INFLUÊNCIA DOS TIPOS DE MISTURADORES E TEMPO DE MISTURA NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS – REVISÃO SISTEMÁTICA

Tema: Tecnologia dos Materiais.
Grupo[1]: 2

JÚLIO L. SILVA[1], ALBERTO C. LORDSLEEM JR[2], EMÍLIA R. KOHLMAN RABBANI[3], TOMI ZLATAR[4], SABRINA C. MORAIS[5]

[1]Pesquisador, Escola Politécnica de Pernambuco, POLI-UPE, jls4@poli.br
[2]Profº Drº, Escola Politécnica de Pernambuco, POLI-UPE, acasado@poli.br
[3] Profª Drª, Escola Politécnica de Pernambuco, POLI-UPE, emilia.rabbani@poli.br
[4] Profº Drº, Escola Politécnica de Pernambuco, POLI-UPE, tomi.zlatar@poli.br
[5]Pesquisadora, Escola Politécnica de Pernambuco, POLI-UPE, scm@poli.br

RESUMO
Este trabalho objetiva revisar e discutir sobre a utilização dos diferentes tipos de misturadores de argamassas e diferentes tempos de mistura, mostrando a influência da fase de preparo nas propriedades das argamassas. Foi utilizado o método PRISMA para desenvolvimento desta revisão. Sendo observado que os misturadores analisados possuem influência moderada nas propriedades das argamassas, havendo maior diferença quando comparado com a mistura manual. O tempo de mistura teve forte influência nas propriedades verificadas, indicando que conforme se aumenta o tempo de mistura maior é o número de vazios nas argamassas, o que pode influenciar negativamente nas características do estado endurecido.
Palavras-chave: revisão prisma, argamassa, procedimento de mistura, microestrutura.

INFLUENCE OF MIXING TYPES AND MIXTURE TIME ON MORTAR PROPERTIES - SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT
The objective of this review is to discuss the use of different types of mortar mixers and different mixing times, showing the influence of the preparation phase on the mortar properties. The PRISM method was used to develop this review. It is observed that the mixers analyzed have a moderate influence on the properties of the mortars, with a greater

[1] **Grupo 1:** Oriundos de teses, dissertações e relatórios finais de projetos de pesquisa; ou **Grupo 2:** oriundos de disciplinas de pós graduação, iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

difference when compared to the manual mixing. The time of mixing had a strong influence on the verified properties, indicating that as the mixing time increases, the number of voids in the mortars is increased, which may negatively influence the characteristics of the hardened state.
Key-words: prism revision, mortar, mixing procedure, microstructure.

1. INTRODUÇÃO

Novas tecnologias e materiais vêm sendo desenvolvidos no setor da Construção Civil afim de proporcionar rapidez no desenvolvimento construtivo, melhoria da produtividade e redução de perdas. A argamassa industrializada é um exemplo disso, um produto industrializado de dosagem controlada, composta por aglomerantes minerais, agregado miúdo, aditivos e adições[1]. Neste caso, a única variável é o processo de mistura, mecânico ou manual, da água com o material seco.

Para Hemalatha *et al.*[2], o processo de mistura é eficaz quando torna uma mistura homogênea, 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 obterem 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.

Dificilmente uma mistura manual conseguirá atingir o mesmo nível de desaglomeração e teor de ar aprisionado, quando comparada ao procedimento mecânico e, por esse motivo, a NBR 7200[3] preconiza a utilização de mistura por processo mecanizado e, somente em casos excepcionais, por processo manual. O processo manual tende a apresentar uma menor eficiência, provocando a diminuição da produtividade da aplicação do revestimento[4].

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 das mesmas, existe o aumento da resistência mecânica do material[5].

Segundo Romano *et al.*[6], a mecanização da etapa de mistura no processo construtivo representa um avanço em relação ao processamento do revestimento. Os dois tipos de equipamentos mais utilizados em obras para esse fim são as Betoneiras (B) e os misturadores de Eixo Horizontal (EH). Entretanto, as diferenças conceituais entre os equipamentos impõem às argamassas distintas histórias de cisalhamento, interferindo diretamente na eficiência do processamento.

Esse trabalho teve como objetivo analisar com auxílio da metodologia Prisma a influência dos tipos de misturadores utilizados assim como o tempo de mistura e sua influência nas propriedades mecânicas e microscópicas por meio de um levantamento bibliográfico sobre o assunto.

2. METODOLOGIA

A revisão sistemática seguiu as orientações do método Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)[7]. Os artigos selecionados para esse trabalho foram pesquisados diretamente no Portal de Periódico CAPES (JCR, SCIELO, SCOPUS, ICE Proceedings e Journals, DRJI, DOAJ). As palavras-chaves utilizadas na busca foram: argamassa, mortar, misturador, mortar mixer, mixer, estado fresco, estado endurecido e microscopia. Com a ajuda dos operadores booleanos AND e OR, foram também utilizados os seguintes sinônimos para auxílio nas buscas, argamassa industrial, argamassa industrializada, industrialized mortar e MEV.

Para os critérios de inclusão, foram considerados os artigos revisados por pares, data de publicação (delimitando pesquisas entre 2009 e 2018) e os idiomas português e inglês.

No entanto, para os critérios de exclusão, foram considerados estudos com argamassas que não apresentavam propriedades mecânicas em suas análises, além de trabalhos que acrescentavam algum tipo de adição à mistura de argamassa.

Os estudos foram analisados por diversas variáveis: as propriedades físicas e mecânicas de argamassas; influência de misturadores nas propriedades no estado fresco e endurecido das argamassas, além do tempo de mistura e por ensaios microscópicos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Metodologia Prisma

Utilizando a metodologia Prisma para a pesquisa, foi encontrado um total de 385 artigos, os quais foram considerados aptos. No processo de avaliação, foram excluídos 79 artigos que não foram revisados por pares, artigos publicados a partir de 2009, sendo 16 destes excluídos por terem sido publicados antes desse período, além de escritos nos idiomas português e inglês, observando que apenas 9 foram excluídos. Após esse levantamento, um total de 74 artigos foram elegíveis para serem incluídos na análise. Trabalhos que envolvessem argamassas com algum tipo de adição ou substituição, ou seja, argamassas com presença de outros materiais, não foram incluídos nesse trabalho. Assim, 68 trabalhos não estavam atendendo ao que foi proposto. Logo após os critérios de exclusão para identificar quais artigos seriam realmente relevantes para a pesquisa, foram selecionados 6 artigos, sendo ainda acrescentados 3, considerados relevantes, pesquisados fora da plataforma CAPES.

A Tabela 1 descreve as características dos estudos avaliados. Existem apenas dois estudos que avaliam as argamassas industrializadas, sendo eles os trabalhos de Fukui[8] que comparou dois tipos de argamassas (industriais e produzidas em obras) e Romano[4] que avaliou apenas a argamassa industrializada, os outros autores utilizaram traços variados.

Tabela 1: Resumo dos parâmetros e resultados por estudo

N	Estudo	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à tração (MPa)	Teor de ar incorporado (%)	Índice de consistência (mm)	Microestrutura	Misturador	Tempo de mistura (s)
1	Cechin *et al.*[9]	7 dias = 13,72 28 dias = 13,07	7 dias = 4,19 28 dias = 4,21	64,04	-	-	-	-
2	Haach *et al.*[10]	28 dias = 12,29 28 dias = 2,80	28 dias = 3,63 28 dias = 1,42	-	100,00 150,00	-	-	240
3	Fukui *et al.*[8]	-	-	M 14,00 MP 16,50	260,00	-	MP e M	45, 60 e 260
4	Romano *et al.*[6]	-	EH14dias = 1,93 B14 dias = 2,7	EH 28,70 B 20,23	-	-	EH e B	120, 240 e 360
5	Mello *et al.*[11]	28 dias = 13,34	28 dias = 1,17	19,00	256,00	Superfície áspera e formato irregular	-	-
6	França *et al.*[12]	-	28 dias = 2,00	3,28	-	-	MP	30, 60, 120 e 180
7	Ramos *et al.*[13]	M 28 dias = 7,70 B 28 dias = 6,60	M28 dias = 2,65 B28 dias = 2,62	M 10,80 B 17,80	M 200,00 B 218,50	-	B e M	M 300 B 360
8	Andrade Neto e Silva[14]	28 dias = 2,20	28dias = 1,50	13,66	284,00		MP	120
9	Prasittisopin e Trejo[15]	7 dias = 24,7 28 dias = 30,4	-	-	-	Superfície irregular	MP	60, 900, 3600

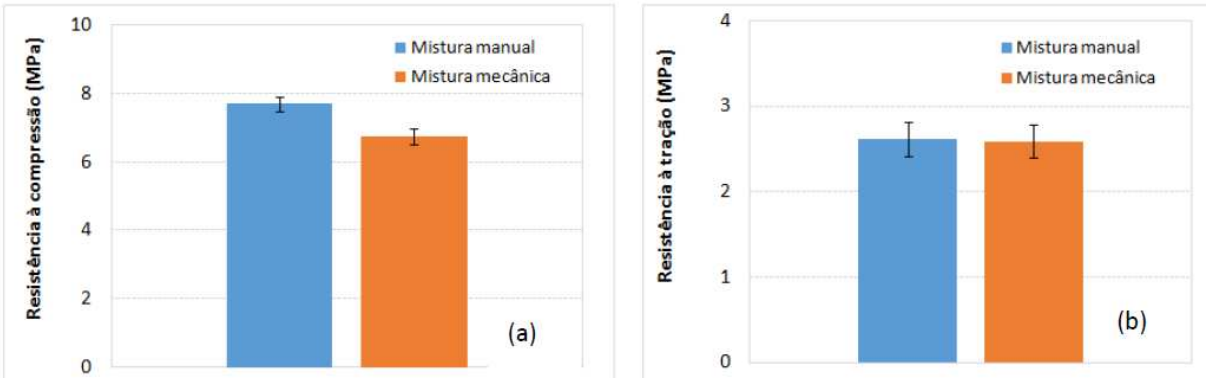
*EH – Argamassadeira de Eixo Horizontal; B – Betoneira; M – Manual; MP – Misturador planetário.

Quanto aos ensaios no estado endurecido, são representados pelos ensaios de resistência à compressão e à tração que seguem procedimentos da NBR 13279 [16] e pelo ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Já os ensaios no estado fresco, são representados pelos ensaios de teor de ar incorporado, que seguiram recomendações de cálculo da NBR 13278 [17] e índice de consistência conforme NBR 13276 [18].4

3.2 Ensaios no Estado Endurecido

Ramos *et al.*[13] afirma que a resistência mecânica está diretamente relacionada à variação do teor de ar incorporado no estado fresco, sendo observado que a mistura mecânica reduziu a resistência à compressão em 15% (Figura 1a). Apesar da menor resistência à compressão, a resistência à tração na flexão não apresentou influência significativa com relação ao tipo de mistura, como mostra a Figura 1b.

Figura 1 - Resistência à compressão, à tração da argamassa em função do tipo de mistura: manual e mecânica (betoneira).



Fonte: Ramos *et al.*[13].

Quanto ao nível microscópico, no trabalho de Mello *et al.*[11], foi observada a superfície das argamassas como sendo ásperas assim como o formato das partículas irregulares, o que contribui para o intertravamento entre as partículas, favorecendo uma melhor compactação, gerando menor índice de vazios e aumentando, por consequência, sua resistência mecânica.

No trabalho de Prasittisopin e Trejo [15], a face fraturada das amostras com tempo de mistura igual a 3 minutos, apresentou superfícies mais uniformes que as amostras que passaram um maior tempo. No entanto, superfícies das amostras que passaram 60 e 90 minutos apresentaram superfícies irregulares.

3.3 Ensaios no Estado Fresco

Quanto ao índice de consistência, que determina a trabalhabilidade das argamassas, dois trabalhos apresentaram praticamente mesmo índice sendo eles Fukui *et al.*[8] e Mello *et al.*[11], indicando uma boa trabalhabilidade, enquanto Haach *et al.*[10] apresentou valor baixo, indicando menor trabalhabilidade da argamassa utilizada, fato que pode ser explicado pela baixa fração do traço (1:3), mesmo com relação à água aglomerante 0,6 considerada relativamente alta.

No ensaio de teor de ar incorporado, pode se observar pelo estudo de Ramos et al.[12], que há grande diferença nos resultados quando comparados o processo de mistura manual e mecanizado, indicando que quando se utiliza máquinas no processo de mistura, o teor de ar incorporado aumenta consideravelmente.

Quanto estudos de Fukui et al.[8], foi observado que as argamassas industrializadas possuem maior teor de ar incorporado quando comparado com as argamassas produzidas em obras, por já possuírem em sua composição aditivos com função de incorporador de ar, diferente dos materiais utilizados no processo de produção em obra, além do próprio processo não favorecer na criação de bolhas.

3.4 Influência do Tipo de Misturador

Quanto aos tipos de misturadores mecânicos, foram observados os de eixo horizontal, do tipo planetário e betoneira, além da mistura manual, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Equipamentos utilizados para mistura de argamassas, em (a) argamassadeira de eixo horizontal em (b) uma betoneira e em (c) um misturador tipo planetário.



(a) (b) (c)

Fonte: (a) e (b) Romano *et al.*[6], (c) França *et al.*[12].

No trabalho de Fukui *et al.*[8], no qual foram comparadas argamassas produzidas com misturador planetário e no método manual, foi observado que a mistura manual obteve menores valores de teor de ar incorporado e, consequentemente, maior embricamento das partículas, provocando aumento da viscosidade, além de menor homogeneidade do traço, o que desfavorece a sua qualidade. Outro fator observado está na comparação entre argamassas industrializadas e argamassas preparadas diretamente no canteiro de obras, evidenciando que, para os traços industrializados, há maior trabalhabilidade, independentemente do tipo de misturador utilizado, sem influenciar diretamente as suas propriedades mecânicas.

Por outro lado, no trabalho Romano *et al.*[4], houve comparação entre os tipos de misturadores, EH e B, evidenciando o quanto os equipamentos influenciam nas propriedades físicas e mecânicas das argamassas. Desse modo, indicam que argamassas produzidas em

betoneiras tendem a apresentar maior teor de ar incorporado e, ainda, que se fazem necessários cuidados com a etapa de mistura, uma vez que o teor de ar pode gerar uma maior quantidade de vazios, e isso reduziria suas propriedades mecânicas.

3.5 Influência do Tempo de Mistura

Quanto ao tempo de mistura, Haach *et al.* [10] utilizaram o tempo estipulado pela NBR 9287 [20], de 240s, incluindo os períodos de pausa, enquanto Romano *et al.*[4] adotaram o tempo baseado nos procedimentos de obras, sendo eles de 120s, 240s e 360s, observando que o tempo de 240s se equipara ao tempo sugerido pela norma mencionada anteriormente. Os resultados de Romano *et al.*[4] indicam que o aumento do teor de ar incorporado está diretamente ligado ao aumento do tempo de mistura, logo, apesar de maiores tempos de mistura proporcionarem melhora na trabalhabilidade devido a criação de bolhas de ar na argamassa, essa quantidade de vazios criada no processo pode reduzir as propriedades mecânicas, como de resistências à compressão e tração das argamassas utilizadas.

Fukui *et al.*[8] e França *et al.*[12] seguiram o procedimento descrito pela NBR13276 [18] de 260s, sendo esse procedimento de mistura recomendado para misturas em laboratório. Como estavam avaliando a influência do tempo de mistura, foram adicionados outros períodos, os de 30s, 120s e 180s para comparação dos resultados. Vale salientar que há diferença nos tempos apresentados nos dois trabalhos. Apesar de seguirem a mesma norma, visto que no primeiro trabalho é contabilizado todo o período de mistura incluindo pausas no equipamento e no segundo é contabilizado apenas o tempo de mistura com o equipamento ligado, no caso o tempo de 120s seria equivalente ao de 260s, se somado o período de pausa do equipamento. De um modo geral, o tempo de mistura tem grande influência no teor de ar incorporado, indicando que, quanto mais tempo se passa misturando a argamassa, maior é o volume de ar incorporado.

4. CONCLUSÃO

Os estudos que abordam as influências dos tipos de misturadores nas propriedades dos diversos tipos de argamassas ainda são pouco abordados pelos pesquisadores. Apesar de ser um procedimento extremamente comum e simples, apresenta-se como de grande influência nas características tanto no estado fresco como no endurecido das argamassas, logo que argamassas que passam pelo processo mecânico possuem melhor homogeneização, consequente melhores resultados, quando comparados com o processo manual.

Entre os tipos de misturadores mecânicos, observou-se maior sensibilidade das argamassas quando utilizado um misturador de eixo horizontal. Também foi observado que traços de argamassas quando são produzidos em obras sem auxílio de equipamentos mecanizados, perdem consideravelmente sua qualidade, por não apresentarem uma boa homogeneização, conforme comprovado pelos estudos analisados.

O tempo de mistura avaliado também se mostrou de grande importância, indicando que, quanto mais tempo uma argamassa passa em processo de mistura, maior é o teor de ar incorporado, fato que pode vir a gerar vazios, que não propiciam boas características no estado endurecido.

Faz-se necessária, portanto, a realização de mais estudos que abordem o tema, objetivando gerar mais informações tanto para pesquisadores como para gestores de obras, com o propósito de que as argamassas produzidas nos canteiros, possuam cada vez maior qualidade, reduzindo, assim, problemas futuros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. São Paulo, 2005.

2. 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**, 98, p. 119-127. 2015.

3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7.200**: Execução de revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

4. 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**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 109-118, 2009.

5. 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 – 734, 2006.

6. 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.

7. LIBERATI, A.; ALTMAN D.G.; TETZLAFF J.; MULROW C.; GOTZSCHE P.C.; IOANNIDIS J.P.A.; CLARKE M.; DEVEREAUX P.J.; KLEIJNEN J.; MOHER D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. **Annals of internal medicine**, v.151, n.4, p.w-65-w-94, 2009.

8. 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**, v. 23, n. 1, 2018.

9. CECHIN, L.; TORKARSKI R. B.; TRENTO, T. P. W.; MATOSKI, A. Utilização da Areia Industrial em Argamassas de Revestimento. **Principia**, v. Único, p. 77-87, 2016.

10. HAACH, V. G.; VASCONCELOS, G.; LOURENÇO, P. B. Influence of aggregates grading and water/cement ratio in workability and hardened properties of mortars. **Construction and Building Materials**. v. 25, n. 6, p. 2980-2987, 2011.

11. MELLO, A. L.; Carvalho, R. F.; SILVA, V. S. Características da argamassa contendo resíduos de plásticos como alternativa aos agregados naturais. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora. ENTAC: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais** [...] Juiz de Fora: ANTAC, v. 1. p. 3707-3716, 2012.

12. FRANÇA, M. S.; CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G. Influência do procedimento de mistura em laboratório nas propriedades de argamassas. **Ambiente construído [online]**, vol.13, n.2, pp.111-124, 2013.

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

14. ANDRADE NETO, J. S.; SILVA, V. S. Influência da sequência de mistura nas propriedades de argamassas industrializadas. In: XII Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2017, São Paulo. Anais - SBTA 2017, 2017.

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

16. 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. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

17. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

18. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos: preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

19. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C150**: Standard specification for portland cement. ASTM C150- 07, West Conshohocken, PA, 8. 2007.

20. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.**NBR 9287**: Argamassa para assentamento para alvenaria de blocos de concreto. Determinação da retenção de água, Rio de Janeiro; 1984.