando houve variação na velocidade de mistura, aumentando da velocidade 1 para velocidade 3, observam-se mudanças tanto nas Argamassas com Cal, quanto nas Argamassas com Aditivo. Os dois tipos de amostras se tornaram menos densas, contudo a amostra com “cal” sofreu uma maior diminuição de sua densidade, em comparação com a amostra com Aditivo. Quanto a capilaridade, variando-se a velocidade, a amostra com “cal” teve um aumento do coeficiente de capilaridade, enquanto a amostra com Aditivo teve uma diminuição. Por fim, quanto a resistência à compressão, variando-se a velocidade, a amostra com “cal” diminuiu sua resistência, enquanto a amostra com Aditivo aumentou a mesma.

Sendo assim, analisando a influência da variação da velocidade, tem-se que o aumento da velocidade de mistura faz com que a amostra com “cal” tenha um pior desempenho, no entanto, na amostra com Aditivo observa-se bons resultados.

- Observou-se ainda, que quando se está analisando a variação do tempo de mistura, também aconteceram mudanças tanto nas Argamassas com Cal, quanto nas Argamassas com Aditivo. Os dois tipos de amostras se tornaram menos densas, onde mais uma vez as amostras com “cal” sofreram uma influência maior, em comparação com as amostras com Aditivo. Quanto a capilaridade, variando-se o tempo de mistura, a amostra com “cal” teve um aumento do coeficiente de capilaridade, enquanto a amostra com Aditivo teve uma diminuição. Por último, analisando a resistência à compressão, variando-se o tempo de mistura, a amostra com “cal” teve uma diminuição da resistência, enquanto a amostra com Aditivo teve um aumento.

Logo, analisando a influência da variação do tempo de mistura, tem-se que o aumento do tempo, faz com que a amostra com “cal” tenha um pior desempenho, contudo, a amostra com Aditivo teve uma melhora nos seus resultados.

- Com todos os resultados em mãos, podemos observar um padrão. Para as amostras com Cal, tanto o aumento da velocidade, quanto do tempo, deixam as amostras

menos densas, com maiores coeficientes de capilaridade e menores resistências. Já para as amostras com Aditivo, com o aumento da velocidade e do tempo, houve uma pequena diminuição da densidade, mas uma diminuição da capilaridade e um aumento da resistência.

Sendo assim, com este trabalho observa-se não apenas um padrão nos resultados, mostrando que a velocidade e o tempo de mistura influenciam na qualidade da argamassa, mas também, e de extrema importância, mostrar que a “Cal” em análise, vendida no mercado da construção de Campina Grande, não atende deveria ser comercializada para este fim, onde inclusive o seu próprio nome, ludibria o consumidor.

## 5.2 SUGESTÕES DE PESQUISA

- Analisar a influência do tipo de cura nos resultados de resistência;
- Buscar analisar uma argamassa com Cal hidratada;
- Analisar a influência da velocidade especificamente nas partículas da Cal;
- Analisar a influência do tipo de “cal” nos resultados de resistência;
- Analisar e verificar a necessidade da quantidade de água e de areia para o traço sugerido;

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

\_\_\_\_\_. **NBR 7215:** Cimento Portland - Determinação da Resistência à Compressão. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR. 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR. 13278:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13280:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15259:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 23:** Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45:** Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 52:** Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.

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

BARBOSA, W. S. **Alteração do Comportamento Reológico da Suspensão Cimentícia Aplicada Sobre Substratos Porosos.** São Paulo, 2010. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CARDOSO, F.A. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico.** São Paulo, 2009. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

FRANÇA, Marylinda Santos de; CARDOSO, Fábio Alonso; PILEGGI, Rafael Giuliano. **Influência do tempo de mistura nas propriedades reológicas de argamassas.** Belo Horizonte: GT Argamassas, 2011.

FRANÇA, M. S. **Comportamento de mistura de sistemas cimentícios multifásicos reativos.** São Paulo 2013. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

FUKUI, Eiji. **Influência do tempo de utilização de argamassas de revestimento industrializadas nos estados fresco e endurecido com ênfase no comportamento reológico.** Curitiba, 2017.

MARTINS, Leidimara Aparecida. **Desenvolvimento de argamassa autoadensável de alta resistência.** 2011. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Concreto. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

ALMEIDA, Felipe Augusto de; **Avaliação do desempenho de argamassas incorporada com pó de vidro.** Campina Grande (2018). Dissertação (TCC) – Universidade Federal de Campina Grande.

CARASEK, Helena. **Argamassas.** In: ISAIA, Geraldo Cechella. (Ed.) *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais.* Ispis Gráfica e Editora, São Paulo, 2007. (Cap 26 Argamassas Helena Carasek)

SANTOS, Carla C.N; BAUER, Elton. **A influência do tempo de mistura e do teor de água na projetabilidade das argamassas industrializadas.** São Paulo, 2003.

[www.engenheirocaicara.com.br](http://www.engenheirocaicara.com.br) <Acesso em 15/12/2018>

SANTOS, Heraldo Barbosa; **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento.** Minas Gerais, 2008. Monografia. Universidade Federal de Minas Gerais.

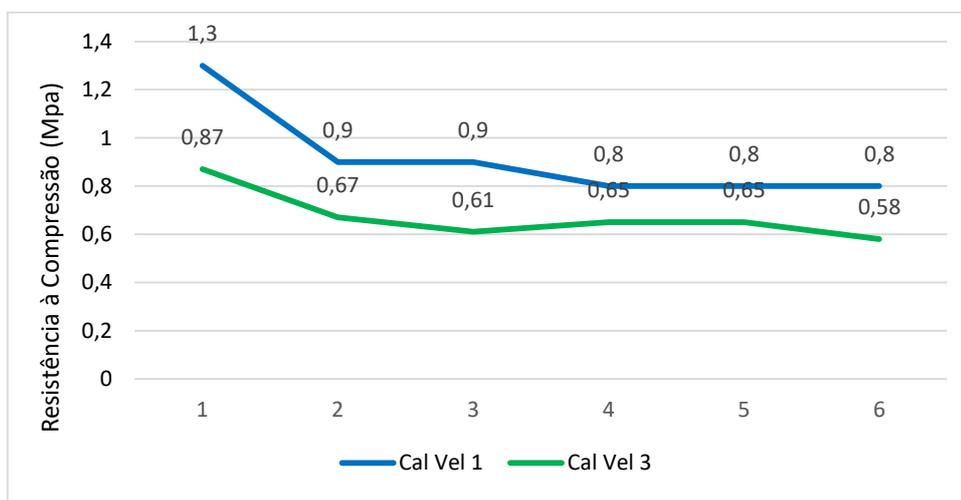
SILVA, C; SOUSA, V.C; FERREIRA, T; OLIVEIRA, A.M; **Avaliação de propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas de revestimento cimentícias produzidas com**

aditivos plastificantes. **CONGRESSO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS. Natal, 2016.**

## APÊNDICE

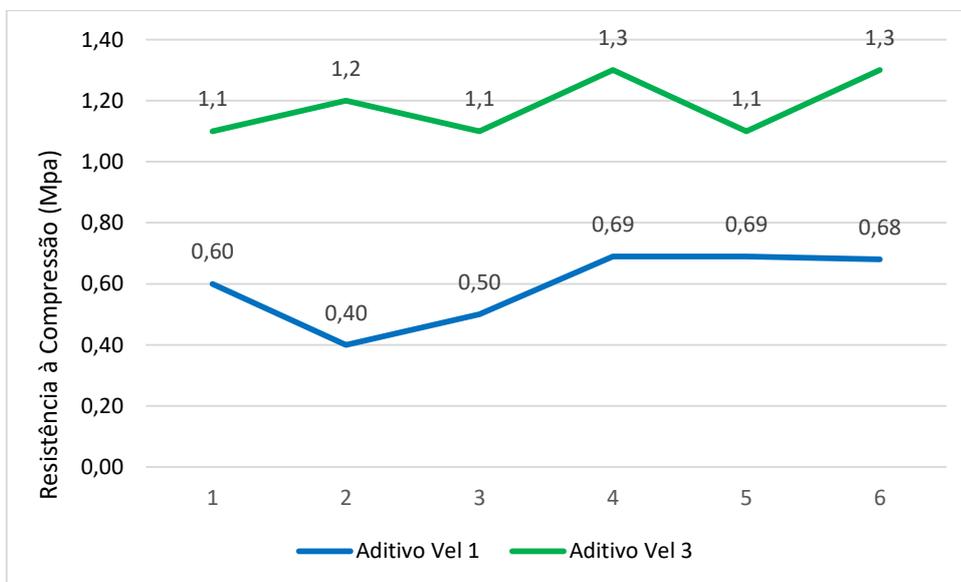
Apenas como complemento de informação, temos os gráficos a seguir, onde é possível analisar cada tipo de amostra individualmente, e a influência que é exercida exclusivamente em cada tipo, de acordo com a variação de velocidade, e do tempo de mistura.

**Figura 24:** Ensaio de Resistência à Compressão para Argamassas com Cal, variando a Velocidade de Mistura.



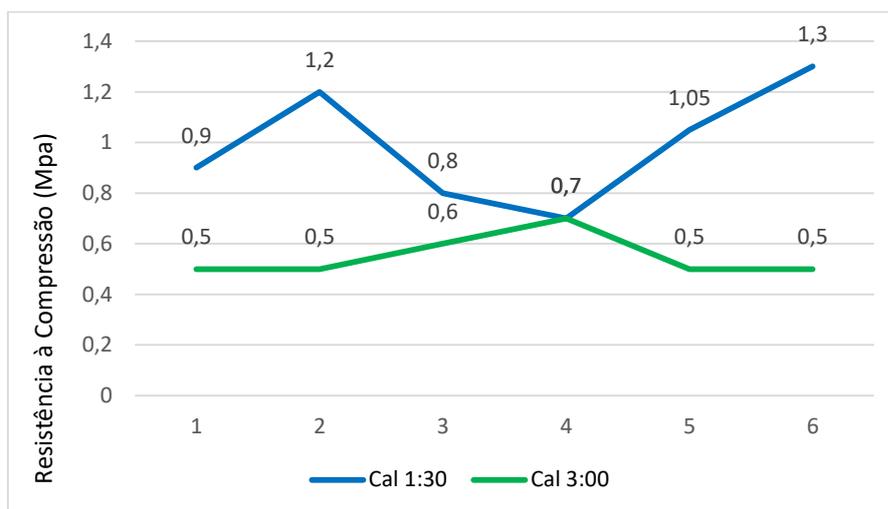
Fonte: Autor

**Figura 25:** Ensaio de Resistência à Compressão para Argamassas com Aditivo, variando a Velocidade de Mistura.



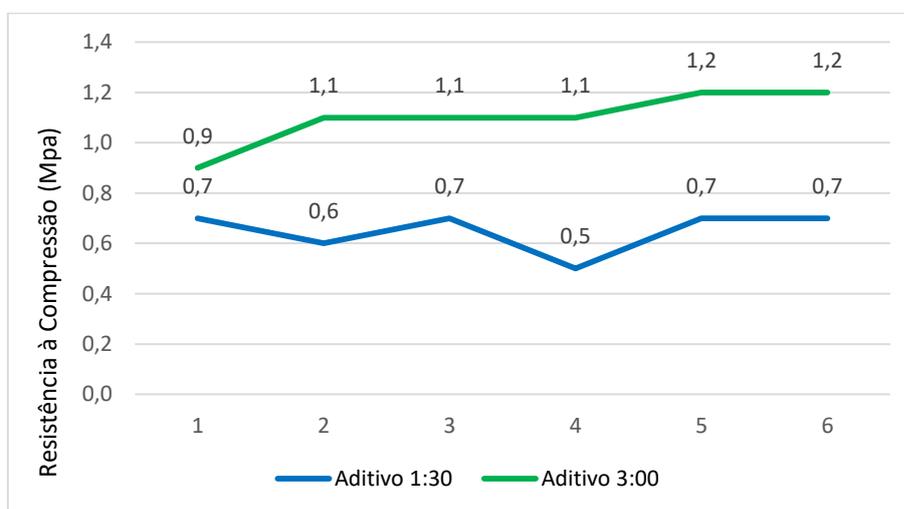
Fonte: Autor

**Figura 26:** Ensaio de Resistência à Compressão para Argamassas com Cal, variando o Tempo de Mistura.



**Fonte:** Autor

**Figura 27:** Ensaio de Resistência à Compressão para Argamassas com Aditivo, variando o Tempo de Mistura.



**Fonte:** Autor

Observando os gráficos acima, fica mais evidente a influência que a variação de velocidade e tempo de mistura, exercem em cada tipo de amostra. Se tratando do aumento de velocidade, a resistência da argamassa com “cal” diminui, enquanto a argamassa com aditivo aumenta. E quando se trata do aumento do tempo de mistura, a resistência da argamassa com “cal” diminui, contudo a argamassa com aditivo aumenta sua resistência. Ou seja, o aumento da velocidade e do tempo de mistura para argamassas com “cal” é uma mudança negativa, enquanto para argamassas com aditivo é uma alteração positiva.

## ANEXOS

### Anexo A: Ensaio de caracterização do cimento.

| CIMENTO                              |                         |   |                |                     |   |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------|---|----------------|---------------------|---|-------------------------------------|
| LÊ CHATELIER - NM23:2000             |                         |   |                |                     |   |                                     |
| VOLUME INICIAL (QUEROSENE)           | M1 (FRASCO + QUEROSENE) | M2 (CIMENTO)  | M3 (F + Q + C) | VOLUME FINAL (Q+ C) | VARIAÇÃO DE VOLUME                            | DENSIDADE REAL (g/cm <sup>3</sup> ) |
| 0,4 ml                               | 336,1 g                 | 60 g  | 396,1 g        | 20,8 ml             | 20,4  | 2,94                                |
| MASSA UNITÁRIA - CIMENTO (SEM NORMA) |                         |   |                |                     |   |                                     |
| VOLUME DO CAIXOTE                    | PESO DO CAIXOTE SECO    | P1  | P2             | P3                  | DENSIDADE APARENTE (COM P3) g/cm <sup>3</sup> |                                     |
| 1357,16 g                            | 1527 g                  | 2914  | 2920           | 2925                | 1,03  |                                     |
| FINURA CIMENTO NBR 11579             |                         |   |                |                     |   |                                     |
| MASSA INICIAL (AMOSTRA)              |                         | MASSA FINAL - RETIDO PENEIRANº200 (2min, 5 min, 10 min) |                |                     |   | % RETIDO                            |
| 50 g                                 |                         | 0,75 g  |                |                     |   | 1,5%                                |
| 50 g                                 |                         | 0,76 g  |                |                     |   | 1,52%                               |

**Fonte:** Autor

### Anexo B: Ensaio de caracterização da Cal.

| CAL                                |                      |      |      |      |   |
|------------------------------------|----------------------|------|------|------|---|
| MASSA UNITÁRIA - "CAL" (SEM NORMA) |                      |      |      |      |   |
| VOLUME DO CAIXOTE                  | PESO DO CAIXOTE SECO | P1   | P2   | P3   | DENSIDADE APARENTE (COM P3) g/cm <sup>3</sup> |
| 1357,16 g                          | 1527 g               | 2731 | 2731 | 2730 | 0,89  |

**Fonte:** Autor

**Anexo C:** Ensaio de caracterização da areia.

| AREIA   |                      |            |                            |                        |   |
|---|----------------------|------------|----------------------------|------------------------|---|
| MASSA UNITÁRIA - NM 45                        |                      |            |                            |                        |   |
| VOLUME DO CAIXOTE                             | PESO DO CAIXOTE SECO | P1         | P2                         | P3                     | DENSIDADE APARENTE (COM P3) g/cm <sup>3</sup> |
| 4261,82                                       | 1935 g               | 7635 g     | 7550 g                     | 7905 g                 | 1,40  |
| MASSA ESPECÍFICA - FRASCO DE CHAPMAN NBR 9776 |                      |            |                            |                        |   |
| PASSOU NA PENEIRA Nº4 - 4,75 mm               |                      |            | DENSIDADE - GAMA 1 (TESTE) |                        | DENSIDADE - GAMA 2 (TESTE)                    |
| -   |                      |            | L = 393,79                 | 2,58 g/cm <sup>3</sup> | L = 393,78   2,58 g/cm <sup>3</sup>           |
| GRANULOMETRIA - NM 248                        |                      |            |                            |                        |   |
| PENEIRA Nº                                    | PENEIRA (mm)         | RETIDO (g) | % RETIRA                   | ACUMULADA              |   |
| 3/8   | 9,5                  | 0          | 0,00%                      | 0,00%                  |   |
| 4   | 4,8                  | 3,2        | 0,32%                      | 0,32%                  |   |
| 8   | 2,4                  | 7,4        | 0,74%                      | 1,06%                  |   |
| 16  | 1,2                  | 24,7       | 2,47%                      | 3,53%                  |   |
| 30  | 0,6                  | 158,2      | 15,82%                     | 19,35%                 |   |
| 50  | 0,3                  | 458,7      | 45,87%                     | 65,22%                 |   |
| 100   | 0,15                 | 310,6      | 31,06%                     | 96,28%                 |   |
|   | PASSOU               | 29,5       | 2,95%                      | -                      |   |
|   | TOTAL                | 992,3      | 99,23%                     | CARACTERIZAÇÃO         |   |
|   | PERDA                | 7,7        | 0,77%                      | MF                     | 1,86%   |
| MF = 1,86 (FINA: 1,71 < MF < 2,11)            |                      |            |                            |                        |   |

Fonte: Autor

**Anexo D:** Ensaio no estado fresco da argamassa com Cal.

| ARGAMASSA COM "CAL" (1:2:8)            |                     |        |         |         |                        |
|--|---------------------|--------|---------|---------|------------------------|
| DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA |                     |        |         |         |                        |
| PARÂMETRO                              |                     |        | TRAÇO   |         |                        |
| MASSA UNITÁRIA CIMENTO                 | 1,03                | 1      | 1,03    | 1,00    | -                      |
| MASSA UNITÁRIA CAL                     | 0,89                | 2      | 1,78    | 1,73    |                        |
| MASSA UNITÁRIA AREIA                   | 1,4                 | 8      | 11,2    | 10,87   |                        |
| SOMATÓRIO                              | -                   | -      | -       | 13,60   |                        |
| QUANTIDADE DE MASSA                    | CIMENTO             | CAL    | AREIA   | ÁGUA    | Fa/c                   |
| 4500g                                  | 331,13              | 569,54 | 3599,34 | 1008,9  | 1,12                   |
| 2500g                                  | 186,96              | 16,41  | 1999,64 | 560     | -                      |
| ESPALHAMENTO                           | 261mm               | -      | -       | -       | -                      |
| DENSIDADE DE MASSA ESTADO FRESCO       |                     |        |         |         |                        |
| DIÂMETRO DO CILINDRO                   | VOLUME              | H      | P VAZIO | P CHEIO | DENSIDADE              |
| 100mm                                  | 400 cm <sup>3</sup> | 5,09cm | 99,34g  | 815,5g  | 1,79 g/cm <sup>3</sup> |
| ARGAMASSA COM "CAL" (1:30"/3:00")      |                     |        |         |         |                        |
| TRABALHABILIDADE                       | 1:30"               | 3:00"  | -       | -       | -                      |
| 260+-5 mm                              | 264mm               | 265mm  | -       | -       | -                      |

Fonte: Autor

**Anexo E:** Ensaio no estado fresco da Argamassa com Aditivo.

| ARGAMASSA COM ADITIVO (1:8)            |                     |         |         |         |                       |
|--|---------------------|---------|---------|---------|-----------------------|
| DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA |                     |         |         |         |                       |
| PARÂMETRO                              | -                   | TRAÇO   |         |         | -                     |
| MASSA UNITÁRIA CIMENTO                 | 1,03                | 1       | 1,03    | 1,00    | -                     |
| MASSA UNITÁRIA AREIA                   | 1,4                 | 8       | 11,2    | 10,87   | -                     |
| SOMATÓRIO                              | -                   | -       | -       | 11,87   | -                     |
| QUANTIDADE DE MASSA                    | CIMENTO             | AREIA   | ÁGUA    | Fa/c    | -                     |
| 4500g                                  | 379,11              | 4120,89 | 837     | 2,21    | -                     |
| 2500g                                  | 210,61              | 2289,33 | 465     | -       | -                     |
| ESPALHAMENTO                           | 260mm               | -       | -       | -       | -                     |
| DENSIDADE DE MASSA ESTADO FRESCO       |                     |         |         |         |                       |
| DIÂMETRO DO CILINDRO                   | VOLUME              | H       | P VAZIO | P CHEIO | DENSIDADE             |
| 100mm                                  | 400 cm <sup>3</sup> | 5,09cm  | 99,34g  | 900,1g  | 2,0 g/cm <sup>3</sup> |
| ARGAMASSA COM ADITIVO (1:30"/3:00")    |                     |         |         |         |                       |
| TRABALHABILIDADE                       | 1:30"               | 3:00"   | -       | -       | -                     |
| 260+-5 mm                              | 232mm               | 263mm   | -       | -       | -                     |

Fonte: Autor

## Anexo F: Ensaio de Densidade no estado endurecido.

| Densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> ) - 28 dias |           |    |         |         |        |       |  |  |
|--|-----------|----|---------|---------|--------|-------|--|--|
| Mistura  | Argamassa | CP | D1 (cm) | D2 (cm) | h (cm) | m (g) | Densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> ) | Densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> ) |
| Velocidade 1   | CAL       | 1  | 5,3     | 5,2     | 10,0   | 433,3 | 2.002  | 2.030  |
|  |           | 2  | 5,4     | 5,4     | 9,9    | 460,7 | 2.032  |  |
|  |           | 3  | 5,4     | 5,4     | 10,1   | 476,0 | 2.058  |  |
|  | ADITIVO   | 1  | 5,3     | 5,3     | 10,1   | 393,3 | 1.765  | 1.743  |
|  |           | 2  | 5,5     | 5,5     | 10,2   | 426,9 | 1.762  |  |
|  |           | 3  | 5,4     | 5,4     | 10,1   | 393,9 | 1.703  |  |
| Velocidade 3   | CAL       | 1  | 5,4     | 5,4     | 10,0   | 435,2 | 1.900  | 1.842  |
|  |           | 2  | 5,3     | 5,3     | 10,1   | 393,4 | 1.766  |  |
|  |           | 3  | 5,3     | 5,3     | 10,2   | 418,3 | 1.859  |  |
|  | ADITIVO   | 1  | 5,5     | 5,5     | 10,2   | 411,7 | 1.699  | 1.714  |
|  |           | 2  | 5,5     | 5,5     | 10,0   | 413,7 | 1.741  |  |
|  |           | 3  | 5,3     | 5,3     | 10,1   | 379,1 | 1.701  |  |
| 1:30"  | CAL       | 1  | 5,4     | 5,4     | 10,1   | 423,5 | 1.831  | 1.813  |
|  |           | 2  | 5,4     | 5,4     | 10,2   | 430,6 | 1.843  |  |
|  |           | 3  | 5,2     | 5,2     | 10,1   | 378,6 | 1.765  |  |
|  | ADITIVO   | 1  | 5,4     | 5,4     | 10,2   | 442,5 | 1.894  | 1.927  |
|  |           | 2  | 5,4     | 5,4     | 10,1   | 460,1 | 1.989  |  |
|  |           | 3  | 5,4     | 5,4     | 10,1   | 438,9 | 1.897  |  |
| 3:00"  | CAL       | 1  | 5,4     | 5,4     | 10,1   | 402,4 | 1.740  | 1.698  |
|  |           | 2  | 5,2     | 5,2     | 10,2   | 350,6 | 1.618  |  |
|  |           | 3  | 5,4     | 5,4     | 10,1   | 401,8 | 1.737  |  |
|  | ADITIVO   | 1  | 5,0     | 5,0     | 10,2   | 366,4 | 1.829  | 1.893  |
|  |           | 2  | 5,4     | 5,4     | 10,2   | 460,0 | 1.969  |  |
|  |           | 3  | 5,2     | 5,2     | 10,1   | 403,3 | 1.880  |  |

Fonte: Autor

## Anexo G: Ensaio de Absorção por Capilaridade.

| Absorção por Capilaridade - 28 dias |           |    |           |                    |                    |          |          |                |                | Coefficiente |
|-------------------------------------|-----------|----|-----------|--------------------|--------------------|----------|----------|----------------|----------------|--------------|
| Mistura                             | Argamassa | CP | m0<br>(g) | m 10<br>min<br>(g) | m 90<br>min<br>(g) | At<br>10 | At<br>90 | At 10<br>Média | At 90<br>Média |              |
| Velocidade<br>1                     | CAL       | 1  | 386,4     | 411,3              | 434,2              | 1,27     | 2,43     | 1,00           | 2,55           | 1,55         |
|                                     |           | 2  | 394,9     | 415,6              | 454,2              | 1,06     | 3,02     |                |                |              |
|                                     |           | 3  | 396,5     | 409,4              | 439,3              | 0,66     | 2,18     |                |                |              |
|                                     | ADITIVO   | 1  | 386,6     | 408,8              | 442,2              | 1,13     | 2,84     | 1,03           | 2,71           | 1,68         |
|                                     |           | 2  | 387,1     | 405,8              | 438,7              | 0,95     | 2,63     |                |                |              |
|                                     |           | 3  | 386,8     | 406,8              | 439,3              | 1,02     | 2,67     |                |                |              |
| Velocidade<br>3                     | CAL       | 1  | 337,5     | 355,4              | 386,3              | 0,91     | 2,49     | 1,02           | 2,71           | 1,69         |
|                                     |           | 2  | 372,5     | 394,7              | 429,8              | 1,13     | 2,92     |                |                |              |
|                                     |           | 3  | 348,4     | 368,1              | 401,8              | 1,00     | 2,72     |                |                |              |
|                                     | ADITIVO   | 1  | 364,2     | 375,5              | 392,5              | 0,57     | 1,44     | 0,71           | 2,11           | 1,41         |
|                                     |           | 2  | 382,3     | 396,5              | 430,8              | 0,72     | 2,47     |                |                |              |
|                                     |           | 3  | 394,9     | 411,1              | 442,7              | 0,82     | 2,43     |                |                |              |
| 1:30"                               | CAL       | 1  | 373,8     | 392,4              | 419,4              | 0,94     | 2,32     | 0,60           | 1,72           | 1,12         |
|                                     |           | 2  | 354,9     | 364,2              | 384,1              | 0,47     | 1,49     |                |                |              |
|                                     |           | 3  | 366,2     | 373,8              | 392,7              | 0,38     | 1,35     |                |                |              |
|                                     | ADITIVO   | 1  | 392,3     | 417,0              | 453,4              | 1,26     | 3,11     | 1,24           | 2,81           | 1,58         |
|                                     |           | 2  | 332,3     | 349,0              | 373,1              | 0,85     | 2,08     |                |                |              |
|                                     |           | 3  | 402,2     | 433,7              | 466,0              | 1,61     | 3,25     |                |                |              |
| 3:00"                               | CAL       | 1  | 359,3     | 376,5              | 401,8              | 0,88     | 2,17     | 0,93           | 2,15           | 1,22         |
|                                     |           | 2  | 333,0     | 352,7              | 375,6              | 1,00     | 2,17     |                |                |              |
|                                     |           | 3  | 320,1     | 337,8              | 361,4              | 0,90     | 2,10     |                |                |              |
|                                     | ADITIVO   | 1  | 403,3     | 423,2              | 452,7              | 1,01     | 2,52     | 0,89           | 2,40           | 1,51         |
|                                     |           | 2  | 324,7     | 341,1              | 369,9              | 0,83     | 2,30     |                |                |              |
|                                     |           | 3  | 402,9     | 419,1              | 449,7              | 0,83     | 2,38     |                |                |              |

Fonte: Autor

| Resistência à Compressão - 28 dias |           |    |         |         |                 |                   |                 |
|------------------------------------|-----------|----|---------|---------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Mistura                            | Argamassa | CP | D1 (cm) | D2 (cm) | Resistencia Mpa | Resistência Média | Desvio Relativo |
| Velocidade 1                       | CAL       | 1  | 5,2     | 5,2     | 1,3             | 0,9               | 40%             |
|                                    |           | 2  | 5,4     | 5,4     | 0,9             |                   | 0%              |
|                                    |           | 3  | 5,4     | 5,4     | 0,9             |                   | 0%              |
|                                    |           | 4  | 5,4     | 5,4     | 0,8             |                   | 10%             |
|                                    |           | 5  | 5,4     | 5,4     | 0,8             |                   | 10%             |
|                                    |           | 6  | 5,2     | 5,2     | 0,8             |                   | 100%            |
|                                    | ADITIVO   | 1  | 5,3     | 5,3     | 0,60            | 0,6               | 0%              |
|                                    |           | 2  | 5,5     | 5,5     | 0,40            |                   | -20%            |
|                                    |           | 3  | 5,4     | 5,4     | 0,50            |                   | -10%            |
|                                    |           | 4  | 5,2     | 5,2     | 0,69            |                   | 9%              |
|                                    |           | 5  | 5,2     | 5,2     | 0,69            |                   | 9%              |
|                                    |           | 6  | 5,4     | 5,4     | 0,68            |                   | 8%              |
| Velocidade 3                       | CAL       | 1  | 5,4     | 5,4     | 0,87            | 0,7               | 17%             |
|                                    |           | 2  | 5,3     | 5,3     | 0,67            |                   | -3%             |
|                                    |           | 3  | 5,3     | 5,3     | 0,61            |                   | -9%             |
|                                    |           | 4  | 5,3     | 5,4     | 0,65            |                   | -5%             |
|                                    |           | 5  | 5,4     | 5,4     | 0,65            |                   | -5%             |
|                                    |           | 6  | 5,5     | 5,5     | 0,58            |                   | -12%            |
|                                    | ADITIVO   | 1  | 5,5     | 5,5     | 1,1             | 1,2               | -10%            |
|                                    |           | 2  | 5,5     | 5,5     | 1,2             |                   | 0%              |
|                                    |           | 3  | 5,3     | 5,3     | 1,1             |                   | -10%            |
|                                    |           | 4  | 5,2     | 5,2     | 1,3             |                   | 10%             |
|                                    |           | 5  | 5,2     | 5,2     | 1,1             |                   | -10%            |
|                                    |           | 6  | 5,2     | 5,2     | 1,3             |                   | 10%             |
| 1:30"                              | CAL       | 1  | 5,4     | 5,4     | 0,9             | 1,0               | -10%            |
|                                    |           | 2  | 5,4     | 5,4     | 1,2             |                   | 20%             |
|                                    |           | 3  | 5,2     | 5,2     | 0,8             |                   | -20%            |
|                                    |           | 4  | 5,3     | 5,3     | 0,7             |                   | -30%            |
|                                    |           | 5  | 5,5     | 5,5     | 1,05            |                   | 5%              |
|                                    |           | 6  | 5,4     | 5,4     | 1,3             |                   | 30%             |
|                                    | ADITIVO   | 1  | 5,4     | 5,4     | 0,7             | 0,7               | 0%              |
|                                    |           | 2  | 5,4     | 5,4     | 0,6             |                   | -10%            |
|                                    |           | 3  | 5,4     | 5,4     | 0,7             |                   | 0%              |
|                                    |           | 4  | 5,0     | 5,0     | 0,5             |                   | -20%            |
|                                    |           | 5  | 5,4     | 5,4     | 0,7             |                   | 0%              |
|                                    |           | 6  | 5,4     | 5,4     | 0,7             |                   | 0%              |
| 3:00"                              | CAL       | 1  | 5,4     | 5,4     | 0,5             | 0,6               | -10%            |
|                                    |           | 2  | 5,2     | 5,2     | 0,5             |                   | -10%            |
|                                    |           | 3  | 5,4     | 5,4     | 0,6             |                   | 0%              |
|                                    |           | 4  | 5,2     | 5,2     | 0,7             |                   | 10%             |
|                                    |           | 5  | 5,4     | 5,4     | 0,5             |                   | -10%            |
|                                    |           | 6  | 5,4     | 5,4     | 0,5             |                   | -10%            |
|                                    | ADITIVO   | 1  | 5,0     | 5,0     | 0,9             | 1,1               | -20%            |
|                                    |           | 2  | 5,4     | 5,4     | 1,1             |                   | 0%              |
|                                    |           | 3  | 5,2     | 5,2     | 1,1             |                   | 0%              |
|                                    |           | 4  | 5,4     | 5,4     | 1,1             |                   | 0%              |
|                                    |           | 5  | 5,4     | 5,4     | 1,2             |                   | 10%             |
|                                    |           | 6  | 5,3     | 5,3     | 1,2             |                   | 10%             |

Anexo H: Ensaio de Resistência à Compressão - Fonte: Autor