



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

**JÚLIO LOPES DA SILVA**

**INFLUÊNCIA DOS TIPOS DE MISTURADORES E TEMPO DE  
MISTURA NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE  
MÚLTIPLO USO**

Recife, PE  
2020



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

**JÚLIO LOPES DA SILVA**

**INFLUÊNCIA DOS TIPOS DE MISTURADORES E TEMPO DE  
MISTURA NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE  
MÚLTIPLO USO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Livre-Docente Alberto Casado  
Lordsleem Júnior

Recife, PE  
2020

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Universidade de Pernambuco – Recife

S586i Silva, Júlio Lopes da  
Influência dos tipos de misturadores e tempo de mistura nas propriedades de argamassa de múltiplo uso. / Júlio Lopes da Silva. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2020.

107 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Jr.

Dissertação (Mestrado - Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2020.

1. Argamassa Industrializada. 2. Argamassadeira de Eixo Horizontal. 3. Betoneira. 4. MEV. 5. Procedimentos de Mistura. I. Engenharia Civil – Dissertação. II. Lordsleem Junior, Alberto Casado (orient.). III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção Civil. IV. Título.

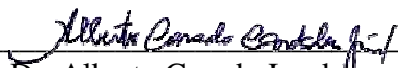
CDD: 690

**JÚLIO LOPES DA SILVA**


**INFLUÊNCIA DOS TIPOS DE MISTURADORES E TEMPO DE  
MISTURA NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE  
MÚLTIPLO USO**


**BANCA EXAMINADORA:**

**Orientador:**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alberto Casado Lordseem Júnior  
Universidade de Pernambuco

**Examinadores:**

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Yêda Vieira Póvoas  
Universidade de Pernambuco

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Angelo Just da Costa e Silva  
Universidade Católica de Pernambuco

Recife, PE  
2020

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, assim como capacidade de aprendizado e evolução, que vieram a formar a pessoa que sou hoje.

Ao meu pai o Sr. Dedé e minhas irmãs Isabelle e Zaiana Lopes, por todo apoio emocional e incentivo.

Ao professor e orientador Dr. Alberto Casado, por todo apoio e incentivo, por ter confiado em mim durante todo o processo de pesquisa. Agradeço por toda orientação e auxílio necessário durante o mestrado.

Aos professores Dr. Ângelo Just e Dr. Iêda Póvoas, por todo suporte e contribuição durante a pesquisa, foram muito importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos demais professores do PEC pelos ensinamentos transmitidos nas disciplinas durante o mestrado.

A Brunna Grisi, por ter ficado do meu lado, mesmo que distante durante esses dois anos, por toda paciência, amor e carinho.

Aos amigos do grupo Politech, Sabrina, Ramiro e Michelle, pela força e amizade, e ao amigo Daniel por todo companheirismo e tardes de laboratório.

Aos funcionários da POLI-UPE, pela disponibilidade e atendimento quando necessário. Obrigado ao técnico de laboratório Fábio pelo auxílio em certos procedimentos desse trabalho.

Aos professores Dr. Sandro Marden Torres em nome do TECNOMAT da UFPB e ao professor Dr. Edval Santos do LDN da UFPE, pela disposição e auxílio nos ensaios realizados.

E a todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente, que não foram citadas, mas não menos importantes, para que eu chegasse ao fim dessa etapa, meu muito obrigado a todos

## RESUMO

A indústria cimenteira está em constante transformação, novas tecnologias e materiais são desenvolvidos no setor da Construção Civil para gerar maior praticidade construtiva. Nesse sentido, a argamassa industrializada de múltiplo uso se destaca por propiciar, segundo seus fabricantes, características adequadas a diversas funções, como assentamento de blocos de vedação, revestimento de paredes e tetos e até pequenos reparos, porém seu uso indiscriminado pode favorecer o aparecimento precoce de manifestações patológicas. Nessa perspectiva, este trabalho objetiva analisar a utilização dos diferentes tipos de misturadores de argamassas (betoneira, argamassadeira de eixo horizontal e misturador tipo planetário) e diferentes tempos de mistura (120s, 180s e 240s), mostrando a influência da fase de preparo nas propriedades das argamassas industrializadas de múltiplo uso nos estados fresco e endurecido. Os ensaios de caracterização realizados no estado fresco foram: índice de consistência, densidade de massa e teor de ar incorporado; enquanto no estado endurecido foram analisadas a densidade de massa aparente, resistência à tração na flexão e à compressão. A argamassa industrializada (AI) também foi analisada através de ensaio de Difração de Raio-X (DRX) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os resultados indicaram que houve um aumento no teor de ar incorporado e no índice de consistência, conforme se aumentou o tempo de mistura, assim como esse mesmo comportamento foi observado para o misturador tipo planetário em relação aos outros misturadores. Os índices de capilaridade apresentaram pouca variação em relação às variáveis estudadas, indicando pouca sensibilidade do processo nessa característica. Quanto à resistência mecânica, foi observado que os tipos de misturadores e tempo de mistura apresentam influência nesse ensaio, conforme maior o tempo de mistura, menor a resistência mecânica, assim como o misturador planetário apresentou menores valores de resistência devido ao maior número de rotações por minuto do equipamento. O ensaio de DRX apresentado indicou que a composição das AI são constituídas inicialmente pelos mesmos componentes do cimento Portland, enquanto o MEV indicou um elevado número de bolhas de ar para argamassa preparadas com misturador planetário nos primeiros tempos de mistura. Como contribuição, pôde-se constatar, a partir dos ensaios realizados, que tanto os misturadores estudados quanto o tempo de mistura possuem influência no processo de produção das argamassas industrializadas. Para a função que se propõe as argamassas de múltiplo uso, o misturador horizontal se apresentou como melhor opção de misturador em obras, e o intervalo de mistura entre 120s e 180s, forneceu melhores características às argamassas estudadas.

**Palavras – chave:** Argamassa Industrializada. Argamassadeira de eixo horizontal. Betoneira. MEV. Procedimento de mistura.

## ABSTRACT

The cement industry is constantly changing, new technologies and materials are developed in the Civil Construction sector to generate greater constructive practicality. Thus, the multipurpose mortar stands out for providing, according to its manufacturers, characteristics suitable for various functions, such as sealing blocks, wall and ceiling covering and minor repairs, but its indiscriminate use may favor the early appearance of pathological manifestations. In this perspective, the work objective is to analyze the use of different types of mortar mixers (tilting-drum mixer, non-tilting mixer and mixer planetary) and different mixing times (120s, 180s and 240s), showing the preparation phase influence on the multipurpose mortar's properties on the Fresh and hardened states. The characterization tests performed in the fresh state were: consistency index, mass density and incorporated air content; while in the hardened state apparent mass density, tensile strength in flexion and compressive were analyzed. Industrialized mortar (IA) was also analyzed by X-ray Diffraction (XRD) and Scanning Electron Microscopy (SEM). The results indicated that there was an increase in the incorporated air content and in the consistency index, as the mixing time increased, as well as this same behavior was observed for the planetary mixer in relation to the other mixers. Capillarity indices showed little variation in relation to the studied variables, indicating little sensitivity of the process in this characteristic. As for the mechanical resistance, it was observed that the mixers types and mixing time have an influence on this test, as the longer the mixing time, the lower the mechanical resistance, as well as the planetary mixer presented lower resistance values due to the higher number of rotations per minute of the equipment. The XRD test presented indicated that the AI composition is initially made up of the same components as Portland cement, while the SEM indicated a high number of air bubbles for mortar prepared with a planetary mixer in the first mixing times. As a contribution, it was possible to verify, from the tests performed, that both the mixers studied and the mixing time have an influence on the industrialized mortars production. For the function proposed for multipurpose mortars, the non-tilting mixer presented itself the best mixer option in construction, and the mixing interval between 120s and 180s, provided better characteristics to the studied mortars.

**Keys-words:** Industrialized Mortar. Non-tilting mixer. Tilting-drum mixer. SEM. Mixing procedure.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Misturador tipo tambor não inclinado (a), tambor de reversão (b) e tambor basculante ou tipo betoneira (c).....	27
Figura 2 – Seção transversal de um misturador tipo betoneira.....	28
Figura 3 – Misturador planetário de bancada Hobart.....	29
Figura 4 – Várias configurações para misturadores tipo Planetário.....	30
Figura 5 – Misturador Contínuo modelo M-Tec D-30.....	31
Figura 6 – Microestrutura de argamassas ( $a/c = 0,485$ ) após tempo de cura de 30 dias e tempos de mistura de: (a) 3 minutos, (b) 60 minutos e (c) 90 minutos.....	32
Figura 7 – Efeito do tempo de mistura na porosidade de argamassa aos 28 dias.....	32
Figura 8 – Esquema da estrutura encontrada nos dois tipos de argamassa (a) argamassa com aditivo incorporador de ar e (b) argamassa mista de cimento e cal.....	35
Figura 9 – Fenômeno de Capilaridade.....	36
Figura 10 – Estrutura de poros aberta.....	37
Figura 11 – Estrutura de poros fechada.....	37
Figura 12 – Organograma do desenvolvimento da pesquisa.....	42
Figura 13 – Curva granulométrica das argamassas tipos A e B.....	44
Figura 14 – Equipamentos utilizados na produção das argamassas: Betoneira de Eixo inclinado (a), Misturador de Eixo Horizontal (b) e Misturador tipo Planetário (c).....	45
Figura 15 – Ensaio do Índice de Consistência.....	47
Figura 16 – Ensaio de absorção de água por capilaridade.....	48
Figura 17 – Ensaio de resistência à compressão em corpo de prova prismático.....	49
Figura 18 – Difratômetro modelo D2 Phaser.....	51
Figura 19 – Realização do ensaio de MEV.....	52
Figura 20 – Resultados de densidade de massa das argamassas no estado fresco.....	53
Figura 21 – Relação do teor incorporado em função do tempo de mistura.....	54
Figura 22 – Relação do índice de consistência em função do tempo de mistura.....	57
Figura 23 – Resultados de densidade de massa aparente das argamassas no estado endurecido.....	58
Figura 24 – Relação do coeficiente de capilaridade em função do tempo de mistura.....	60
Figura 25 – Relação da resistência à tração na flexão em função do tempo de mistura.....	62
Figura 26 – Relação da resistência à compressão em função do tempo de mistura.....	63



Figura 27 – DRX da Argamassa Industrializada de Múltiplo Uso Tipo A .....	68
Figura 28 – DRX da Argamassa Industrializada de Múltiplo Uso Tipo B.....	68
Figura 29 – Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em betoneira com tempo de 120s.....	70
Figura 30 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador horizontal com tempo de 120s.....	70
Figura 31 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador planetário com tempo de 120s .....	71
Figura 32 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em betoneira com tempo de 180s.....	72
Figura 33 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador horizontal com tempo de 180s.....	73
Figura 34 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador horizontal com tempo de 180s.....	74
Figura 35 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em betoneira com tempo de 240s.....	75
Figura 36 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador horizontal com tempo de 240s.....	75
Figura 37 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador planetário com tempo de 240s .....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de Argamassa X Função .....	24
Tabela 2 – Utilização conforme fabricantes das argamassas industrializadas .....	43
Tabela 3 – Ensaios realizados e respectivas normas .....	44
Tabela 4 – Especificações dos misturadores .....	45
Tabela 5 – Tempo dos procedimentos de mistura .....	45
Tabela 6 – Critérios da NBR 13281 quanto à densidade de massa no estado fresco .....	47
Tabela 7 – Critérios da NBR 13281 quanto à densidade de massa aparente no estado endurecido .....	48
Tabela 8 – Critérios da NBR 13281 quanto ao coeficiente de absorção de água por capilaridade.....	49
Tabela 9 – Critérios da NBR 13281 quanto resistência à compressão .....	50
Tabela 10 – Critérios da NBR 13281 quanto resistência à tração na flexão .....	50
Tabela 11 – Classificação da densidade de massa no estado fresco.....	56
Tabela 12 – Classificação da densidade de massa no estado endurecido.....	59
Tabela 13 – Absorção de água e classificação do coeficiente de capilaridade.....	61
Tabela 14 – Classificação da resistência à tração na flexão e resistência à compressão..	65
Tabela 15 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo A preparada em misturador de eixo horizontal .....	89
Tabela 16 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo B preparada em misturador de eixo horizontal .....	89
Tabela 17 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo A preparada em misturador do tipo betoneira.....	89
Tabela 18 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo B preparada em misturador do tipo betoneira.....	90
Tabela 19 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo A preparada em misturador do tipo planetário.....	90
Tabela 20 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo B preparada em misturador do tipo planetário.....	90
Tabela 21 – Análise de variância dos resultados de índice de consistência da argamassa tipo A .....	91

Tabela 22 – Análise de variância dos resultados de índice de consistência da argamassa tipo B .....	91
Tabela 23 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo A preparada em misturador de eixo horizontal .....	93
Tabela 24 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo B preparada em misturador de eixo horizontal .....	93
Tabela 25 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo A preparada em misturador tipo betoneira.....	93
Tabela 26 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo B preparada em misturador tipo betoneira.....	94
Tabela 27 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo A preparada em misturador tipo planetário.....	94
Tabela 28 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo B preparada em misturador tipo planetário.....	94
Tabela 29 – Análise de variância dos resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo A .....	95
Tabela 30 – Análise de variância dos resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo B. ....	95
Tabela 31 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo A preparada em misturador de eixo horizontal .....	97
Tabela 32 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo B preparada em misturador de eixo horizontal .....	97
Tabela 33 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo A preparada em misturador do tipo betoneira.....	97
Tabela 34 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo B preparada em misturador do tipo betoneira.....	98
Tabela 35 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo A preparada em misturador do tipo planetário.....	98
Tabela 36 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo B preparada em misturador do tipo planetário.....	98
Tabela 37 – Análise de variância dos resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo A .....	99
Tabela 38 – Análise de variância dos resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo B.....	99

Tabela 39 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo A preparada em misturador de eixo horizontal .....	101
Tabela 40 Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo B preparada em misturador de eixo horizontal .....	101
Tabela 41 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo A preparada em misturador tipo betoneira.....	101
Tabela 42 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo B preparada em misturador tipo betoneira.....	102
Tabela 43 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo A preparada em misturador planetário.....	102
Tabela 44 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo B preparada em misturador planetário.....	102
Tabela 45 – Análise de variância dos resultados de resistência à compressão da argamassa tipo A.....	103
Tabela 46 – Análise de variância dos resultados de resistência à compressão da argamassa tipo B .....	103
Tabela 47 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo A preparada em misturador de eixo horizontal .....	105
Tabela 48 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo B preparada em misturador de eixo horizontal .....	105
Tabela 49 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo A preparada em misturador tipo betoneira.....	105
Tabela 50 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo B preparada em misturador tipo betoneira.....	106
Tabela 51 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo A preparada em misturador tipo planetário.....	106
Tabela 52 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo B preparada em misturador tipo planetário.....	106
Tabela 53 – Análise de variância dos resultados resistência à tração na flexão da argamassa tipo A.....	107
Tabela 54 – Análise de variância dos resultados resistência à tração na flexão da argamassa tipo B .....	107

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Consistência das Argamassas .....	34
Quadro 2 – Classificação de materiais cimentícios quanto ao tamanho das partículas....	38
Quadro 3 – Siglas referente as argamassas utilizadas no trabalho .....	43
Quadro 4 – Quadro de desempenho das argamassas estudadas .....	67

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>1.1 Justificativa</b> .....	15
<b>1.2 Objetivos</b> .....	18
1.2.1 Objetivo geral .....	18
1.2.2 Objetivos específicos .....	18
<b>1.3 Estruturação do Trabalho</b> .....	18
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	20
<b>2.1 Argamassa Produzida em Obra</b> .....	22
<b>2.2 Argamassa Industrializada</b> .....	23
<b>2.3 Modelos de Misturadores</b> .....	26
2.3.1 Misturador tipo Betoneira .....	27
2.3.2 Misturador tipo Planetário .....	29
2.3.3 Misturador Contínuo (Eixo Horizontal) .....	30
<b>2.4 Tempo de Mistura</b> .....	31
<b>2.5 Propriedades das Argamassas no Estado Fresco</b> .....	33
2.5.1 Consistência .....	33
2.5.2 Teor de ar incorporado e Densidade de massa .....	34
<b>2.6 Propriedades das Argamassas no Estado Endurecido</b> .....	35
2.6.1 Resistência mecânica .....	35
2.6.2 Capilaridade .....	36
<b>2.7 Propriedades Microestruturais</b> .....	38
2.7.1 Difração de Raio-X (DRX) .....	39
2.7.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) .....	40
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	41
<b>3.1 Materiais</b> .....	43
<b>3.2 Métodos</b> .....	44
3.2.1 Procedimento de mistura .....	45
3.2.2 Moldagem e cura dos corpos de prova .....	46
3.2.3 Propriedades no Estado Fresco .....	46
3.2.3.1 Densidade de massa e Teor de ar incorporado .....	46
3.2.3.2 Índice de consistência .....	47

3.2.4 Propriedades no Estados Endurecido .....	47
3.2.4.1 Densidade de massa parente .....	47
3.2.4.2 Ensaio de absorção de água por capilaridade .....	48
3.2.4.3 Ensaio de resistência à tração na flexão e à compressão .....	49
3.2.5 Ensaio de DRX .....	50
3.2.6 Ensaio de MEV .....	51
3.2.7 Análise Estatística .....	52
<b>4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1 Estado fresco .....</b>	<b>53</b>
4.1.1 Densidade de massa e Teor de ar incorporado .....	53
4.1.2 Índice de consistência .....	57
<b>4.2 Estado Endurecido .....</b>	<b>58</b>
4.2.1 Densidade de massa aparente .....	58
4.2.2 Absorção de água por capilaridade .....	60
4.2.3 Resistencia à tração na flexão e à compressão .....	62
<b>4.3 Quadro de Resumos .....</b>	<b>66</b>
<b>4.4 Difração de Raio-X (DRX) .....</b>	<b>68</b>
<b>4.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) .....</b>	<b>69</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>80</b>
APÊNDICE A .....	88
APÊNDICE B .....	92
APÊNDICE C .....	96
APÊNDICE D .....	100
APÊNDICE E .....	104

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

Diversas tecnologias e materiais vêm sendo utilizados na indústria da Construção Civil com intuito de proporcionar rapidez no desenvolvimento construtivo, melhoria da produtividade e redução de perdas, sendo estes, desafios recorrentes dessa indústria. A argamassa industrializada é um exemplo disso, um produto industrializado de dosagem controlada, composta em geral por aglomerantes minerais, agregado miúdo, aditivos e adições, conforme cita a NBR 13281 (ABNT, 2005a).

Para Oliveira (2006), a argamassa industrializada possui algumas vantagens sobre a argamassa tradicional, como uma melhor homogeneidade do traço, maior controle tecnológico, menor desperdício, maior rendimento, produtos específicos para cada utilização, redução de ocorrência de patologias, produtos normalizados, controle de estoque, rastreabilidade de produto, racionalização do canteiro, maior produtividade, diminuição da interferência da mão de obra na qualidade do produto, entre outras.

Selmo et al. (2002) citam que, a partir da década de 90, houve um aumento progressivo do uso de argamassas industrializadas nos serviços de alvenarias e revestimentos de edifícios no Brasil, tanto pelos investimentos da indústria cimenteira para ofertar esses produtos, quanto pela evolução das metas de racionalização na Construção Civil.

Ainda segundo Selmo et al. (2002), a argamassa industrializada de múltiplo uso é um termo utilizado para designar aquelas argamassas que podem ser empregadas em assentamento de alvenaria de vedação, revestimento de paredes e tetos, e ainda para revestimento de pisos e contrapisos e têm seus constituintes e sua composição determinados pela finalidade de emprego do produto, de modo a conferir propriedades necessárias ao bom desempenho.

Estima-se que o setor de argamassas tenha faturado em 2014, R\$ 1,597 bilhão, tendo aumentado cerca de 2% em relação ao ano anterior. Nesse ano de 2014, 16,4% da produção de cimento Portland no Brasil foi destinado ao setor de argamassas. Quanto ao



consumo, em 2015 foram utilizadas 1,208 mil toneladas de argamassa, que representa um aumento de 19% em relação ao ano de 2014 (SINAPROCIM, 2015).

Diversas marcas dessas argamassas industrializadas com diferentes funções podem ser encontradas no mercado nacional, entre elas a de múltiplo uso, sendo importante discutir as suas propriedades e especificações como forma de avaliação de desempenho, para o aperfeiçoamento dos processos de fabricação, compra e controle desses produtos.

As argamassas industrializadas de múltiplo uso se destacam por propiciar, segundo seus fabricantes, características adequadas para funções diversas, como assentamento de diversos tipos de alvenarias de vedação, revestimento de paredes e tetos e até para pequenos reparos e reformas em geral. Porém, o uso indiscriminado desse tipo de material pode vir a gerar problemas, pois para cada situação a argamassa em questão necessita de características distintas.

Em estudo realizado por Schankoski, Prudêncio Jr. e Pilar (2015) foram avaliados o uso de argamassas, entre elas a industrializada de múltiplo uso, em blocos de alvenaria estrutural de concreto na construção de edifícios altos, constatando que as argamassas utilizadas não possuíam capacidade necessária de gerar um conjunto com desempenho satisfatório. Os autores citam que as empresas têm optado por empregar uma central única de produção para utilizar somente um tipo de argamassa industrializada, sendo essa de múltiplo uso, para várias aplicações. Essa escolha sugere que existe apenas um tipo de argamassa que satisfaça os requisitos mínimos exigidos para suas diversas aplicações, o que dificilmente pode ser atendido.

Outra problemática é referente às Normas Brasileiras, que não apresentam valores de referência de acordo com as funções de cada argamassa, o que dificulta julgamentos quanto à adequação dessas argamassas aos usos que se propõem a desempenhar e comparações entre elas próprias (COUTINHO; PRETTI; TRISTÃO, 2013).

Logo, estudar o processo de mistura (tipo de misturador e tempo de mistura) das argamassas industrializadas é de extrema importância, para entender sobre suas funcionalidades e comportamentos frente às diferentes formas de produção, que podem

variar de obra para obra. Dessa forma, argamassas podem ser misturadas de duas formas: manual ou mecanicamente. Quando são misturadas manualmente, dificilmente é atingido o mesmo nível de desaglomeração e incorporação de ar obtido após a mistura mecânica, devido à menor eficiência, causando menor produtividade nos serviços que a utilizam (ROMANO et al., 2010).

Ainda segundo Romano et al. (2010) existem basicamente dois tipos de equipamentos mais utilizados em obras para esse fim: as Betoneiras (B) e os misturadores de Eixo Horizontal (EH), existindo ainda outros equipamentos que desempenham a mesma função.

Para Hemalatha et al. (2015), o processo de mistura é eficaz quando torna o material homogêneo, sendo essa uma pré-condição para resultados de ensaios confiáveis. É importante controlar o processo de mistura assim como os ensaios de forma cuidadosa para se obter resultados consistentes. O procedimento de mistura refere-se a todos os parâmetros durante a mistura, como o tipo de misturador, a duração da mistura, o tempo de relaxamento e a introdução de aditivos quando necessário.

A sequência de adição dos insumos na mistura é fundamental para o desempenho no estado fresco. Nesse procedimento deve existir uma garantia de homogeneidade, a padronização do traço e o controle do consumo de água, que são fatores que deverão influenciar diretamente na obtenção de bons resultados (YANG; JENNINGS, 1995).

O procedimento de mistura também irá impactar no desempenho no estado endurecido das argamassas. Pois, quando há uma distribuição uniforme das partículas através de um método de mistura adequado, resultando no melhor empacotamento (causada por adequada proporção e tamanho das partículas, no qual os vazios são preenchidos por partículas menores) das mesmas, há uma tendência no aumento da resistência mecânica do material (PARK et al., 2006).

Dificilmente uma mistura manual conseguirá atingir o mesmo nível de aglomeração e teor de ar incorporado quando comparada ao procedimento mecânico e, por esse motivo, a NBR 7200 (ABNT, 1998) preconiza a utilização de mistura por processo mecanizado

e, somente em casos excepcionais, por processo manual, que tende a apresentar uma menor eficiência, provocando a diminuição da produtividade da aplicação do revestimento, por exemplo.

Além do procedimento de mistura, a NBR 7200 (ABNT, 1998) salienta a necessidade das diversas argamassas produzidas no decorrer da obra de manterem a mesma trabalhabilidade e, para isso, faz-se necessário corrigir teores de agregados e adições das misturas quando há variação de umidade.

Diante disso, percebe-se a importância em aprofundar sobre o processo de produção de argamassas e ainda sobre a necessidade de maior ênfase sobre os tipos de misturadores e tempo de mistura, e quais influências os mesmos possuem nesse processo produtivo afim de proporcionar melhores práticas na Construção Civil.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo desta pesquisa consiste em analisar a influência das variáveis que compõem o processo de mistura (tempo de mistura e tipo de misturador) nas propriedades de argamassas industrializadas de múltiplo uso, nos estados fresco e endurecido.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar os efeitos causados pelos tipos de misturadores sobre as propriedades da argamassa nos estados fresco e endurecido.
- Avaliar a influência do tempo de mistura nas propriedades das argamassas.
- Analisar o comportamento microestrutural de argamassas industrializadas frente a diferentes processos de mistura.
- Comparar os resultados entre diferentes produtores da argamassa industrializada de múltiplo uso.

## **1.3 Estruturação do Trabalho**

Este trabalho apresenta 5 capítulos, sendo o primeiro uma introdução acerca do tema. O

segundo capítulo expõe um referencial teórico sobre os tipos de argamassas, as produzidas em obras e as industrializadas; também são apresentados os tipos de misturadores a serem utilizados durante a pesquisa, assim como a influência que esses tipos de equipamentos e o tempo de mistura possuem sobre as propriedades no estado fresco e endurecido das argamassas; também são mencionados sobre as propriedades das argamassas nos estados fresco, endurecido e macroestrutural, no terceiro capítulo é descrito o procedimento experimental que será adotado para execução da pesquisa, mostrando quais ensaios serão realizados assim como quais materiais serão estudados. O quarto capítulo refere-se aos resultados obtidos e suas respectivas discussões. O quinto capítulo aborda as conclusões que puderam ser obtidas através da pesquisa. Ao final do trabalho são apresentadas as referências utilizadas e, em seguida, apêndice com detalhes sobre a estatística.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Seja em argamassa ou em concreto, as misturas são geralmente realizadas de forma manual ou mecanizada. Na operação manual, não há controle da energia empregada e não corresponde aos requisitos de produtividade. Na mistura mecânica, a questão remete ao emprego dos mais eficientes equipamentos existentes no mercado e, como tal, o controle em termos de energia empregada na mistura é incipiente (FRANÇA; CARDOSO; PILLEGI, 2013).

Diferentes parâmetros que podem influenciar no processo de mistura foram analisados por estudos anteriores (ANTUNES; JOHN; PILEGGI, 2005; JÉZÉQUEL; COLLIN, 2007; CARDOSO, 2009; ROMANO et al., 2009; PRASITTISOPIN; TREJO, 2015; FUKUI et al., 2018), tais como a sequência de mistura (PILEGGI et al., 2001; CHEN; STRUBLE, 2009), tempo de mistura (CHOPIN; LARRARD; CAZACLIU, 2004) e os tipos de misturadores (AMZIANE, FERRARIS, KOEHLER, 2005; ROMANO et al., 2009).

Johanson (1971) variou o tempo de mistura e mediu a homogeneidade do concreto com propriedades frescas e endurecidas. Os resultados do estudo indicaram que um tempo de mistura mais longo aumenta a homogeneidade do concreto até um ponto. Depois disso, a homogeneidade do concreto depende fortemente do tipo de misturador e constituintes da mistura. A recomendação deste estudo é que o tempo ideal de mistura deve ser determinado para cada mistura de concreto antes de iniciar uma produção em larga escala. A homogeneidade é medida pelo exame microestrutural da composição, como distribuição dos vários constituintes, incluindo conteúdo de ar, presença de poros e arranjo de grãos de cimento hidratados e não-hidratados pela Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Por outro lado, a homogeneidade foi medida por propriedades macroscópicas, como resistência à compressão e trabalhabilidade.

Em seu estudo, Rejeb (1996) examinou o efeito de um método de mistura em duas etapas, compostas por uma preparação prévia da pasta de cimento e na sequência a mistura dos agregados para produção do concreto. Esse método foi comparado com o método convencional, no qual foi constatado uma melhora na resistência à compressão. Tal

processo gerou uma hidratação mais eficiente do cimento, sugerindo um contato mais próximo entre as partículas de cimento e água.

Para Romano et al. (2009), quando avaliaram os impactos dos tipos de equipamentos para mistura na incorporação de ar em argamassas industrializadas e o efeito nas propriedades após o endurecimento, sendo observado que a incorporação de ar acontece devido a adaptação entre o equipamento utilizado na mistura e a formulação da argamassa, pôde-se identificar a sensibilidade das argamassas ao tipo de misturador.

Takahashi, Bier e Westphal (2011) avaliaram o efeito do tempo de mistura na microestrutura de materiais cimentícios e relataram que as misturas que foram trabalhadas por mais tempo apresentam uma microestrutura alterada de produtos hidratados.

Hiremath e Yaragal (2017) estudaram o processo produtivo (método de mistura, velocidade e duração da mistura) de Concreto de Pós Reativos (CPR), material esse cuja produção possui forte influência em suas propriedades mecânicas. Foi constatado que as técnicas de mistura otimizadas são benéficas para a melhora das propriedades do estado fresco e endurecido. A velocidade de mistura e a duração também têm efeito significativo nas propriedades frescas e endurecidas do CPR, sendo que para uma maior velocidade e maior tempo de mistura, há uma diminuição nas características de fluxo e força do CPR. A análise de microestrutura revela que uma maior velocidade de mistura e maior duração da mistura aumenta a porcentagem de poros no CPR, levando a uma redução nas propriedades endurecidas.

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), quanto à forma de produção, as argamassas misturadas em obra são aquelas em que a medição e a mistura dos materiais ocorrem no próprio canteiro de obras, podendo ser manual ou mecânica. Seus materiais são medidos em volume ou massa, podendo ser compostas por um ou mais aglomerantes.

As argamassas industrializadas, também quanto à forma de processamento, ainda de acordo com a NBR 13529 (ABNT, 2013), são aquelas provenientes da dosagem controlada, em instalações próprias (indústrias), de aglomerante, agregados, e, eventualmente, aditivo, em estado seco e homogêneo, compondo uma mistura seca à qual

o usuário somente adiciona a quantidade de água requerida para proceder à mistura (água de amassamento).

## **2.1 Argamassa produzida em obra**

No Brasil, a argamassa conceituada como feita em obra passou a ser utilizada no primeiro século de nossa colonização, para assentamento de alvenaria e pedra (largamente utilizada na época). A cal que constituía tal argamassa era obtida através da queima de conchas e mariscos e o óleo da baleia também era muito utilizado como aglomerante com preparo de argamassa para assentamento (WESTPHAL; WESTPHAL, 2013).

Segundo Recena (2012), as argamassas passaram a ser produzidas em obra a partir da extinção da cal para uma futura mistura com areia e cimento. O controle sobre a qualidade desse material era alto, principalmente na produção. Era possível concluir uma obra rigorosamente com uma mesma argamassa. Atualmente é considerada uma argamassa feita em obra, tanto a produzida em betoneira, a partir da adição de cimento Portland, como uma argamassa intermediária de cal e areia comprada como aquela proporcionada a partir da mistura em betoneira de cimento Portland, cal e agregado miúdo.

A produção de argamassas em obra a partir de misturas intermediárias foi um procedimento absoluto durante muitos anos, a ponto de permitir o emprego nebuloso do termo argamassa para identificar essas argamassas de cal compradas prontas. O sistema generalizou tanto que qualquer loja de materiais de construção possuía uma unidade de produção dessas argamassas, cada uma produzia à sua maneira com materiais distintos e traços diferentes com diferenças enormes de qualidade (RECENA, 2012).

As argamassas produzidas em obra são as mais tradicionais no Brasil. Este tipo de argamassa é produzida a partir de uma dosagem definida de acordo com os materiais empregados. As argamassas produzidas em obra normalmente são compostas de materiais aglomerantes, água, agregados, podendo ou não ter a adição de aditivos. O grande problema deste tipo de argamassa é a dosagem, que muitas vezes é feita de forma inadequada afetando as propriedades exigidas das argamassas (RECENA, 2008).

Regattieri e Silva (2003) afirmam que as argamassas produzidas em obra envolvem um número maior de processos para sua fabricação, com isso necessitam de maior espaço de armazenamento para os materiais, maior demanda de transporte de materiais dentro do canteiro de obras, e conseqüentemente uma maior utilização de mão de obra.

Em trabalho realizado por Coutinho, Pretti e Tristão (2013), no qual foram avaliadas argamassas preparadas em obra e argamassas industrializadas para assentamento de blocos de vedação no município de Vitória – ES, pôde se observar que há grande quantidade de empresas que ainda utilizam argamassa preparada in loco. Quanto às características no estado fresco, os resultados foram semelhantes, enquanto no estado endurecido houve diferença, apresentando um elevado índice nos ensaios mecânicos para as argamassas preparadas em obras, sugerindo a falta de controle tecnológico nas misturas realizadas.

## **2.2 Argamassa Industrializada**

As argamassas industrializadas surgiram no final do século XIX, na Europa e nos EUA, tendo seu uso disseminado no Brasil na década de 1990, sendo as mesmas conceituadas como misturas prontas dosadas em plantas industriais para as quais, na obra, necessitam de poucas etapas para ficarem prontas (EUROPEAN MORTAR INDUSTRY ORGANISATION - EMO, 2006), (SELMO, et al. 2002).

Já segundo Recena (2008), as argamassas industrializadas fornecidas em sacos são produtos encontrados no mercado, que estão prontos para a utilização necessitando somente a adição de água. Este tipo de argamassa pode ser encontrado no mercado como sendo a base de cimento Portland, aditivos e adições, ou então a base de cal. O agregado utilizado pode ser tanto areia de rio, quanto areia artificial.

Antunes (2008) afirma que a principal vantagem de se utilizar as argamassas ensacadas é ter sempre um traço uniforme. Outra vantagem é que a responsabilidade de produção da argamassa em suas propriedades corretas passa a ser de terceiros. O autor completa sua ideia enfatizando que mesmo as argamassas ensacadas precisam de uma definição de traço feita em projeto, de acordo com as necessidades da obra. De acordo com Silva



(2008), outro fator a ser analisado é a facilidade em se fazer o controle do consumo de argamassa, evitando desperdícios, o que afeta diretamente no custo final da obra.

Quanto às suas funções, as argamassas podem ser classificadas, conforme esclarece Carasek (2009) de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos de Argamassa X Função.

TIPOS	FUNÇÕES
Para construção de Alvenarias	Argamassa para assentamento
	Argamassa para fixação – alv. de elevação
Para revestimentos de tetos e paredes	Argamassa para chapisco
	Argamassa para emboço
	Argamassa para reboco
	Argamassa para camada única
Para revestimentos de pisos	Argamassa para revestimento decorativo
	Argamassa para contrapiso
	Argamassa para piso de alta resistência
Para revestimentos cerâmicos	Argamassa colante
	Argamassa para rejunte
Para recuperação de Estruturas	Argamassa para reparo

Fonte: adaptado Carasek (2009).

Recena (2008) cita que as argamassas industrializadas são identificadas em função do uso recomendado, tendo, além das categorias de argamassa colante para aplicação de revestimentos cerâmicos internos e externos, argamassas para assentamentos de elementos em alvenarias estruturais, em alvenarias de fechamento e em revestimentos internos e externos, além de contrapisos e regularizações onde a resistência mecânica é uma das principais exigências. Alguns tipos de argamassa industrializadas encontradas no mercado são:

a) Colante: NBR 14081 (ABNT, 2012) denomina como um produto industrial, no estado seco, composto por cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos. Quando misturada à água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no

assentamento de placas cerâmicas para revestimento. Sendo classificadas como AC-I, AC-II e AC-III.

- AC-I: possui características de resistência às solicitações mecânicas e termohigrométricas típicas de revestimentos internos, com exceção daqueles aplicados em saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais.
- AC-II: possui características de adesividade que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes internos e externos sujeitos a ciclos de variação termohigrométrica e à ação do vento.
- AC-III: apresenta aderência superior em relação às argamassas dos tipos I e II. Esta argamassa é indicada para uso em fachadas.

Rejuntamento: as argamassas de rejuntamento são ideais para preencher os espaços livres entre as placas cerâmicas em áreas internas e externas. A NBR 14992 (ABNT, 2003) traz duas classificações:

b) Rejuntamento tipo I: argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas para uso em ambientes internos e externos, desde que sejam aplicados com restrição quanto ao trânsito de pedestre e com placas de absorção abaixo de 3%; devem também ser aplicados em ambientes externos que não excedam 20m<sup>2</sup>.

- Rejuntamento tipo II: argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas para uso em ambientes internos e externos, aplicados nas mesmas condições do Tipo-I, porém sem limite de áreas e trânsito de pedestre; também pode ser aplicada em ambientes com presença de água estancada.

c) Revestimento e Assentamento

São indicadas para o revestimento de tetos e paredes de alvenaria, em áreas internas e externas, e assentamento de blocos de alvenaria de vedação e estrutural.

A argamassa de assentamento é utilizada para unir os blocos de alvenaria convencionais ou estruturais diversos. São usadas em alvenaria de vedação, alvenaria estrutural e para complementação da alvenaria.

Já as argamassas de revestimento têm a função de proteger, conferir rugosidade ou corrigir defeitos. São diferenciadas em argamassas para revestimento interno e para revestimento externo.

A NBR 13281 (ABNT, 2005a) traz ainda os seguintes tipos:

Argamassa para assentamento: argamassa indicada para assentamento de componentes de vedação (como blocos e tijolos) no assentamento de alvenaria, seja com função de vedação ou estrutural.

Argamassa para revestimento de paredes e tetos: argamassa indicada para revestimentos de ambientes internos e externos, caracterizando-se como camada de regularização (emboço ou camada única).

Argamassa de uso geral: argamassa indicada para assentamento de alvenaria sem função estrutural e revestimento de paredes e tetos internos e externos.

Argamassa para reboco: argamassa indicada para cobrimento de emboço, propiciando uma superfície fina que permita receber o acabamento; também denominada massa fina

Argamassa decorativa: argamassa de acabamento indicada para revestimentos com fins decorativos.

### **2.3 Modelos de Misturadores**

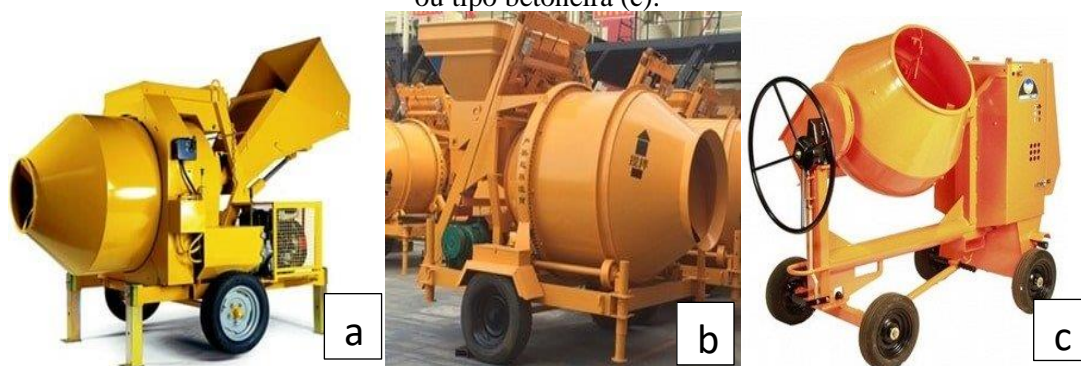
Os misturadores podem ser divididos em dois grupos principais: um misturador de lotes e misturadores contínuos. Um misturador de lote pode produzir uma determinada quantidade de material num determinado período e deve ser esvaziado completamente após cada mistura, sendo dois tipos principais podem ser distinguidos. O misturador tipo betoneira possui um eixo de rotação horizontal ou inclinado. Tem pás fixas para levantar os materiais enquanto o tambor gira. A inclinação do eixo de rotação do tambor pode ser controlada e, por vezes, sua velocidade de rotação também. O misturador planetário, com um eixo vertical de rotação, tem um recipiente cilíndrico (fixo ou rotativo) que contém o material. Uma ou dois segmentos de pás giram dentro do recipiente para misturar os materiais, enquanto outra pá raspa a parede. As formas das pás e os eixos de rotação podem variar (DILS; SCHUTTER; BOEL, 2012).

### 2.3.1 Misturador tipo Betoneira

Conforme citado por Ferraris (2001), todos os misturadores de tambor possuem um recipiente com uma seção transversal (Figura 1). As lâminas são presas ao interior do tambor móvel. Sua finalidade principal é levantar os materiais enquanto o tambor gira. Em cada rotação o material levantado volta ao misturador (processo de tombamento) na parte inferior do tambor e o ciclo recomeça. Os parâmetros que podem ser controlados são a velocidade de rotação do tambor e, em certos misturadores, o ângulo de inclinação do eixo de rotação. Existem três tipos principais de misturadores de tambor:

- tambor não inclinado;
- tambor de reversão;
- tambor basculante.

Figura 1 – Misturador tipo tambor não inclinado (a), tambor de reversão (b) e tambor basculante ou tipo betoneira (c).



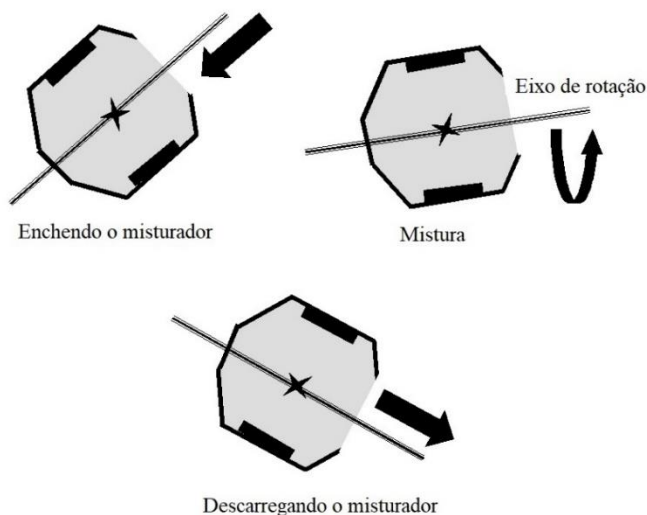
Fonte: (PEVERIL MACHINERY, 2018)

O misturador de tambor não inclinado implica que a orientação do tambor é fixa. Os materiais são adicionados em uma extremidade e descarregados na outra (Figura 2). O tambor de reversão é semelhante ao misturador sem inclinação, exceto que a mesma abertura é usada para adicionar os constituintes e descarregar o material final. O tambor gira em uma direção para misturar e na direção oposta para descarregar o concreto. Existem dois tipos de lâminas ligadas às paredes internas do tambor: um conjunto arrasta o material para cima e em direção ao centro do misturador quando o tambor gira em uma direção; o segundo conjunto de lâminas empurra o concreto em direção à abertura quando o tambor gira na outra direção. As lâminas têm um arranjo espiral para obter o efeito desejado para descarga e mistura. Os misturadores de tambor reversores são geralmente usados para lotes de até 1m<sup>3</sup> (FERRARIS, 2001).

Conforme cita Sonnenberg (1998), a velocidade de mistura geralmente é de 15 rpm, enquanto o transporte de concreto pré-misturado usa apenas 2 rpm a 6 rpm. Em um misturador de tambor basculante, a inclinação pode ser variada. Quando o tambor é quase horizontal (inclinação 0), mais energia é fornecida ao concreto misturado porque mais material é elevado ao diâmetro total do tambor antes de cair, sendo nessa fase de queda que o material é misturado. Portanto, quanto maior a queda, maior a energia transmitida ao material misturado.

Se o eixo de rotação é quase vertical, as lâminas não podem levantar o material não gerando uma boa mistura. O eixo do tambor geralmente fica em um ângulo de aproximadamente 15° da horizontal durante a mistura. Para a descarga do concreto ou argamassa, o tambor é inclinado para baixo abaixo do plano horizontal. O tambor basculante é o tipo mais comum de misturador de tambor para pequenos lotes (menos de 0,5m<sup>3</sup>) tanto no laboratório quanto no campo (SONNENBERG, 1998).

Figura 2 – Seção transversal de um misturador tipo betoneira.



Fonte: Adaptado Ferraris (2001).

O uso de betoneiras não é recomendado para a mistura de argamassas, apenas para o concreto, no qual a mistura ocorre pelo tombamento do agregado graúdo, quando a massa alcança a posição superior do tambor; isto é dificultado no caso de argamassas, que possuem apenas agregados miúdos, mais leves, não permitindo a queda da massa.

### 2.3.2 Misturador tipo Planetário

O misturador planetário (Figura 3) é um misturador de fluxo múltiplo que requer menor tempo de mistura e garante uma excelente homogeneidade em misturas que têm uma baixa relação água/cimento (HEMALATHA et al., 2015). Ele não ganhou aceitação na produção de misturas prontas por causa do pequeno tamanho e reputação de alto desgaste de lâminas e revestimentos (DOBROWOSLKI, 1998). Misturadores planetários são comumente encontrados em fábricas de concreto pré-moldado e para ensaios de laboratório com argamassas, no qual a produção é menor.

Figura 3 – Misturador planetário de bancada Hobart.



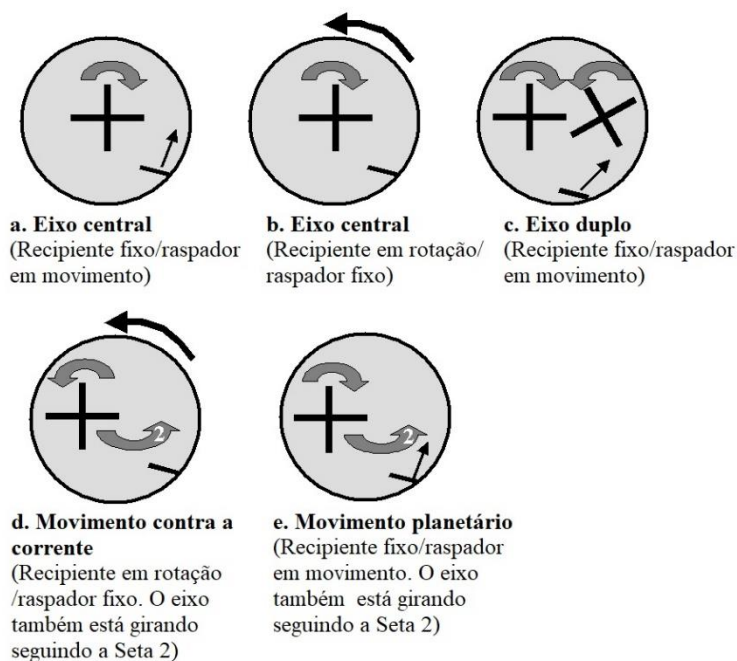
Fonte: França; Cardoso; Pileggi (2013).

De acordo com Beitzel (1984), todos os misturadores planetários trabalham basicamente no mesmo princípio: um recipiente cilíndrico (fixo ou giratório) contém o material a ser misturado, enquanto um ou dois conjuntos de lâminas giram dentro do recipiente para misturar os materiais e uma lâmina raspa a parede do recipiente.

As formas das lâminas e os eixos de rotação variam. A Figura 4 mostra as diferentes combinações de configurações de pás e recipiente. O outro elemento do misturador é o raspador. Às vezes, o eixo de rotação das pás coincide com o eixo do recipiente (misturador de pás única, Figuras 4a e 4b). Outros misturadores planetários têm o deslocamento de eixo (misturador de movimento planetário e movimento de contracorrente (Figuras 4d e 4e)). Nestes casos, existem duas rotações: as lâminas giram em torno de seus eixos e em torno do eixo do recipiente (Seta 2 na Figuras 4d e 4e). A outra possibilidade é ter dois eixos que giram de maneira sincronizada (eixo duplo

(Figuras 4c)). Esta é uma lâmina suspensa em um ângulo próximo à parede interna do recipiente. Seu papel é raspar o concreto que tende a estagnar-se perto da parede do recipiente e empurrá-lo para dentro, de modo que ele encontre as lâminas rotativas. Se o recipiente estiver a rodar, o raspador pode simplesmente ser fixo, isto é, suspenso perto da parede do recipiente e sem se mover. Se o recipiente estiver fixo, o raspador deve se mover para empurrar o concreto em direção às lâminas. Normalmente as partes móveis individuais, isto é, as lâminas, o recipiente e o raspador, são alimentados independentemente. Para descarregar o misturador o recipiente é normalmente esvaziado por uma armadilha no fundo. Para pequenos misturadores (menos de 20L ou 0,02m<sup>3</sup>), as lâminas são levantadas e o recipiente pode ser removido para esvaziar o misturador (FERRARIS, 2001).

Figura 4 – Várias configurações para misturadores tipo planetário.



Fonte: Adaptado Ferraris (2001).

### 2.3.3 Misturador Contínuo (Eixo Horizontal)

A segunda categoria de misturadores são os misturadores contínuos, como o nome indica, os materiais são continuamente alimentados no misturador na mesma velocidade que o material é descarregado. Eles são geralmente tambores sem inclinação com lâminas do tipo parafuso girando no meio do tambor. O tambor é inclinado para baixo em direção à abertura de descarga. O tempo de mistura é determinado pela inclinação do tambor

(geralmente cerca de 15°). Esses misturadores são usados para aplicações que exigem um tempo de trabalho curto, tempo de descarregamento longo, locais remotos (não adequados para mistura pronta) ou pequenas entregas (ACI, 1991).

Esses tipos de misturadores (Figura 5) são indicados para utilização com sistemas de projeção contínua, pois produzem volumes de argamassas compatíveis com altas demandas de produção. Eles devem receber a argamassa seca previamente homogeneizada, pois não possuem as pás de eixo horizontal, responsáveis pela mistura adequada do material, existentes nas misturadoras de argamassas intermitentes, de tal forma que são mais adequados para utilização juntamente com argamassas industrializadas (ZENALATTO, 2012).

Figura 5 – Misturador Contínuo modelo M-Tec D-30.



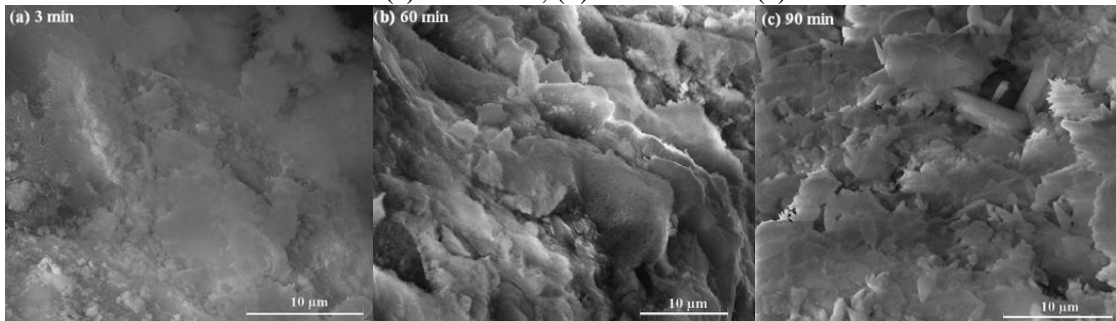
Fonte: M-Tec (2020).

## 2.4 Tempo de Mistura

Segundo Prasittisopin e Trejo (2015), a microestrutura das amostras misturadas por 3 minutos (Figura 6(a)) exibem superfícies mais suaves e mais semelhantes a gel do que as amostras misturadas por períodos mais longos. As superfícies de amostras misturadas por 60 minutos (Figura 6(b)) exibem superfícies irregulares, e a microestrutura das amostras misturadas por 90 minutos (Figura 6 (c)) também exibem superfícies irregulares.



Figura 6 – Microestrutura de argamassas ( $w/c = 0,485$ ) após tempo de cura de 30 dias e tempos de mistura de: (a) 3 minutos, (b) 60 minutos e (c) 90 minutos.

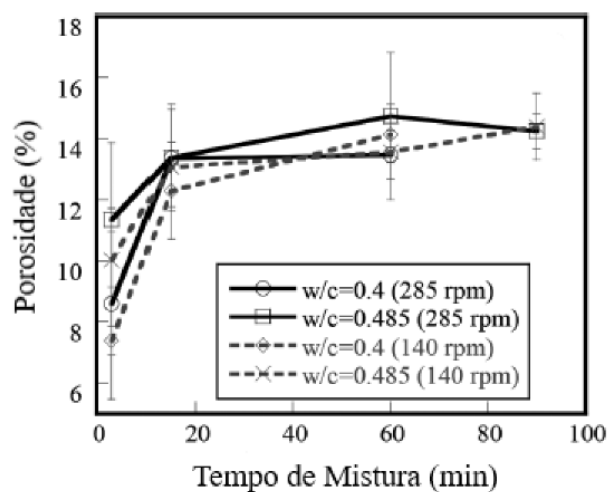


Fonte: Prasittisopin; Trejo (2015).

Diamond (2005) e Takahashi; Bier; Westphal (2011), quando avaliaram o efeito do tempo de mistura na microestrutura de materiais cimentícios, relatam que, quando estes materiais foram misturados por mais tempo apresentaram uma microestrutura alterada. A literatura indica que tempos de mistura mais longos podem modificar a microestrutura, o que pode resultar na alteração da porosidade.

Han; Ros; Shima (2013) relatam que o aumento do tempo de mistura resulta em uma redução na resistência à compressão das misturas, sendo esse resultado associado à diminuição da trabalhabilidade e ao aumento da porosidade. Os tempos de mistura prolongados resultaram em valores de porosidade mais elevados (Figura 7).

Figura 7 – Efeito do tempo de mistura na porosidade de argamassa aos 28 dias.



Fonte: Prasittisopin e Trejo (2015).

## 2.5 Propriedades das Argamassas no Estado Fresco

As argamassas de base cimentícia podem ser utilizadas em diversas ocasiões com características diferentes e condições ambientais variadas. Logo, considera-se importante dar ênfase às propriedades das argamassas, considerando sua interação com os materiais que as compõem. As argamassas no estado fresco devem ter diversas propriedades para que apresentem um bom desempenho, sendo apresentadas a seguir algumas delas.

### 2.5.1 Consistência

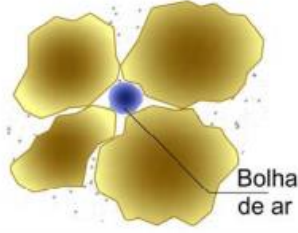
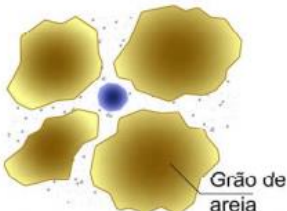
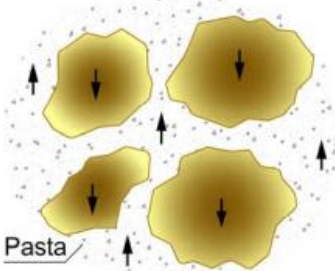
Segundo Cincotto, Silva e Cascudo (1995), trata-se da propriedade pela qual a argamassa no estado fresco tende a resistir à deformação. Conforme a Rilem (1982), a consistência e a plasticidade de uma argamassa são as principais características que determinam sua trabalhabilidade.

Para Carasek (2007), a plasticidade é influenciada pelos tipos e pelas quantidades de aglomerantes e agregados; pelo tempo e pela intensidade de mistura; além da presença de aditivos. Ressalta ainda que a plasticidade adequada para cada mistura, de acordo com a finalidade e forma de aplicação da argamassa, exige uma quantidade ótima de água, propiciando uma consistência ótima. Portanto, consistência e plasticidade são os principais fatores condicionantes da trabalhabilidade.

O Quadro 1 apresenta uma breve explicação do comportamento microestrutural quanto à consistência das argamassas, levando em consideração o comportamento dos grãos presentes na argamassa em contato com os fluídos e as bolhas de ar.

Para a avaliação da consistência da argamassa é utilizada tradicionalmente no Brasil a mesa de consistência (flow table) prescrita pela NBR 7215 (ABNT, 1996) e são realizados procedimentos de ensaio para determinação do índice de consistência prescrito pela NBR 13276 (ABNT, 2016).

Quadro 1 – Consistência das Argamassas

Argamassa Seca	A pasta aglomerante somente preenche os vazios entre os agregados, deixando-os ainda em contato. Existe o atrito entre as partículas que resulta em uma massa áspera.	
Argamassa Plástica	Uma fina camada de pasta aglomerante “molha” a superfície dos agregados, dando uma boa adesão entre eles com uma estrutura pseudo-sólida.	
Argamassa Fluída	As partículas de agregado estão imersas no interior da pasta aglomerante, sem coesão interna e com tendência de depositar-se por gravidade (segregação). Os grãos de areia não oferecem nenhuma resistência ao deslizamento, mas a argamassa é tão líquida que se espalha sobre a base, sem permitir a execução adequada do trabalho.	

Fonte: Carasek (2009).

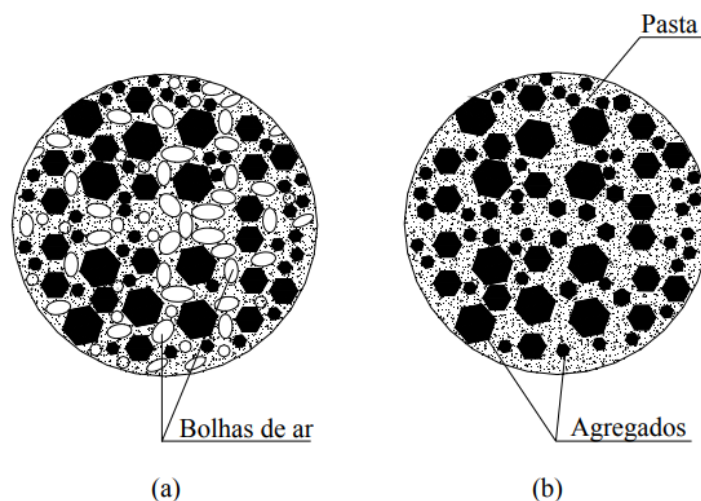
### 2.5.2 Teor de Ar incorporado e Densidade de Massa

O teor de ar incorporado é a quantidade de ar existente em certo volume de argamassa (BEZERRA, 2010). À medida que o teor de ar aumenta, a densidade da argamassa diminui, aumentando a trabalhabilidade da mesma. Porém, uma argamassa com menor densidade de massa e excesso de ar incorporado, embora com melhor trabalhabilidade, pode reduzir a resistência mecânica e a aderência da argamassa devido à reduzida ligação entre pasta/agregado (KANNING, 2013).

A Figura 8 descreve esquematicamente a estrutura encontrada no interior das argamassas, indicando a presença de bolhas de ar na Figura 8 (a), o que favorece na sua

trabalhabilidade, porém, pode reduzir suas características mecânicas. Enquanto na Figura 8 (b), a argamassa mista, que simula um traço dito comum, apresenta uma menor quantidade de teor de ar incorporado. A avaliação do teor de ar incorporado pode ser realizada através do método proposto pela NBR 13278 (ABNT, 2005b).

Figura 8 – Esquema da estrutura encontrada nos dois tipos de argamassa (a) argamassa com aditivo incorporador de ar e (b) argamassa mista de cimento e cal.



Fonte: Bauer, Sousa; Guimarães (2005).

## 2.6 Propriedades das Argamassas no Estado Endurecido

As propriedades que regem o estado endurecido das argamassas, quando aferidas, indicam a capacidade do material em atender às solicitações a elas exigidas (NASCIMENTO, 2014). As variáveis que sustentam as propriedades no estado endurecido não se apoiam apenas nas características das argamassas, mas também nas do substrato e nas condições do ambiente em que está inserido o material (SILVA, 2006)

### 2.6.1 Resistência Mecânica

É definida como a capacidade das argamassas resistirem às tensões de compressão, tração ou cisalhamento. Carasek (2007) ressalta que a resistência mecânica diz respeito à propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos das mais diversas origens e que se traduzem, em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento. Esta propriedade das argamassas depende do consumo e da natureza dos agregados e aglomerantes, da

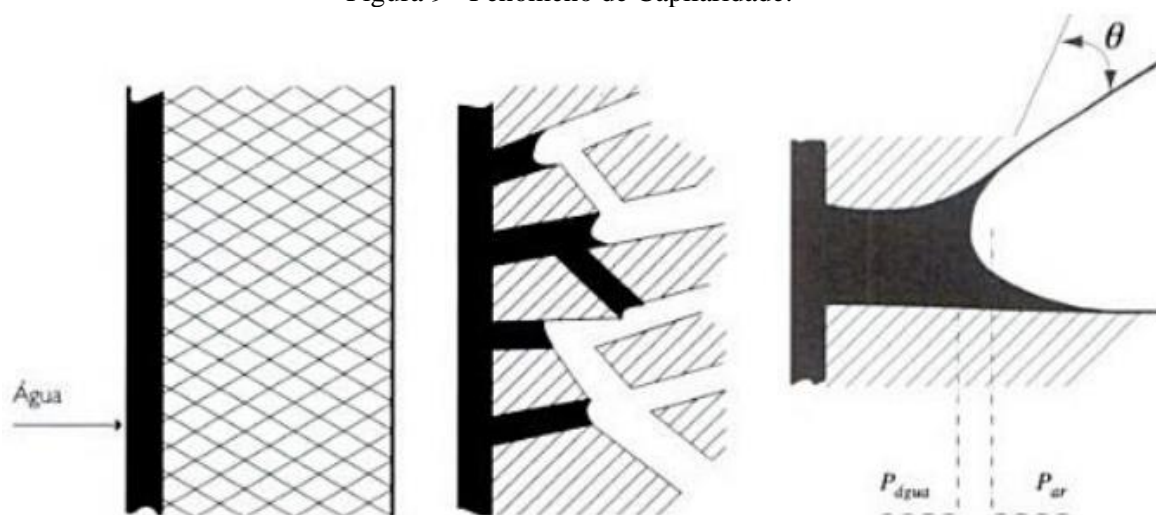
dosagem dos materiais, da relação água/aglomerante (ROCHA, 2005), e também da técnica de execução, que busca a compactação da argamassa durante a sua aplicação e acabamento (SABBATINI; BAÍA, 2000).

É importante notar que uma grande resistência à compressão da argamassa não é necessariamente sinônimo de uma melhor solução estrutural. A argamassa deve resistir aos esforços a que a parede está submetida, mas não deve exceder a resistência do bloco na área líquida, de maneira que as fissuras que venham a ocorrer no conjunto ocorram na junta (SCHANKOSKI, 2012). Os ensaios de resistência à compressão e tração na flexão serão realizados conforme NBR 13279 (ABNT, 2005c).

### 2.6.2 Capilaridade

Azevedo (2013) cita que o transporte de água no interior de materiais porosos dá-se, essencialmente, por capilaridade. A capilaridade é uma força que se cria quando um líquido entra em contato com uma superfície sólida, e se originam duas forças de sentidos contrários, a força de adesão e a força de coesão (Figura 9).

Figura 9 - Fenômeno de Capilaridade.



Fonte: Freitas; Torres; Guimarães (2008).

A rede capilar dos materiais de construção porosos é demasiada complexa para que seja possível efetuar uma análise individual dos capilares. A caracterização destes materiais em relação à transferência da água por capilaridade é efetuada em nível macroscópico

através da determinação de coeficientes globais que se obtêm no ensaio de capilaridade (AZEVEDO, 2013).

A primeira resulta da atração das moléculas do líquido pelas moléculas do sólido. A segunda, da coesão do próprio líquido, que atua no sentido contrário. As moléculas da superfície livre do líquido estão sujeitas à resultante dessas duas forças. Quando a adesão for superior à coesão, forma-se um menisco côncavo e o líquido molha o sólido. O ângulo de contato formado entre a superfície do líquido e a superfície do sólido é menor que  $90^\circ$ , e no caso de um tubo capilar vertical, a pressão capilar opõe-se à gravidade, induzindo o movimento da água para o interior da rede capilar. Pelo contrário, quando a coesão for superior à adesão forma-se um menisco convexo, o líquido já não molha o sólido, uma vez que o ângulo de contato é superior a  $90^\circ$  (CARDEIRA, 2010).

Se os poros se encontrarem interligados, o material apresenta porosidade aberta, se se encontrarem isolados, a porosidade é fechada (Figuras 10 e 11). A porosidade aberta permite que a água, no estado líquido ou de vapor, migre através do material. Quando a porosidade é fechada, o material é praticamente impermeável uma vez que não permite a circulação da água (FREITAS; TORRES; GUIMARÃES, 2008).

Figura 10 – Estrutura de poros aberta.

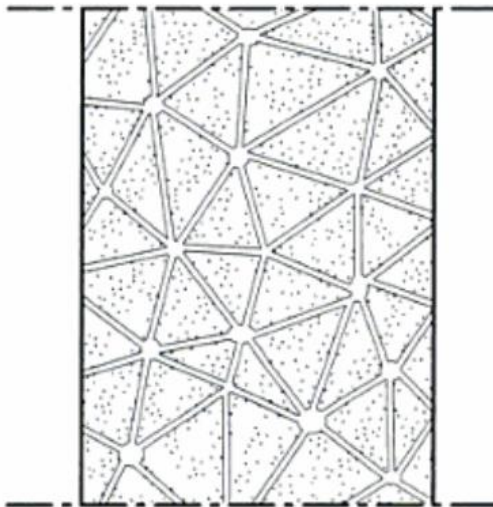
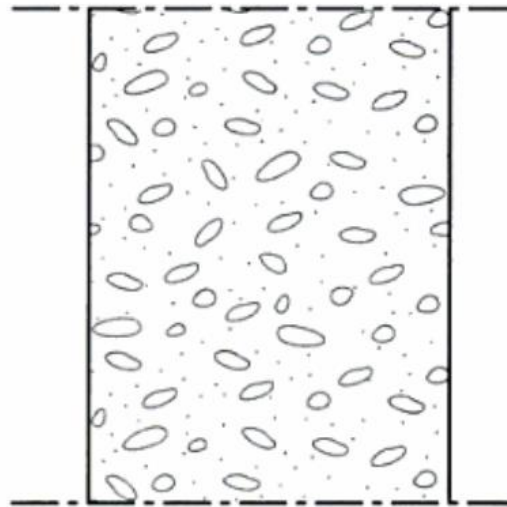


Figura 11 – Estrutura de poros fechada.



Fonte: Freitas; Torres; Guimarães, (2008).

Em estudo realizado por Silva e Campineli (2006) identificaram que o coeficiente de capilaridade de uma argamassa é fortemente influenciado, de forma positiva, pela adição do teor de finos dos agregados. Ainda avaliam que o teor adequado de finos que uma areia deve ter para otimizar as propriedades da argamassa depende da granulometria e morfologia das partículas.

## 2.7 Propriedades Microestruturais

Segundo Davydov (2010), considerando a microestrutura dos materiais cimentícios, pode-se classificá-los em quatro escalas distintas, que são apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação de matérias cimentícios quanto ao tamanho das partículas.

Faixa	Tamanho (m)	Compostos minerais
Nanométrica	$10^{-9}$ a $10^{-6}$	Grãos de poli minerais
		Silicato de cálcio hidratado (CSH)
Micrométrica	$10^{-6}$ a $10^{-4}$	Grãos poliminerálicos
		CSH poroso
		Portlandita (CH), cristais hexagonais
		Volume de vazios grandes (poros)
		Gesso CSH <sub>2</sub> espalhado pela superfície do grão
		Monossulfato C <sub>4</sub> ASH <sub>12</sub> (Afm)
		Etringita C <sub>6</sub> AS <sub>3</sub> H <sub>32</sub> , trissulfato aluminato de cálcio (Aft)
		Aluminato de cálcio hidratado C <sub>4</sub> AH <sub>13</sub>
	$10^{-4}$ a $10^{-3}$	Pasta de cimento
		Agregados miúdos
Macrométrica	$10^{-3}$ a $10^{-2}$	Agregado graúdo
		Argamassa

Fonte: Adaptado Davydov (2010).

Raki et al. (2010) cita o Silicato de Cálcio hidratado (CSH) como o principal produto da hidratação do cimento Portland, representando cerca de 60% em volume da pasta. Na química do cimento, CaO, SiO<sub>2</sub>, e H<sub>2</sub>O são representados por C, S e H, respectivamente. Os hifens em C-S-H indicam estequiometria indefinida e o composto hidratado é muitas vezes referido como "gel CSH". O composto CSH é produzido juntamente com o

hidróxido de cálcio na reação química das fases do silicato com água. O composto CSH é o agente de ligação principal na pasta de cimento e é responsável por importantes propriedades, tais como a resistência mecânica e a retração.

A caracterização de materiais utiliza técnicas instrumentais de análise visando a compreensão de diversos aspectos no que se refere à sua composição e estrutura de materiais que estão diretamente ligadas às propriedades químicas e físicas desse material (ZARBIN, 2007).

Cada técnica fornece dados diferentes em relação à composição e estrutura dos materiais. Quando empregadas em conjunto, essas técnicas fornecem uma série de informações de grande importância na identificação e caracterização de matérias, e podem ser julgadas complementares (GOMES, 2015).

#### 2.7.1 Difração de Raio-X (DRX)

Conforme cita Sansone (2018), o DRX é uma técnica de identificação e caracterização da estrutura de materiais cristalinos que permite investigar características físicas de um material especificamente, de sua nanoestrutura, ocorrendo por meio da existência de raios X sobre uma amostra do material sendo estudado, seguida da medição e análise da radiação dissidente, que é difratada pela estrutura cristalina do material.

Segundo Oréfica, Pereira e Mansur (2006), o DRX é uma poderosa técnica utilizada, primeiramente, para identificar as fases cristalinas presentes nos materiais, pois cada sólido cristalino tem o seu padrão único de difração de raios-X que pode ser utilizado para a sua identificação. Possibilita também a medida de propriedades estruturais destas fases, como: estado de deformação, tamanho de grão, composição da fase, orientação preferencial e estrutura de defeitos.

O método de difração de raios-X (DRX), é de grande importância na análise mineralógica e microestrutural, pois fornece informações sobre a natureza e os parâmetros do material cristalino, apresentando detalhes a respeito de tamanho, da perfeição e da orientação dos cristais (PADILHA; AMBROSIO FILHO, 2004).



### 2.7.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

De acordo com Padilha e Ambrósio Filho (2004), no estudo de materiais de engenharia, três tipos de microscopia são utilizados em grande extensão: microscopia óptica (MO), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia eletrônica de transmissão (MET). Destaca-se, entretanto, o potencial do MEV para a análise morfológica de superfícies irregulares, como no caso das amostras não polidas de blocos cerâmicos e de amostras de conjuntos bloco cerâmico/argamassa, devido à sua excelente profundidade de foco e ampla faixa de aumentos.

A técnica de MEV admite analisar e caracterizar diversos tipos de materiais a partir da emissão e interação de feixes de elétrons sobre suas amostras, sendo possível caracterizá-lo do ponto de vista de sua morfologia e sua organização estrutural (CALLISTER, 2012). É uma técnica utilizada para examinar e analisar características microestruturais de objetos sólidos. Em um microscópio eletrônico de varredura, elétrons são emitidos termoionicamente a partir de um cátodo e acelerados através de um ânodo por emissão de campo. Quando o feixe interage com a amostra, os elétrons perdem energia e como resultados são emitidos elétrons secundários, elétrons retroespalhados, elétrons Auger, raio X, radiação eletromagnética na região do infravermelho visível e ultravioleta e fônons (MONTEIRO; BUSO, 2013).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O planejamento experimental desta pesquisa foi desenvolvido de modo a analisar a influência das variáveis que compõem o processo de mistura (tempo e tipo de misturador) na preparação de Argamassas Industrializadas (AI) de múltiplo uso, assim como a relação com as suas propriedades nos estados fresco e endurecido.

Na análise do tempo de mistura foram considerados 3 tempos distintos (120, 180 e 240 segundos) de forma que se possa identificar como se dá a reação das misturas do ponto de vista da homogeneização. O tempo de mistura é uma variável que tem grande influência em todo processo de produção de argamassas. Do ponto de vista econômico, quanto maior o tempo de mistura maiores são os gastos durante o processo, além de reduzir a produtividade no canteiro de obra.

Também foram analisados três tipos de misturadores, comumente utilizados nos canteiros de obra, sendo eles a betoneira e a argamassadeira de eixo horizontal, também sendo utilizado o misturador do tipo planetário, bastante utilizado em misturas preparadas em laboratório. A betoneira tem seu processo de mistura por tombamento, sendo um conjunto de pás responsável por elevar e jogar o material repetidamente, sendo mais recomendada para produção de concreto.

Enquanto a argamassadeira tem um processo de mistura mais adequado aos materiais que compõem a argamassa nas obras, no qual as pás do misturador empurram a argamassa de forma mais eficiente, cobrindo também uma maior área do equipamento, o que tende a proporcionar um material mais homogêneo. França; Cardoso; Pileggi (2013) citam que a interação entre materiais que compõem a argamassa e o equipamento podem ser responsáveis e podem contribuir de forma decisiva para um processo de mistura adequada.

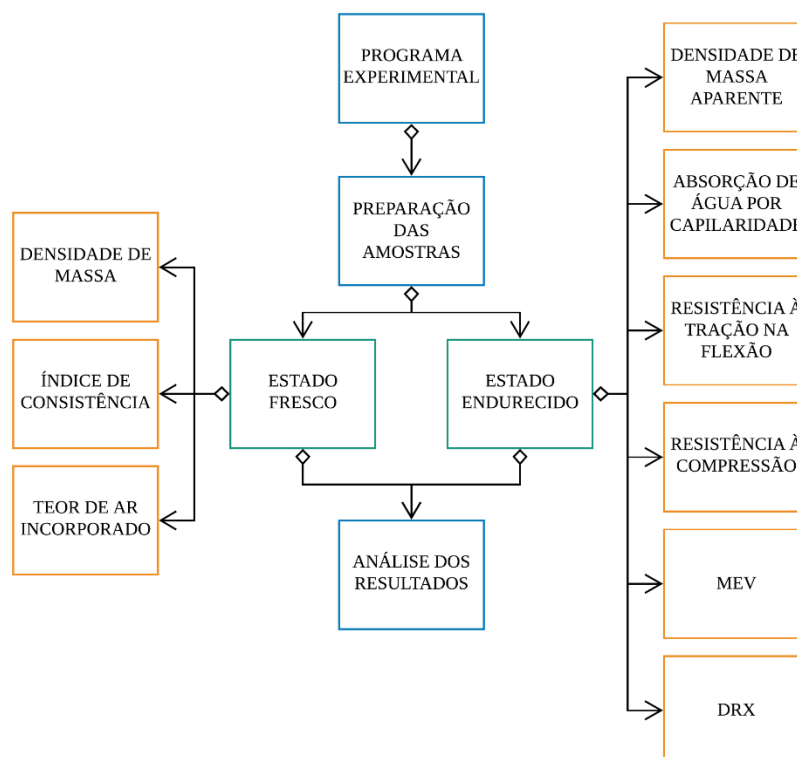
Já o misturador tipo planetário é mais utilizado em laboratório, inclusive sendo recomendado pela NBR 13279 (ABNT, 2005) para uma mistura apropriada dos traços de argamassas. França; Cardoso; Pileggi (2013) citam que esse tipo de misturador fornece

maior eficiência na homogeneização de argamassas, devido as suas lâminas permitirem um movimento adequado dos materiais, evitando zonas mortas ou sem mistura.

As misturas foram realizadas nas dependências da POLI-UPE, nos laboratórios LACC (Laboratório Avançado de Construção Civil) e LMCC (Laboratório de Materiais de Construção Civil), assim como os ensaios de consistência, densidade de massa (estado fresco e endurecido), teor de ar incorporado e capilaridade. A caracterização dos materiais a partir dos ensaios de DRX foram realizados pelo TECNOM (Laboratório de Tecnologias de Novos Materiais) da Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão foram realizados pela empresa TECOMAT. O ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura foi realizado no LDN (Laboratório de Dispositivos e Nanoestrutura) da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

A Figura 12 mostra o detalhamento da pesquisa experimental.

Figura 12 – Organograma do desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Autor.

### 3.1 Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho foram usados dois tipos de Argamassa Industrializada (AI) de Múltiplo Uso de fornecedores A e B, sendo escolhidas devido a sua disponibilidade na cidade de Recife-PE. A Tabela 2 mostra suas possíveis utilizações de acordo com os respectivos fabricantes.

Tabela 2 – Utilização conforme fabricantes das argamassas industrializadas.

Marca	Revestimento		Assentamento de Alvenaria de Vedação				Pequenos
	Interno	Externo	Concreto	Cerâmico	Maciço	Silico-calcário	Reparos
A	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
B	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗

Fonte: Autor.

O Quadro 3 determina as nomenclaturas a serem utilizadas para os corpos de provas analisados:

Quadro 3 – Siglas referentes às argamassas utilizadas no trabalho.

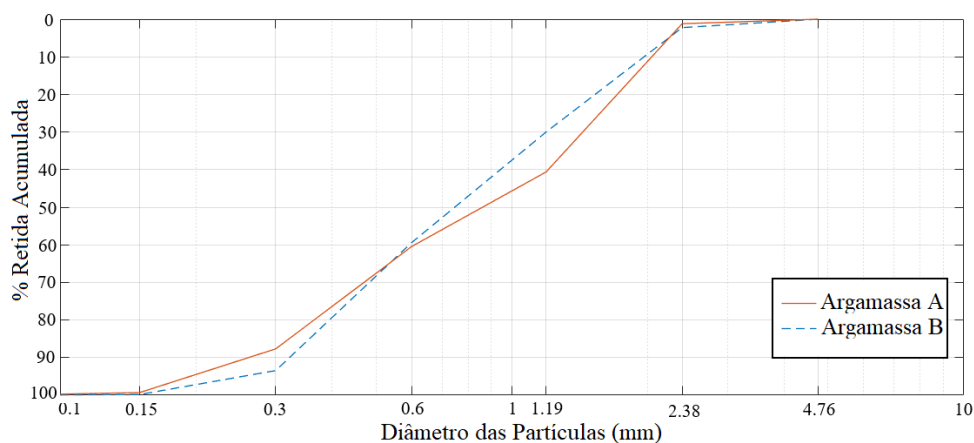
Denominação	Sigla
Argamassa Industrializada de Múltiplo Uso de Marca A, preparada em Misturador Horizontal	ArgA MH
Argamassa Industrializada de Múltiplo Uso de Marca A, preparada em Misturador tipo Betoneira	ArgA MB
Argamassa Industrializada de Múltiplo Uso de Marca A, preparada em Misturador tipo Planetário	ArgA MP
Argamassa Industrializada de Múltiplo Uso de Marca B, preparada em Misturador Horizontal	ArgB MH
Argamassa Industrializada de Múltiplo Uso de Marca B, preparada em Misturador tipo Betoneira	ArgB MB
Argamassa Industrializada de Múltiplo Uso de Marca B, preparada em Misturador tipo Planetário	ArgB MP

Fonte: Autor.

A partir dos ensaios de granulometria, a Figura 13 exibe as curvas granulométricas das argamassas utilizadas, observando-se que ambos materiais possuem diâmetro máximo

das partículas de 1,19 mm. Os valores de massa unitária das argamassas foram de 1,51 g/cm<sup>3</sup> para a argamassa tipo A e 1,74 g/cm<sup>3</sup> para a argamassa tipo B. O ensaio de granulometria foi realizado conforme NBR NM 248 (ABNT, 2003) e Massa unitária conforme NBR NM NM 45 (ABNT, 2006).

Figura 13 – Curva granulométrica das argamassas tipos A e B.



Fonte: Autor.

### 3.2 Métodos

Para o comparativo das argamassas foram realizados séries de ensaios tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, tendo por objetivo determinar quais argamassas possuem melhores propriedades frente às condições de mistura. Os ensaios realizados e as referências em que se baseiam estão apresentados no Tabela 3.

Tabela 3 – Ensaios realizados e respectivas normas.

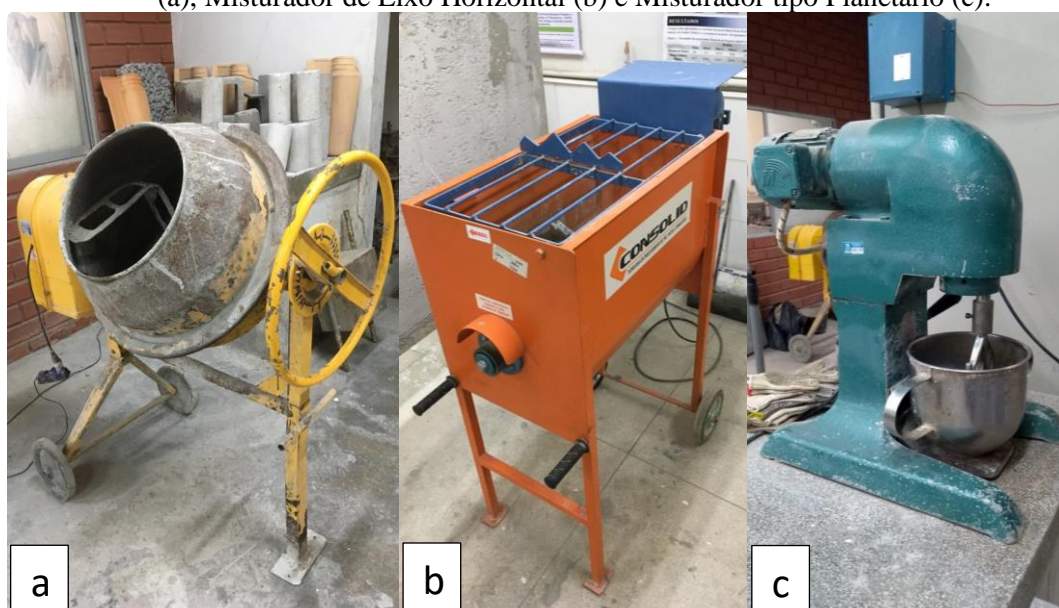
	Ensaio	Norma
Estado Fresco	Índice de consistência	ABNT NBR 13276/2016
	Densidade de massa e Teor de ar incorporado	ABNT NBR 13278/2005
	Densidade de massa aparente	ABNT NBR 13280/2005
Estado Endurecido	Absorção de água por capilaridade	ABNT NBR 15259/2005
	Resistência à tração na flexão e à compressão	ABNT NBR 13279/2005
	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	Barreto (2014)
	Difração de Raio X (DRX)	-

Fonte: Autor.

### 3.2.1 Procedimento de Mistura

Os procedimentos adotados foram repetidos tanto para a betoneira quanto para a argamassadeira de eixo horizontal (Figura 14), assim como para as diferentes marcas de AI. Seguindo a NBR 13276 (ABNT, 2016), foi pesado um total de 6kg de argamassa, devido à capacidade mínima recomendada pelo equipamento (5kg), para que houvesse uma mistura adequada. Seguiu-se colocando água ao recipiente, para que em seguida fosse adicionado o material seco de forma contínua durante cerca de 30s, sendo esse procedimento padrão para todas as condições em estudo.

Figura 14 – Equipamentos utilizados na produção das argamassas: Betoneira de Eixo inclinado (a), Misturador de Eixo Horizontal (b) e Misturador tipo Planetário (c).



Fonte: Autor.

A Tabela 4 indica as especificações dos misturadores utilizados durante a pesquisa. Quando utilizado o misturador tipo planetário, as argamassas foram preparadas na velocidade baixa (140rpm).

Tabela 4 – Especificações dos misturadores.

	Marca	Modelo	Rotações por minuto
Misturador Horizontal	Consolid	MH 100	53 rpm
Misturador tipo Betoneira	CSM	120L Pratika	29 rpm
Misturador tipo Planetário	Contenco	I 3010	140/285 rpm

Fonte: Autor.

A Tabela 5 indica os tempos dos procedimentos de mistura para todos os tipos de misturadores, sendo o início representado pelo primeiro tempo de mistura dos materiais, o período de pausa sendo responsável pela raspagem manual do equipamento para melhor homogeneização da argamassa e o reinício pela terceira fase de mistura.

Tabela 5 – Tempo dos procedimentos de mistura.

Procedimento	Início	Pausa	Reinício
Tempo 120s	30 s	60 s	30 s
Tempo 180s	60 s	60 s	60 s
Tempo 240s	90 s	60 s	90 s

Fonte: Autor.

### 3.2.2 Moldagem e Cura dos Corpos de Prova

Após os processos de mistura foram moldados corpos de prova com dimensões de 4cmx4cmx16cm, para avaliação no estado endurecido. A moldagem seguiu os procedimentos estabelecidos pela NBR 13279 (ABNT, 2005c), sendo desmoldados após 48h. O processo de cura foi realizado em laboratório com temperatura de aproximadamente 23°C e umidade relativa do ar de 60% ± 5%, conforme recomenda NBR 13279 (ABNT, 2005c), até atingir idade de 28 dias para avaliação das propriedades mecânicas.

### 3.2.3 Propriedades no Estado Fresco

#### 3.2.3.1 Densidade de massa e Teor de Ar Incorporado

A densidade de massa e o teor de ar incorporado foram realizados após a etapa de mistura das argamassas, seguindo procedimento estabelecidos na NBR 13278 (ABNT, 2005b). Por ser um método de análise que utiliza uma variação na massa como sinal analítico, pode ser tratado como um método gravimétrico para se estimar o teor de ar incorporado (FRANÇA, 2013).

A Tabela 6 apresenta os critérios da NBR 13281 (ABNT, 2005a) para densidade de massa no estado fresco.

Tabela 6 – Critérios da NBR 13281 quanto à densidade de massa no estado fresco.

Classe	Densidade de Massa no estado fresco (Kg/m <sup>3</sup> )
D1	≤ 1400
D2	1200 a 1600
D3	1400 a 1800
D4	1600 a 2000
D5	1800 a 2200
D6	≥ 2000

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005a).

### 3.2.3.2 Índice de Consistência

O ensaio do índice de consistência (Figura 15) foi realizado conforme procedimentos estabelecidos pela NBR 13276 (ABNT, 2016). Este ensaio demonstra se a argamassa possui maior ou menor facilidade em resistir a esforços na aplicação.

Figura 15 – Ensaio do Índice de Consistência.



Fonte: Autor.

### 3.2.4 Propriedades no Estado Endurecido

#### 3.2.4.1 Densidade de massa aparente

A densidade de massa aparente no estado endurecido da argamassa é passível de ser calculada a partir da metodologia descrita na NBR 13280 (2005d).



A Tabela 7 apresenta os critérios da NBR 13281 (ABNT, 2005a) para densidade de massa aparente no estado endurecido.

Tabela 7 – Critérios da NBR 13281 quanto à densidade de massa aparente no estado endurecido.

Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido (kg/m <sup>3</sup> )
M1	≤ 1200
M2	1000 a 1400
M3	1200 a 1600
M4	1400 a 1800
M5	1600 a 2000
M6	≥ 1800

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005a).

#### 3.2.4.2 Ensaio de Absorção de água por Capilaridade

O ensaio para determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade foi realizado conforme procedimentos estabelecidos na norma NBR 15259 (ABNT, 2005e). Foram utilizados três corpos de prova prismáticos, com dimensões de (4x4x16) cm, para cada uma das argamassas, totalizando trinta e seis corpos de prova com idade média de vinte e oito dias, conforme Figura 16.

Figura 16 – Ensaio de absorção de água por capilaridade.



Fonte: Autor.

A Tabela 8 apresenta os critérios da NBR 13281 (ABNT, 2005a) para coeficiente de absorção de água por capilaridade.

Tabela 8 – Critérios da NBR 13281 quanto ao coeficiente de absorção de água por capilaridade.

Classe	Coeficiente de Capilaridade (g.dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )
C1	≤ 1,5
C2	1,0 a 2,5
C3	2,0 a 4,0
C4	3,0 a 7,0
C5	5,0 a 12,0
C6	≥ 10,0

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005a).

### 3.2.4.3 Resistência à tração na flexão e à compressão

Os corpos de prova foram avaliados quanto a resistência à tração na flexão e à compressão aos 28 dias de idade, seguindo procedimentos das NBR 13279 (ABNT, 2005c). Os corpos de prova foram moldados em triplicata para cada grupo analisado com argamassa recém preparada. Após a ruptura dos corpos de prova (Figura 17), foram calculadas as resistências mecânicas individuais, assim como a resistência média de cada grupo analisado.

Figura 17 – Ensaio de resistência à compressão em corpo de prova prismático.



Fonte: Autor.

As Tabela 9 e 10 abaixo apresentam os critérios da NBR 13281 (ABNT, 2005a) para resistência à tração na flexão e à compressão.

Tabela 9 – Critérios da NBR 13281 quanto à resistência à compressão.

Classe	Resistência à compressão (MPa)
P1	$\leq 2,0$
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	$\geq 8,0$

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005a).

Tabela 10 – Critérios da NBR 13281 quanto à resistência à tração na flexão.

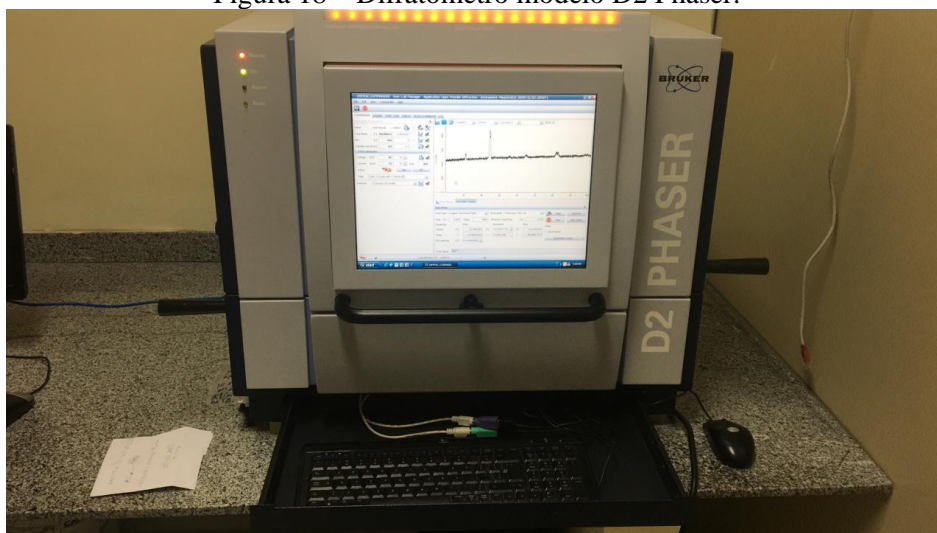
Classe	Resistência à tração na flexão (MPa)
R1	$\leq 1,5$
R2	1,0 a 2,0
R3	1,5 a 2,7
R4	2,0 a 3,5
R5	2,7 a 4,5
R6	$\geq 3,5$

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005a).

### 3.2.5 Ensaio de DRX

As amostras, ainda em forma de pó, da Argamassa Industrializada de Múltiplo uso utilizada nessa pesquisa foram analisadas quanto a sua composição mineralógica de forma qualitativa e semiquantitativa por difração de raio-X (DRX). Foi utilizado equipamento D2 Phaser da Bruker (Figura 18) com cátodo de cobre, com varredura de 0.05 2 $\theta$ /min, na região 2 $\theta$  de 5° a 70°, e as análises realizadas com auxílio do software HighScore Plus versão 4.8.

Figura 18 – Difratorômetro modelo D2 Phaser.



Fonte: Autor.

O estudo do espectro de difração obtido através deste instrumento possibilita a estimação da quantidade relativa de cada fase constituinte. As amostras utilizadas foram preparadas, seguindo peneiramento com peneira de 325 mesh (abertura de 0,045mm). Com intuito de reduzir a influência dos grãos de quartzo nos espectros.

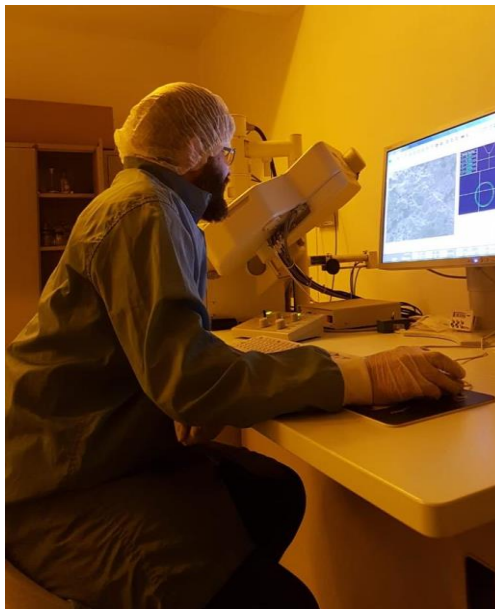
### 3.2.6 Ensaio de MEV

Para observar os efeitos que os procedimentos de mistura possuem nas argamassas em nível microscópico, foi realizado o ensaio de MEV na Argamassa tipo B. Nesse ensaio são produzidas imagens de alta resolução da superfície das amostras através de um feixe de elétrons. Devido à aparência tridimensional característica das imagens de MEV, é possível observar variações de textura dos componentes, formação e evolução das bolhas de ar formadas por aditivos incorporadores de ar, entre outros.

As amostras das argamassas foram fraturadas e recobertas com uma fina película condutora de carbono, conforme recomenda Barreto (2014). Em seguida foram acondicionadas em um suporte de latão com fita condutora de grafite e submetidos a uma tensão de aceleração do feixe de elétrons de 30kV. Esta tensão proporciona a obtenção de uma excelente qualidade na imagem e uma boa microanálise do material.

O ensaio foi realizado no laboratório de Dispositivos e Nanoestruturas da UFPE com o equipamento da marca JOEL modelo JSM 6460 (Figura 19).

Figura 19 – Realização do ensaio de MEV.



Fonte: Autor.

### 3.2.7 Análise Estatística

Objetivando uma melhor interpretação dos dados amostrais, foi realizada a análise estatística, na qual foram calculados parâmetros como: média, desvio-padrão, coeficiente de variação e erro padrão dos resultados.

Para verificar se existe diferença estatística entre as amostras, foi também realizado uma análise de variância (ANOVA), com nível de significância de 95% ( $\alpha=0,05$ ), sendo utilizado o software *Microsoft Excel* para desenvolvimento dos cálculos. O teste F foi realizado para analisar a variância entre os conjuntos de dados gerados pelos ensaios realizados, em função do tempo de mistura e tipo de misturador, de forma que quando o valor de F calculado fosse maior que o F crítico, seria aceita a hipótese alternativa em que há variação significativa entre os grupos, em função da hipótese nula, em que não há variação entre os grupos (LEVINE; STEPHAN; SZABAT, 2016).

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

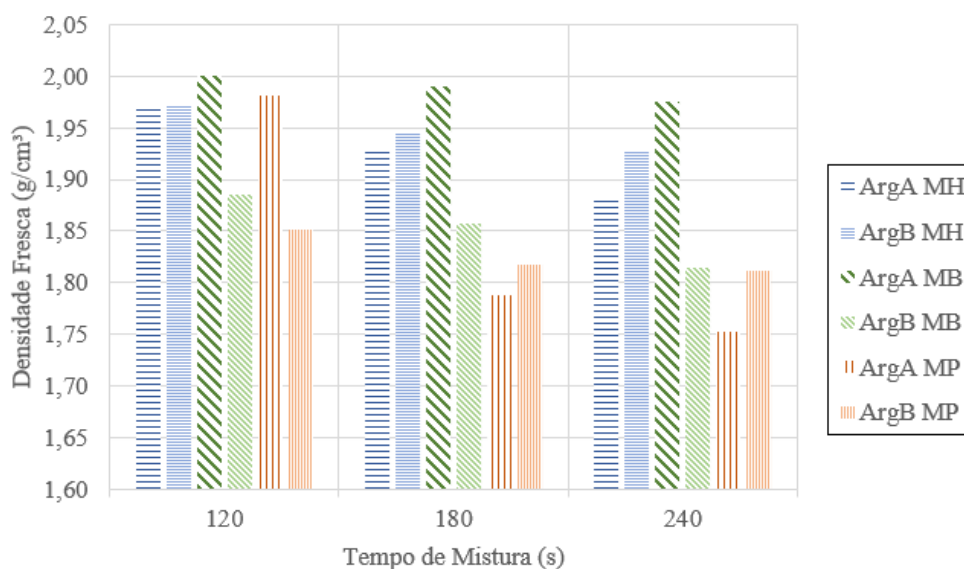
Neste capítulo são apresentados, analisados e comparados os resultados obtidos através dos ensaios realizados em argamassas produzidas com diferentes tipos de misturadores e tempos de mistura, nos estados fresco e endurecido.

### 4.1 Estado fresco

#### 4.1.1 Densidade de Massa e Teor de Ar incorporado

Os resultados da densidade de massa das argamassas no estado fresco podem ser observados na Figura 20.

Figura 20 – Resultados de densidade de massa das argamassas no estado fresco.



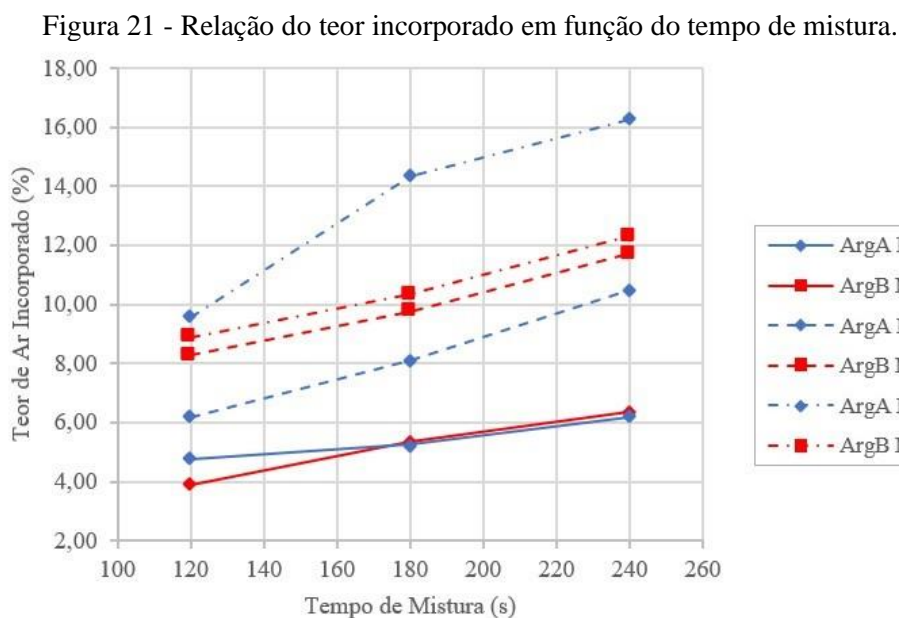
Fonte: Autor.

Houve baixa variação entre os resultados para as argamassas do Tipo A em relação aos tempos de mistura, porém há uma diferença em comparação às argamassas do Tipo B, que apresentam valores inferiores, que pôde ser observado para os três tipos de misturadores. O que pode indicar uma maior quantidade de aditivos incorporadores de ar e retentores de água na Argamassa Tipo B.

Conforme citam Seabra et al. (2009), esses aditivos favorecem a criação de pequenas bolhas de ar, além de promover a estabilidade dessas bolhas na argamassa, o que pode acarretar numa diminuição da densidade de massa e, conseqüentemente, um aumento na trabalhabilidade.

Pôde-se observar que conforme se aumenta o tempo de mistura, menor é a densidade, assim como o misturador tipo planetário obteve os menores valores para uma mesma argamassa em tempos diferentes de mistura, indicando que possui influência nessa característica da argamassa.

Os resultados sobre a relação de teor de ar incorporado em função do tempo de mistura são apresentados na Figura 21, sendo observado que o teor de ar incorporado é diretamente proporcional ao tempo de mistura.



Fonte: Autor.

A incorporação de ar é afetada pelo tipo de aditivo na composição, pela turbulência causada pelo processo de mistura para incorporar as bolhas de ar e pelas características reológicas da pasta para garantir a estabilidade das bolhas (STRUBLE; JIANG, 2004). Desta forma, Cardoso (2009) afirma que as diferenças observadas nos teores de ar

incorporado entre as composições são resultantes da combinação das características de cada produto com o processo de mistura aplicado.

Observou-se uma tendência na diferença entre o teor de ar apresentado nas argamassas em função dos tipos de misturadores, sendo que na Argamassa Tipo B, há um aumento considerável no teor de ar incorporado quando há mudança no uso da Argamassadeira de Eixo Horizontal para um misturador tipo Planetário.

O que pode ser observado também na argamassa Tipo A, havendo um aumento no teor de ar incorporado quando preparado em um misturador tipo Betoneira e tipo Planetário, indicando nesse caso, que tais materiais devem apresentar um maior cuidado quando forem preparados nesse tipo de equipamento, por apresentarem maior sensibilidade ao processo.

Entre os misturadores o tipo planetário apresentou os maiores índices de teor de ar incorporado, que pode ser explicado devido ao seu maior número de rotações por minuto, que acaba criando maior número de bolhas de ar no preparo da argamassa.

Os resultados de teor de ar incorporado nas argamassas industrializadas estudadas demonstraram que a variação de tempo promoveu alterações consideráveis neste teor de ar incorporado. Indicando que, conforme se aumenta o tempo de mistura, maior é o teor de ar incorporado. Resultados similares foram obtidos por Romano et al. (2007; 2009), no qual observou-se que essa tendência de aumento do teor de ar pode ser atribuída à eficiência de desaglomeração do material após intervalo de tempo entre 120 e 240s, e que fornece, conseqüentemente, maior quantidade de água livre para geração de ar na pasta cimentícia.

A Tabela 11 apresenta a classificação quanto à densidade de massa no estado fresco, de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005a). Houve baixa variação na classificação, havendo mudança apenas na Argamassa Tipo B na qual passou para a classificação D5, porém a mesma ainda se enquadra na classificação D4. Observa-se que os intervalos sugeridos pela norma abrem interpretações, já que mesmas classes podem possuir



mesmos valores, como exemplo de resultados entre as faixas de 1600 a 1800 Kg/m<sup>3</sup> que podem ser classificados como D4 ou D5.

Tabela 11 – Classificação da densidade de massa no estado fresco.

Densidade de Massa (Kg/m <sup>3</sup> )		
Argamassa	Estado fresco	Classificação (NBR 13281, 2005a)
ArgA MH 120s	1973	D4
ArgA MH 180s	1931	D4
ArgA MH 240s	1880	D4
ArgA MB 120s	2001	D5
ArgA MB 180s	1997	D4
ArgA MB 240s	1976	D4
ArgA MP 120s	1892	D4
ArgA MP 180s	1788	D4
ArgA MP 240s	1752	D4
ArgB MH 120s	1972	D5
ArgB MH 180s	1946	D5
ArgB MH 240s	1928	D5
ArgB MB 120s	1885	D4
ArgB MB 180s	1857	D4
ArgB MB 240s	1814	D4
ArgB MP 120s	1852	D4
ArgB MP 180s	1818	D4
ArgB MP 240s	1811	D4

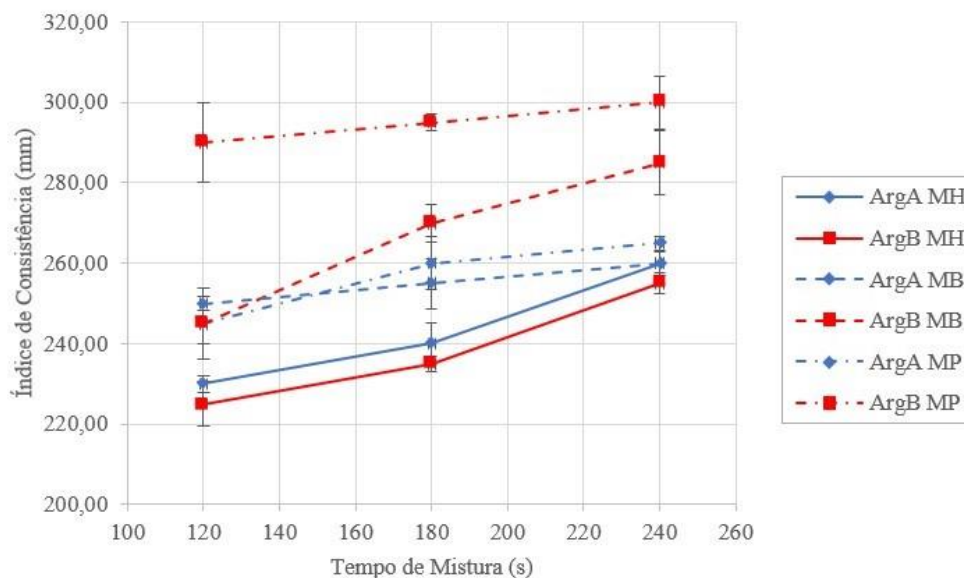
Fonte: Autor.

Matana et al. (2012) consideram que, quanto menor o valor da densidade de massa no estado fresco, mais favorável, pois se economiza material, e quanto maior o teor de ar, melhor a trabalhabilidade e menor a resistência mecânica. Características essas que devem ser levadas em consideração para certas aplicações das argamassas em estudo, como para assentamento de blocos de vedação, por exemplo, a qual necessita de uma argamassa mais plástica que dissipe melhor as tensões atuantes, que seria favorecida por uma argamassa com um maior tempo de mistura.

#### 4.1.2 Índice de Consistência

Os resultados referentes a influência dos misturadores analisados e o tempo de mistura no índice de consistência das argamassas são representados na Figura 22. Foi observado que, quanto maior o tempo de preparação das argamassas maior é o espalhamento da argamassa no ensaio da mesa de consistência.

Figura 22 - Relação do índice de consistência em função do tempo de mistura.



Fonte: Autor.

Observou-se que a utilização do misturador tipo planetário resulta em argamassas com maior espalhamento, quando comparado aos outros dois tipos de misturadores, sendo o misturador do tipo horizontal apresentando os menores valores de índice de consistência. O que pode ser explicado devido ao maior número de rotações apresentados pelo misturador planetário, gerando maior energia à argamassa, aumentando também as bolhas de ar presentes, que favorece uma argamassa mais trabalhável.

Schankoski, Prudêncio Jr. e Pilar (2015), avaliando as propriedades de argamassas no assentamento de blocos estruturais, citam que o índice de consistência é fortemente relacionado com a presença de bolhas de ar. Essas podendo ser geradas por meio de aditivos incorporadores de ar. Esses componentes químicos são possíveis constituintes de argamassas industrializadas de múltiplo uso.

Ramos et al. (2017), quando analisaram argamassas preparadas de forma mecânica e manual, constataram que as argamassas quando produzidas com um misturador mecânico, apresentam maior índice de consistência que quando preparadas de forma manual.

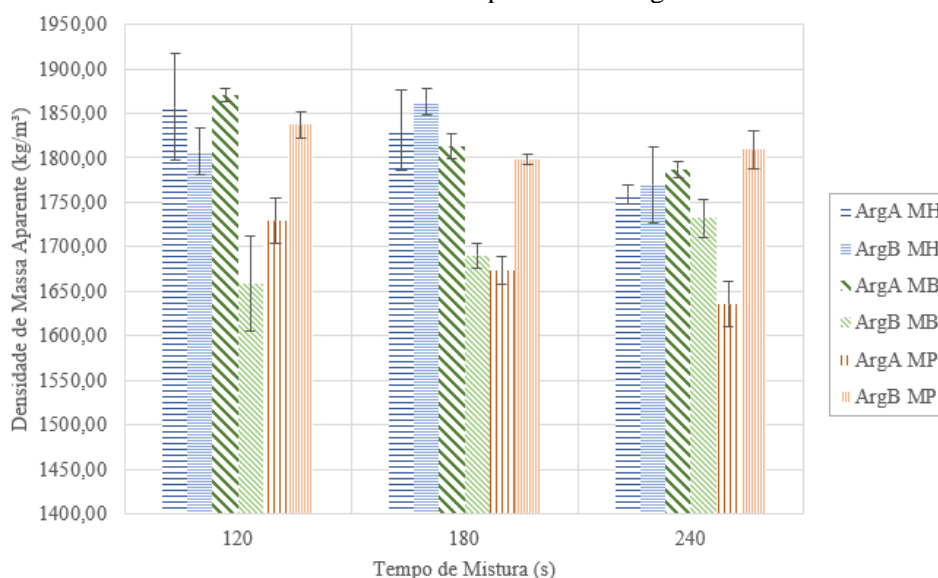
De acordo com a análise de variância (Tabelas 53 e 54 no Apêndice E), os resultados dos ensaios de índice de consistência da argamassa tipo A não foram significativos, indicando que ambas variáveis, misturador e tempo de mistura não influenciam no ensaio. Enquanto na argamassa tipo B, foi constatado que tanto o misturador quanto o tempo de mistura interferem no ensaio.

## 4.2 Estado Endurecido

### 4.2.1 Densidade de Massa Aparente

Os resultados sobre a densidade de massa aparente no estado endurecido podem ser observados de acordo com a Figura 23.

Figura 23 – Resultados de densidade de massa aparente das argamassas no estado endurecido.



Fonte: Autor

A variação dos valores de densidade de massa aparente para as argamassas analisadas foi estatisticamente significativa apenas para a argamassa tipo A em relação ao tipos de

misturador, sendo rejeitada a hipótese alternativa para o tempo de mistura, assim como para a argamassa tipo B em relação ao tempo e tipo de misturador, segundo análise de variância (ANOVA, com intervalo de confiança de 95%), apresentada nas Tabelas 21 e 22 do Apêndice A. Sendo observado também baixo coeficiente de variação entre os resultados, que justifica a rejeição de hipótese alternativa, conforme Tabelas 15 a 20 do mesmo Apêndice.

A Tabela 12 apresenta a classificação quanto à densidade de massa aparente no estado endurecido, de acordo com a NBR 13280 (ABNT, 2005e). Não houve variação na classificação quanto a densidade de massa aparente, na qual todas as argamassas analisadas, independente da forma de preparo, foram classificadas como M5, com um intervalo de 1600 a 2000 kg/m<sup>3</sup>.

Tabela 12 – Classificação da densidade de massa no estado endurecido.

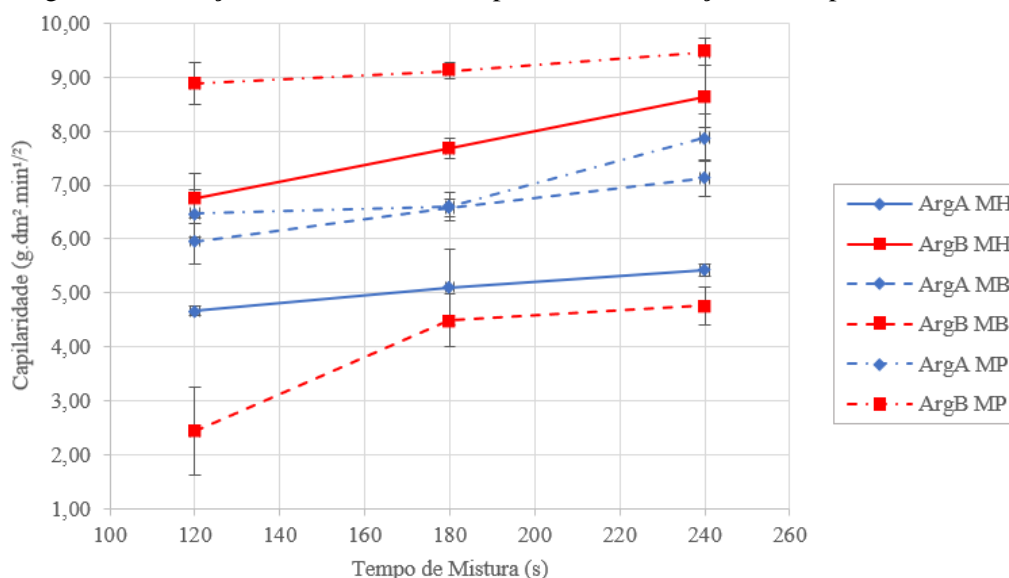
Densidade de Massa aparente (kg/m <sup>3</sup> )		
Argamassa	Estado Endurecido	Classificação (NBR 13281, 2005a)
ArgA MH 120s	1857	M5
ArgA MH 180s	1831	M5
ArgA MH 240s	1759	M5
ArgA MB 120s	1870	M5
ArgA MB 180s	1813	M5
ArgA MB 240s	1787	M5
ArgA MP 120s	1729	M5
ArgA MP 180s	1673	M5
ArgA MP 240s	1635	M5
ArgB MH 120s	1807	M5
ArgB MH 180s	1863	M5
ArgB MH 240s	1770	M5
ArgB MB 120s	1658	M5
ArgB MB 180s	1690	M5
ArgB MB 240s	1732	M5
ArgB MP 120s	1837	M5
ArgB MP 180s	1798	M5
ArgB MP 240s	1809	M5

Fonte: Autor.

#### 4.2.2 Absorção de água por Capilaridade

A Figura 24 apresenta a tendência das argamassas em função de sua absorção de água por capilaridade, mostrando que conforme se aumenta o tempo de mistura, há um aumento de suas redes de poros conectadas. O misturador tipo planetário teve uma leve tendência de apresentar maior coeficiente de capilaridade quando comparado com os outros tipos de misturadores.

Figura 24 - Relação do coeficiente de capilaridade em função do tempo de mistura.



Fonte: Autor.

Para que um material possua elevado coeficiente de capilaridade é necessário que sua estrutura de poros esteja interligada e não somente que haja grande quantidade de vazios, pois caso as bolhas de ar não estejam conectadas, não haverá uma passagem facilitada dos fluídos presentes no material. Além disso, a absorção capilar é limitada por essa presença de bolhas de ar, que reduzem a passagem de líquidos pelos canais capilares.

Para Bauer, Salomão e Rodrigues Filho (2015), valores de absorção de água por capilaridade, quando são baixos, podem indicar a presença de aditivos hidrofugantes ou ainda de aditivos incorporadores de ar que afetam a matriz porosa dessas argamassas, da mesma forma que valores mais elevados podem comprovar a falta desses aditivos.

De acordo com a análise de variância (Tabelas 45 e 46 no Apêndice D), os resultados dos ensaios de absorção de água capilaridade da argamassa tipo A, foram significativos (ANOVA, com intervalo de confiança de 95%) indicando que ambas variáveis, misturador e tempo de mistura, influenciam no ensaio. Enquanto na argamassa tipo B, foi constatado apenas como resultado significativo o misturador, o tempo de mistura obteve valor de F menor que o valor de  $F_{\text{crítico}}$ , revelando o misturador como variável que não possui influência na capilaridade.

A Tabela 13 apresenta a classificação das argamassas analisadas em função do seu coeficiente de capilaridade conforme procedimentos estabelecidos na NBR 13281 (ABNT, 2005a).

Tabela 13 – Absorção de água e classificação do coeficiente de capilaridade.

Argamassa	t=10min	t=90min	Coeficiente de capilaridade (g.dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )	Classificação (NBR 13281)
ArgA MH 120s	0,19	0,48	4,66	C4
ArgA MH 180s	0,18	0,50	5,10	C4
ArgA MH 240s	0,19	0,53	5,42	C4
ArgA MB 120s	0,30	0,67	5,96	C4
ArgA MB 180s	0,27	0,68	6,58	C5
ArgA MB 240s	0,27	0,71	7,13	C5
ArgA MP 120s	0,29	0,70	6,48	C5
ArgA MP 180s	0,29	0,72	6,60	C5
ArgA MP 240s	0,34	0,83	7,88	C5
ArgB MH 120s	0,38	0,81	6,76	C5
ArgB MH 180s	0,44	0,92	7,68	C5
ArgB MH 240s	0,52	1,02	8,64	C5
ArgB MB 120s	0,30	0,45	2,44	C3
ArgB MB 180s	0,23	0,51	4,49	C4
ArgB MB 240s	0,30	0,60	4,76	C4
ArgB MP 120s	0,37	0,94	8,83	C5
ArgB MP 180s	0,40	0,97	9,29	C5
ArgB MP 240s	0,42	1,00	9,48	C5

Fonte: Autor.

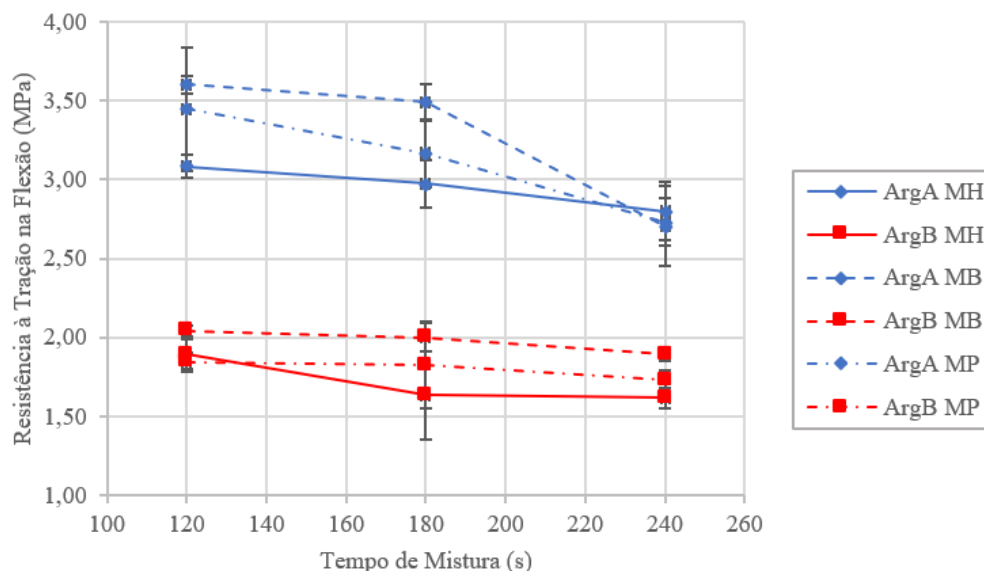
Observou-se uma maior variação na argamassa tipo B, que quando preparada pelo misturador tipo betoneira, possui classificação C3 e quando preparada em uma argamassadeira de eixo horizontal ou no misturador tipo planetário passa para C5 indicando uma maior sensibilidade do tipo de misturador a essa característica.

A argamassa do tipo A apresentou menor variação quanto à análise da absorção de água por capilaridade, sendo classificada como C4 quando preparada em misturador horizontal e C5 quando preparada em misturador tipo betoneira e planetário.

#### 4.2.3 Resistência à tração na flexão e à compressão

A Figura 25 apresenta os dados de resistência à tração na flexão em função do tempo, evidenciando que o tempo influenciou no comportamento mecânico das argamassas tipo A, sendo que conforme se aumenta o tempo de mistura, menor será sua resistência a tração na flexão, enquanto na argamassa tipo B, não houve variação significativa em função do tempo de mistura.

Figura 25 - Relação da resistência à tração na flexão em função do tempo de mistura.



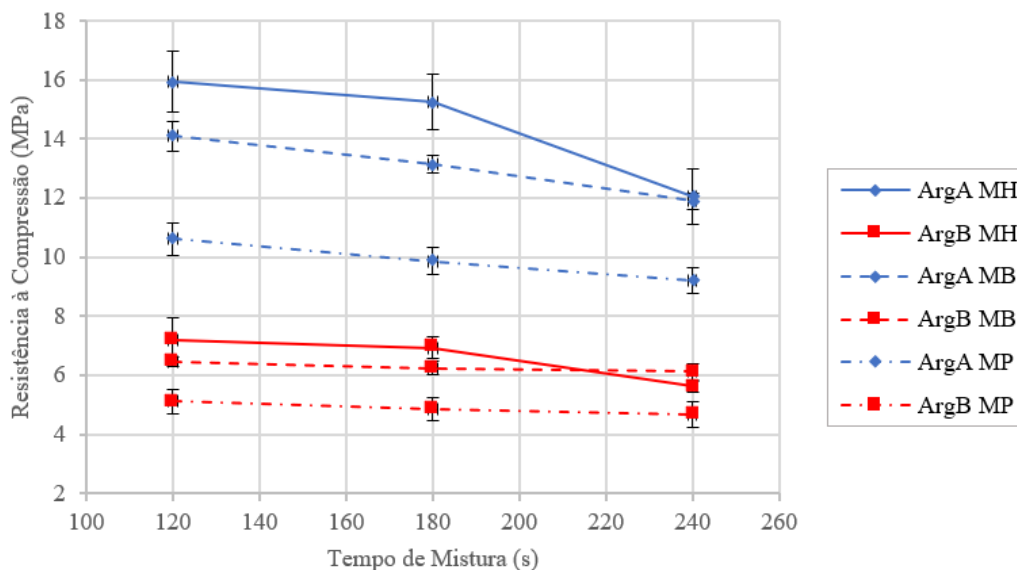
Fonte: Autor.

A variação na resistência à tração, provocada pela alteração no tipo de misturador e tempo

de mistura apresenta um grande problema enfrentado nas obras, pois a argamassa aplicada tende a apresentar diferentes propriedades no estado endurecido e consequentemente, diferente desempenho para suas diversas aplicações (ROMANO et al. 2010).

A Figura 26 apresenta os dados de resistência à compressão em função do tempo, mostrando que o tempo teve influência apenas no comportamento mecânico das argamassas tipo A, conforme se aumenta o tempo de mistura, menor será sua resistência à compressão, fato que também foi observado no trabalho de Romano et al. (2009). A resistência à compressão também sofrerá influência do tipo de misturador e composição da argamassa avaliada.

Figura 26 - Relação da resistência à compressão em função do tempo de mistura.



Fonte: Autor.

O aumento do tempo de mistura aliado a um elevado número de rotações gerado pelo tipo de misturador, gera um maior número de bolhas de ar incorporado a estrutura interna das argamassas. Como resultado, quando endurecidas, o volume de poros será maior e consequentemente, a resistência mecânica tende a diminuir. Quanto aos outros dois tipos de misturadores que possuem baixa rotação, quando comparados ao misturador planetário, apresentaram resultados menores e mais aproximados entre si, sugerindo que durante a produção das argamassas a quantidade de bolhas de ar formadas é menor, causando um aumento na resistência mecânica.



Observa-se que ambas argamassas possuem resistência relativamente elevada para o assentamento de vedação, visto que blocos de alvenaria, segundo a NBR 6136 (ABNT, 2016) devem possuir resistência  $\geq 2,0$  MPa para blocos de concreto não estrutural, enquanto para blocos cerâmicos não estruturais, a resistência deve ser  $\geq 3,0$  MPa conforme NBR 15270 (ABNT, 2017). A utilização de uma argamassa de assentamento com alta resistência pode favorecer o aparecimento de patologias devido à alta rigidez proporcionada. Podendo essas serem aplicadas em casos mais específicos como alvenarias estruturais ou para pequenos reparos, que necessitam de argamassas mais resistentes devido aos esforços solicitados. Considerando que, de acordo com os fabricantes, as argamassas em estudo seriam indicadas para algumas funções similares como revestimento interno e alvenaria de vedação em concreto e cerâmica, por exemplo, a elevada diferença entre os resultados de resistência mecânica pode indicar que não deveriam ser utilizadas para as mesmas aplicações.

De acordo com a análise de variância (Tabelas 29, 30, 37 e 38 nos Apêndices B e C), os resultados dos ensaios de resistência mecânica da argamassa tipo A, indicaram como significativo para o teste de compressão, em que foi constatado que misturador e tempo de mistura influenciam nos resultados. Enquanto no ensaio de tração à flexão o misturador obteve relação  $F/F_{\text{crítico}} < 1$ , indicando que essa variável não foi significativa para o ensaio.

No ensaio de resistência à compressão para a argamassa tipo B, foi apresentado resultado significativo para o misturador, o tempo de mistura obteve valor de F menor que o valor de  $F_{\text{crítico}}$ , indicando um resultado não significativo. Enquanto para o ensaio de tração à flexão, a argamassa tipo A, o tempo de mistura foi a variável significativa, enquanto o tipo de misturador obteve relação  $F/F_{\text{crítico}} < 1$ , e na argamassa tipo B a variável tipo de misturador foi considerada significativa e o tempo de mistura foi definida como variável não significativa em relação ao ensaio.

A classificação das argamassas em relação a sua resistência à tração na flexão e à compressão pela NBR 13281 (ABNT, 2005a), são apresentadas na Tabela 14, observando-se uma diferença entre as duas argamassas utilizadas em relação a sua classificação.

Tabela 14 – Classificação da resistência à tração na flexão e resistência à compressão.

Argamassa	Resistência à tração na flexão (MPa)	Classificação (NBR 13281)	Resistencia à compressão (MPa)	Classificação (NBR 13281)
ArgA MH 120s	3,08	R4	15,95	P6
ArgA MH 180s	2,97	R4	15,25	P6
ArgA MH 240s	2,80	R4	12,05	P6
ArgA MB 120s	3, 60	R5	14,10	P6
ArgA MB 180s	3,49	R5	13,15	P6
ArgA MB 240s	2,71	R4	11,88	P6
ArgA MP 120s	3,45	R5	10,61	P6
ArgA MP 180s	3,17	R5	9,86	P6
ArgA MP 240s	2,73	R4	9,19	P6
ArgB MH 120s	1,90	R2	7,20	P5
ArgB MH 180s	1,63	R2	6,93	P5
ArgB MH 240s	1,62	R2	5,62	P5
ArgB MB 120s	2,04	R3	6,45	P5
ArgB MB 180s	2,00	R3	6,23	P5
ArgB MB 240s	1,90	R2	6,12	P5
ArgB MP 120s	1,89	R2	5,10	P4
ArgB MP 180s	1,83	R2	4,84	P4
ArgB MP 240s	1,79	R2	4,68	P4

Fonte: Autor.

De acordo com o ensaio de resistência à tração, a argamassa tipo A apresenta baixa variação em sua classificação, ficando entre R4 (2,0 a 3,5 MPa) e R5 (2,7 a 4,5 MPa) e na argamassa tipo B a classificação está entre R2 (1,0 a 2,0 MPa) e R3 (1,5 a 2,7 MPa), apresentando baixa influência entre os misturadores nas respectivas classificações. Fato que também é observado na classificação de sua resistência à compressão, sendo a argamassa tipo A classificada como P6 (> 8,0 MPa) e a argamassa tipo B classificada como P5 (5,5 a 9,0 MPa) e P4 (4,0 a 6,5 MPa). Porém, entre as argamassas foi observada uma alta variação de classificação, indicando que a argamassa tipo A apresenta maior resistência mecânica que a argamassa Tipo B, assim como indica a alta sensibilidade entre os tipos de argamassas em relação a essas análises.

### **4.3 Resumo dos Resultados**

No Quadro 4 é exposto um resumo dos resultados das propriedades analisadas das argamassas produzidas com diferentes tipos de misturadores e tempos de misturas.

Quadro 4 – Quadro de desempenho das argamassas estudadas.

Argamassas		Estado Fresco			Estado Endurecido				Designação
		I.C. (mm)	D.M. (g/cm <sup>3</sup> )	T.A.I. (%)	D.M.A (kg/m <sup>3</sup> )	A.A.C. (g.dm <sup>3</sup> .min <sup>1/2</sup> )	R.C (MPa)	R.T.F. (MPa)	
Tipo A	MH 120	230	1,97	6,19	1857	4,66	15,95	3,08	D4, C4, M5, R5, P6
	MH 180	240	1,93	8,09	1831	5,10	15,25	2,97	D4, C4, M5, R4, P6
	MH 240	260	1,88	10,48	1759	5,42	12,05	2,80	D4, C4, M5, R4, P6
	MB 120	245	2,00	4,76	1870	5,96	14,10	3,60	D5, C4, M5, R5, P6
	MB 180	260	1,99	5,24	1813	6,58	13,15	3,49	D4, C5, M5, R5, P6
	MB 240	265	1,98	6,19	1787	7,13	11,88	2,71	D4, C5, M5, R4, P6
	MP 120	250	1,89	9,57	1729	6,48	10,61	3,45	D4, C5, M5, R5, P6
	MP 180	255	1,79	14,35	1673	6,60	9,86	3,17	D4, C5, M5, R5, P6
	MP 240	260	1,75	16,27	1635	7,88	9,19	2,73	D4, C5, M5, R4, P6
Tipo B	MH 120	225	1,97	3,90	1807	6,76	7,20	1,90	D5, C5, M5, R2, P5
	MH 180	235	1,95	5,37	1863	7,68	6,93	1,63	D5, C5, M5, R2, P5
	MH 240	255	1,93	6,34	1770	8,64	5,62	1,62	D5, C5, M5, R2, P5
	MB 120	245	1,88	8,29	1658	2,44	6,45	2,04	D4, C3, M5, R3, P5
	MB 180	270	1,86	9,75	1690	4,49	6,23	2,00	D4, C4, M5, R3, P5
	MB 240	285	1,81	11,71	1732	4,76	6,12	1,90	D4, C4, M5, R2, P5
	MP 120	290	1,85	8,87	1837	9,46	5,10	1,84	D4, C5, M5, R2, P4
	MP 180	295	1,82	10,34	1798	9,12	4,84	1,83	D4, C5, M5, R2, P4
	MP 240	300	1,81	12,32	1809	8,88	4,68	1,79	D4, C5, M5, R2, P4

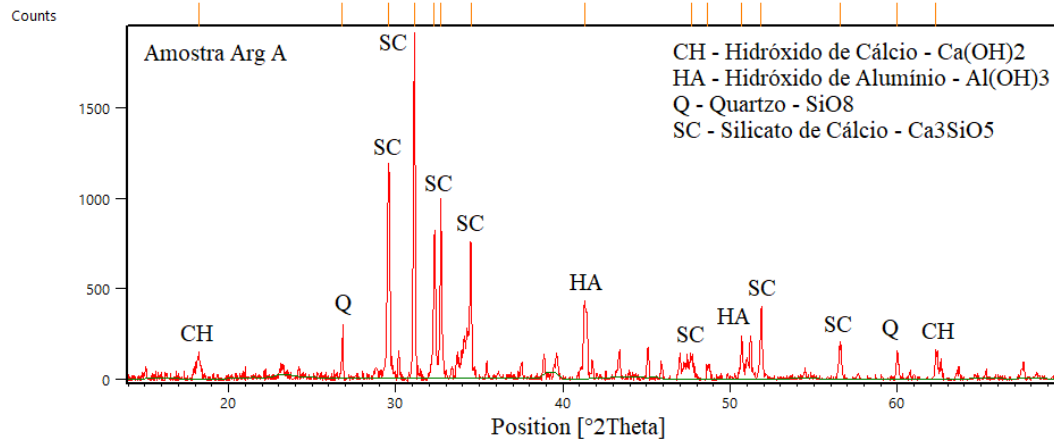
I.C. – Índice de Consistência; D.M. Densidade de Massa; T.A.I. – Teor de Ar Incorporado; D.M.A. – Densidade de Massa Aparente; A.A.C. – Absorção de Água por Capilaridade; R.C. – resistência à compressão; R.T.F. – Resistência à Tração na Flexão.

Fonte: Autor.

#### 4.4 Difração de Raio-X (DRX)

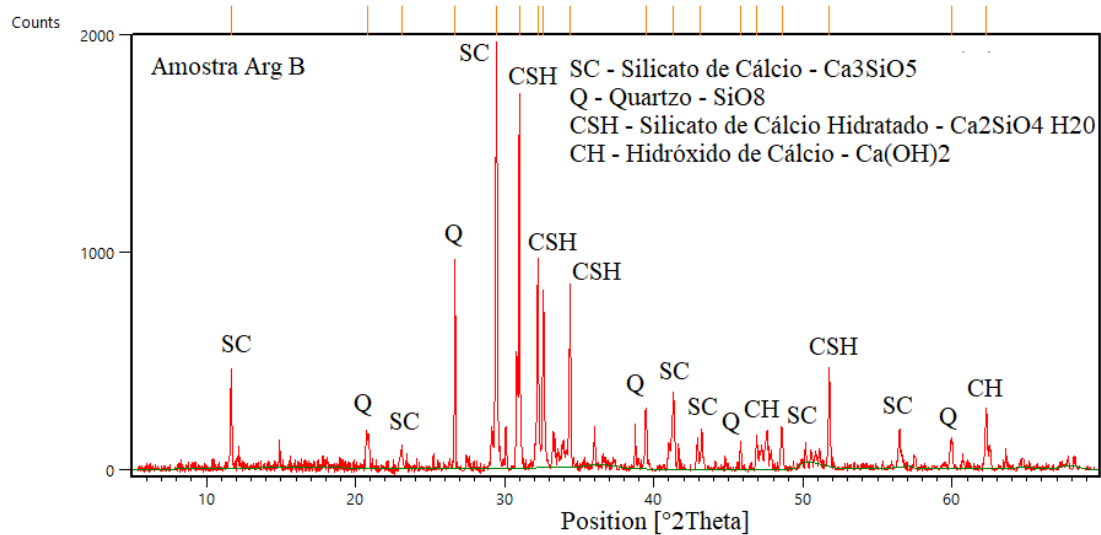
As análises de DRX das duas amostras são apresentadas pelas Figuras 27 e 28.

Figura 27 – DRX da Argamassa Industrializada de Múltiplo Uso Tipo A.



Fonte: Autor.

Figura 28 - DRX da Argamassa Industrializada de Múltiplo Uso Tipo B.



Fonte: Autor.

Foi possível observar em ambas difrações a presença de componentes do Cimento Portland como o Silicato de Cálcio e também do CSH (Silicato de Cálcio Hidratado), formado a partir da hidratação do  $\text{C}_3\text{S}$  e  $\text{C}_2\text{S}$  que compõem o cimento Portland, sendo

esses elementos de grande influência na maioria das propriedades físicas e mecânicas dos materiais cimentícios.

Por se tratar de um material que deveria estar isento de umidade, a indicação de componentes hidratados sugere a fragilidade das embalagens em absorver umidade, tanto para materiais plásticos (utilizado na argamassa Tipo B) como em papel (utilizado na argamassa tipo A), sendo esses os dois tipos de embalagens apresentadas pelas argamassas industrializadas avaliadas nesse experimento, o que afeta a vida útil das argamassas industrializadas.

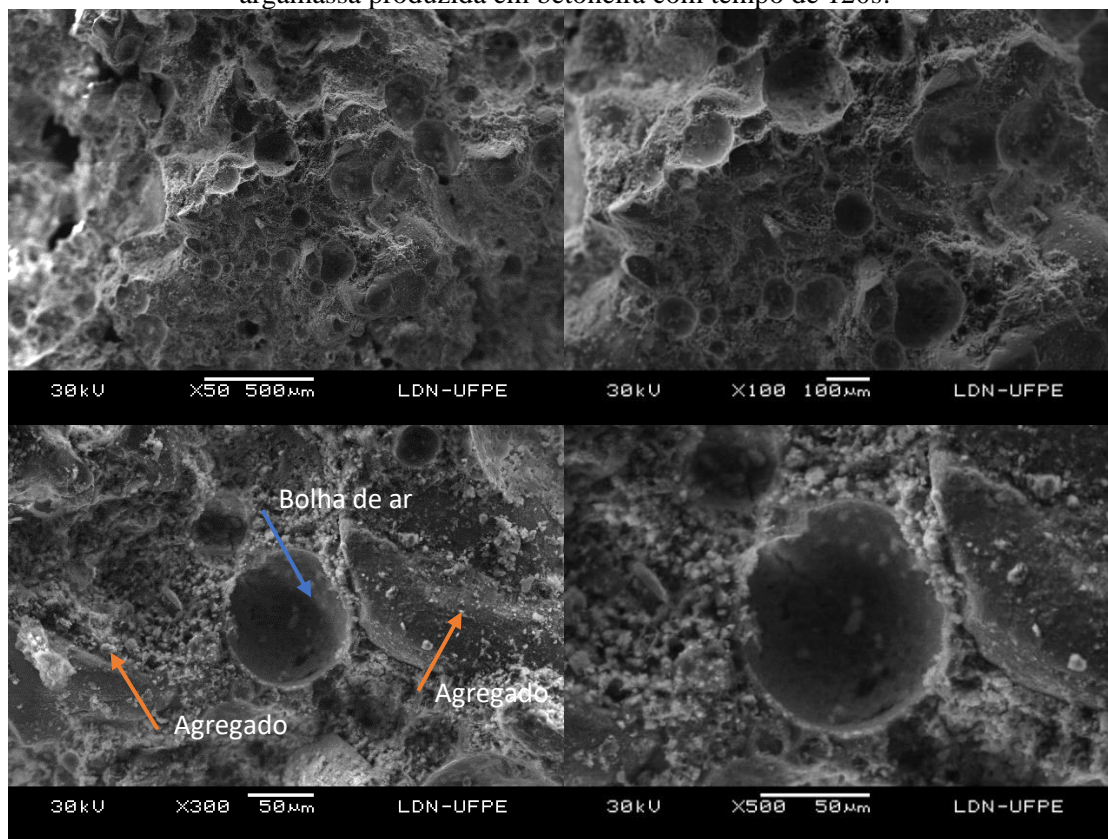
Hidróxido de Cálcio (Cal Hidratada) também esteve presente nas duas amostras, material esse que facilita a retenção de água na mistura, devido à finura da cal, o que auxilia na cura da argamassa, fazendo com que o processo de hidratação seja mais uniforme, além de melhorar sua trabalhabilidade e auxiliar na capacidade de absorção de deformações. O agregado fino também é representado na análise, na forma de Quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), que está presente para completar a composição básica das argamassas. Devido à finura do material utilizado, o quartzo apresentou baixos picos de intensidade na análise.

#### **4.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

As imagens das superfícies das amostras de argamassas industrializadas tipo B, foram realizadas com aumentos de 50, 100, 300 e 500x, a fim de identificar mudanças na estrutura e formação de vazios, assim como interação entre os componentes das argamassas em estudo.

Nas Figuras 29, 30 e 31 observam-se as superfícies fraturadas das amostras das argamassas produzidas em betoneira, misturador horizontal e misturador planetário respectivamente, ambas com tempo de mistura de 120s.

Figura 29 – Imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em betoneira com tempo de 120s.



Fonte: Autor.

Figura 30 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador horizontal com tempo de 120s.

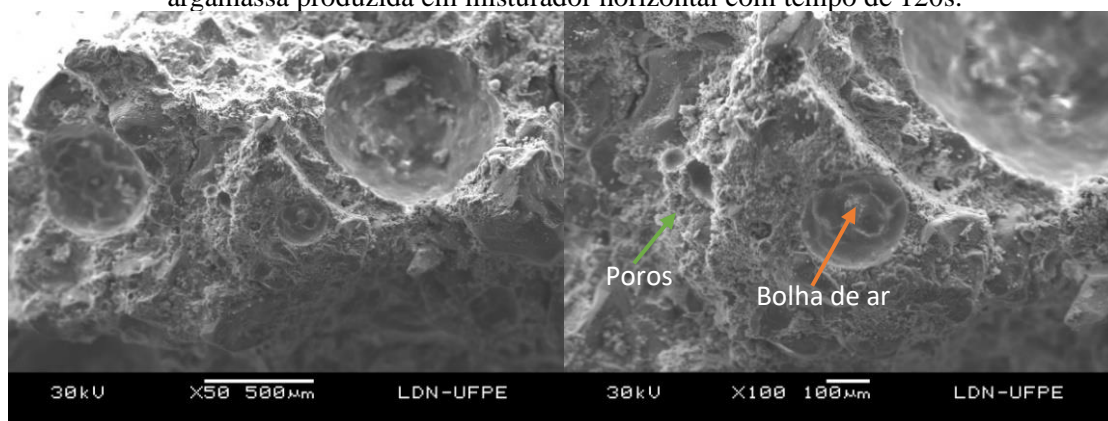
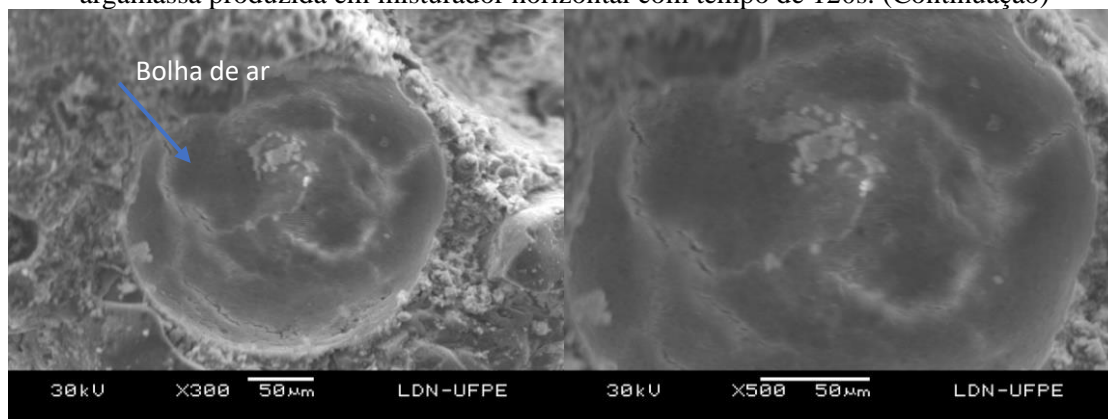
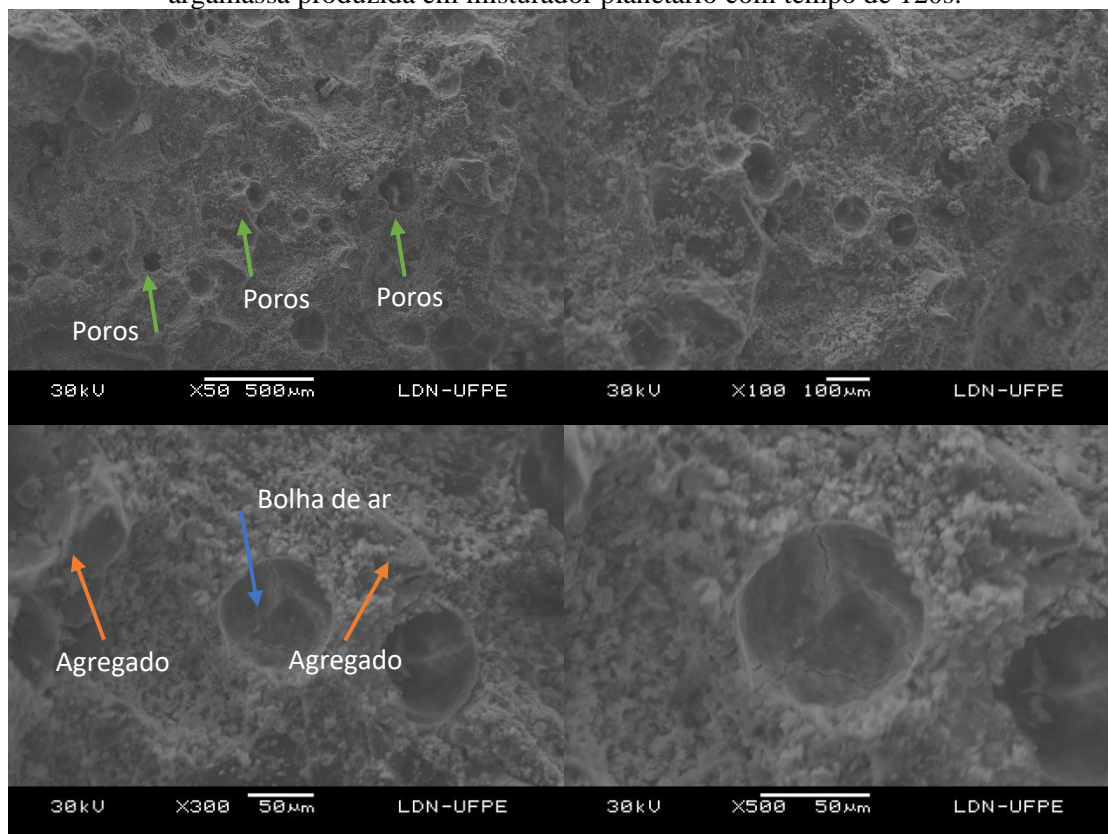


Figura 30 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador horizontal com tempo de 120s. (Continuação)



Fonte: Autor.

Figura 31 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador planetário com tempo de 120s.



Fonte: Autor.

Verificou-se um elevado número de bolhas em diversos tamanhos nas argamassas preparadas em todos tipos de misturadores, sendo essas bolhas geradas pela presença do incorporador de ar, presente nas argamassas industriais de múltiplo uso. Da mesma



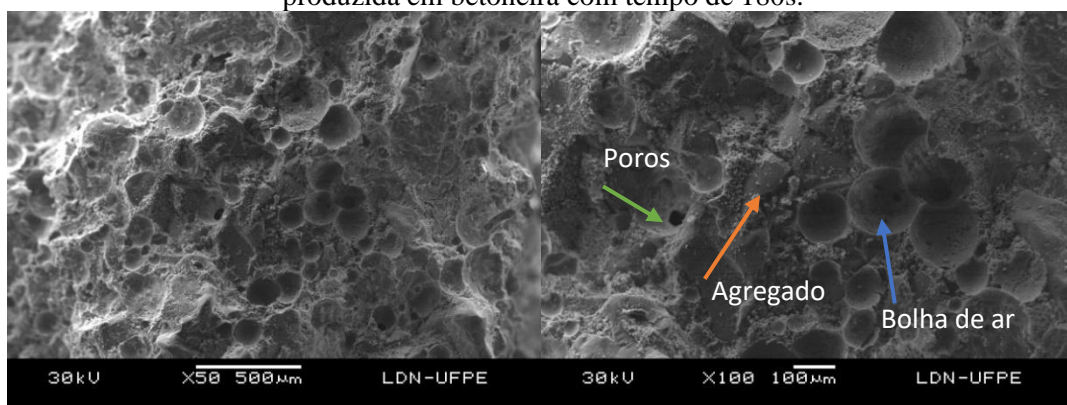
forma como encontrado por Almeida e Sichieri (2006), a superfície das argamassas apresentam uma microestrutura irregular, com bolhas de diversos tamanhos.

É possível verificar nas imagens com aproximação de 300x, as partículas do agregado aderidas à matriz (indicadas por setas), observando-se que há interface apropriada entre os componentes. Segundo Viana, Dias e Paranhos (2016), essa adequada interação matriz/agregado é responsável pelo desempenho das características da argamassa, tornando-a resistente e com boa trabalhabilidade.

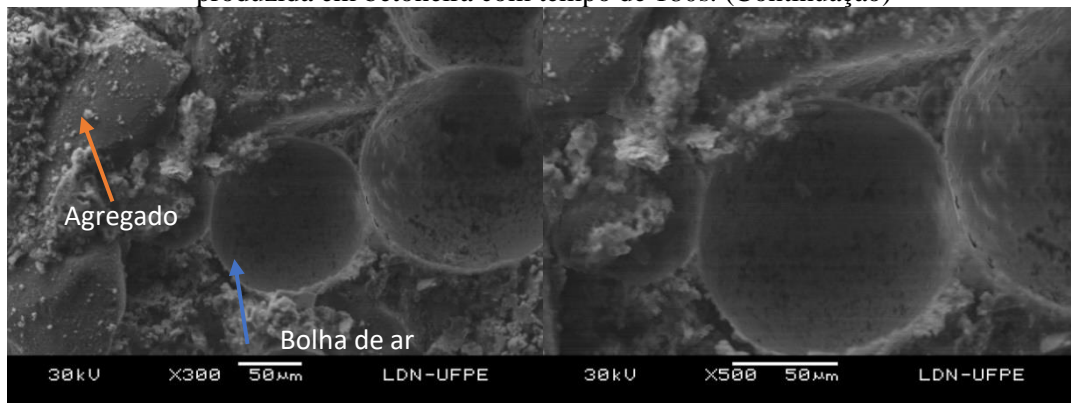
Quando preparada com o misturador planetário, as argamassas em estudo apresentaram maior número de vazios relacionados aos poros, como visualizado na Figura 31, sendo possível diferenciar das bolhas, que apresentam um formato circular mais regular. O que pode justificar essa argamassa ter menores valores de resistência à compressão.

Nas Figuras 32, 33 e 34 são observadas as superfícies fraturadas das amostra das argamassas produzida em betoneira, misturador horizontal e misturador planetário respectivamente, ambas com tempo de mistura de 180s.

32 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em betoneira com tempo de 180s.

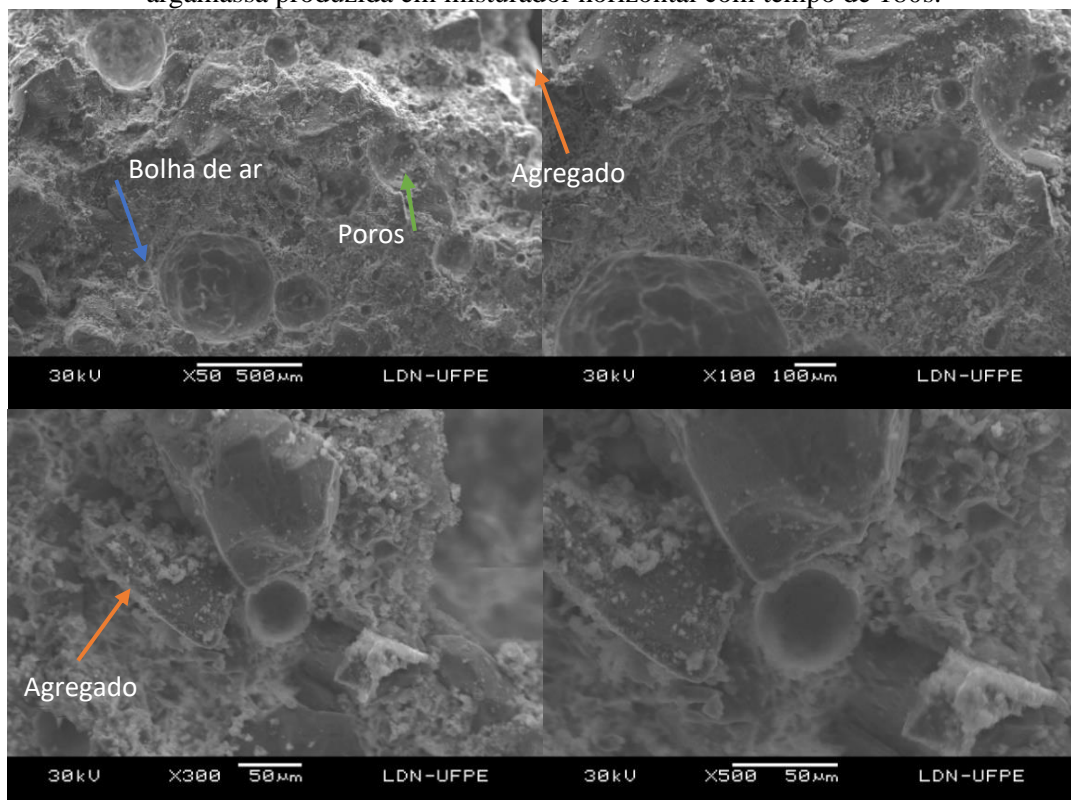


32 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em betoneira com tempo de 180s. (Continuação)



Fonte: Autor.

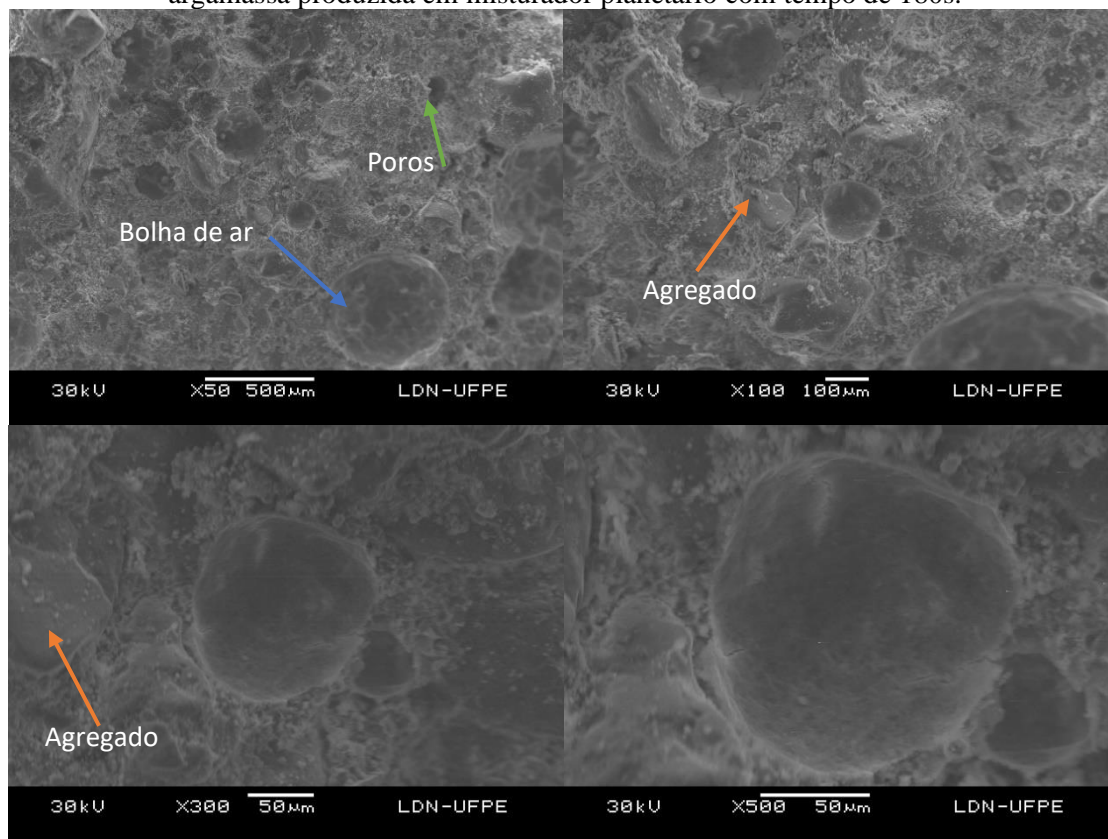
Figura 33 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador horizontal com tempo de 180s.



Fonte: Autor.

Há um visível aumento nas bolhas de ar, fato que pode ser explicado pelo aumento no tempo de produção da argamassa. O que é confirmado por Romano et al. (2009), os quais citam que existe um tendência linear entre a incorporação de ar e o tempo de mistura, sendo que, conforme se aumenta o tempo de processamento, maior é o volume absoluto de ar incorporado, auxiliando também na redução da absorção de água da argamassa.

Figura 34 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador planetário com tempo de 180s.

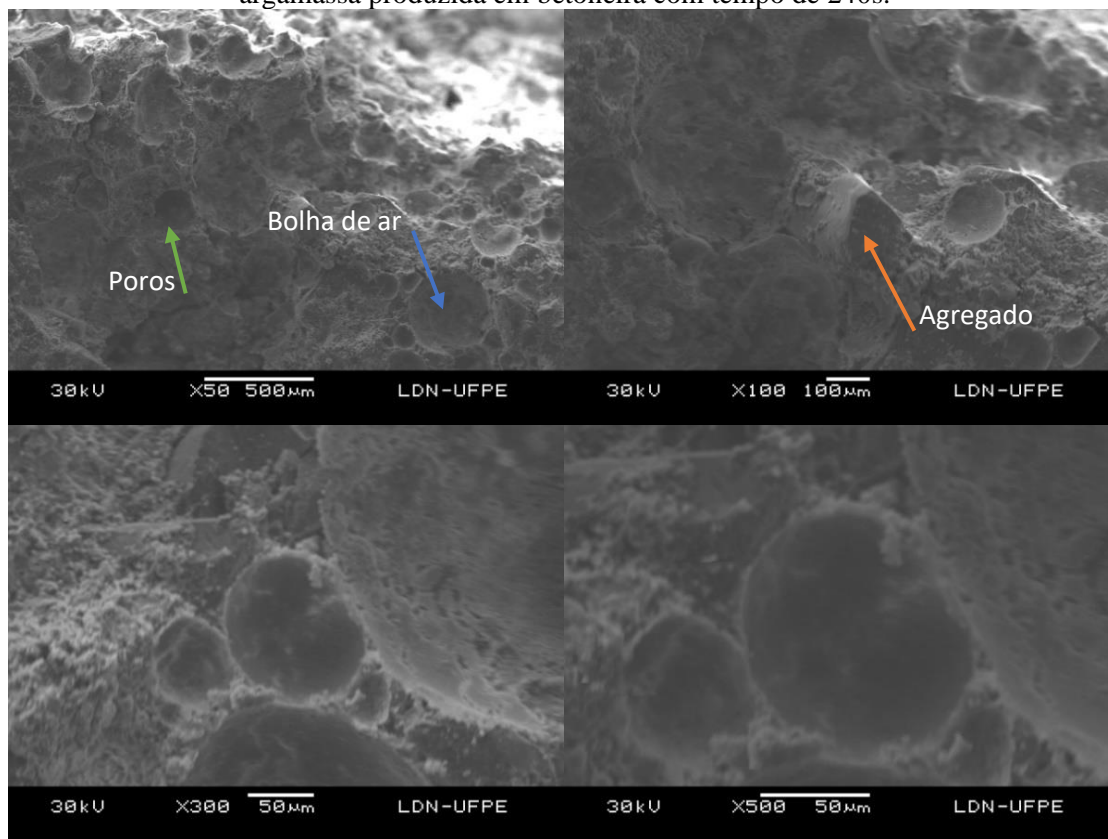


Fonte: Autor.

Conforme citam Hanzic e Ilic (2003) a ausência de conectividade entre as bolhas de ar não favorece a rede de poros, dificultando a ascensão capilar. Já nas micrografias expostas nas Figuras 33 e 34, as argamassas apresentam menor número de bolhas de ar, porém aumenta o número de poros, fato que pode ser explicado pelo aumento no tempo de mistura, associado às mudanças no tipo de misturador.

As Figuras 35, 36 e 37 são mostradas as superfícies fraturadas das amostra das argamassas produzida em betoneira, misturador horizontal e misturador planetário respectivamente, ambas com tempo de mistura de 240s.

Figura 35 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em betoneira com tempo de 240s.



Fonte: Autor.

Figura 36 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador horizontal com tempo de 240s.

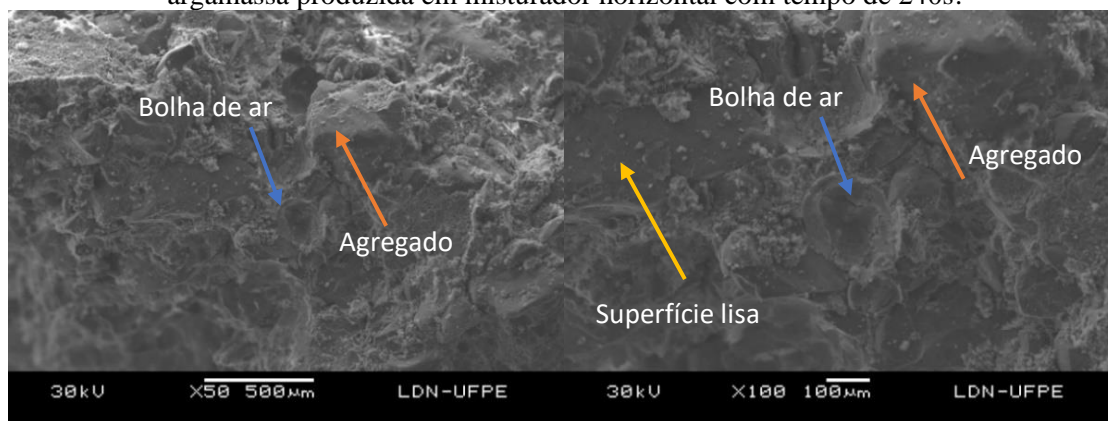


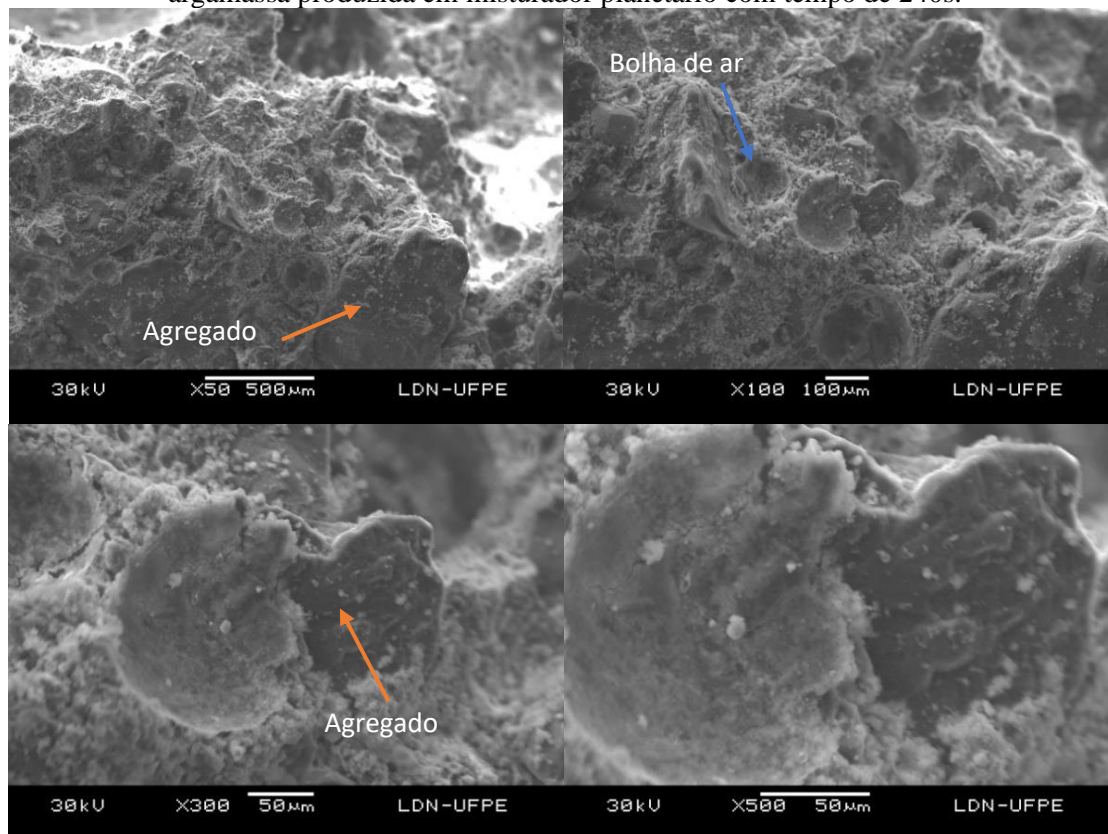


Figura 36 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador horizontal com tempo de 240s. (Continuação)



Fonte: Autor.

Figura 37 – Imagem obtida por microscopia eletrônica de varredura de amostra fraturada da argamassa produzida em misturador planetário com tempo de 240s.



Fonte: Autor.

Pôde-se observar menor número de bolhas de ar, quando comparado com as micrografias anteriores, para todas todas analisadas (Figuras 35, 36 e 37). Porém as amostras indicam menor compatibilização entre os componentes, apresentando uma zona de transição entre agregados e componentes do cimento mais crítica, o que é indicado pela distribuição

heterogênea e menor aderência entre os componentes do cimento e agregados, que podem ser justificados pelas superfícies lisas apresentadas, como exemplo, na Figura 36, que também apresentou fissuras em seu interior, que são causadas por retração, que ocorrem na secagem entre a zona de transição do agregado com a pasta de cimento.

## 5 CONCLUSÃO

O processo de mistura constitui a fase de preparação das argamassas que merece atenção devido a sua forte influência nas características da argamassa. Nesse estudo foi avaliada a influência de 3 tipos de misturadores (tipo betoneira, eixo horizontal e tipo planetário) e diferentes tempos de mistura (120, 180 e 240s) e suas relações com as propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas industrializadas de múltiplo uso. Com base nos resultados mencionados no presente estudo, algumas conclusões são resumidas a seguir:

- Os misturadores analisados tiveram influência nas características das argamassas em estudo, de acordo com as análises estatísticas, sendo observado maior interferência nos ensaios em estado fresco e menor no estado endurecido, sendo essa interferência relacionada ao número de rotações de cada equipamento, que proporciona maior energia e interfere nas propriedades. Para os fins que se utilizam a argamassa de múltiplo uso em obra, o misturador horizontal seria o mais indicado.
- O tempo de mistura se mostrou com influência no processo de mistura, de acordo com as análises estatísticas, indicando em todos os ensaios que, conforme se aumenta o tempo de mistura das argamassas, alteram-se suas características tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, sendo ligada ao teor de ar incorporado, pois, conforme se aumenta o tempo de mistura aumenta-se a formação de bolhas de ar, o que conseqüentemente aumenta sua trabalhabilidade, porém tende a aumentar a estruturas de poros, o que favorece a capilaridade além de reduzir as características mecânicas das argamassas. O tempo adequado para a mistura das argamassas é de 180s.
- A análise microestrutural apresentou um elevado número de bolhas de ar nos primeiros tempos de mistura, favorecido pela presença do incorporador de ar e pela alta rotação no misturador do tipo planetário. Foi observado também que, conforme se aumenta o tempo de mistura, a interface agregado e componentes cimentícios presente na argamassa fica prejudicada, o que propicia uma influência negativa nas características, tanto do estado fresco quanto do endurecido da argamassa.

- As argamassas analisadas (tipos A e B) apresentaram diferença nas análises do estado fresco, em função dos tipos de misturadores e tempo de mistura. Quando analisado no estado endurecido, foi observado diferença nos ensaios de resistência mecânica, no qual a argamassa Tipo A apresenta aproximadamente o dobro de resistência que a argamassa B.

- Reforça-se o fato que as duas argamassas em estudo, teoricamente, seriam apresentadas ao mercado para basicamente a mesma finalidade. Porém, para cada situação de aplicação, espera-se que a argamassa utilizada apresente características bem definidas, o que não foi observado no estudo. O uso indiscriminado da argamassa industrializada de múltiplo uso pode vir a gerar grandes problemas na construção civil, como o favorecimento de manifestações patológicas, problemas esses, indesejados às boas práticas na construção civil.

### **SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS**

Diante das dificuldades encontradas, limitações e conclusões dessa pesquisa, elencam-se algumas sugestões para futuras pesquisas:

- Analisar a influência de outros tipos de misturadores nas propriedades de argamassas.
- Avaliar a durabilidade de argamassas submetidos a diferentes processos de mistura.
- Estudar o comportamento de argamassas com adições de fibras produzidas com diferentes condições de mistura.
- Estender o estudo de procedimento de mistura à produção de concretos especiais, como concretos de alto desempenho e concretos de pós reativos.
- Avaliação de propriedades de argamassas industrializadas de múltiplo uso.



## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.E.F.S.; SICHIERI, E.P. Propriedades microestruturais de argamassa de cimento Portland com adições minerais e poliméricas utilizadas na fixação de porcelanato. *Cerâmica*, v. 52, p. 174-179, 2006.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). **Committee 304**. Guide for the use of volumetric measuring and continuous-mixing concrete equipment. 1991.

AMZIANE, S.; FERRARIS, C.F.; KOEHLER, E.P. Measurement of workability of fresh concrete using a mixing truck. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, v. 110, p. 55-66, 2005.

ANTUNES, R.; JOHN V.M.; PILEGGI, R.G. Influência da sequência de mistura nas propriedades reológicas avaliadas por squeeze-flow. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 6., *Anais...* Florianópolis: ANTAC, 2005.

ANTUNES, A.C. **Avaliação comparativa entre argamassa produzida na obra e industrializada para execução de revestimento de fachada: Estudo de caso de edifício de múltiplos pavimentos**. Monografia (Programa de Pós-Graduação) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Recife, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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, 2005b.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14992**: Argamassa à base de cimento Portland para rejuntamento de placas cerâmicas. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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, 2005e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270**: Componentes Cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria Parte I: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

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

AZEVEDO, J.M.C.B. **Absorção por capilaridade de soluções aquosas salinas em materiais porosos**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Porto-POR, 114p, 2013.

BARRETO, M. F. O. **Caracterização micro-nanoestrutural e química de argamassas de cimento Portland**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014.

BAUER, E.; SALOMÃO, M.C.; RODRIGUES FILHO, H. Avaliação de argamassas industrializadas quanto à capilaridade e retração de acordo com os critérios da NBR 13281 e do método MERUC/CSTB. XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia em Argamassas. **Anais...** Porto Alegre/RS, 2015.

BAUER, E.; SOUSA, J.G.G.; GUIMARÃES, E.A. Estudo da consistência de argamassas pelo método de penetração estática do cone. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia em Argamassas. **Anais...** Florianópolis/SC, 2005.

BEITZEL, H. Concrete production plants and mixers some aspects of their design and operation, Part 2, **Beton - Fertigteil - Technik** 5, 305-310. 1984.

BEZERRA, I.M.T. **Cinza da casca do arroz utilizada em argamassas de assentamento e revestimento**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, UFCG, Campina Grande - PB. 108p. 2010.

CALLISTER, W.D.J. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Livros técnicos e científicos. 7 ed. Rio de Janeiro, 2012.

CARASEK, H. **Argamassas. materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. ed. G. C. Isaia. São Paulo: IBRACON. v. 2. p. 863-904. 2007.

CARASEK, H. **Reboco tradicional**. Universidade Federal de Goiás. 2009.

CARDEIRA, A. **Análise Macroscópica do efeito de dois modificadores de cristalização com baixa toxicidade**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa, 2010.

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

CHEN, C.; STRUBLE, L.J. Influence of mixing sequence on cement-admixture interaction. **ACI Materials Journal**, v. 106, p. 503-508, 2009.

CHOPIN, D.; LARRARD, F.; CAZACLIU, B. Why do HPC and SCC require a longer mixing time? **Cement and Concrete Research**, v. 34, p. 2237-2243, 2004.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Boletim Técnico n. 68. 1995.

COUTINHO, S.M.; PRETTI, S.M.; TRISTÃO, F.A. **Argamassa preparada em obra x argamassa industrializada para assentamento de blocos de vedação: Análise do uso em Vitória, ES**. Teoria e prática na engenharia civil, v.21, p.41-48, 2013.

DAVYDOV, D. **Visco-elasto-plastické vlastnosti cementové pasty**. (Tese de Doutorado) České Vysoké Učení Technické V Praze, Praha, leden, p. 196, 2010.

DIAMOND, S. The Patch Microstructure in Concrete: Effect of Mixing Time. **Cement and Concrete Research**, v. 35, p. 1014-1016. 2005.

DILS, J.; SCHUTTER, G.; BOEL, V. Influence of mixing procedure and mixer type on fresh and hardened properties of concrete: a review. **Materials and Structures**, vol.29, issue.3, pp.1673-1683, 2012.

DOBROWOLSKI A.J. **Concrete Construction Handbook**, fourth ed., McGraw-Hill, Inc, New York, 1998.

EMO - European Mortar Industry Organisation. **History**. 2006

FERRARIS, C.F. Concrete Mixing Methods and Concrete Mixers: State of the Art. **Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology**, Volume 106, Number 2, 391-399, 2001.

FRANÇA, M. S.; CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G. Influência do procedimento de mistura em laboratório nas propriedades de argamassas. **Revista Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, pp. 111-123, 2013.

FREITAS, V.; TORRES, M.; GUIMARÃES, A. **Humidade Ascensional**: FEUP edições, 2008

FUKUI, E.; MARTINS, E.J.; CAMPOS, H.F.; PINTO, M.C.C.; SILVA, S.H.L.; ROCHA, T.M.S.; LORIVAL, V.; COSTA, M.R.M.M. Efeito do procedimento de mistura no comportamento no estado fresco de argamassas de revestimento produzida em obra e industrializada. **Materia (Rio de Janeiro)**, v. 23, 2018.

GOMES, P.B. **Caracterização de materiais**: uma abordagem das possibilidades de algumas técnicas instrumentais. (Monografia). Curso de Química. Universidade Federal de São João del-Rei. 2015.

HAN, V.; ROS, S.; SHIMA, H. Effects of Sand Content, Superplasticizer Dosage, and Mixing Time on Compressive Strength of Mortar. **ACI Materials Journal**, v. 110, p. 23-31, 2013.

HANZIC, L.; ILIC, R. Relationship between liquid sorptivity and capillarity in concrete, **Cement and Concrete Research**, v.33, p.1385–1388, 2003.

HIREMATH, P.N.; YARAGAL S.C. Influence of mixing method, speed and duration on the fresh and hardened properties of Reactive Powder Concrete. **Construction and Building Materials**, vol. 141, p. 271–288, 2017.

HEMALATHA T.; RAM SUNDAR K.R.; MURTHY A.R.; NAGESH R.I. Influence of Mixing Protocol on Fresh and Hardened Properties of Self-compacting Concrete. **Construction and Building Materials**, v. 98, p. 119-127, 2015.

JÉZÉQUEL, P.H.; COLLIN, V. Mixing of concrete or mortar: Dispersive aspects. **Cement and Concrete Research**, v. 37, p. 1321-1333, 2007.

JOHANSON A. The relationship between mixing time and type of concrete mixer, in: **Swedish. Cem. Concr Inst Proc**, TRID, p. 92, 1971.

KANNING, R. C. **Utilização de cinza de folha de bananeira como adição em argamassas de cimento Portland**. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais (PIPE), UFPR, Curitiba - PR. 194p. 2013.

LEVINE, D.M.; STEPHAN, D.F.; SZABAT, K.A. **Estatística**: teoria e aplicações usando Microsoft Excel em português. 7. Ed. - Rio de Janeiro: Ltc, 2016.

M-TEC. Apresenta equipamentos para mistura, bombeamento e projeção de concretos e argamassas. Disponível em: < <http://www.m-tec.com>>. Acesso em: 17 fev. 2020.

MATANA, A. J.; MEDEIROS, M. H. F.; SILVA, N. G.; COSTA, M.R.M.M. Análise hierárquica para escolha entre agregado natural e areia de britagem de rocha para confecção de argamassas de revestimentos. **Revista Ambiente Construído**, v. 12, n.4, pp. 63-79, 2012.

MONTEIRO, W.A.; BUSO, S.J. **Caracterização de Materiais por métodos Físicos – Técnicas experimentais e Aplicações Práticas**. Apostila – Técnicas de Microscopia Eletrônica aplicada a materiais, 2013.

NASCIMENTO, J.E.M.F.D. **Avaliação dos efeitos da substituição da cal hidratada por cinzas de algaroba em argamassas de revestimento**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), UFPE, Caruaru - PE. 106p. 2014.

OLIVEIRA, F.A.L. **Argamassa industrializada: vantagens e desvantagens**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Anhembí Morumbi, 2006.

ORÉFICE, R. L.; PEREIRA, M. M.; MANSUR, H. S. **Biomateriais; fundamentos e aplicações**. 1.ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 538 p, 2006.

PADILHA A. F.; AMBROZIO FILHO, F. **Técnicas de Análise Microestrutural**. 1.ed. São Paulo: Editora Hemus, 190 p. 2004.

PARK, K.B.; PLAWSKY, J.L.; LITTMAN, H.; PACCIONE, J.D. Mortar properties obtained by dry premixing of cementitious materials and sand in a spout-fluid bed mixer. **Cement and Concrete Research**, v. 36, p. 728-34, 2006.

PEVERIL MACHINERY. **Other mixers**. 2018. Disponível em: <<https://www.peverilmachinery.co.uk/>> Acesso em: 11 dez. 2019.

PRASITTISOPIN, L; TREJO, D. Effects of mixing variables on hardened characteristics of Portland cement mortar. **ACI Materials Journal**, v. 112, p. 399-407, 2015.

PILEGGI, R.G.; STUDART, A.R.; PANDOLFELLI, V.C.; GALLO, J. How mixing affects the reology of refractory castables, part 1, part 2. **American Ceramic Society Bulletin**, USA, v. 80, n. 6, p. 27-42, 2001.

RAMOS, G.R.; VIEIRA, F.L.; PILEGGI, R.G.; CASALI, J.M.; BETIOLI, A.M. Efeito do tipo de mistura manual e mecânica nas propriedades de argamassa industrializada. XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia em Argamassas. **Anais...**São Paulo, 2017.

- RAKI, L.; BEAUDOIN, J.; ALIZADEH, R.; MAKAR, J.; SATO, T. Cement and concrete nanoscience and nanotechnology. **Materials**, v. 3, 918-942, 2010.
- RECENA, F.A.P. **Conhecendo a argamassa**. 1a ed. EDIPUCRS. Porto Alegre/RS, 2008.
- RECENA, F.A.P. **Conhecendo a argamassa**. 2a ed. EDIPUCRS. Porto Alegre/RS, 2012.
- REGATTIERI, C.E; SILVA, L.L.R. Ganhos de potenciais na utilização da argamassa industrializada. Simpósio Brasileiro de Tecnologia em Argamassas. **Anais...** São Paulo, 2003.
- REJEB, S.K. Improving Compressive Strength of Concrete by a Two-Step Mixing Method. **Cement and Concrete Research**, v. 26, p. 585-592, 1996.
- RILEM - INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES OFR MATERIALS AND STRUCTURE. **Rilem Recommendations MR1-21** – Testing methods of mortar and renderings. France, RILEM, 1982.
- ROCHA, A. K. A. **Incorporação de Resíduo de Caulim em Argamassas de Alvenaria**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande – PB. 2005.
- ROMANO, R.C.O.; MENDES, T.M.; JOHN, V.M.; PILEGGI, R G. Efeito do tempo de mistura nas propriedades de argamassas com ar incorporado. VII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, **Anais...** Recife-PE, 2007.
- ROMANO, R.C.O.; SCHREURS, H.; SILVA, F.B.; CARDOSO, F.A.; BARROS, M.M.S.B.; JHON, V. M.; PILEGGI, R.G. Impacto do Tipo de Misturador e do Tempo de Mistura nas Propriedades de Argamassas Industrializadas. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 4, p. 109-118, out./dez, 2009.
- ROMANO, R.C.O.; SCHREURS, H.; SILVA, F.B.; CARDOSO, F.A.; BARROS, M.M.S.B.; JHON, V. M.; PILEGGI, R.G. Efeito do Procedimento de Mistura nas Características de Argamassas de Revestimento Industrializadas. In: Congresso Português de Argamassas de Construção. 3., Lisboa, 2010. **Anais...** Lisboa: ANTAC, 2010.
- SABBATINI, F.H; BAÍA, L.L.M. Projeto e execução de revestimento de argamassa. **Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras**. São Paulo: O Nome da Rosa, p. 82, 2000.
- SANSONE, A.E.S. **Estudo da formação de fases cristalinas por difração de Raio-X no sistema  $UO_2$ - $Er_2O_3$** . Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-USP). São Paulo, 2018.

SCHANKOSKI, R. A. **Influência do tipo de argamassa nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto de alta resistência**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SCHANKOSKI, R. A.; PRUDÊNCIO JR. L.R.; PILAR, R. Influência do tipo de argamassa e suas propriedades do estado fresco nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto para edifícios altos. **Materia (Rio de Janeiro)**, v. 20, 2015.

SEABRA, M. P.; PAIVA, H.; LABRINCHA, J.A.; FERREIRA, V.M. **Admixtures effect on fresh state properties of aerial lime-based mortars**. *Construction and Building Materials*, v. 23, pp. 1147-1153, Feb. 2009.

SELMO, S.M.S; NAKAKURA, E.H.; MIRANDA, L.F.R.; MEDEIROS, M.H.F.; SILVA, C.O. **Propriedades e especificações de argamassas industrializadas de múltiplo uso**. Boletim Técnico, Escola Politécnica da USP, BT/PCC/310, São Paulo, 2002.

SILVA, D.S. **Estudo comparativo dos métodos de produção de argamassas de revestimento utilizados no município de Tubarão**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão/SC, 2008.

SILVA, R. D. P. **Argamassa com adição de fibra de polipropileno - Estudo do comportamento reológico e mecânico**. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo – SP. 2006.

SILVA, N.G.; CAMPINELI V.C. Influência dos finos e da cal nas propriedades das argamassas. XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais...** Florianópolis/SC, 2006.

SINAPROCIM - Sindicato Nacional da Indústria de Produtos de Cimento. **Dados Setoriais 2014**: Faturamento Nacional do Setor. 2015.

SONNENBERG, R. Concrete mixers and mix systems. **Concr. Precast Plant Technol.** 64, 88-98. 1998.

STRUBLE, L.J.; JIANG, Q. Effects of air entrainment on rheology. **ACI Materials.** 101 (6), p. 448-456, 2004.

VIANA, C.E.; DIAS, D.P.; PARANHOS, R.P.R. Reciclagem de escória de fluxo de soldagem para a fabricação de argamassa de múltiplo uso para a construção civil. **Soldagem Insp.** vol. 12, p. 38-45, 2007.

TAKAHASHI K.; BIER T.A.; WESTPHAL T. Effects of mixing energy on technological properties and hydration kinetics of grouting mortars. **Cement Concrete Research**, v. 41, p. 1167-1176, 2011.

WESTPHAL, E.; WESTPHAL, H. **Argamassas**. Universidade Federal de Santa Catarina, SC. 2013.

YANG, M.; JENNINGS, H.M. Influences of mixing methods on the microstructure and rheological behavior of cement paste. **Advanced Cement Based Materials**, v.2, pp.70-78, 1995.

ZARBIN, A.J.G. **Química nova**. vol. 30, n. 1469-1479, 2007.

ZANELATTO, K. C. **Avaliação da influência da técnica de execução no comportamento dos revestimentos de argamassa aplicados com projeção mecânica contínua**. Dissertação (mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo – SP. 2012.



APÊNDICE A – Detalhamento e análise estatística dos resultados de índice de consistência.

Tabela 15 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo A preparada em misturador de eixo horizontal.

Grupo	120	180	240
	228	236	255
Valores individuais em mm	230	238	260
	232	246	265
Amplitude	4	10	10
Média	230,00	240,00	260,00
Desv. Padrão	2,00	5,29	5,00
Coef. Variação	0,87	2,20	1,92
Erro Padrão	1,15	3,06	2,89

Tabela 16 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo B preparada em misturador de eixo horizontal.

Grupo	120	180	240
	239	258	262
Valores individuais em mm	246	260	266
	250	262	267
Amplitude	11	4	5
Média	245,00	260,00	265,00
Desv. Padrão	5,57	2,00	2,65
Coef. Variação	2,27	0,77	1,00
Erro Padrão	3,21	1,15	1,53

Tabela 17 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo A preparada em misturador do tipo betoneira.

Grupo	120	180	240
	248	250	257
Valores individuais em mm	251	253	260
	251	262	263
Amplitude	3	12	6
Média	250,00	255,00	260,00
Desv. Padrão	1,73	6,24	3,00
Coef. Variação	0,69	2,45	1,15
Erro Padrão	1,00	3,61	1,73

Tabela 18 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo B preparada em misturador do tipo betoneira.

Grupo	120	180	240
	219	230	250
Valores individuais em mm	221	236	251
	235	239	264
Amplitude	16	9	14
Média	225,00	235,00	255,00
Desv. Padrão	8,72	4,58	7,81
Coef. Variação	3,87	1,95	3,06
Erro Padrão	5,03	2,65	4,51

Tabela 19 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo A preparada em misturador do tipo planetário.

Grupo	120	180	2,3
	240	264	284
Valores individuais em mm	245	269	284
	250	277	287
Amplitude	10	13	3
Média	245,00	270,00	285,00
Desv. Padrão	5,00	6,56	1,73
Coef. Variação	2,04	2,43	0,61
Erro Padrão	2,89	3,79	1,00

Tabela 20 – Resultados de índice de consistência da argamassa tipo B preparada em misturador do tipo planetário.

Grupo	120	180	240
	280	293	293
Valores individuais em mm	290	295	301
	300	297	306
Amplitude	20	4	13
Média	290,00	295,00	300,00
Desv. Padrão	10,00	2,00	6,56
Coef. Variação	3,45	0,68	2,19
Erro Padrão	5,77	1,15	3,79

Tabela 21 – Análise de variância dos resultados de índice de consistência da argamassa tipo A.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>F/F<sub>crítico</sub></i>
Misturador	158,333	2	79,16667	2,1111	0,3214286	19	0,11
Tempo de mistura	150	1	150	4	0,1835034	18,513	0,22
Erro	75	2	37,5				
<b>Total</b>	<b>383,33333</b>	<b>5</b>					
Conclusão – Rejeita-se a hipótese alternativa, o misturador e o tempo de mistura não influenciam no índice de consistência da argamassa tipo A.							

Tabela 22 – Análise de variância dos resultados de índice de consistência da argamassa tipo B.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>F/F<sub>crítico</sub></i>
Misturador	4816,6667	2	2408,3333	36,125	0,0027519	6,9442719	5,20
Tempo de mistura	1066,6667	2	533,33333	8	0,04	6,9442719	1,15
Erro	266,66667	4	66,666667				
<b>Total</b>	<b>6150</b>	<b>8</b>					
Conclusão – Aceitas-e a hipótese alternativa, o misturador e o tempo de mistura influenciam no índice de consistência da argamassa tipo B.							

APÊNDICE B – Detalhamento e análise estatística dos resultados de densidade de massa aparente.

Tabela 23 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo A preparada em misturador de eixo horizontal.

Grupo	120	180	240
	1803	1780	1752
Valores individuais em kg/m <sup>3</sup>	1846	1848	1753
	1921	1866	1771
Amplitude	118	86	19
Média	1857	1831	1759
Desv. Padrão	59,72	45,36	10,69
Coef. Variação	3,22	2,48	0,61
Erro Padrão	34,48	26,19	6,17

Tabela 24 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo B preparada em misturador de eixo horizontal.

Grupo	120	180	240
	1782	1852	1721
Valores individuais em kg/m <sup>3</sup>	1805	1857	1792
	1835	1880	1798
Amplitude	53	28	77
Média	1807	1863	1770
Desv. Padrão	26,58	14,93	42,83
Coef. Variação	1,47	0,80	2,42
Erro Padrão	15,34	8,62	24,73

Tabela 25 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo A preparada em misturador tipo betoneira.

Grupo	120	180	240
	1862	1802	1779
Valores individuais em kg/m <sup>3</sup>	1874	1808	1786
	1875	1829	1796
Amplitude	13	27	17
Média	1870	1813	1787
Desv. Padrão	7,23	14,18	8,54
Coef. Variação	0,39	0,78	0,48
Erro Padrão	4,18	8,19	4,93

Tabela 26 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo B preparada em misturador tipo betoneira.

Grupo	120	180	240
	1597	1682	1709
Valores individuais em kg/m <sup>3</sup>	1683	1682	1735
	1695	1707	1752
Amplitude	98	25	43
Média	1658	1690	1732
Desv. Padrão	53,45	14,43	21,66
Coef. Variação	3,22	0,85	1,25
Erro Padrão	30,86	8,33	12,50

Tabela 27 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo A preparada em misturador tipo planetário.

Grupo	120	180	240
	1709	1658	1606
Valores individuais em kg/m <sup>3</sup>	1719	1672	1647
	1758	1689	1653
Amplitude	49	31	47
Média	1729	1673	1635
Desv. Padrão	25,89	15,52	25,58
Coef. Variação	1,50	0,93	1,56
Erro Padrão	14,95	8,96	14,77

Tabela 28 – Resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo B preparada em misturador tipo planetário.

Grupo	120	180	240
	1820	1794	1794
Valores individuais em kg/m <sup>3</sup>	1849	1795	1799
	1841	1805	1833
Amplitude	21	11	39
Média	1837	1798	1809
Desv. Padrão	14,98	6,08	21,22
Coef. Variação	0,82	0,34	1,17
Erro Padrão	8,65	3,51	12,25

Tabela 29 – Análise de variância dos resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo A.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>F/F<sub>crítico</sub></i>
Misturador	27481,33	2	13740,67	48,26932	0,02029	19	2,54
Tempo de Mistura	3082,667	1	3082,667	10,82903	0,08124	18,513	0,54
Erro	569,3333	2	284,6667				
Total	31133,33	5					

Conclusão - Aceita-se a hipótese alternativa para o misturador, que possui influência na densidade de massa aparente da argamassa tipo A, ao contrário do tempo de mistura.

Tabela 30 – Análise de variância dos resultados de densidade de massa aparente da argamassa tipo B.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>F/F<sub>crítico</sub></i>
Misturador	13237	2	6618,5	2,64722	0,27418	19	0,14
Tempo de Mistura	266,6667	1	266,6667	0,10665	0,77499	18,513	0,006
Erro	5000,333	2	2500,167				
Total	18504	5					

Conclusão – Rejeita-se a hipótese alternativa, o misturador e o tempo de mistura não influenciam na resistência à compressão da argamassa tipo B.



APÊNDICE C – Detalhamento e análise estatística dos resultados de absorção de água por capilaridade.

Tabela 31 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo A preparada em misturador de eixo horizontal.

Grupo	120	180	240
Valores individuais em g.dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup>	4,57	4,6	5,35
	4,67	4,81	5,36
	4,75	5,9	5,56
Amplitude	0,18	1,3	0,21
Média	4,66	5,10	5,42
Desv. Padrão	0,09	0,70	0,12
Coef. Variação	1,93	13,67	2,18
Erro Padrão	0,05	0,40	0,07

Tabela 32 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo B preparada em misturador de eixo horizontal.

Grupo	120	180	240
Valores individuais em g.dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup>	6,38	7,53	8,13
	6,62	7,61	8,54
	7,28	7,9	9,26
Amplitude	0,9	0,37	1,13
Média	6,76	7,68	8,64
Desv. Padrão	0,47	0,19	0,57
Coef. Variação	6,89	2,53	6,62
Erro Padrão	0,27	0,11	0,33

Tabela 33 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo A preparada em misturador do tipo betoneira.

Grupo	120	180	240
Valores individuais em g.dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup>	5,60	6,48	6,8
	5,84	6,48	7,13
	6,43	6,77	7,45
Amplitude	0,83	0,29	0,65
Média	5,96	6,58	7,13
Desv. Padrão	0,43	0,17	0,33
Coef. Variação	7,17	2,55	4,56
Erro Padrão	0,25	0,10	0,19

Tabela 34 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo B preparada em misturador do tipo betoneira.

Grupo	120	180	240
	1,89	4,11	4,54
Valores individuais em g.dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup>	2,06	4,32	4,59
	3,38	5,04	5,16
Amplitude	1,49	0,93	0,62
Média	2,44	4,49	4,76
Desv. Padrão	0,82	0,49	0,34
Coef. Variação	33,38	10,86	7,23
Erro Padrão	0,47	0,28	0,20

Tabela 35 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo A preparada em misturador do tipo planetário.

Grupo	120	180	2,3
	6,03	6,33	7,39
Valores individuais em g.dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup>	6,48	6,60	8,12
	6,92	6,87	8,14
Amplitude	0,89	0,54	0,75
Média	6,48	6,60	7,88
Desv. Padrão	0,45	0,27	0,43
Coef. Variação	6,87	4,09	5,42
Erro Padrão	0,26	0,16	0,25

Tabela 36 – Resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo B preparada em misturador do tipo planetário.

Grupo	120	180	240
	1,80	1,52	1,68
Valores individuais em g.dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup>	1,82	1,91	1,73
	1,91	2,05	1,79
Amplitude	0,11	0,53	0,11
Média	1,84	1,83	1,73
Desv. Padrão	0,06	0,27	0,06
Coef. Variação	3,18	15,04	3,18
Erro Padrão	0,03	0,16	0,03

Tabela 37 – Análise de variância dos resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo A.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>F/F crítico</i>
Misturador	6,13695	2	3,06847	43,78674	0,00190	6,94427	6,31
Tempo de mistura	1,90042	2	0,95021	13,55937	0,01652	6,94427	1,95
Erro	0,28031	4	0,07007				
<b>Total</b>	<b>8,31768</b>	<b>8</b>					
Conclusão - Aceita-se a hipótese alternativa, o misturador e o tempo de mistura influenciam na absorção de água por capilaridade da argamassa tipo A.							

Tabela 38 – Análise de variância dos resultados de absorção de água por capilaridade da argamassa tipo B.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>F/F crítico</i>
Misturador	44,178822	2	22,089411	31,29796	0,00360	6,94427	4,51
Tempo de mistura	2,333489	2	1,166744	1,65313	0,29972	6,94427	0,24
Erro	2,823111	4	0,705778				
<b>Total</b>	<b>49,335422</b>	<b>8</b>					
Conclusão - Conclusão - Aceita-se a hipótese alternativa para o misturador, que possui influência na absorção de água por capilaridade da argamassa tipo B, ao contrário do tempo de mistura.							

APÊNDICE D – Detalhamento e análise estatística dos resultados de resistência à compressão.

Tabela 39 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo A preparada em misturador de eixo horizontal.

Grupo	120s	180	240
	14,8	14,1	10,9
	15,2	14,5	11,4
Valores individuais em MPa	15,5	14,8	11,5
	15,9	15,6	12,4
	16,8	16,3	12,7
	17,5	16,2	13,4
Amplitude	2,7	2,1	2,5
Média	15,95	15,25	12,05
Desv. Padrão	1,02	0,92	0,94
Coef. Variação	6,40	6,02	7,80
Erro Padrão	0,42	0,37	0,38

Tabela 40 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo B preparada em misturador de eixo horizontal.

Grupos	120	180	240
	6,4	6,5	5,3
	6,5	6,7	5,6
Valores individuais em MPa	6,9	6,8	5,6
	7,2	6,9	5,7
	8,0	7,2	5,7
	8,2	7,5	5,8
Amplitude	1,8	1,0	0,5
Média	7,20	6,93	5,62
Desv. Padrão	0,76	0,36	0,17
Coef. Variação	10,50	5,21	3,07
Erro Padrão	0,31	0,15	0,07

Tabela 41 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo A preparada em misturador tipo betoneira.

Grupos	120	180	240
	13,6	12,8	11,4
	13,9	12,9	11,8
Valores individuais em MPa	13,7	13,1	11,9
	14,0	13,2	12,3
	14,9	13,3	11,9
	14,5	13,6	12,0
Amplitude	0,9	0,8	0,6
Média	14,10	13,15	11,88
Desv. Padrão	0,50	0,29	0,29
Coef. Variação	3,56	2,19	2,46
Erro Padrão	0,20	0,12	0,12

Tabela 42 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo B preparada em misturador tipo betoneira.

Grupo	120	180	240
	6,2	5,9	5,7
	6,4	6,0	6,0
Valores individuais em MPa	6,4	6,3	6,1
	6,5	6,3	6,2
	6,6	6,4	6,2
	6,6	6,5	6,5
Amplitude	0,4	0,6	0,8
Média	6,45	6,23	6,12
Desv. Padrão	0,15	0,23	0,26
Coef. Variação	2,35	3,75	4,32
Erro Padrão	0,06	0,10	0,11

Tabela 43 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo A preparada em misturador planetário.

Grupo	120	180	240
	9,87	9,11	8,6
	10,10	9,86	8,9
Valores individuais em MPa	10,55	9,87	9,11
	10,89	9,89	9,31
	10,92	9,89	9,33
	11,34	10,55	9,89
Amplitude	1,47	1,44	1,29
Média	10,61	9,86	9,19
Desv. Padrão	0,55	0,46	0,44
Coef. Variação	5,19	4,63	4,77
Erro Padrão	0,22	0,19	0,18

Tabela 44 – Resultados de resistência à compressão da argamassa tipo B preparada em misturador planetário.

Grupo	120	180	240
	4,78	4,39	4,26
	4,63	4,34	4,13
Valores individuais em MPa	4,97	4,91	4,67
	5,08	4,91	4,67
	5,45	5,21	4,98
	5,7	5,25	5,34
Amplitude	0,92	0,86	1,08
Média	5,10	4,84	4,68
Desv. Padrão	0,41	0,39	0,45
Coef. Variação	7,95	8,10	9,59
Erro Padrão	0,17	0,16	0,18

Tabela 45 – Análise de variância dos resultados de resistência à compressão da argamassa tipo A.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>F/F<sub>crítico</sub></i>
Misturador	32,37149	2	16,18574	28,84074	0,004205	6,944272	4,15
Tempo de mistura	9,892356	2	4,946178	8,8134	0,034209	6,944272	1,27
Erro	2,244844	4	0,561211				
Total	44,50869	8					
Conclusão – Aceita-se a hipótese alternativa, o misturador e o tempo de mistura influenciam na resistência à compressão da argamassa tipo A.							

Tabela 46 – Análise de variância dos resultados de resistência à compressão da argamassa tipo B.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>F/F<sub>crítico</sub></i>
Misturador	4,965756	2	2,482878	15,7216	0,012737	6,944272	2,26
Tempo de mistura	0,943089	2	0,471544	2,985823	0,160911	6,944272	0,43
Erro	0,631711	4	0,157928				
Total	6,540556	8					
Conclusão - Aceita-se a hipótese alternativa para o misturador, que possui influência na resistência à compressão da argamassa tipo B, ao contrário do tempo de mistura.							



APÊNDICE E – Detalhamento e análise estatística dos resultados de resistência à tração na flexão.

Tabela 47 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo A preparada em misturador de eixo horizontal.

Grupo	120	180	240
Valores individuais em MPa	3,0	2,8	2,59
	3,12	3,03	2,9
	3,13	3,09	2,91
Amplitude	0,13	0,29	0,32
Média	3,08	2,97	2,80
Desv. Padrão	0,07	0,15	0,18
Coef. Variação	2,35	5,15	6,50
Erro Padrão	0,04	0,09	0,11

Tabela 48 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo B preparada em misturador de eixo horizontal.

Grupo	120	180	240
Valores individuais em MPa	1,79	1,37	1,55
	1,92	1,61	1,63
	1,98	1,92	1,67
Amplitude	0,19	0,55	0,12
Média	1,90	1,63	1,62
Desv. Padrão	0,10	0,28	0,06
Coef. Variação	5,12	16,88	3,78
Erro Padrão	0,06	0,16	0,04

Tabela 49 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo A preparada em misturador tipo betoneira.

Grupo	120	180	240
Valores individuais em MPa	3,55	3,38	2,44
	3,6	3,48	2,73
	3,66	3,61	2,95
Amplitude	0,11	0,23	0,51
Média	3,60	3,49	2,71
Desv. Padrão	0,06	0,12	0,26
Coef. Variação	1,53	3,30	9,45
Erro Padrão	0,03	0,07	0,15

Tabela 50 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo B preparada em misturador tipo betoneira.

Grupo	120	180	240
	2,01	1,91	1,85
Valores individuais em MPa	2,04	2	1,91
	2,08	2,09	1,93
Amplitude	0,07	0,18	0,08
Média	2,04	2,00	1,90
Desv. Padrão	0,04	0,09	0,04
Coef. Variação	1,72	4,50	2,20
Erro Padrão	0,02	0,05	0,02

Tabela 51 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo A preparada em misturador tipo planetário.

Grupo	120	180	2,3
	3,14	2,95	2,59
Valores individuais em MPa	3,31	3,17	2,71
	3,89	3,38	2,89
Amplitude	0,75	0,43	0,3
Média	3,45	3,17	2,73
Desv. Padrão	0,39	0,22	0,15
Coef. Variação	11,41	6,79	5,53
Erro Padrão	0,23	0,12	0,09

Tabela 52 – Resultados de resistência à tração na flexão da argamassa tipo B preparada em misturador tipo planetário.

Grupo	120	180	240
	1,8	1,52	1,68
Valores individuais em MPa	1,82	1,91	1,73
	1,91	2,05	1,79
Amplitude	0,11	0,53	0,11
Média	1,84	1,83	1,73
Desv. Padrão	0,06	0,27	0,06
Coef. Variação	3,18	15,04	3,18
Erro Padrão	0,03	0,16	0,03

Tabela 53 – Análise de variância dos resultados resistência à tração na flexão da argamassa tipo

A.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>F/F crítico</i>
Misturador	0,150555	2	0,075277	2,234130	0,223116	6,94427	0,32
Tempo de mistura	0,639355	2	0,319677	9,487551	0,030311	6,94427	1,37
Erro	0,134777	4	0,033694				
Total	0,924688	8					

Conclusão - Aceita-se a hipótese alternativa para o tempo de mistura, que possui influência na resistência à tração na flexão da argamassa tipo A, ao contrário do misturador.

Tabela 54 – Análise de variância dos resultados resistência à tração na flexão da argamassa tipo

B.

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>	<i>F/F crítico</i>
Misturador	0,10562222	2	0,052811	8,859273	0,033920	6,944272	1,28
Tempo de mistura	0,03842222	2	0,019211	3,222740	0,146644	6,944272	0,46
Erro	0,02384444	4	0,005961				
Total	0,16788889	8					

Conclusão - Aceita-se a hipótese alternativa para o misturador, que possui influência na resistência à flexão da argamassa tipo B, ao contrário do tempo de mistura.