

Absorção e Aderência de Revestimentos Argamassados com Reaproveitamento de Resíduos de Poliestireno Expandido

Absorption and Adherence of Mortar Coatings with Reuse of Expanded Polystyrene Residues

Camila Mertz Sousa - Engenheira Civil graduada pela UNIJUI

camilamertzsousa@gmail.com

Lucas Fernando Krug - Mestre em Engenharia Civil pela UNISINOS

lucas.krug@unijui.edu.br

Resumo

A construção civil é um importante indicador de desenvolvimento econômico e social, porém é um setor que causa muitos impactos ambientais, devido ao elevado consumo de matérias primas e geração de resíduos. Por isso, a reciclagem e reutilização de materiais é um desafio de extrema importância para todos os setores da indústria para contribuir para o desenvolvimento sustentável. Partindo deste proposto, este trabalho tem como objetivo a análise da absorção e da aderência da argamassa, com substituição parcial do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido em teores de 15% e 30%. O ensaio de absorção foi realizado em corpos de prova em conformidade com a NBR 9779 (ABNT, 2012) e o ensaio de resistência de aderência à tração foi executado em paredes argamassadas de acordo com as prescrições da NBR 13528 (ABNT, 2010). Os resultados obtidos foram bastante significativos se comparados à argamassa de traço convencional.

Palavras-chave: Construção Civil; Argamassa de Revestimento; Reutilização de Materiais; Desenvolvimento Sustentável.

Abstract

Civil construction is an important indicator of economic and social development, but it is a sector that causes many environmental impacts due to high consumption of raw materials and generation of waste. Therefore, the recycling and reuse of materials is a challenge of extreme importance for all sectors of industry to contribute to sustainable development. Based on this proposal, this work has the objective of analyzing the absorption and adhesion of the mortar, with partial replacement of the natural small aggregate by expanded polystyrene residues in contents of 15% and 30%. The absorption test was performed on test bodies in accordance with NBR 9779 (ABNT, 2012) and the tensile strength test was performed on mortared walls in accordance with the requirements of NBR 13528 (ABNT, 2010). The results obtained were very significant when compared to conventional mortar.

Keywords: Civil Construction; Coating Mortar; Reuse of Materials; Sustainable development.

1. Introdução

Conforme Mateus (2004) a construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais e gera entulhos, mas também possui o maior potencial de aproveitamento dos resíduos sólidos gerados. Tessari (2006) menciona que a geração de resíduos é inevitável e que a reciclagem de materiais para gerar novos produtos é insubstituível, assim, o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente eficientes que resultem em materiais com desempenho técnico adequado é um desafio importante no ramo da construção civil.

Na busca por novos métodos mais adequados, a substituição de recursos naturais por materiais reciclados em argamassas e concretos vem sendo um tema bastante analisado em diversas pesquisas das Engenharias nas últimas décadas. Através do conhecimento sobre as propriedades dos materiais, é possível executar sistemas construtivos que sejam mais duráveis e eficazes, reduzindo os impactos ambientais (BEZERRA, 2003).

De acordo com Baía e Sabbatini (2002) a argamassa de revestimento possui um papel importante na indústria da construção, porque é a primeira barreira contra os agentes da degradação, além de intervir na estética do edifício, possui capacidades funcionais de proteção que contribuem para o comportamento adequado de toda a construção.

Desta maneira, com esta pesquisa busca-se uma alternativa ao nível da formulação de argamassas, que contribua para o desenvolvimento sustentável e responda as necessidades existentes. É neste contexto que se decidiu substituir 15% e 30% do agregado miúdo natural por resíduos de poliestireno expandido (EPS), com o intuito de analisar a consistência e a resistência à compressão destas composições e compará-las com a argamassa convencional utilizada no Brasil.

2. Argamassa de Revestimento

A argamassa é um material da construção civil definida pela NBR 7200 (ABNT, 1998) como uma mistura homogênea, composta de agregado miúdo, ligante e água, que pode ou não conter aditivos, e que possui a capacidade de endurecimento e aderência.

Como o desempenho das argamassas depende da quantidade e da qualidade dos materiais constituintes, é necessário conhecer as características específicas de cada componente e escolher o traço ideal de acordo com a finalidade da atividade que será executada (RIPPER, 1995).

As funções da argamassa são descritas por Fiorito (2009). Dentre elas, pode-se citar a proteção das vedações, estanqueidade à água, melhorar a durabilidade, proporcionar acabamentos às superfícies ou servir de base para outros materiais. O autor também cita que a argamassa deve apresentar um conjunto de propriedades no estado fresco e endurecido para exercer corretamente suas funcionalidades.

As propriedades no estado fresco são trabalhabilidade, consistência, coesão, retenção de água, massa específica, adesão inicial e retração na secagem. No estado endurecido a argamassa apresenta propriedades de aderência, capacidade de absorver deformações, resistência mecânica, estanqueidade e durabilidade (BAÍA E SABBATINI, 2002).

3. Metodologia

3.1 Estratégia de Pesquisa

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, primeiramente, esta pesquisa foi considerada como bibliográfica, pois foram utilizados materiais já publicados como artigos, livros, publicações sobre o tema, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e normatizações vigentes.

Em um segundo momento realizou-se ensaios laboratoriais, constituindo uma pesquisa experimental que conforme Gil (2008, p. 51) consiste em “determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.” Para Gerhardt e Silveira (2009) é uma pesquisa que se utiliza um experimento para testar e validar hipóteses, e posteriormente analisa-se sua aplicabilidade com a realidade.

Todos os ensaios foram realizados nas dependências do Laboratório de Engenharia Civil (LEC), pertencente à Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUI), no município de Ijuí.

3.2 Delineamento

De acordo com Gil (2008, p. 49) o delineamento é descrito como “o planejamento da pesquisa em sua dimensão mais ampla, envolvendo tanto a sua diagramação quanto a previsão de análise e interpretação dos dados, considerando ambiente em que são coletados os dados, bem como as formas de controle das variáveis envolvidas”.

Gerhardt e Silveira (2009) também citam que o delineamento facilita o entendimento dos procedimentos realizados no estudo e permite a realização de uma pesquisa mais sucinta. A Figura 1 apresenta o delineamento desta pesquisa:

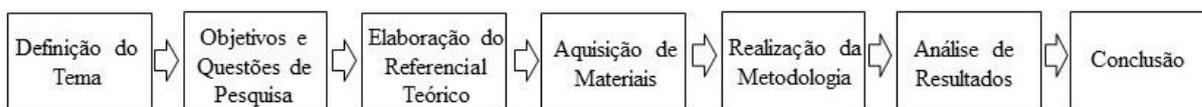


Figura 1: Delineamento da pesquisa. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Caracterização dos Materiais

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o CP II-F-32. Este cimento segundo a NBR 11578 (ABNT, 1991) é composto de filer, não possui adições pozolânicas, e possui um grau de finura adequado, garantido um desempenho e uma resistência maior.

Foi utilizada cal hidráulica CH-II, que é composta de cal hidratada dolomítica com adições de cinzas minerais, e proporciona ótima trabalhabilidade, melhora a plasticidade e a aderência.

A areia utilizada foi fornecida pelo LEC da Unijuí, e antes de realizar qualquer ensaio, este material foi colocado na estufa por 24 horas para retirar toda a umidade existente.

Os blocos de poliestireno expandido (EPS) foram ralados com uma escova de aço para que se obtivesse um material mais fino. Posteriormente, este material foi passado na peneira de 4,75mm (Figura 2), sendo utilizado somente o material passante nesta peneira, que é a especificação para o agregado miúdo segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009).



Figura 2: Poliestireno expandido sendo peneirado. Fonte: Elaborado pelos autores.

A água utilizada foi fornecida pelo poço artesiano que abastece o LEC da Unijuí.

Para a execução das paredes foram utilizados tijolo cerâmico 6 furos com dimensões de 9x14x19 cm.

O traço da argamassa para assentar os tijolos foi de 1:6 (uma unidade de cimento para seis unidades de areia).

O chapisco executado nas paredes teve um traço de 1:4 (uma unidade de cimento para quatro unidades de areia).

Para a argamassa de revestimento foi utilizado um traço padrão de 1:1:6 (uma unidade de cimento, uma unidade de cal e seis unidades de areia), sendo executados três revestimentos diferentes devido a substituição parcial da areia pelo poliestireno expandido. A primeira argamassa foi produzida com traço convencional, a segunda foi produzida substituindo 15% da areia por poliestireno expandido e a terceira foi produzida substituindo 30% da areia por poliestireno expandido.

3.4 Moldagem dos Corpos de Prova

A moldagem dos corpos de prova foi realizada de acordo com as recomendações da NBR 7215 (ABNT, 1996) em molde cilíndrico de 5x10 cm. Após a preparação da mistura foi executado o preenchimento dos moldes em quatro camadas. Cada camada foi compactada manualmente com um soquete metálico, sendo que em cada camada foram aplicados 30 golpes para que a argamassa ficasse distribuída homogeneamente em todo o cilindro.

Concluídas as moldagens, os corpos de prova permaneceram nos moldes e em temperatura ambiente dentro do laboratório por um período de 24 horas, conforme demonstra a Figura 3.



Figura 3: Corpos de prova após a moldagem. Fonte: Elaborado pelos autores.

3.5 Execução das Paredes

As paredes foram executadas com dimensões de 60x60cm. O levantamento das alvenarias foi efetuado de acordo com as orientações de Ripper (1995), iniciado pelos cantos, obedecendo ao prumo para o alinhamento vertical e o escantilhão no sentido horizontal. O assentamento dos tijolos foi realizado conforme a NBR 8545 (ABNT, 1984) de forma que as juntas ficassem alternadas para garantir maior resistência e assim evitar o cisalhamento vertical dos tijolos.

Concluído o levantamento, foi executado o chapisco. Para a realização do emboço, primeiramente foram fixadas madeiras, que serviram como moldes para delimitar a espessura de 2 cm em ambas as faces das paredes. A argamassa foi aplicada sobre o chapisco com colher de pedreiro. Posteriormente foi realizado o sarrafeamento e o desempenamento para que se obtivesse uma superfície plana e homogênea como recomenda a NBR 7200 (ABNT, 1998).

3.6 Ensaio de Resistência de Aderência à Tração

Segundo Ioppi (1995) o ensaio da resistência de aderência à tração ou de arrancamento, consiste em avaliar a interação entre o revestimento e o substrato, determinando o valor máximo da tensão de aderência suportada.

O ensaio de arrancamento foi realizado aos 63 dias de idade das paredes na face agredida termicamente por 12 horas, e foi executado em conformidade com a NBR 13528 (ABNT, 2010).

Com uma furadeira acoplada com uma broca serra-copo de 50 mm de diâmetro foram feitos 9 furos aleatórios para abranger pontos nos tijolos e nas juntas entre eles.

Sucessivamente, foram fixadas pastilhas metálicas que possuem seção circular de 50 mm de diâmetro e um dispositivo central para acoplar o aparelho de tração. As pastilhas foram coladas em 8 furos com cola epóxi. Decorridas 6 horas da fixação das pastilhas, iniciou-se o ensaio de arrancamento. Primeiro, o dinamômetro de tração equipado com aparelho para leitura de carga foi acoplado à pastilha, conforme demonstra a Figura 4.



Figura 4: Execução do ensaio de arrancamento. Fonte: Elaborado pelos autores.

O esforço de tração é aplicado perpendicularmente ao corpo de prova até que este seja arrancado, quando isto ocorre, a carga de ruptura é anotada em N. A resistência de aderência à tração é calculada dividindo a carga de ruptura em N pela área da pastilha em mm^2

Posterior arrancamento dos corpos de prova, foi analisado a ruptura quanto ao local e a forma. Quanto ao local, foi verificado se o rompimento ocorreu na junta de assentamento ou no tijolo. Quanto à forma, a ruptura pode ser: no substrato, na interface substrato/chapisco, no chapisco, na interface chapisco/argamassa, na argamassa, na interface argamassa/cola na interface cola/pastilha.

3.7 Ensaio de Absorção por Capilaridade

A absorção por capilaridade é “a massa de água por unidade de área que pode ser absorvida pelos capilares quando a amostra se encontra em contato com a água” (STANCATO, 2000, p. 56).

Este ensaio foi realizado em conformidade com a NBR 9779 (ABNT, 2012) no qual foram utilizados três corpos de prova para cada argamassa, com dimensões de 5x10 cm e idade de cura de 28 dias.

Inicialmente, os corpos de prova foram levados à estufa com temperatura de 105 ± 5 °C. Os cilindros foram pesados a cada 24 horas até que ficassem com massa constante. Posteriormente, os moldes foram resfriados e embalados para que não absorvessem umidade.

Após o resfriamento, os corpos de prova foram posicionados em suportes de madeira dentro de um recipiente plástico, e este, foi preenchido com água de modo que o nível da água permanecesse 5 ± 1 mm a acima da face inferior do cilindro, como pode ser observado na Figura 5.



Figura 5: Suporte para o ensaio de absorção por capilaridade. Fonte: Elaborado pelos autores.

A massa de água absorvida foi obtida através de sucessivas pesagens. O ensaio teve duração de 72 horas, sendo determinada a massa das amostras depois de decorridas 3h, 6h, 24h, 48h e 72h.

O cálculo da absorção de água por capilaridade segundo a NBR 9779 (ABNT, 2012) é determinado em g/cm^2 , dividindo a diferença entre a massa da mostra saturada e a massa da amostra seca pela área da seção transversal.

4. Resultados

4.1 Resistência de Aderência à Tração

Segundo Ioppi (1995) a forma de ruptura tem um efeito significativo nos valores de aderência, por isso, deve-se calcular a média dos resultados obtidos dentro de um mesmo grupo de ruptura. Como este ensaio foi realizado na parede considerada externa, o valor de referência a ser comparado é de $\geq 0,30$ Mpa, de acordo com a NBR 13749 (ABNT, 2013).

a) Arrancamento na Parede Convencional

Nesta parede, a ruptura ocorreu em três regiões, sendo 5/8 das rupturas ocorridas na interface substrato/chapisco, 1/8 no chapisco e 2/8 na argamassa, não havendo perdas. A região mais frágil neste revestimento é a interface substrato/chapisco onde ocorreu maior número de rompimentos, o que significa que a argamassa possuiu boa aderência com as outras camadas. Os resultados podem ser observados na Figura 6.

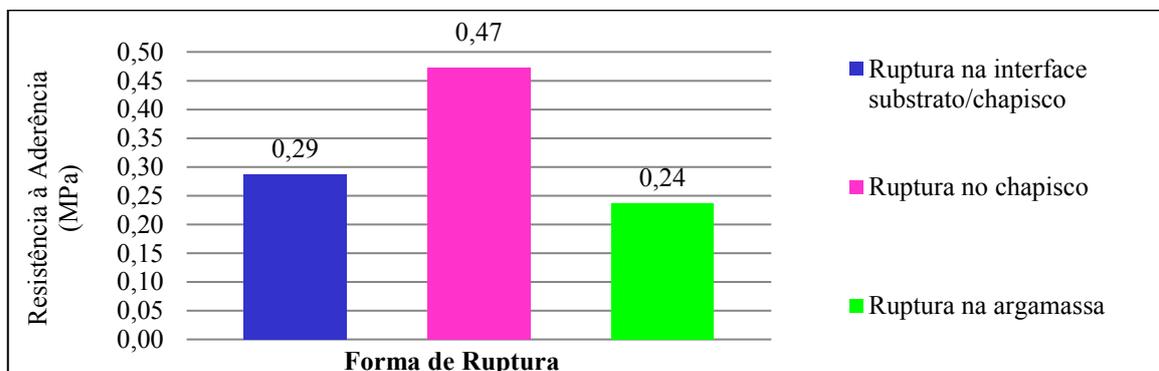


Figura 6: Resultados das resistências à aderência da argamassa convencional. Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir da análise desta figura, verifica-se que apenas a ruptura no chapisco atendeu os requisitos da norma e as outras rupturas obtiveram resultados bem próximos.

b) Arrancamento na Parede com 15% de EPS

O ensaio de arrancamento realizado na argamassa com 15% de poliestireno expandido teve rompimento em duas regiões, ocorrendo 3 rupturas na interface chapisco/substrato, 4 rupturas no chapisco, e obteve-se uma falha para oito corpos de prova rompidos. O chapisco foi a camada mais vulnerável, pois apresentou maior índice de ruptura. Este fato deve-se a menor quantidade de água presente na mistura. Na Figura 7 estão representados os resultados de aderência média em cada região de ruptura.

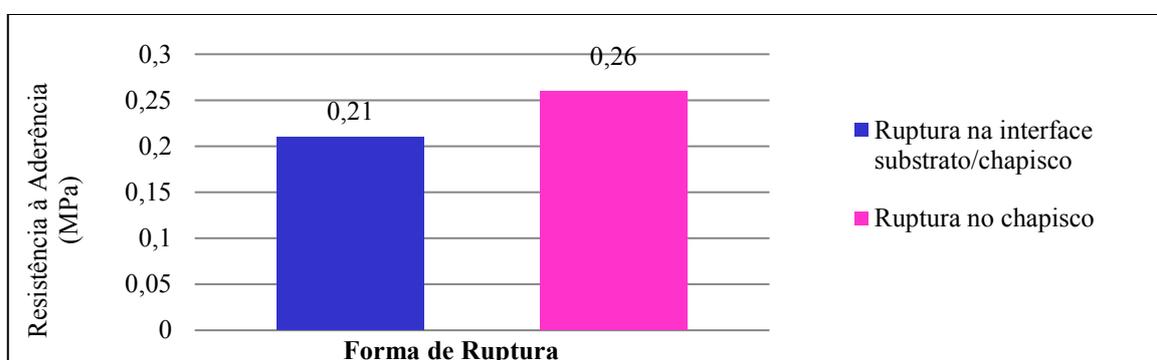


Figura 7: Resultados das resistências à aderência da argamassa com 15% de EPS. Fonte: Elaborado pelos autores.

c) Arrancamento na Parede com 30% de EPS

Neste ensaio, a ruptura ocorreu em três regiões, 2 na interface substrato/chapisco, 2 no chapisco e 3 na argamassa, ocorrendo uma anulação de rompimento.

Analisando a Figura 8, percebe-se que a resistência média de ruptura na argamassa ficou bem abaixo do recomendável, enquanto que as outras duas regiões quase atingiram a resistência mínima.

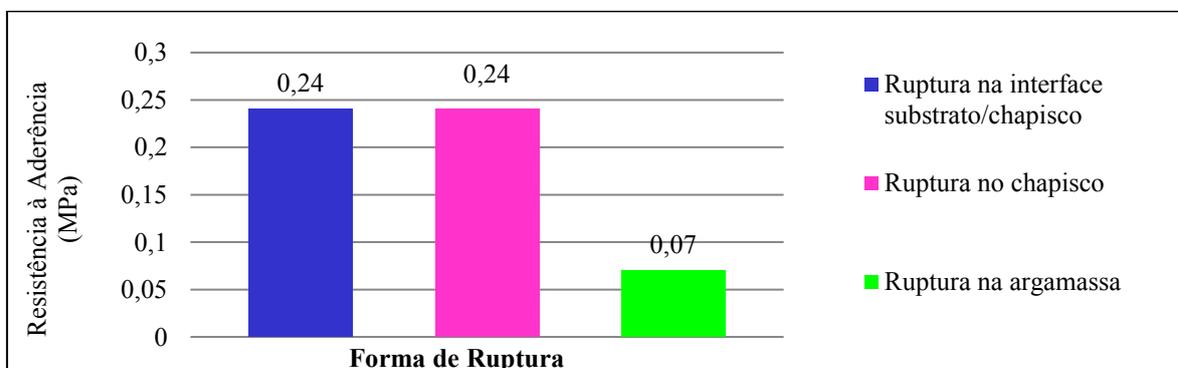


Figura 8: Resultados das resistências à aderência da argamassa com 30% de EPS. Fonte: Elaborado pelos autores.

Se comparado aos outros revestimentos, neste ensaio houve maior índice de ruptura na argamassa, o que significa que a aderência obtida nesta camada foi regular. Este fato deve-se ao maior teor de EPS empregado na mistura, devido a sua estrutura ser composta praticamente de ar.

d) Comparativo dos Resultados de Aderência

A Figura 9 apresenta a resistência de aderência média das três argamassas.

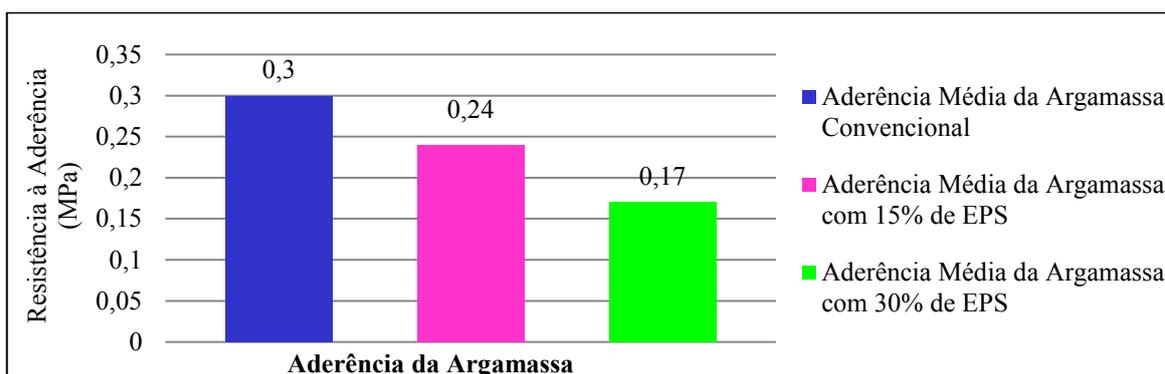


Figura 9: Resistência de aderência média das três argamassas. Fonte: Elaborado pelos autores.

Avaliando esta figura percebe-se que a argamassa convencional atingiu a resistência à aderência recomendada, enquanto que as argamassas com EPS obtiveram valores inferiores, devido ao maior teor de ar incorporado.

Como o único parâmetro regulamentador para avaliar o comportamento de argamassas de revestimento é a NBR 13749 (ABNT, 2013), se enfatiza a necessidade de reavaliar os requisitos estabelecidos nesta norma, pois grande parte das amostras reprovadas não apresentaram patologias com o decorrer do tempo e se mostraram bastantes eficientes no desempenho de suas funções, mesmo sendo afetadas por uma fonte de calor intensa em um período de 12 horas.

4.2 Absorção por Capilaridade

Como já mencionado, este procedimento foi realizado com três corpos de prova de cada argamassa, após 28 dias de idade e foi realizado em três dias consecutivos. Nas Figuras 10 e 11 é possível observar a execução do ensaio nos períodos de 3h e 72h respectivamente. Nota-se que no final do ensaio todas as amostras absorveram água até a superfície superior.



Figura 10: Ensaio de absorção após 3 horas.
 Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 11: Ensaio de absorção após 72 horas.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 12 estão apresentados os resultados finais obtidos, e o comportamento da absorção de água por capilaridade de cada argamassa está apresentado na Figura 13.

Traço	Absorção (g/cm ²)				
	3 horas	6 horas	12 horas	24 horas	72 horas
Referência	2,00	2,07	2,11	2,12	2,14
Subs. 15%	1,94	2,01	2,06	2,06	2,08
Subs. 30%	1,91	1,99	2,04	2,04	2,06

Figura 12: Resultados da absorção por capilaridade. Fonte: Elaborado pelos autores.

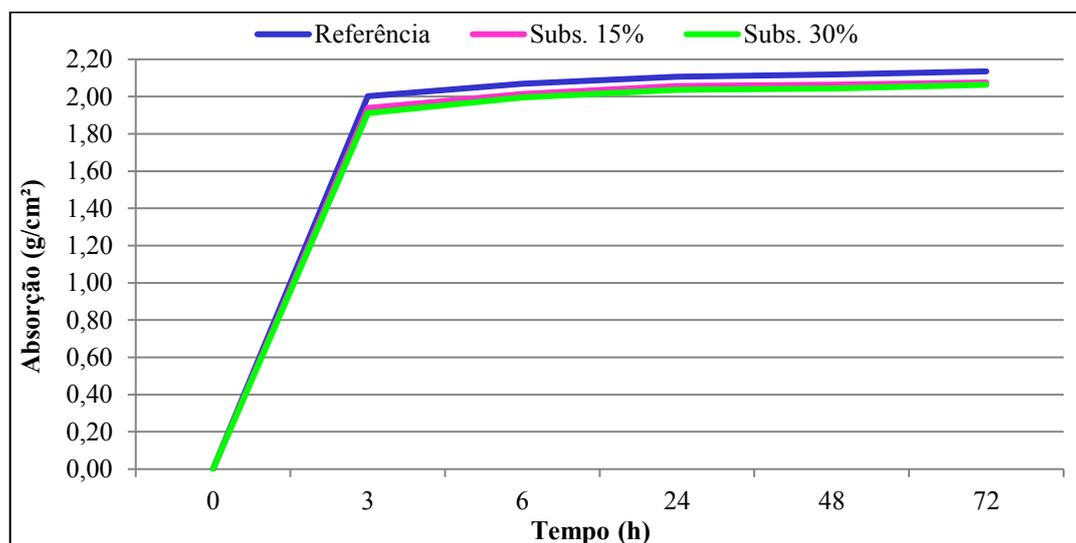


Figura 13: Comportamento dos resultados de absorção por capilaridade. Fonte: Elaborado pelos autores.

Observando a Figura 13, verifica-se uma rápida absorção capilar nas três primeiras horas e no restante do ensaio a absorção ocorre em um ritmo moderado. Segundo Stancato (2000) a absorção é maior na fase inicial porque a água preenche os poros de maiores dimensões até que fiquem saturados.

Analisando os resultados, constata-se que a substituição parcial da areia por poliestireno expandido influi de forma significativa nos valores de absorção por capilaridade. Observa-se que os dois traços com EPS absorveram menores quantidades de água que a argamassa convencional.

5. Conclusão

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a influência da substituição parcial do agregado miúdo natural por poliestireno expandido em propriedades da argamassa de revestimento. Através da análise dos resultados obtidos e da bibliografia estudada é possível concluir:

- Aumentando-se o teor de poliestireno expandido na composição, diminui-se a absorção de água por capilaridade. Este resultado é obtido devido à baixa absorção do EPS, que por não ser higroscópico mantém suas características mecânicas mesmo imerso em água. Portanto, conclui-se que a substituição parcial da areia pelo poliestireno expandido trás efeitos benéficos em termos de absorção por capilaridade, fator que interfere diretamente na durabilidade da argamassa.
- No ensaio de resistência de aderência à tração, apenas a argamassa convencional atingiu o valor mínimo recomendado pela NBR 13749 (ABNT, 2013). As argamassas com EPS não obtiveram a aderência desejada devido ao maior teor de ar incorporado na mistura, mas não apresentavam nenhuma patologia após 63 dias de execução mesmo expostas ao calor intenso.

De maneira geral, através dos resultados obtidos, pode-se concluir que o emprego do poliestireno expandido na argamassa teve um desempenho significativo. É possível ter viabilidade técnica, mas é necessário um maior aprofundamento sobre o comportamento deste material em substituição ao agregado miúdo natural.

O reaproveitamento de EPS na forma de agregado miúdo pode reduzir o custo de produção da argamassa contribuindo significativamente para a construção sustentável, diminuindo o impacto ambiental causado pelo descarte deste material.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, RJ. 1998. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 2009. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, RJ. 1996. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8545: Execução de alvenaria sem função estrutural, de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, RJ. 1984. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9779: Argamassa e Concreto Endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, RJ. 2012. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: Cimento Portland Composto – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 1991. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528: Revestimento de Pparedes de Argamassa Inorgânicas – Determinação da Resistência de Aderência à Tração. Rio de Janeiro, RJ. 2010. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13749: Revestimento de Paredes de Argamassa Inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, RJ. 2013. 8 p.

BAÍÁ, L. L. M. E SABBATINI, F. H. Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa. São Paulo, SP. O Nome da Rosa. 2002. 83 p.

BEZERRA, L. A. C. Análise do Desempenho Térmico de Sistema Construtivo de Concreto com EPS como Agregado Graúdo. Dissertação de Mestrado apresentado ao Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como um dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica. Área: Termociências. Natal, RN. 2003. 64 p.

FIORITO, A. J. S. I. Manual de Argamassas e Revestimentos. 2 ed. São Paulo, SP. Pini. 2009. 236 p.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. Métodos de Pesquisa. 1 ed. Porto Alegre, RS. UFRGS. 2009. 120p

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 6 ed. São Paulo, SP. Atlas. 2008. 220p.

IOPPI, P. R. Estudo da Aderência de Argamassas de Revestimento em Substratos de Concreto. Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do grau de Mestre em Engenharia. Florianópolis, SC. 1995. 152p.

MATEUS, R. F. M. da S. Novas Tecnologias Construtivas com Vista à Sustentabilidade da Construção. Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade do Minho. Portugal. 2004. 224 p.

RIPPER, E. Manual Prático de Materiais de Construção. São Paulo, SP. Pini. 1995. 253 p.

STANCATO, A. C. Determinação da Condutividade Térmica e da Resistência Mecânica em Argamassa Leve. Dissertação de mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Edificações. Campinas, SP. 2000. 184p.

TESSARI, J. Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis, SC. 2006. 102p.