



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PABLO KLINSMANN BATISTA DA SILVA

**ANÁLISE DE ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO
AREIA POR EPS E ADITIVO DE MELAMINA SULFONADA**

ANGICOS

2024

PABLO KLINSMANN BATISTA DA SILVA

**ANÁLISE DE ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO
AREIA POR EPS E ADITIVO DE MELAMINA SULFONADA.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Cavalcante Cabral

ANGICOS

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

ka klinsmann, pablo.
análise de argamassa com substituição parcial
do agregado areia por eps e aditivo de melamina
sulfonada / pablo klinsmann. - 2024.
28 f. : il.

Orientador: Kleber Cabral .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2024.

1. Poliestireno Expandido. 2. Desenvolvimento
Sustentável. 3. Construção Civil. 4. Melamina
Sulfonada. I. Cabral , Kleber , orient. II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

PABLO KLINSMANN BATISTA DA SILVA

**ANÁLISE DE ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO
AREIA POR EPS E ADITIVO DE MELAMINA SULFONADA**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 19 / 04 / 2024

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

KLEBER CAVALCANTI CABRAL

Data: 25/04/2024 07:42:30-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Kleber Cavalcanti Cabral, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



Documento assinado digitalmente

LUIS HENRIQUE GONCALVES COSTA

Data: 25/04/2024 07:45:28-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luis Henrique Gonçalves Costa, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente

ARTHUR GOMES DANTAS DE ARAUJO

Data: 25/04/2024 07:53:15-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Arthur Gomes Dantas de Araújo, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

A minha mãe e tia, pelares da
minha formação, pelos esforços
imensuráveis em prol da minha
educação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero expressar minha profunda gratidão a minha mãe, meu pilar de força e inspiração, que sempre esteve ao meu lado, apoiando e incentivando cada passo dado nesta jornada acadêmica. Seu amor incondicional e sua sabedoria foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Aos meus amigos, que compartilharam comigo momentos de estudo, desafios e conquistas, meu muito obrigado. Suas palavras de encorajamento e companhia tornaram essa jornada muito mais leve e significativa.

Aos técnicos e professores que contribuíram para o meu crescimento acadêmico e profissional, meu sincero agradecimento. Suas orientações, conhecimentos e insights foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho e para a minha formação como profissional.

Agradeço a todos que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho de conclusão de curso, seja com apoio moral, acadêmico ou técnico.

Este trabalho é dedicado a vocês, pois sem o suporte e o amor de cada um de vocês, esta conquista não seria possível.

Muito obrigado!

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ainda ninguém pensou sobre aquilo que todo mundo vê.

Artuhr Schopenhauer

RESUMO

A busca por materiais de construção mais eficientes e sustentáveis tem impulsionado inovações constantes no campo da engenharia civil. Uma abordagem promissora que vem ganhando destaque é a substituição parcial do agregado miúdo por poliestireno expandido (EPS) e adição de aditivos. Diante disso, o objetivo da pesquisa foi investigar como a substituição parcial do agregado por poliestireno expandido (EPS) e o acréscimo do aditivo Melamina Sulfonada influencia a argamassa de revestimento. As argamassas foram produzidas com a substituição do agregado miúdo pelo pó de EPS, nas proporções de 0%, 15%, 30% e 45%, com o uso de um aditivo a base de Melamina Sulfonada em argamassas, em concentrações de 0% e 0,2% em relação ao peso do cimento. Foram realizados testes para caracterizar os agregados e analisar as propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido. A adição de EPS e Melamina Sulfonada alterou as propriedades da argamassa, aumentando o consumo de cimento ao substituir o agregado miúdo por EPS e impactando os custos de produção. A Melamina Sulfonada melhorou a trabalhabilidade da argamassa, reduziu a relação água/cimento e diminuiu a densidade de massa no estado endurecido, facilitando sua aplicação. Além disso, atuou como redutor de evaporação, prolongando o tempo para a argamassa atingir estabilidade. Essa combinação mostrou potencial para melhorar eficiência, resistência, durabilidade e reduzir custos na construção civil, promovendo soluções mais sustentáveis.

Palavras-chave: Poliestireno Expandido. Desenvolvimento Sustentável. Construção Civil. Melamina Sulfonada.

ABSTRACT

The search for more efficient and sustainable building materials has been driving constant innovations in the field of civil engineering. A promising approach that has been gaining prominence is the partial replacement of fine aggregate with expanded polystyrene (EPS) and the addition of additives. Therefore, the aim of the research was to investigate how the partial replacement of aggregate with expanded polystyrene (EPS) and the addition of the Melamine Sulfonate additive influence the rendering mortar. The mortars were produced with the replacement of the fine aggregate by EPS powder, in proportions of 0%, 15%, 30%, and 45%, using a Melamine Sulfonate-based plasticizing additive in proportions of 0% and 0.2% relative to the weight of cement. Tests included aggregate characterization, properties in the fresh state (consistency index and bulk density), and hardened state (bulk density and water loss due to evaporation). The addition of EPS and Melamine Sulfonate significantly influenced the mortar properties. Cement consumption increased with the replacement of fine aggregate with EPS, impacting production costs. The addition of Melamine Sulfonate reduced the water/cement ratio and improved the workability of the mortar. The bulk density in the hardened state decreased with Melamine Sulfonate, facilitating application. Moreover, Melamine Sulfonate acted as an evaporation reducer, prolonging the time required for the mortar to reach stability. The research shows that the combination of EPS and Melamine Sulfonate can result in mortars with enhanced properties in terms of efficiency, strength, durability, and production costs. This approach contributes to the development of more sustainable and effective solutions in civil construction.

Keywords: Expanded Polystyrene. Sustainable Development. Civil Construction. Melamine.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Ensaio de índice de consistência	18
Figura 2	–	Ensaio de perda de água por evaporação	19
Figura 3	–	Gráfico de densidade aparente no estado endurecido	22
Figura 4	–	Gráfico de Perda de água por evaporação	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Ensaio realizado e normas correspondentes	17
Tabela 2	–	Composição das argamassas.....	18
Tabela 3	–	Consumo de material seco para argamassa.....	20
Tabela 4	–	Relação água/cimento e do índice de vazios.....	21

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
3.1 ARGAMASSA	14
3.1.1 Agregado leve.....	14
3.1.1.1 Poliestireno expandido (EPS)	14
3.2 PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO.....	14
3.3 PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO	15
4 MATERIAIS E MÉTODOS	15
4.1 MATERIAIS	15
4.1.1 Cimento Portland CP III-RS-40.....	15
4.1.2 Areia.....	15
4.1.3 EPS (Poliestireno Expandido)	16
4.1.4 Melamina Sulfonada	16
4.1.5 Água	16
4.2 MÉTODOS	16
4.2.1 Caracterização dos agregados	17
4.2.1.1 Massa unitária.....	17
4.2.2 Produção da argamassa	17
4.2.2.1 Preparo da mistura.....	18
4.2.3 Propriedade da argamassa no estado fresco	18
4.2.3.1 Índice de consistência.....	18
4.2.4 Propriedades das argamassas no estado endurecido	19
4.2.4.1 Densidade de massa	19
4.2.4.2 Perda de água por evaporação	19
5 RESULTADOS	20
5.1 PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS	20
5.2 RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO x ÍNDICE DE VAZIOS.....	20
5.3 DENSIDADE DA MASSA NO ESTADO ENDURECIDO	21
5.4 PERDA DE ÁGUA POR EVAPORAÇÃO	22

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

A busca por materiais de construção mais eficientes e sustentáveis tem impulsionado inovações constantes no campo da engenharia civil. Uma abordagem promissora que vem ganhando destaque é a substituição parcial do agregado miúdo por poliestireno expandido (EPS) e adição de aditivos.

O EPS é utilizado em uma ampla variedade de aplicações industriais, abrangendo setores que vão desde a agricultura até a construção civil, passando pela indústria de embalagens de eletroeletrônicos, alimentos e bebidas, fármacos e decoração (Dos Santos, 2008). Por sua versatilidade, o material é tido como um recurso valioso em diversas áreas, como os diferentes segmentos da indústria e do dia a dia.

O EPS possui excelente compatibilidade com os materiais já utilizados na construção civil, como o cimento, o gesso e a água, e não apresenta reação negativa em relação aos mesmos, o que garante um desempenho consistente e confiável (Magrini, 2012). Além disso, o EPS é resistente ao apodrecimento e ao mofo e não libera substâncias químicas ao meio ambiente. Sua composição inofensiva garante que não sirva como substrato ou fonte de alimento para o crescimento de animais ou microrganismos, reforçando ainda mais seu perfil sustentável e seguro para uso em diversas aplicações na construção civil (Amianti, 2005).

Com o avanço das tecnologias na construção, a busca por novos materiais que atendam as demandas das obras tem crescido. Pesquisadores estão se dedicando a estudar maneiras de aprimorar os diversos materiais utilizados na construção (Lima, 2010).

A substituição parcial do agregado miúdo por resíduos de EPS na argamassa é uma solução inteligente e sustentável. Essa abordagem atende a escassez crescente de areia natural e a necessidade de encontrar um destino adequado para o mesmo, contribuindo para a promoção de práticas mais sustentáveis na construção civil, alinhadas com as tendências globais de desenvolvimento sustentável.

Ao utilizar a Melamina Sulfonada como aditivo superplastificante em argamassas é possível observar um impacto significativo no desempenho e nas propriedades desses materiais, sua adição pode influenciar tanto de maneira positiva quanto negativa na manifestação de problemas estruturais. O uso da Melamina Sulfonada pode melhorar a

maleabilidade e a coesão da mistura, resultando em uma melhor compactação e redução da porosidade. Isso pode resultar em uma maior resistência mecânica e durabilidade do material, minimizando a ocorrência de fissuras e rupturas prematuras. No entanto, é de muita importância que a dosagem e aplicação da Melamina Sulfonada como aditivo superplastificante sejam cuidadosamente controladas e monitoradas para garantir que os benefícios desejados sejam alcançados sem comprometer a integridade e a durabilidade das estruturas.

Uma compreensão adequada do comportamento da Melamina Sulfonada em diferentes composições de argamassa e concreto é essencial para prevenir problemas estruturais e garantir a qualidade e a longevidade das construções.

2 OBJETIVO

A pesquisa busca explorar alternativas sustentáveis para a produção de argamassas de revestimento na construção civil. Avaliando a substituição parcial do agregado por poliestireno expandido (EPS) e a adição do aditivo Melamina Sulfonada, busca-se entender como essas mudanças influenciam as propriedades da argamassa, visando soluções mais eficientes e duráveis.

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo da pesquisa é investigar como a substituição parcial do agregado por poliestireno expandido (EPS) e o acréscimo do aditivo Melamina Sulfonada influencia a argamassa de revestimento.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Avaliar a influencia do aditivo Melamina Sulfonada e da substituição do agregado miúdo por EPS nas propriedades físicas da argamassa no seu estado fresco.
- Avaliar a influencia do aditivo Melamina Sulfonada e da substituição do agregado miúdo por EPS nas propriedades físicas da argamassa no seu estado endurecido.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, vamos analisar o que outros pesquisadores já descobriram sobre os temas relevantes, para fundamentar os resultados que alcançamos.

3.1 ARGAMASSA

Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2023), a argamassa é uma “mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)”

Os revestimentos e acabamentos das paredes desempenham um papel crucial nas edificações, representando uma parte fundamental no processo de construção e design arquitetônico. Eles não apenas melhoram esteticamente o ambiente, mas também desempenham um papel vital na proteção das estruturas contra uma variedade de fatores externos, incluindo ações climáticas, mecânicas e ambientais adversas (CINTRA; PAIV.; BALDO, 2014)

Há registros de utilização de argamassas por alguns povos, como os egípcios, gregos e romanos, no entanto, pressupõe-se que as primeiras argamassas surgiram na Pérsia antiga, usada em alvenarias de tijolos secos, com assentamento de argamassas de cal. Além disso, durante o Império Romano, as argamassas se desenvolveram como sistema construtivo, sendo assim, utilizadas e aprimoradas. A utilização de argamassa no Brasil, inicia-se no primeiro século de sua colonização, para assentamento de alvenaria de pedra (LEMES, 2013).

No mercado atual, encontramos diversos tipos de argamassas, classificados conforme as características de seus aglomerantes e a finalidade de aplicação. De acordo com a NBR 13281 da ABNT (2005), as argamassas são categorizadas em dois principais grupos: argamassas para revestimento e argamassas para assentamento.

3.1.1 Agregado leve

Existem dois tipos de agregados leves; os agregados leves naturais provenientes da natureza e os agregados leves artificiais ou sintéticos, feitos em fábricas pelo aquecimento da matéria prima.

3.1.1.1 Poliestireno expandido (EPS)

A ABNT NBR 11752 (2007) define o poliestireno expandido (EPS) como um material plástico celular rígido, originalmente de cor branca, produzido pela expansão de pérolas pré expandidas de poliestireno, podendo ser fabricado nas condições de não retardante à chama (classe P) e de retardante à chama (classe F).

3.2 PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

Dentre as propriedades da argamassa no estado fresco, destacam-se a trabalhabilidade, a consistência, a retenção de água, a adesão, a densidade de massa e o teor de ar incorporado (ARAÚJO 2014). Essas propriedades são importantes para avaliar as propriedades do material no estado fresco.

A trabalhabilidade da argamassa é influenciada pela utilização de aditivos plastificantes e pela quantidade de água adicionada durante sua preparação. Quando há uma quantidade adequada de material fino, que atua como aglomerante, para reter a água, garante-se estabilidade de volume e coesão. Isso promove a aderência eficiente da argamassa ao substrato e previne a segregação de seus componentes (ARAÚJO 2014).

3.3 PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO

A densidade de massa da argamassa é definida como a relação entre sua massa e o volume aparente. Este valor indica a compacidade do material e é influenciado pela proporção de agregado em relação ao aglomerante e pela distribuição granulométrica da mistura. Essa propriedade também reflete indiretamente o volume de vazios introduzidos pelos aditivos e a quantidade de água perdida durante o processo de evaporação (FREITAS 2010).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos, adotou-se uma abordagem sistemática que envolveu a produção das argamassas, seguida da avaliação de suas propriedades no estado fresco e endurecido.

4.1 MATERIAIS

Para a produção das argamassas, foram selecionados cuidadosamente os materiais, considerando suas características e aplicações específicas.

4.1.1 Cimento Portland CP III-RS-40

Foi utilizado, neste trabalho, O cimento CP III-RS-40 é um tipo de cimento Portland composto, que possui adição de escória de alto forno e tem resistência elevada inicial. Ele é utilizado em aplicações que requerem um rápido desenvolvimento de resistência, como em concretos pré-moldados, concretagem em clima quente e obras que apresentam desforma rápida.

4.1.2 Areia

O agregado miúdo utilizado foi a areia natural que foi lavada posta para secagem na estufa a 100°C e apos seu resfriamento e peneirado.

4.1.3 EPS (Poliestireno Expandido)

Material é da família dos plásticos, fabricado a partir de pequenos grânulos à base de petróleo. Foi usado pó de EPS para a substituição parcial do agregado miúdo para a produção da argamassa.

4.1.4 Melamina Sulfonada

Utilizada como aditivo plastificante em argamassas para melhorar suas propriedades de trabalhabilidade e fluidez, a Melamina Sulfonada reduz a quantidade de água necessária para manter a mesma consistência, permitindo obter uma argamassa mais homogênea e fácil de aplicar.

4.1.5 Água

A água utilizada na fabricação das argamassas foi fornecida pela concessionária local a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN

3.2 MÉTODOS

Foi seguido um caminho organizado para entender melhor as argamassas que estudadas. Começando pela produção dessas misturas, depois foi avaliada suas propriedades quando estavam frescas e por fim se observou como essas propriedades se alteraram à medida que endureciam.

A Tabela 1 apresenta os ensaios de laboratório, organizados de acordo com essas etapas do nosso estudo experimental.

Tabela 01 – Ensaio realizados e normas correspondentes

Etapa 1 - Caracterização dos agregados	
Massa unitária	NBR NM 45 (ABNT,2006)
Etapa 2 – Produção da argamassa	
Preparo da mistura	NBR 16541 (ABNT,2016)
Etapa 3 - propriedades da argamassa no estado fresco	
Índice de consistência	NBR 13276 (ABNT,2016)
Etapa 4 - Propriedades das argamassas no estado endurecido	
Densidade de massa	NBR 13280 (ABNT,2005)
Perda de água por evaporação	Pereira (2007)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) – campus Angicos.

4.2.1 Caracterização dos agregados

Para a caracterização dos agregados utilizados no preparo da argamassa de estudo, foi realizado o ensaio de massa unitária.

4.2.1.1 Massa unitária

A determinação da massa unitária dos agregados foi realizada baseando-se na NBR NM 45 (ABNT, 2006). Mais especificamente, foi seguido o procedimento denominado 26 “Método C” da norma supracitada, o qual remete à determinação da massa unitária do material no estado solto, sem compactá-lo.

4.2.2 Produção da argamassa

Para a produção das argamassas, foi estabelecida a proporção 1:3 (cimento: agregado miúdo) em volume e com o uso de um aditivo plastificante a base de Melamina Sulfonada, nas proporções de 0% e 0,2% em relação ao peso do cimento. Os percentuais de substituição de agregado natural por EPS foram de 15%, 30% e 45% como se pode observar na Tabela 02.

Tabela 02- Composição das argamassas

Argamassas	EPS%	Traço em volume
Mref	0%	1:3:0
M15	15%	1:2,55:0,45
M30	30%	1:2,10:0,90
M45	45%	1:1,65:1,35

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

4.2.2.1 Preparo da mistura

Seguiu-se o método descrito na NBR 16541 (ABNT, 2016) para o preparo da mistura das argamassas. As argamassas produzidas para todos os ensaios da pesquisa seguiram o procedimento supracitado.

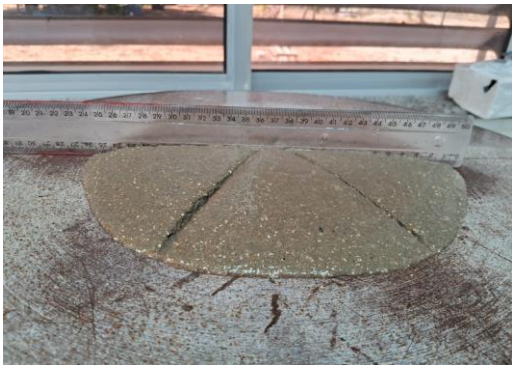
4.2.3 Propriedade da argamassa no estado fresco

Foram analisamos as propriedades mecânicas das argamassas no estado fresco, observando o índice de consistência e a densidade de massa.

4.2.3.1 Índice de consistência

A quantidade de água utilizada para compor as misturas de argamassa no estudo foi definida seguindo as diretrizes da NBR 13276 (ABNT, 2016a), a qual descreve o procedimento para avaliar a consistência das argamassas. Na Figura 01 mostra o espalhamento de uma mistura sobre a mesa de consistência.

Figura 01 - Ensaio de índice de consistência



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Considerou-se como quantidade de água ideal, neste trabalho, aquela que proporciona um espalhamento médio de 260 ± 5 mm de diâmetro.

4.2.4 Propriedades das argamassas no estado endurecido

4.2.4.1 Densidade de massa

Para realizar o teste no estado endurecido, foi realizado aos 28 dias conforme especificado na NBR 13280 (ABNT, 2005), onde a massa e o volume das amostras foram determinados, estabelecendo uma relação entre essas medidas.

4.2.4.2 Perda de água por evaporação

A execução deste teste baseia-se no estudo de Pereira (2007), o qual envolve a pesagem das argamassas em diferentes intervalos de tempo: 0 minutos, 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas, 7 horas, 1 dia, 3 dias, 7 dias, 14 dias, 21 dias e 28 dias, a fim de medir a quantidade de água perdida pelo material devido à evaporação. Como demonstrado na Figura 02.

Figura 02- Ensaio de perda de água por evaporação



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O cálculo para determinação da perda de água é apresentado na Equação 01.

$$\text{Perda de água} = 1 - \frac{M_{\text{conjunto}} - M_{\text{forma}}}{M_{\text{argamassa}}}$$

Equação (01)

No qual,

M_{conjunto} = massa do conjunto no tempo t (g);

M_{forma} = medida da massa da forma (g);

$M_{\text{argamassa}}$ = medida da massa inicial da argamassa (g).

5 RESULTADOS

5.1 PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

A Tabela 03 mostra o consumo de materiais secos presente na mistura da argamassa estudada.

Tabela 03- Consumo de material seco para argamassa

Consumo (g)				
Misturas		Cimento	Areia	EPS
Mref	0%	396	1604	
M15	15%	456	1536	8
M30	30%	517	1465	18
M45	45%	609	1360	31

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

É possível observar que o consumo de cimento aumentou à medida que o teor de EPS na mistura aumentou. Do traço MR, sem adição de EPS, para o traço M45, com a maior quantidade de EPS, houve um aumento de 53,7% no consumo de cimento.

5.2 RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO x ÍNDICE DE VAZIOS

Analisando os dados da relação água/cimento e do índice de vazios das argamassas estudadas, conforme apresentado na Tabela 04, é evidente que à medida que a substituição do EPS pelo agregado miúdo na mistura aumenta, a relação água/cimento diminui. Além disso, é possível observar que a adição do aditivo Melamina Sulfonada potencializa ainda

mais essa redução do fator água-cimento, devido à impermeabilidade do EPS e às características plastificantes da Melamina Sulfonada.

Tabela 04 - Relação água/cimento e do índice de vazios

Relação água/cimento		Índice de vazios (%)		EPS(g)
Sem aditivo	Com aditivo	Sem aditivo	Com aditivo	
0,88	0,86	25,18	24,55	0
0,85	0,82	26,44	23,79	8
0,85	0,82	27,78	26,75	18
0,80	0,78	28,39	27,18	31

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Através do ensaio de índice de consistência, observamos que para manter um espalhamento consistente, a relação água/cimento diminui à medida que aumenta a quantidade de EPS na mistura, devido à sua característica impermeável. Isso significa que foi possível alcançar a mesma trabalhabilidade da argamassa com uma menor quantidade de água na composição.

Complementando a análise, é importante ressaltar que essas observações têm implicações significativas para a formulação e o desempenho das argamassas. A capacidade de reduzir a relação água/cimento sem comprometer a trabalhabilidade oferece vantagens tanto em termos de resistência quanto de durabilidade do material.

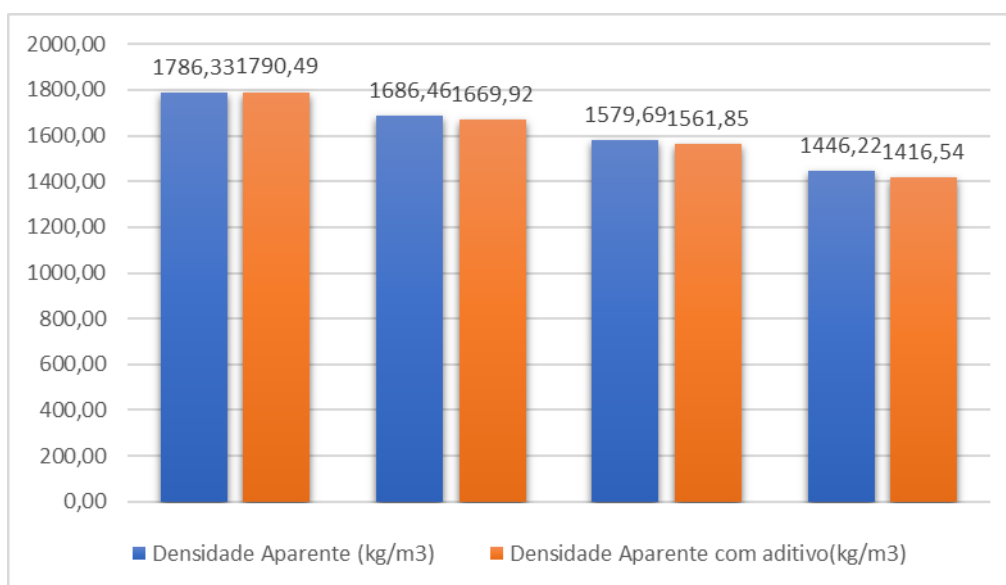
Essa otimização na composição da argamassa não apenas favorece a eficiência na aplicação, mas também pode contribuir para a redução dos custos de produção e minimizar potenciais problemas de segregação para que assim possa se compreender essas relações entre os componentes da argamassa e seu comportamento em diferentes composições é fundamental para o desenvolvimento de misturas mais eficazes e sustentáveis na construção civil.

5.3 DENSIDADE DA MASSA NO ESTADO ENDURECIDO

Os resultados do ensaio de densidade de massa conforme ilustrado na Figura 04, observa-se que a adição de Melamina Sulfonada à mistura leva a uma redução na densidade

aparente da argamassa. Esse efeito é atribuído à plasticidade do aditivo de Melamina Sulfonada, que atua de forma a aprimorar as propriedades de trabalhabilidade e fluidez da argamassa. Assim, a presença da Melamina Sulfonada não apenas modifica a densidade do material, mas também contribui para melhorar sua manipulação e aplicação, tornando-o mais maleável e fácil de trabalhar.

Figura 03- Gráfico de densidade aparente no estado endurecido com/sem aditivo

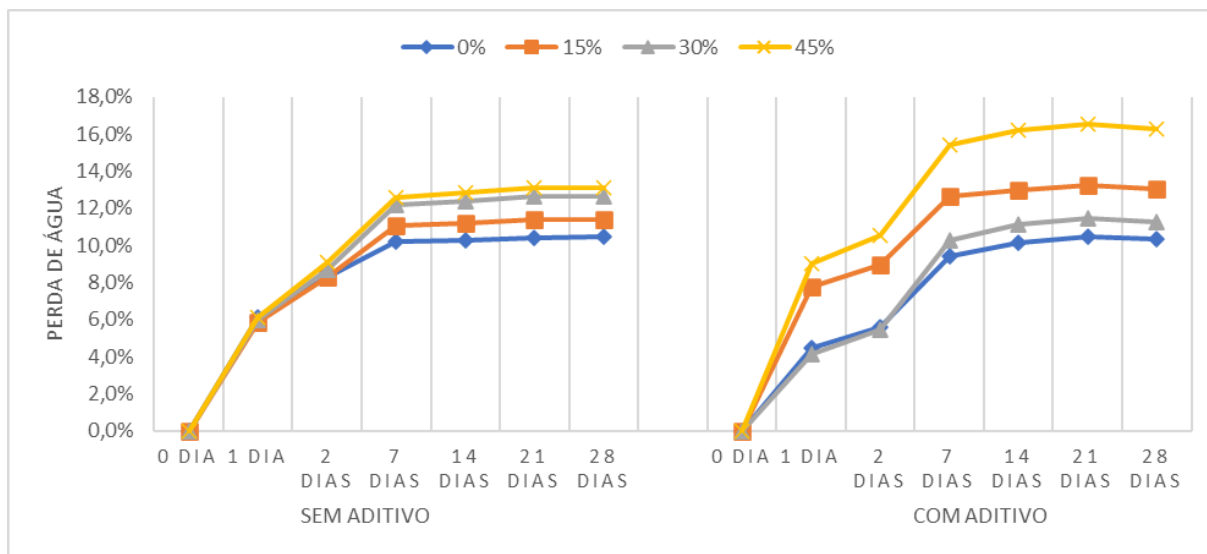


Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

5.4 PERDA DE ÁGUA POR EVAPORAÇÃO

O gráfico que trata sobre a perda de água, representado na Figura 04, tem as seguintes representações acerca da substituição da areia por EPS: 0% na cor azul, 15% na cor vermelha, 30% na cor cinza e 45% na cor amarela. Na esquerda do gráfico se tem a representação sem aditivo e na direita a representação com aditivo.

Figura 04- Gráfico de Perda de água por evaporação



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Nas amostras das misturas sem aditivos, observou-se que a perda de água se manteve constante nos primeiros dias, alcançando a estabilidade no sétimo dia. A taxa de perda de água nesse período foi de 0,4%, mantendo-se estável até o vigésimo oitavo dia.

Por outro lado, as amostras contendo aditivo de Melamina Sulfonada apresentaram um comportamento distinto desde os primeiros dias de observação. Notou-se uma redução significativa na perda de água, e a estabilidade foi alcançada apenas no décimo quarto dia. Nesse caso, as variações na perda de água também se mantiveram dentro de um limite máximo de 0,4% até o vigésimo oitavo dia.

Esses resultados indicam que o aditivo de Melamina Sulfonada teve um efeito positivo na redução da perda de água durante o processo de cura da argamassa, prolongando o período necessário para atingir a estabilidade em comparação com as misturas sem aditivos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados, podemos concluir que a adição de EPS e Melamina Sulfonada à argamassa tem impactos significativos em suas propriedades e desempenho.

Primeiramente, observou-se um aumento no consumo de cimento à medida que a quantidade de EPS na mistura aumentou, chegando a um aumento de 53,7% no traço com maior teor de EPS, este aumento no consumo de cimento pode ter implicações nos custos de produção da argamassa.

Em relação a relação água/cimento, observou-se uma diminuição conforme a substituição do EPS pelo agregado miúdo aumentou. A adição de Melamina Sulfonada potencializou essa redução, permitindo manter a trabalhabilidade da argamassa com uma menor quantidade de água, graças às suas propriedades plastificantes e à impermeabilidade do EPS.

A análise da densidade de massa no estado endurecido mostrou que a adição de Melamina Sulfonada reduziu a densidade aparente da argamassa, melhorando suas propriedades de trabalhabilidade e fluidez. Isso indica que a Melamina Sulfonada não apenas modifica as propriedades físicas da argamassa, mas também facilita sua aplicação e manipulação.

No que diz respeito à perda de água por evaporação, as amostras com Melamina Sulfonada apresentaram uma redução significativa na perda de água em comparação com as amostras sem aditivos. Isso sugere que a Melamina Sulfonada atua como um redutor de evaporação, contribuindo para a manutenção da umidade e prolongando o período necessário para atingir a estabilidade da argamassa durante o processo de cura.

Em resumo, os resultados obtidos demonstram que a combinação de EPS e Melamina Sulfonada pode resultar em argamassas com melhores propriedades e desempenho, oferecendo vantagens em termos de eficiência, resistência, durabilidade e custos de produção. Compreender essas relações entre os componentes da argamassa e seu comportamento em diferentes composições é fundamental para o desenvolvimento de misturas mais eficazes e sustentáveis na construção civil.

REFERÊNCIAS

- AMIANI, M. **Uso e Aplicação do Poliestireno Expandido (EPS) Reciclado para Impermeabilização por Impregnação de Superfícies de Concreto Pré-fabricado**. 2005. Dissertação de Mestrado. Rede Temática em Engenharia de Materiais. Ouro Preto.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016b.
- 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 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2023a.
- ARAÚJO, N. N. **Desempenho de argamassas de revestimentos produzidas com agregados reciclados oriundos do resíduo de construção e demolição da Grande Natal-RN**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- CINTRA, C. L. D.; PAIVA, A. E. M.; BALDO, J. B. **Argamassas de revestimento para alvenaria contendo vermiculita expandida e agregados de borracha reciclada de pneus-Propriedades relevantes**. 2014.
- DOS SANTOS, R. D.. **Estudo térmico e de materiais de um compósito a base de gesso e EPS para construção de casas populares**. 2008. Dissertação (Mestrado em engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte.
- FREITAS, C. **Argamassas de revestimento com agregados miúdos de britagem da Região Metropolitana de Curitiba**. 2010.
- LEMES, S. P. S. **Análise de desempenho em argamassa de assentamento e de revestimento com incorporação de cinza de casca de arroz em alvenaria de bloco estrutural e de vedação**. 2013.
- LIMA, Í. G. C. A. **Um estudo sobre produção do concreto leve estrutural**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.
- MAGRINI, A. **Impactos ambientais causados pelos plásticos: uma discussão abrangente sobre os mitos e os dados científicos**. Editora E-papers, 2012.
- PEREIRA, C. H. de A. F. **Contribuição ao estudo da fissuração, da retração e do**

mecanismo de descolamento do revestimento à base de argamassa. 2007. 195 f. Tese (Doutorado em estruturas e Construção Civil) -Universidade de Brasília, Brasília.