

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES TEORES DE CAL E ADITIVO INCORPORADOR DE AR EM ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM 70% DE AREIA DE BRITAGEM

Priscila Ongaratto Trentin (PPGECC - UFPR) E-mail: priscila-trentin@hotmail.com

Mariana Perardt (PPGEC - UTFPR) E-mail: marianaperardt@alunos.utfpr.edu.br

Claudia Regina Bernardi Baldin (PPGEC - UTFPR) E-mail: claudiabaldin@utfpr.edu.br

Keila Stedile (DACOC - UTFPR) E-mail: kstedile@alunos.utfpr.edu.br

Jefferson Teixeira Olea Homrich (PPGEC - UTFPR) E-mail: jeffersonh@alunos.utfpr.edu.br

Resumo: A extração da areia causa grande impacto ambiental como, por exemplo, mudanças nos leitos dos rios. Além disso, tem-se observado que sua oferta tende a diminuir ao longo do tempo e que seu custo é cada vez mais elevado. Com a finalidade de minimizar os danos, a areia de britagem tem sido utilizada como alternativa econômica, técnica e ambiental. O objetivo deste estudo é analisar a viabilidade técnica da substituição de 70% de areia natural por areia de britagem, em argamassas mistas de cal e cimento, utilizando diferentes teores de cal e aditivo incorporador de ar. Com o intuito de estudar as argamassas nas mesmas condições, utilizou-se o ensaio de consistência e fixou-se o valor de 260 ± 10 mm. No estado endurecido foram realizadas as análises de resistência à tração na flexão e à compressão e de absorção de água por capilaridade. O melhor comportamento foi apresentado pela argamassa de traço 1:0,25:6, porém, quanto ao teor de aditivo incorporador de ar, a resistência mecânica é maior para valores mais baixos de aditivo, enquanto a absorção de água por capilaridade é menor com maiores quantidades de aditivo.

Palavras-chave: Argamassa, areia natural, areia de britagem, aditivo incorporador de ar.

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF USE DIFFERENT LEVELS OF LIME AND AIR INCORPORATOR ADDITIVE IN MORTARS PRODUCED WITH 70% OF CRUSHED SAND

Abstract: The extraction of sand causes great environmental impact, such as changes in river beds. In addition, it has been observed that its supply tends to decrease over time and that its cost is increasingly higher. In order to minimize damage, crushed sand has been used as an economic, technical and environmental alter-native. The objective of this study is to analyze the technical feasibility of replacing 70% of natural sand with crushed sand, in mixed lime and cement mortars, using different levels of lime and air incorporating additive. In order to study the mortar in the same conditions, the consistency test was used and the value of 260 ± 10 mm was fixed. In the hardened state, the analyzes of tensile strength in flexion and compression and of water absorption by capillarity were performed. The best behavior was presented by the 1:0,25:6 mix mortar, however, as for the content of air incorporating additive, the mechanical resistance is higher for lower additive values, while the absorption of water by capillarity is smaller with higher amounts of additive.

Keywords: Mortar, natural sand, crushed sand, air-entraining additive.

1. Introdução

O setor da construção civil é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais. No Brasil, a demanda de agregados vem aumentando ano após ano. De acordo com John (2000), o consumo estimado de agregados naturais, somente na produção de concretos e de argamassas, era, no ano 2000, de aproximadamente 210 milhões de toneladas, sendo a construção civil a responsável por consumir entre 14% e 50% dos

recursos naturais que são extraídos da terra.

De acordo com Barbosa *et al.* (2008), grande parte dos processos com atividade econômica é fonte geradora de resíduos, causando considerável degradação ambiental e desconsiderando, muitas vezes, o desenvolvimento sustentável do ambiente construído. Sendo assim, o desafio atual está centrado no aproveitamento racional dos resíduos provenientes dos processos industriais. Dentro desse contexto, a construção civil aparece como o setor tecnológico mais indicado para absorver os resíduos sólidos, devido ao grande volume de recursos consumidos e a possibilidade de absorver grande quantidade de resíduos.

Atualmente grande parte do agregado miúdo natural é extraída de leitos de rios, provocando a retirada da cobertura vegetal e a consequente degradação dos cursos d'água, causando grande impacto ao meio ambiente. Órgãos responsáveis pela fiscalização do meio ambiente, como o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), vêm coibindo esta prática. Dessa forma, os mineradores passam a extrair esses agregados em locais cada vez mais distantes do mercado consumidor, o que onera o preço final do produto (ALMEIDA, 2000).

De acordo com Almeida (2000), nas pedreiras a britagem das rochas gera cinco tipos de produtos: pó de pedra (> 0,075 mm), brita 0 (4,75 a 9,5 mm), brita 1 (9,5 a 19,0 mm), brita 2 (19,0 a 25,0 mm) e brita 3 (25,0 a 37,5 mm). Entre esses produtos, os únicos que encontram aplicações nobres na construção civil são as britas 1, 2 e 3, sendo o pó de pedra geralmente utilizado em aplicações marginais, sem significativo valor comercial. Dessa forma, esses materiais ficam estocados em pilhas nas pedreiras e acabam provocando graves problemas ambientais, como assoreamento dos rios, poluição visual e geração de poeira.

O pó de pedra, rejeitado pela construção civil, pode, se devidamente processado, substituir a areia natural. Dessa forma, o presente trabalho busca analisar o efeito da substituição de 70% de agregado miúdo natural por areia de britagem com diferentes teores de cal e aditivo incorporador de ar na produção de argamassa.

2. Referencial teórico

2.1 Argamassa

As argamassas são definidas pela NBR 13281:2005 como sendo a mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

As argamassas são materiais muito empregados na construção civil, sendo os seus principais usos no assentamento de alvenarias e nas etapas de revestimento, como emboço, reboco ou revestimento de camada única de paredes e tetos, além de contrapisos para a regularização de pisos e ainda no assentamento e rejuntamento de revestimentos de cerâmica e pedra (CARASEK, 2010).

As principais exigências funcionais das argamassas no estado fresco são: trabalhabilidade, consistência, plasticidade e aderência. No estado endurecido é necessário que as argamassas atendam às seguintes exigências: resistência mecânica, retração e capacidade de absorver deformações (SOUZA, 2016). Além disso, exige-se que a argamassa apresente baixa absorção, resistência de aderência e que contribua para o isolamento acústicos e térmico.

2.2 Classificação das argamassas

2.2.1 Classificação quanto ao tipo de aglomerante

Quanto ao tipo de aglomerante, as argamassas podem ser classificadas como sendo de cal, de cimento ou argamassa mista.

A argamassa mista, utilizada neste trabalho, utiliza cimento, cal, agregado miúdo e água (SILVA, 2006). Segundo Sabbatini (1984), os ingleses utilizam a proporção 1:3 (aglomerante:areia seca) em volume como traço básico, pois partem do princípio de que com esta proporção os vazios da areia são preenchidos pela pasta aglomerante. Esta proporção é muito utilizada também no Brasil, como os tradicionais traços em volume 1:1:6 (cimento:cal:areia) para revestimentos externos e 1:2:9 para revestimentos internos.

2.2.2 Classificação quanto à função do revestimento

As camadas de argamassas de revestimentos, de acordo com a NBR 13529:2013, são classificadas em chapisco, emboço e reboco.

Chapisco é a camada de preparo da base, aplicada com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento. O emboço é a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo. O reboco, por sua vez, é a camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, constituindo-se no acabamento final.

2.3 Aplicação da areia de britagem na construção civil

Existe atualmente uma tendência mundial no uso da areia de britagem devido a uma série de vantagens advindas desse processo. Segundo Almeida e Bispo (2003), destaca-se o aproveitamento integral das pedreiras, obtenção de areia com características físicas e químicas constantes, teor de umidade praticamente zero e, além disso, a utilização da areia de britagem minimiza alguns problemas ambientais.

Para Carasek *et al.* (2016), a substituição da areia natural pela areia de britagem é viável para resolver os problemas de esgotamento das jazidas e reduzir o impacto ambiental causado pela extração de matérias-primas. As areias britadas apresentam menor variabilidade de propriedades e características, como granulometria, forma e ausência de impurezas, como matéria orgânica. Apesar disso, a forma irregular das partículas e a elevada presença de finos pode influenciar negativamente em propriedades da argamassa, como na trabalhabilidade.

De acordo com Almeida e Bispo (2003), a substituição da areia natural pela areia de britagem deve ser feita de modo a não causar prejuízo à qualidade do produto. Para que a areia de britagem possa ser utilizada, os seguintes requisitos devem ser satisfeitos:

- Forma e textura das partículas;
- Resistência mecânica e estabilidade das partículas;
- Adequação da distribuição granulométrica;

- Ausência de impurezas, entre outras.

As areias naturais extraídas de rios são, geralmente, de natureza quartzosa rolada, de origem fluvial ou eólica (SBRIGHI NETO, 1999). Quando comparadas aos agregados provenientes de britagem de rocha, as diferenças quanto à distribuição granulométrica, à forma, à textura e à resistência mecânica das partículas são evidentes.

2.4 Aplicação do aditivo incorporador de ar em argamassas

De acordo com Santos (2006), o aditivo incorporador de ar é empregado em argamassas industrializadas com o objetivo de modificar as propriedades reológicas das argamassas. O ar incorporado forma bolhas discretas quase esféricas. As bolhas não formam canais por onde fluídos possam escoar; dessa forma, não ocorre aumento da permeabilidade do material com a utilização desse aditivo.

A utilização do aditivo incorporador de ar acarreta na melhora significativa da trabalhabilidade da argamassa no estado fresco, através da formação de uma grande quantidade de microbolhas de ar que são independentes entre si (ALVES, 2002; CALHAU; TRISTÃO, 1999).

Alves (2002), afirma que os aditivos incorporadores de ar são tensoativos aniônicos, os quais, quando adicionados às pastas de cimento, tendem a se adsorver nas partículas sólidas da pasta através da sua parte polar, com a parte apolar voltada para a fase aquosa, dando um caráter hidrofóbico às partículas de cimento. A formação das bolhas de ar é realizada pelos tensoativos que não foram adsorvidos e estão livres na fase aquosa. Apesar da literatura afirmar que apenas os tensoativos livres na fase aquosa produzem as bolhas de ar, alguns tensoativos adsorvidos no cimento podem participar dessa produção. Nesse caso, ocorre o chamado “efeito ponte” entre as partículas do cimento, o que aumenta a ligação entre as partículas do cimento e, conseqüentemente, a viscosidade da pasta.

3. Materiais e métodos

O detalhamento do programa experimental encontra-se na Figura 1. Como pode ser observado, foram utilizadas variações no teor de cal das argamassas (0,25, 0,50 e 0,75). As proporções de cimento e agregado miúdo foram mantidas fixas (1 e 6, respectivamente). Além das propriedades no estado fresco, foram determinadas as resistências à tração na flexão e à compressão e a absorção de água das argamassas aos 91 dias.

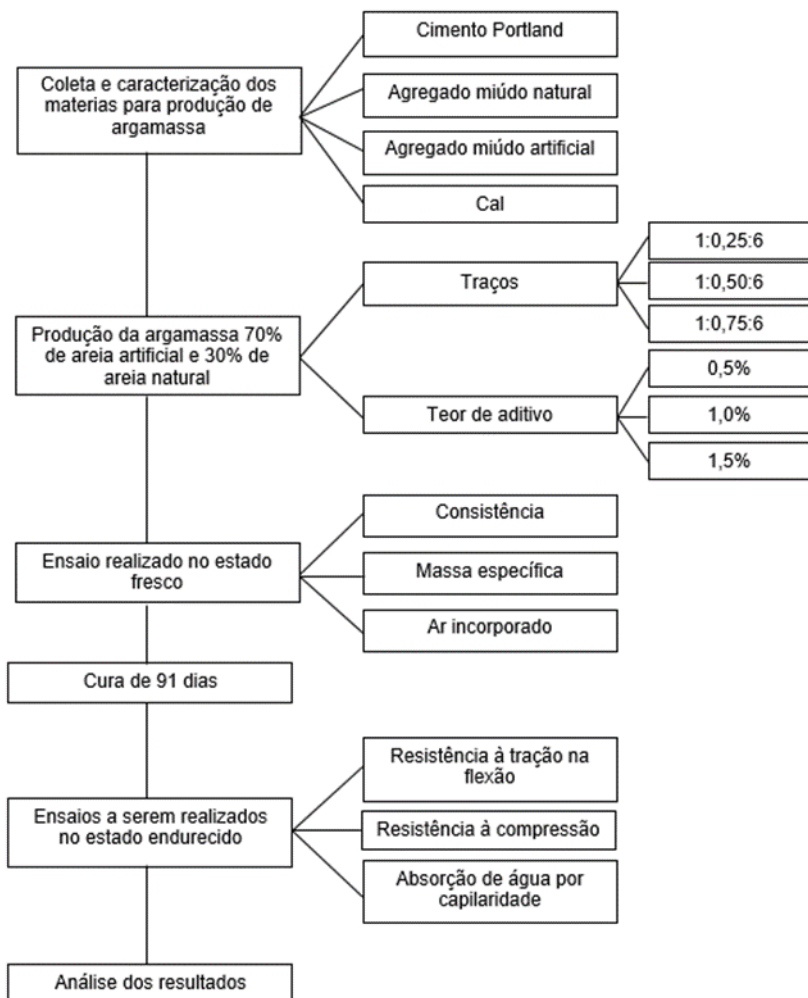


Figura 1 – Detalhamento do programa experimental

3.1 Materiais utilizados

3.1.1 Cimento Portland

O Cimento Portland Composto com Pozolana (CP II-Z-32) foi utilizado neste trabalho. Com os ensaios realizados em laboratório obtiveram-se os valores de massa específica de $3,07 \text{ g/cm}^3$ e superfície específica de 3475 g/cm^2 .

3.1.2 Cal

Neste trabalho foi utilizada a cal hidratada CH III. A opção pela utilização de uma argamassa mista deu-se em função dos revestimentos tradicionais de obra, que utilizam cal no traço de argamassa.

Nos ensaios realizados em laboratório obtiveram-se os valores de massa específica de $2,45 \text{ g/cm}^3$ e superfície específica de 4355 g/cm^2 .

3.1.3. Agregados miúdos

Neste trabalho foram utilizados dois tipos de agregados miúdos, a areia natural e a areia

de britagem em proporção de 30 e 70%, respectivamente.

Para caracterização dos agregados miúdos foram realizados ensaios de composição granulométrica (NBR NM 248:2003), determinação da massa específica (NBR NM 52:2009) e massa unitária (NBR NM 45:2006), sendo os resultados descritos na Tabela 1 e Figura 2.

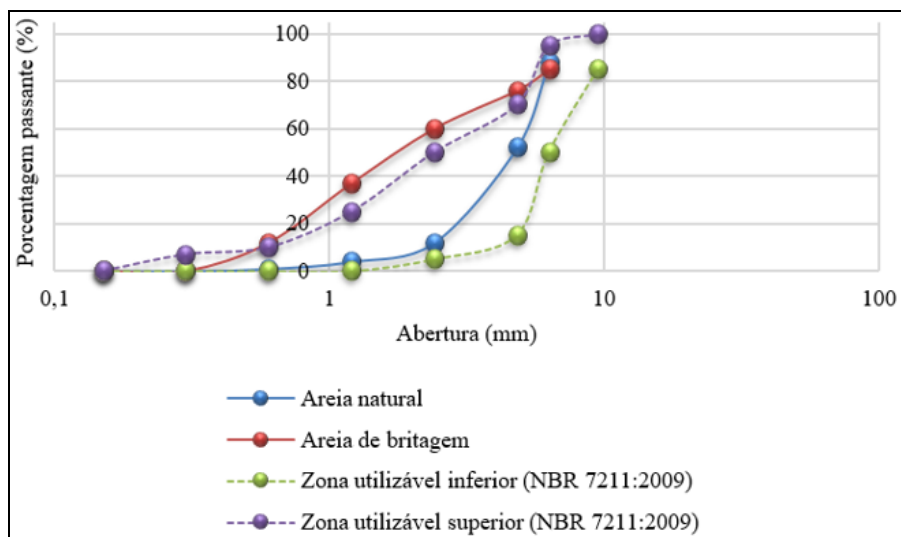


Figura 2 – Distribuição granulométrica dos agregados miúdos

Tabela 1 – Caracterização granulométrica dos agregados miúdos

Características	Areia natural	Areia de britagem
Dimensão máxima característica (mm)	1,18	4,80
Massa específica (g/cm ³)	2,65	2,89
Massa unitária (g/cm ³)	1,47	1,69
Módulo de finura	1,57	2,70

3.2 Dosagem e produção

As argamassas foram produzidas com utilização de argamassadeira, seguindo os procedimentos estabelecidos pela NBR 7215:1996. O consumo de cimento adotado foi de 160kg/m³ e a quantidade de água foi obtida experimentalmente, até que se atingisse a consistência de 260 ± 5mm, conforme a NBR 13276:2005.

3.3 Ensaios no estado fresco

No estado fresco realizou-se a pesagem da argamassa em um volume conhecido para determinação da massa específica e consequente determinação do teor de vazios, com utilização da massa específica teórica da argamassa, conforme a NBR 13278:2005. Além disso, foi realizado o ensaio de consistência de acordo com a NBR 13276:2005.

3.4 Moldagem, desmoldagem e cura dos corpos de prova

Os corpos de prova prismáticos (4x4x16 cm) foram moldados com duas camadas de

argamassa, sendo que cada camada recebeu 15 golpes com soquete metálico. Após 48 ± 24 horas, foi realizada a desforma dos corpos de prova e os mesmos foram colocados em câmara climatizada para o processo de cura, ficando a temperatura de 23°C e umidade constante de 80%.

3.5 Ensaios no estado endurecido

3.5.1 Resistência à tração na flexão e à compressão

Os critérios para a determinação da resistência à tração na flexão e à compressão são estabelecidos pela NBR 13279:2005. O ensaio consistiu na preparação de três corpos de prova para cada mistura com dimensões de $4 \times 4 \times 16$ cm, sendo que os mesmos foram mantidos em câmara úmida até a ruptura.

Nas rupturas foram determinadas primeiramente as resistências à tração na flexão para os três corpos de prova inteiros. Em seguida, foram utilizados os corpos de prova rompidos ao meio para a realização do ensaio de resistência à compressão.

3.5.2 Absorção de água por capilaridade

A norma que regulamenta esse ensaio é a NBR 15259:2005, a qual determina a moldagem de três corpos de prova prismáticos com dimensões de $4 \times 4 \times 16$ cm para cada uma das misturas. Para a realização dos ensaios, os corpos de prova foram posicionados sobre uma malha plástica em um recipiente com água, onde o nível de água foi mantido constante, 5 ± 1 mm acima da face em contato com a água. O coeficiente de capilaridade foi obtido pela diferença de massa aos 10 e 90 minutos a partir da colocação dos corpos de prova em contato com a água.

4. Resultados

Como pode ser observado na Tabela 2, a utilização de aditivo incorporador de ar, reduziu a massa específica das argamassas e aumentou sua trabalhabilidade.

Tabela 2 – Propriedades observadas e calculadas no estado fresco

Traço	Teor de aditivo (%)	Consistência (cm)	Massa específica real (kg/m^3)	Massa específica teórica (kg/m^3)	Teor de ar incorporado (%)
1:0,25:6	0,5%	26,5	1925,1	2368,2	18,7
	1,0%	26,3	1900,8	2384,7	20,3
	1,5%	26,0	1882,4	2334,0	19,4
1:0,50:6	0,5%	25,5	2006,5	2304,1	12,9
	1,0%	25,5	1965,1	2297,5	14,5
	1,5%	25,7	1779,5	2296,7	22,5
1:0,75:6	0,5%	25,8	1934,7	2237,8	13,6
	1,0%	26,0	1844,2	2276,2	19,0
	1,5%	25,8	1788,9	2272,7	21,3

De acordo com a ASTM C1349:2003, os teores de ar incorporado para argamassas produzidas em obra para uso de revestimentos em paredes externas devem variar entre 8% e 17%. Considerando esses parâmetros, apenas a argamassa com traço 1:0,50:6 com os teores de aditivo de 0,5 e 1% e o traço 1:0,75:6 com 0,5% de aditivo atenderam a

norma.

4.1 Resistência à compressão

A Figura 3 apresenta os resultados do ensaio de resistência à compressão aos 91 dias.

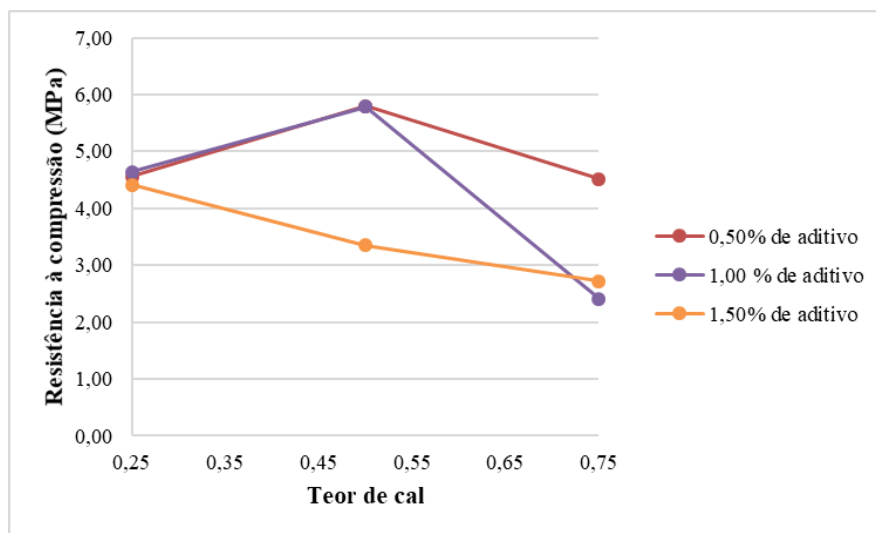


Figura 3 – Efeito da variação do teor de cal e do percentual de aditivo na resistência à compressão

O gráfico da Figura 3 apresenta o efeito combinado da variação do teor de cal e do percentual de aditivo utilizados no traço de argamassa em relação a resistência à compressão. No traço com 0,25 de cal, os teores de aditivo não tiveram influência significativa na resistência à compressão. Para o traço com 0,5 de cal, os melhores resultados foram apresentados pelos teores de 0,5 e 1% de aditivo. Para o traço com 0,75 de cal, obteve-se o melhor resultado de resistência com 0,5% de aditivo.

De forma geral, observou-se melhor comportamento, em relação à resistência mecânica, apresentado pelos teores de aditivo de 0,5 e 1% e maior resistência com teor de cal 0,5. Com teor de cal 0,75, observou-se queda na resistência.

A redução de resistência mecânica com a utilização de maiores quantidades de aditivo incorporador também foi verificada no estudo de Gava *et al.* (2015) em argamassas de assentamento de traço 1:1:6 e 1:0,5:6.

Em análise estatística, utilizando intervalo de confiança de 95%, por meio do Teste Tukey, verificou-se que, para o teor de cal 0,25, os três teores de aditivo apresentam resistências estatisticamente iguais entre si, sendo também estatisticamente iguais ao traço com 0,75 de cal com 0,5% de aditivo. Para o traço com 0,50 de cal, os teores de 0,5 e 1% de aditivo apresentaram resistências estatisticamente iguais. Já o traço com 0,75 de cal tem resistência estatisticamente igual com 1 e 1,5% de aditivo.

Segundo Isaia (2011), a resistência é reduzida com a incorporação de ar nas argamassas. Biava *et al.* (2018), avaliando a influência de aditivo incorporador de ar em argamassas, também verificaram queda na resistência à compressão com o aumento do teor de aditivo.

De acordo a classificação da NBR 13281:2005, os traços enquadram-se nas classes P3 e

P4, o que permite a aplicação das argamassas em revestimento interno e externo e como argamassa de uso geral.

4.2 Resistência à tração na flexão

A Figura 4 apresenta os resultados do ensaio de resistência à tração na flexão aos 91 dias.

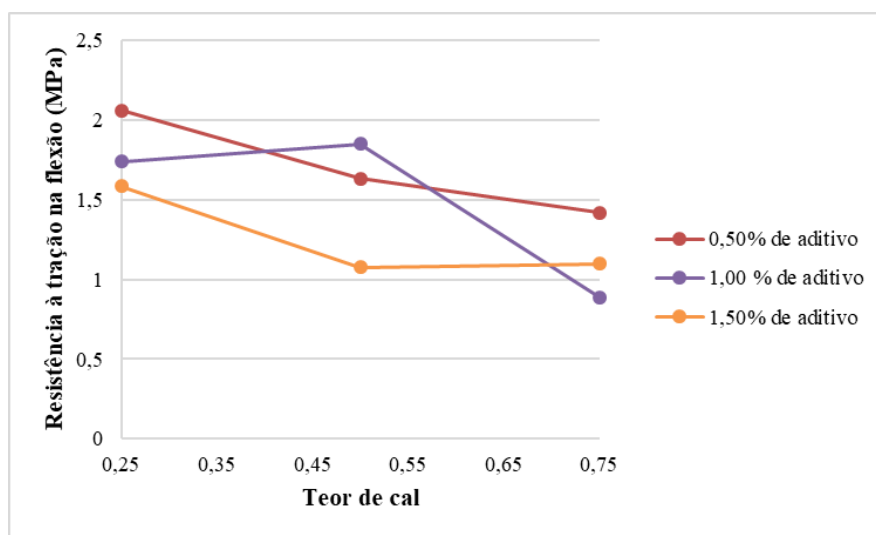


Figura 4 – Efeito da variação do teor de cal e do percentual de aditivo na resistência à tração na flexão

No caso da resistência à tração na flexão, no traço com 0,25 de cal, observa-se uma queda de resistência com aumento do teor de aditivo. No traço com 0,50 de cal, a resistência com utilização de 1,0% de aditivo incorporador de ar é estatisticamente igual à resistência obtida com o teor de 0,5%, mas tem uma queda acentuada com o teor de 1,5%. No caso do traço com 0,75 de cal, a resistência cai para os teores de 1,0 e 1,5% de aditivo.

No estudo de Da Silva *et al.* (2009), que utilizaram aditivo incorporador de ar em argamassas de cimento, foi constatada redução de resistência à tração na flexão mesmo com utilização de baixo teor de aditivo incorporador de ar (0,05%).

Com análise estatística verifica-se que as resistências, para o teor de cal 0,25, com todos os percentuais de aditivo, e para o teor de cal 0,5 com os teores de aditivo de 0,5 e 1%, são estatisticamente iguais. Para o teor de cal 0,75, as resistências para os teores de aditivo 1 e 1,5% são estatisticamente iguais.

De acordo a classificação da NBR 13281:2005, os traços enquadram-se nas classes R1 e R2, o que permite a aplicação da argamassa para revestimento interno, uso geral ou reboco.

4.3 Coeficiente de absorção de água por capilaridade

A Figura 5 apresenta os resultados dos coeficientes de absorção de água por capilaridade aos 91 dias.

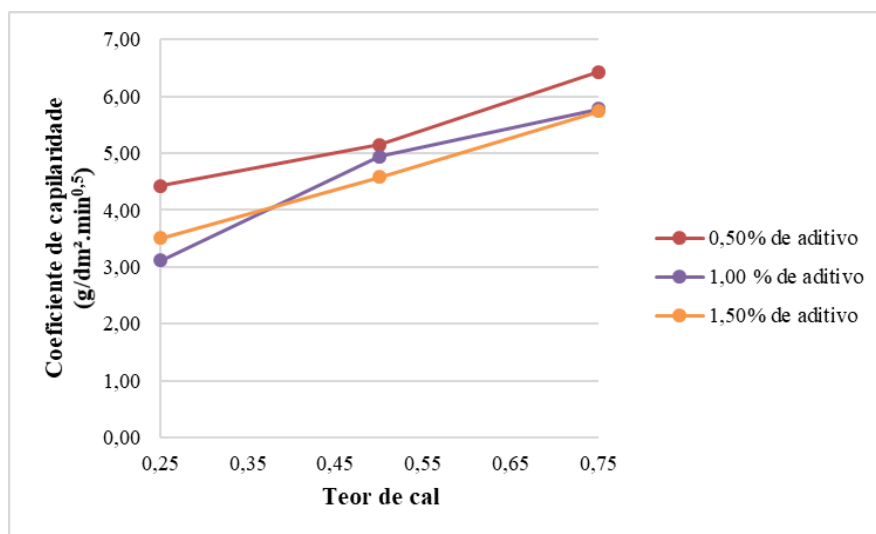


Figura 5 – Efeito da variação do teor de cal e do percentual de aditivo no coeficiente de absorção de água por capilaridade

Como pode ser verificado na Figura 5, o coeficiente de capilaridade aumentou proporcionalmente ao incremento do teor de cal.

Assim como verificado por Da Silva *et al.* (2009), neste estudo o aumento no teor de aditivo incorporador de ar acarretou na redução do coeficiente de absorção de água por capilaridade. Apesar disso, em análise estatística, verificou-se que os coeficientes de capilaridade podem ser considerados estatisticamente iguais para todos os teores de aditivo no teor de cal de 0,25, no teor 0,50 e no teor 0,75.

Analisando os resultados de coeficiente de capilaridade todos os traços de argamassa pertencem às classes C3 e C4 da norma NBR 13281:2005. As argamassas com teor de cal 0,25 e teores de aditivo 1 e 1,5% apresentaram os menores coeficientes de capilaridade, sendo indicadas para utilização como revestimento externo. Os demais traços apresentam coeficiente de capilaridade superior ao previsto em norma.

Da mesma forma como foi verificado por Biava *et al.* (2018), as argamassas com maior porosidade, devido à incorporação de ar, tiveram uma redução da sua capacidade de absorção, devido à dificuldade de ascensão da água por capilaridade. De acordo com Hanzic e Ilic (2003), isso acontece porque as bolhas de ar incorporadas na argamassa interrompem e desconectam os dos poros capilares.

5. Conclusões

Analisando os resultados obtidos nesse trabalho constata-se que as melhores resistências mecânicas foram obtidas com o teor de 0,5% de aditivo incorporador de ar. Para a resistência à compressão, o melhor comportamento é apresentado pelo traço com 0,50 de cal e, para resistência à tração na flexão, para o traço com 0,25 de cal. Já o menor coeficiente de absorção de água por capilaridade foi obtido com 1,5% de aditivo incorporador de ar e com 0,25 de cal no traço.

Em relação aos parâmetros de resistência mecânica e absorção de água, analisados neste trabalho, verificou-se o melhor comportamento apresentado pela argamassa de traço

1:0,25:6, mas, quanto ao teor de aditivo que deve ser utilizado, os dados são inconclusivos, fazendo-se necessários novos estudos nessa área.

Referências

- ALMEIDA, S. L. M. *Aproveitamento de rejeitos de pedreiras de Santo Antônio de Pádua, RJ para produção de brita e areia*. Tese de D. Sc., USP, São Paulo, SP, Brasil, 2000.
- ALMEIDA, S. L. M. & BISPO, L. H. O. *Obtenção de areia artificial a partir de finos de pedreiras – análises de ensaios*. In: Boletim Técnico - Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro, Brasil, 2003.
- ALVES, N. J. D. *Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento*, Dissertação de M. Sc., UnB, Brasília, Brasil, 2002.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard Specification for Mortar Cement - ASTM C1349*. United States, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios - NBR NM 45*. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- _____. *Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente - NBR NM 52*. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- _____. *Agregados – Determinação da composição granulométrica - NBR NM 248*. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- _____. *Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão - NBR 7215*. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- _____. *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência - NBR 13276*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- _____. *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado - NBR 13278*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- _____. *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão - NBR 13279*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- _____. *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos - NBR 13281*. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- _____. *Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Terminologia - NBR 13529*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- _____. *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade - NBR 15259*. Rio de Janeiro: ANBT, 2005.
- BARBOSA, M. T. G.; COURA, C. V. G. & MENDES, L. O. *Estudo sobre a areia artificial em substituição à natural para confecção de concreto*. In: Ambiente Construído, Porto Alegre, Brasil, 2008.
- BIAVA, J. de F.; CARNEIRO, R. C. & IRRIGARAY, M. A. P. *Influência do aditivo incorporador de ar nas propriedades de argamassas de emboço no estado endurecido*. In: 23º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, Brasil, 2018.
- CALHAU, E. L. & TRISTÃO, F. A. *Influência do teor de ar incorporado nas propriedades das argamassas mistas de revestimento*. In: III Simpósio Brasileiro de Tecnologia em Argamassas, Vitória, Espírito Santo, Brasil, 1999.
- CARASEK, H. *Argamassas, Materiais de construção civil e princípio de ciência e engenharia dos materiais*, v.2, 2010.
- CARASEK, H.; ARAÚJO, R. C.; CASCUDO, O. & ANGELIM, R. *Parâmetros da areia que influenciam a consistência e a densidade de massa das argamassas de revestimento*. Matéria (Rio de Janeiro), v. 21, n. 3, p. 714-732, 2016.
- DA SILVA, N. G.; COLLODETTI, G.; PICHETTI, D. Z. C. M. & GLEIZE, P. J. P. *Efeitos do ar incorporado nas propriedades do estado endurecido em argamassas de cimento e areia*. In: 51º Congresso Brasileiro do Concreto, Curitiba, Paraná, 2009.

GAVA, G. P.; MANCINI, P. S. & SAKAI, H. H. *Influência do aditivo incorporador de ar nas propriedades das argamassas de assentamento.* In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Fortaleza, Ceará, 2015.

HANZIC, L. & ILIC, R. *Relationship between liquid sorptivity and capillarity in concrete.* Cement and Concrete Research, v.33, 2003.

ISAIA, G. C. *Concreto: Ciência e Tecnologia.* Ibracon, 2011.

JOHN, V. M. *Reciclagem de resíduos na Construção Civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento.* Dissertação de M. Sc., USP, São Paulo, São Paulo, Brasil, 2000.

SABBATINI, F. H. *O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílicocalcária.* Dissertação de M. Sc., USP, São Paulo, São Paulo, Brasil, 1984.

SANTOS, F. I. G. *Avaliação de propriedades higrotérmicas das argamassas: estudo de caso com as cinzas pesadas.* Dissertação de M. Sc., UFSC, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2006.

SBRIGHI NETO, C. *A importância dos conceitos tecnológicos na seleção dos agregados para argamassas e concretos.* Areia e Brita, n. 12, p. 26-28, 1999.

SILVA, N. G. *Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.* Tese de D. Sc., UFPR, Curitiba, Paraná, Brasil, 2006.

SOUZA, T. M. *Análise das propriedades mecânicas de argamassas com adição de vidro triturado.* Monografia, UEPB, Araruna, Paraíba, Brasil, 2016.