



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

FERNANDA MEDEIROS DE ARAÚJO

**INFLUÊNCIA DO ADITIVO A BASE DE MELAMINA SULFONADA NAS
PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**

ANGICOS

2023

FERNANDA MEDEIROS DE ARAÚJO

**INFLUÊNCIA DO ADITIVO A BASE DE MELAMINA SULFONADA NAS
PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**

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

Orientador: Kleber Cavalcanti Cabral, Prof.
Dr.

ANGICOS

2023

© 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.

AA663 ARAUJO, FERNANDA MEDEIROS DE .
i INFLUÊNCIA DO ADITIVO A BASE DE MELAMINA
SULFONADA NAS PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO / FERNANDA MEDEIROS DE ARAUJO. -
2023.
33 f. : il.

Orientador: Kleber Cavalcanti Cabral.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2023.

1. Cimento. 2. Superplastificantes. 3.
Propriedades mecânicas. 4. Sustentabilidade. 5.
Construção civil. I. Cabral, Kleber Cavalcante ,
orient. II. Título.

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

FERNANDA MEDEIROS DE ARAÚJO

**INFLUÊNCIA DO ADITIVO A BASE DE MELAMINA SULFONADA NAS
PROPRIEDADES DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**

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: 10 / 10 / 2023.

BANCA EXAMINADORA

**Kleber Cavalcanti
Cabral**

Assinado de forma digital por
Kleber Cavalcanti Cabral
Dados: 2023.10.11 02:06:35
-03'00'

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

Documento assinado digitalmente



LUIS HENRIQUE GONCALVES COSTA
Data: 11/10/2023 19:37:47-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

Documento assinado digitalmente



ARTHUR GOMES DANTAS DE ARAUJO
Data: 11/10/2023 08:35:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

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

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão aos que sempre me apoiaram, em resumo minha família, mãe Suerda Medeiros e pai Fernando Medeiros, e amigos, Rayane Lima, Pedro Félix, Matheus Delgado e Layane Araújo, que nunca me deixaram desistir, que me impulsionaram a chegar até aqui e ser quem sou hoje. Ao meu namorado e companheiro Jaelson Gonçalves, por não medir esforços para concretizar os meus sonhos e ser um ponto de apoio emocional muito forte durante todo meu caminhar na universidade.

Aos mestres e doutores que me rodeiam nos blocos e salas da UFERSA, sempre me ensinando, em especial ao Professor Kleber Cavalcanti por me orientar e auxiliar em mais um passo do meu crescimento profissional e ao Coordenador Luís Henrique, por sempre está disponível para ajudar, indo muito além de suas obrigações e não medir esforços para contribuir com a educação, crescimento e aprendizado dos alunos.

Agradeço a Consolida e toda equipe que está comigo, em especial minha Direx (2023), por me mostrarem a minha melhor versão e me incentivar a buscar conhecimento, desafios e crescimento profissional, foram anos de muito trabalho e desenvolvimento.

Agradeço também ao laboratório de materiais da UFRN, em especial à Sandro que é o técnico responsável e que me auxiliou nos testes.

Agradeço a Banca Examinadora por se fazerem presentes e pelo tempo destinado a leitura e assistência na examinação deste trabalho.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.

Simone de Beauvoir

RESUMO

A construção civil vem evoluindo e tornando seu setor mais viável ambientalmente, justamente por ser um setor que impacta negativamente o ambiente, logo é necessário realizar pesquisas de cunho sustentável. O presente trabalho investigou a influência da adição de Melamina Sulfonada (MS) nas propriedades físicas e mecânicas de argamassas de revestimento nas proporções de 0% (REF), 0,1%, 0,2%, 0,3% e 0,4% com relação a quantidade do cimento. Foram conduzidos ensaios de consistência, resistência à compressão, tração na flexão e densidade de massa para caracterizar as propriedades das argamassas nos estados fresco e endurecido. A incorporação de MS aumentou a resistência das argamassas e além disso, reduziu o índice de vazios. Entre os traços analisados, a adição de 0,4% de MS apresentou o melhor desempenho, demonstrando maior resistência à compressão e tração, além de economia de água, um recurso importante a ser preservado. Em resumo, este estudo demonstrou que a Melamina Sulfonada pode ser um aditivo promissor para melhorar as propriedades mecânicas e físicas de argamassas de revestimento, contribuindo para uma maior qualidade e durabilidade em aplicações de construção civil.

Palavras-chave: Cimento, Superplastificantes, Propriedades mecânicas, Sustentabilidade, Construção civil.

ABSTRACT

Civil construction has been evolving and making its sector more environmentally viable, precisely because it is a sector that negatively impacts the environment, so it is necessary to carry out sustainable research. This study investigated the influence of the addition of Melamine Sulphonate (MS) on the physical and mechanical properties of coating mortars in proportions of 0% (REF), 0.1%, 0.2%, 0.3% and 0.4% in relation to the amount of cement. Consistency, compressive strength, flexural tensile strength and mass density tests were carried out to characterize the properties of the mortars in the fresh and hardened states. The incorporation of MS increased the strength of the mortars and also reduced the voids index. Among the designs analyzed, the addition of 0.4% DM showed the best performance, demonstrating greater resistance to compression and traction, as well as saving water, an important resource to be preserved. In summary, this study has shown that Sulphonated Melamine can be a promising additive for improving the mechanical and physical properties of coating mortars, contributing to greater quality and durability in construction applications.

Keywords: Cement, Superplasticizers, Mechanical properties, Sustainability, Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Ensaio de consistência	22
Figura 2	–	Densidade Aparente	22
Figura 3	–	Corpos de prova moldados e em cura úmida	23
Figura 4	–	Ensaio de resistência à tração na flexão	24
Figura 5	–	Ensaio de resistência à compressão	25
Figura 6	–	Pesagem da amostra seca	26
Figura 7	–	Densidade Aparente	28
Figura 8	–	Resistência à tração na flexão e resistência à compressão	29
Figura 9	–	Densidade Aparente Endurecida	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Propriedades físicas dos materiais	20
Tabela 2	–	Relação água/cimento	20
Tabela 3	–	Consumo de materiais	21
Tabela 4	–	Índice de vazios	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

Dr Doutor

Me Mestre

MS Melamina Sulfonada

NBR Norma Brasileira

REF Referência

SMF Melamina Formaldeído Sulfonada

SNF Naftaleno Sulfonado Formaldeído

LISTA DE SÍMBOLOS

©	Copyright
%	Porcentagem
ρ	Densidade Aparente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivos específicos	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Argamassas de Assentamento	17
2.2 Cimento Portland Composto (CP II)	17
2.3 Aditivos Superplastificantes	18
2.3.1 Melamina Sulfonada (MS)	18
3 METODOLOGIA	20
3.1 - Materiais	20
3.2 - Métodos	21
3.2.1 - Produção das argamassas	21
3.2.2 - Propriedades das Argamassas no Estado Fresco	21
3.2.2.1 - <i>Índice de Consistência</i>	21
3.2.2.2 - <i>Densidade Aparente</i>	22
3.2.3 - Moldagem e Cura dos Corpos de Prova	23
3.2.4 - Propriedades das Argamassas no Estado Endurecido	24
3.2.4.1 - <i>Resistência à tração e compressão na flexão</i>	24
3.2.4.2 - <i>Índice de Vazios</i>	25
3.2.4.3 - <i>Densidade Aparente</i>	25
4 RESULTADOS	27
4.1 Índice de vazios	27
4.2 Densidade aparente no estado fresco	28
4.3 Resistência à compressão e resistência à tração na flexão	28
4.4 Densidade aparente no estado endurecido	29
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
5.1 - Sugestões para trabalhos futuros	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico, todos os setores econômicos vêm sendo modificados de forma a melhorar características e adaptá-los ao mundo da sustentabilidade, determinando maior empatia com o ambiente e a sociedade. Além de trazer questões econômicas, viabilizando as diretrizes em desenvolvimento (XAVIER, 2018).

Ao abordar o setor econômico da construção civil, ele não é definido em apenas custos e consumo, mas sim em empregar materiais com propriedades favoráveis a determinados usos, de forma a ser mais vantajoso socialmente e ambientalmente, visando minimização do impacto ambiental (BATISTA, 2023). Logo, existem várias pesquisas que pretendem analisar as formas de implementação e inovação na construção civil.

Um estudo sobre argamassa com melamina sulfonada pode abordar várias áreas, incluindo suas propriedades físicas, químicas e mecânicas, bem como suas aplicações práticas na construção civil.

Em sua pesquisa, Borges Filho (2022) apresentou o mecanismo de funcionamento de aditivos, incluindo os superplastificantes, que são utilizados para reduzir a quantidade de água necessária, melhorando a trabalhabilidade sem comprometer a resistência. Além disso, ele afirma que o mecanismo de ação de alguns aditivos ainda não é completamente compreendido pela ciência, em decorrência principalmente da composição química e as características físicas dos aditivos, o que torna a investigação de seus efeitos específicos uma tarefa desafiadora.

Silva (2015) já tinha pesquisado sobre o assunto, e neste estudo foram elaboradas argamassas por meio da substituição de 15% do cimento por cada um dos aditivos minerais, utilizando quatro tipos diferentes de aditivos superplastificantes, dentre eles a Melamina, avaliando os efeitos de diferentes tipos e dosagens de aditivos superplastificantes nas propriedades das argamassas produzidas. Concluindo por fim que as argamassas com superplastificante à base de melamina demonstraram apresentar níveis reduzidos de álcalis solúveis e expansão. Seus resultados levam à conclusão de que o aditivo à base de melamina é altamente recomendado para melhorar a durabilidade e a qualidade de estruturas de concreto e argamassa sujeitas a esse tipo de reação.

A melamina sulfonada é um polímero com ação baseada em repulsão electrostática que estabiliza a dispersão, esse superplastificante apresenta elevada resistência a sais e moléculas com cadeia lateral, implicando ainda em redução significativa da água sem tirar a

trabalhabilidade da massa (FERREIRA, 2002).

Partindo destes pressupostos, o presente trabalho caracterizou a argamassa adicionada de melamina sulfonada para utilização da mesma em assentamentos de revestimento de piso e paredes. Os teores de substituição serão: 0%, tornando-se base de comparação para com os demais, 0,1%, 0,2%, 0,3% e 0,4% de melamina sulfonada em relação ao peso do cimento.

1.1 Objetivos

Os objetivos geral e específicos deste trabalho estão detalhados a seguir:

1.1.1 Objetivo geral

Analisar de efeito da melamina sulfonada na argamassa em relação ao desempenho físico e mecânico para argamassas de revestimentos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar quantitativamente as propriedades da argamassa no estado fresco, a saber, índice de consistência e densidade;
- Analisar quantitativamente as propriedades da argamassa no estado endurecido, a saber, resistência à compressão, à tração, densidade de massa e absorção;
- Avaliar a porcentagem de adição de melamina sulfonada que melhor atende as especificações da NBR 13281 (ABNT, 2023) que trata dos requisitos exigíveis para argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao início do plano deste estudo, foram acrescentadas algumas dúvidas que resultaram em buscas para melhor resultados esperados. Assim, foi baseado no seguinte referencial teórico.

2.1 Argamassas de Assentamento

Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2023), a argamassa é a mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, que podem conter ou não aditivos, que adicionem propriedades de aderência e endurecimento. Elas podem ser dosadas em obra ou em instalação própria, que é o caso da argamassa industrializada.

As argamassas de assentamento desempenham um papel crucial na união de revestimentos cerâmicos ou estruturais, destinados à finalidade desejada, como é o caso deste trabalho, que envolve o revestimento de paredes e pisos. Entre as suas características mais destacadas, pode-se mencionar a aderência, que desempenha um papel fundamental na garantia de durabilidade e qualidade. Além disso, é essencial encontrar o equilíbrio entre resistência e flexibilidade para otimizar sua utilidade.

Para adequar as argamassas a ser utilizada com finalidade para assentamento de paredes e pisos, é preciso está com as características de acordo com a nova norma NBR 13281:2023. A mesma se encontra em vigor a partir de agosto deste ano (2023), isso quer dizer que, todos os fabricantes irão ter que se readequar aos requisitos estabelecidos mais recentes.

2.2 Cimento Portland Composto (CP II)

De acordo com a NBR 11578 (ABNT, 1991), o cimento portland composto é um tipo de cimento produzido com uma combinação de clínquer Portland (clínquer é o material principal do cimento, obtido pela calcinação de matérias-primas) e adições minerais. Esta norma estabelece requisitos específicos para a composição química, propriedades físicas, finura e resistência do CP II.

O CP II é conhecido por apresentar características vantajosas, como maior resistência à sulfatação e menor calor de hidratação em comparação com o Cimento Portland comum (ABNT NBR 11578, 1991).

É importante saber que a composição exata e as proporções de clínquer e adições minerais podem variar de um fabricante para outro, desde que atendam aos requisitos estabelecidos pela norma.

2.3 Aditivos Superplastificantes

Os aditivos plastificantes foram descobertos a muitos anos atrás, há quem diga que os romanos e incas já utilizavam de materiais que traziam essa característica de plastificantes para suas construções de concreto. Mas foi nos anos 60 que surgiram os primeiros materiais desenvolvidos como base para os superplastificantes desenvolvidos no Japão e Alemanha, sendo eles o naftaleno sulfonado formaldeído (SNF) e melamina formaldeído sulfonada (SMF), respectivamente (FERREIRA, 2002).

Na década de 70, esta tecnologia foi se aprimorando e novas matérias primas começaram a ser utilizadas como aditivos, e com o aumento da dosagem tornava-se um superplastificante. As matérias-primas utilizadas na fabricação dos superplastificantes de segunda geração consistiam em resíduos provenientes da indústria petroquímica e da indústria de celulose (MARANHÃO, 2018). Esses aditivos eram compostos por naftalenos sulfonados e melaminas sulfonadas, respectivamente.

2.3.1 Melamina Sulfonada (MS)

De acordo com RIXOM et al. (1999), este tipo de produto foi desenvolvido na década de 50, como dispersante para parte significativa de setores econômicos, mas ainda não tinha sido implementado dentro da construção civil, pelo fato de seu potencial nessa área não ser conhecido, muito menos implementado como base para aditivos.

A melamina sulfonada é um aditivo químico utilizado na indústria de construção para melhorar as propriedades das argamassas, ela é comumente usada em concretos de alto desempenho, nos quais suas propriedades de retenção de água e trabalhabilidade são particularmente benéficas (AÏTCIN, 2000). Mas além disso, pode ser usada em argamassas

de cimento, gesso ou cal, e desempenha várias funções importantes. Dentre suas propriedades destacam-se:

- **Redução da Água de Mistura:** A melamina sulfonada é conhecida por sua capacidade de reter a água na mistura, permitindo que o concreto ou a argamassa mantenham uma consistência adequada com menos água. Isso melhora a trabalhabilidade do material sem comprometer a resistência;
- **Superplastificante:** Atua como um superplastificante, proporcionando alta fluidez ao concreto ou argamassa. Isso facilita o processo de moldagem e aplicação em obras de construção;
- **Melhoria da Trabalhabilidade:** A adição de melamina sulfonada torna o material mais fácil de misturar e manusear, o que é especialmente importante em concretos de alto desempenho e em locais de difícil acesso;
- **Aumento da Resistência à Compressão:** Este superplastificante pode contribuir para um aumento na resistência à compressão do concreto, conforme seja a concentração atribuída, tornando-o mais robusto;
- **Controle do Tempo de Pega:** Poderá atuar como um retardador de pega, controlando o tempo em que o concreto começa a endurecer;
- **Melhoria da Durabilidade:** A melamina sulfonada pode aumentar a durabilidade da massa, aumentando a resistência à penetração de água, cloretos e outros agentes agressivos;
- **Compatibilidade com Outros Aditivos:** Geralmente, a melamina sulfonada é compatível com outros aditivos usados em concreto, como plastificantes, aceleradores e retardadores, permitindo a formulação de misturas personalizadas e desejada para cada situação;
- **Aplicações em Concretos de Alto Desempenho:** A melamina sulfonada é frequentemente utilizada em concretos de alto desempenho, onde suas propriedades de retenção de água e trabalhabilidade são particularmente benéficas;
- **Sustentabilidade:** A melamina sulfonada pode ajudar a melhorar a eficiência do concreto, reduzindo a quantidade de água necessária e, assim, diminuindo o consumo de recursos naturais e a pegada de carbono associada à produção de cimento.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa experimental do estudo de argamassas e materiais aditivos, seguindo com processos realizados em etapas: caracterização dos agregados, produção das argamassas, propriedades das argamassas no estado fresco e propriedades das argamassas no estado endurecido.

3.1 - Materiais

Para a produção das argamassas adotou-se o traço de 1:3,14 (cimento: areia) em massa com adição da Melamina Sulfonada (MS) nas proporções de 0,1%, 0,2%, 0,3% e 0,4% em relação ao cimento, tendo como parâmetro uma argamassa de referência, sem adição de MS, a fim de verificar a influência do aditivo superplastificante nas propriedades mecânicas das argamassas produzidas.

Para isso foram utilizados os seguintes materiais: Cimento Portland Composto com Pozolana (CPII F 32), areia natural lavada, aditivo superplastificante – MS e água proveniente da rede de abastecimento local.

A Tabela 1 apresenta os valores das massas unitárias.

Tabela 1 – Propriedades físicas dos materiais

	Massa unitária (g/cm³)
Cimento	1,33
Areia	1,39

Fonte: Autoria própria

Os traços estabelecidos para a formulação das argamassas estão detalhados na Tabela 2.

Tabela 2 – Relação água/cimento.

Nomenclatura	Teor de adição	Relação água/ cimento
REF	0%	0,73
0,1%	0,1%	0,72
0,2%	0,2%	0,70
0,3%	0,3%	0,68
0,4%	0,4%	0,67

Fonte: Autoria própria

Para elaborar os traços foram realizados ensaios conforme suas normas regulamentadoras, são eles: massa unitária (Tabela 1) e índice de vazios (ABNT NM 45, 2006) e massa específica e aparente (ABNT NM 52, 2009).

3.2 - Métodos

Neste tópico serão apresentados os métodos utilizados na pesquisa

3.2.1 - Produção das argamassas

A produção das argamassas foi realizada com o auxílio de um misturador mecânico. O processo consistiu na mistura inicial dos materiais secos, que incluem o cimento, a areia e o aditivo. A água foi adicionada gradualmente enquanto o misturador estava em funcionamento. É crucial destacar que a velocidade de adição da água desempenha um papel significativo no comportamento do aditivo na mistura. A Tabela 3 demonstra os valores de consumo de cada material.

Tabela 3 – Consumo de materiais				
Consumo (Kg/m ³)				
	Cimento	Areia	Melamina (MS)	Água
REF	300	942	0	220
0,1%	300	942	0,3	215
0,2%	300	942	0,6	210
0,3%	300	942	0,9	205
0,4%	300	942	1,2	200

Fonte: Autoria própria

Esses resultados destacam a influência do aditivo MS na proporção da quantidade de água necessária para alcançar as características desejadas nas argamassas.

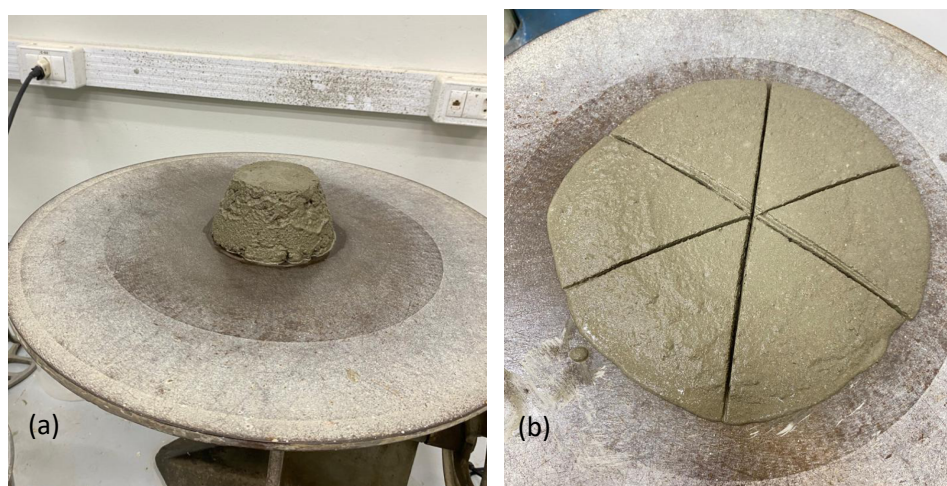
3.2.2 - Propriedades das Argamassas no Estado Fresco

O estado fresco refere-se ao momento em que a argamassa está sendo preparada e aplicada, antes de endurecer completamente. As propriedades das argamassas no estado fresco desempenham um papel crucial na sua aplicação bem-sucedida.

3.2.2.1 - Índice de Consistência

Após calcular e determinar os traços da pesquisa foi possível determinar a quantidade de água para um espalhamento de 260 ± 5 mm, de acordo com o estabelecido pela NBR 13276 (ABNT, 2016a), como mostrado na Figura 1, em que está mostrando o primeiro passo do ensaio de consistência, onde é colocado a massa no molde (a) e ao realizar os golpes acaba fazendo as medições como demonstrado em (b).

Figura 1 - Ensaio de consistência



Fonte: Autoria própria

3.2.2.2 - Densidade Aparente

De acordo com a NBR 7215 (ABNT, 1996), densidade aparente de um material é a relação entre a massa do material e o volume ocupado por ele, incluindo o volume dos poros.

Para essa medição é necessário ter a preparação das amostras, já no traço desejado, secas e livres de grumos.

Figura 2 - Densidade Aparente



Fonte: Autoria própria

O peso do recipiente com cimento é registrado em massa (M1), como na Figura 2 e o volume do recipiente (V) é medido para prosseguir os cálculos.

O cálculo da densidade aparente é determinado a partir da fórmula:

$$\text{Densidade Aparente } (\rho) = M1 / V$$

Em que:

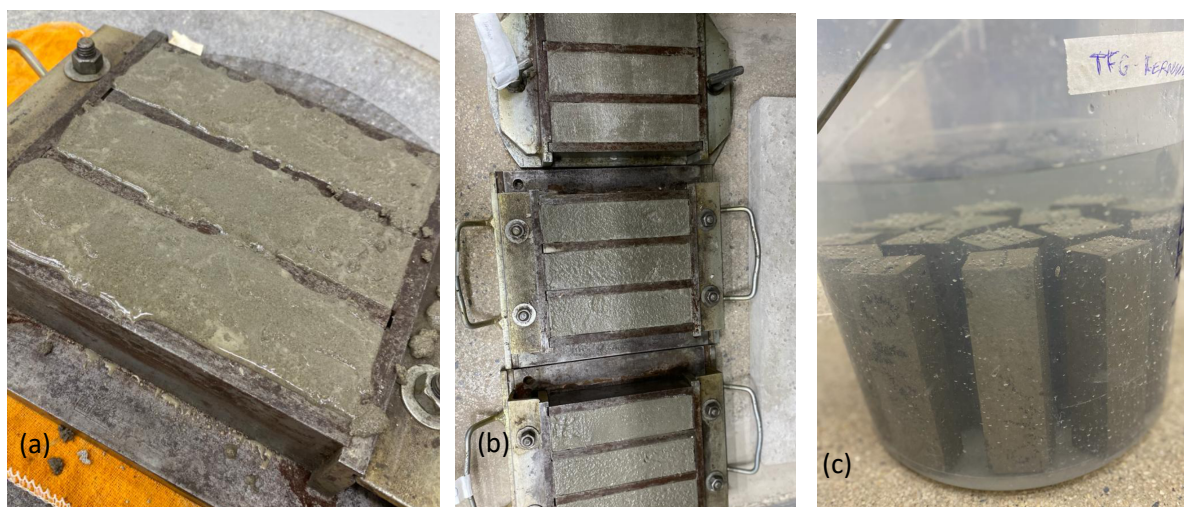
- ρ é a densidade aparente em gramas por centímetro cúbico (g/cm³);
- M1 é a massa do recipiente com o cimento em gramas (g);
- V é o volume do recipiente em centímetros cúbicos (cm³).

3.2.3 - Moldagem e Cura dos Corpos de Prova

Para realização dos ensaios mecânicos no estado endurecido foram produzidos três corpos de prova prismáticos, de dimensões 4,0 cm x 4,0 cm x 16 cm, para cada proporção do aditivo, como mostrado na Figura 3 (a).

Todos os corpos de prova foram desmoldados após o período de 24 horas de cura inicial (b). Em seguida, procedeu-se à cura submersa em água, onde os corpos de prova foram imersos em água durante um período de 21 dias (Figura 3, c).

Figura 3 - Corpos de prova moldados e em cura úmida.



Fonte: Autoria Própria

Esse processo em ambiente úmido visa promover a hidratação contínua dos materiais,

garantindo que eles atinjam resistência e durabilidade adequadas antes da realização de ensaios posteriores.

Após o tempo de cura, já foi realizado as pesagens para identificação dos índices de vazios, que se torna necessário a secagem dos CP's na estufa por 72h.

3.2.4 - Propriedades das Argamassas no Estado Endurecido

Foram realizadas análises das propriedades mecânicas das argamassas no estado endurecido, abrangendo diversos parâmetros, incluindo resistência à compressão, resistência à tração na flexão, densidade de massa, módulo de elasticidade dinâmico, absorção de água por imersão e resistência à tração por aderência.

3.2.4.1 - Resistência à tração e compressão na flexão

Os ensaios de resistência à tração e resistência à compressão na flexão foram conduzidos conforme as diretrizes da norma NBR 13279:2005, com 28 dias de período de cura.

Inicialmente, o ensaio de resistência à tração na flexão (conforme ilustrado na Figura 4, a) foi realizado, no qual os corpos de prova foram posicionados sobre os suportes de apoio da prensa e submetidos a uma aplicação de carga a uma velocidade controlada de 50 ± 10 N/s até atingir o ponto de ruptura (Figura 4, b).

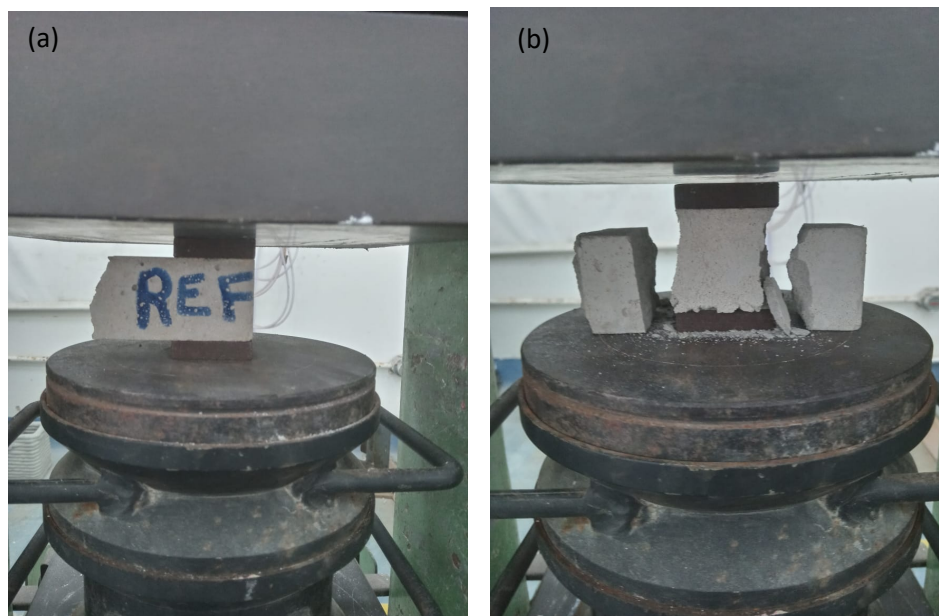
Figura 4 - Ensaio de resistência à tração na flexão.



Fonte: Autoria própria

Metade de cada amostra utilizada no ensaio de resistência à tração na flexão foi posteriormente submetida a um ensaio de resistência à compressão axial (Figura 5, a). Neste ensaio, aplicou-se uma carga a uma velocidade controlada de 500 ± 50 N/s, a fim de avaliar a capacidade de resistência das amostras à compressão sob essa condição específica (Figura 5, b).

Figura 5 - Ensaio de resistência à compressão.



Fonte: Autoria própria

3.2.4.2 - Índice de Vazios

O ensaio de índice de vazios foi conduzido de acordo com a norma NBR 9778 (ABNT, 2009), utilizando corpos de prova com 28 dias de idade.

O procedimento foi seguido da seguinte forma, os corpos de prova foram então imersos em água à temperatura ambiente e a massa imersa foi determinada com o auxílio de uma balança hidrostática. Logo após, os corpos de prova foram retirados da água e a massa saturada foi registrada. Por fim, os corpos de prova foram submetidos a uma estufa a uma temperatura controlada de 105 ± 5 °C por um período de 72 horas para secagem. Após o período de secagem, a massa seca de cada corpo de prova foi registrada.

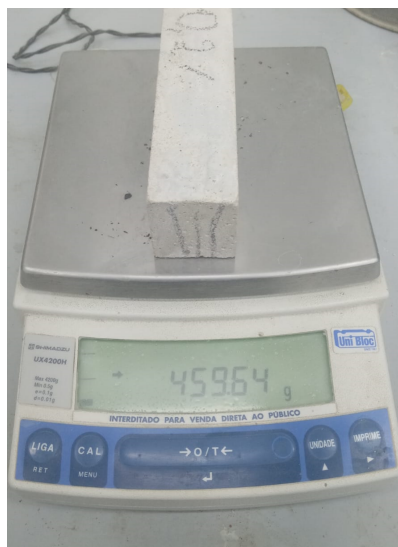
Este ensaio permite avaliar a capacidade de absorção de água da argamassa e é importante para compreender como o material reage quando exposto a condições de umidade variáveis.

3.2.4.3 - Densidade Aparente

A medição de densidade aparente em estado endurecido foi realizada de acordo com a norma NBR 13280 (ABNT, 2005), com os corpos de prova de 28 dias de idade.

As amostras foram secas em estufa a uma temperatura de 105 ± 5 °C por um período de 72 horas para secagem, conseguindo atingir um peso constante, exemplificado na Figura 3.6.

Figura 6 - Pesagem de amostra seca



Fonte: Autoria própria

A densidade aparente é calculada dividindo o peso da amostra seca pelo volume da amostra, conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Densidade Aparente } (\rho) = \text{Peso da Amostra Seca (m)} / \text{Volume da Amostra (V)}$$

O resultado da densidade aparente é expresso em unidades de massa por unidade de volume, como quilogramas por metro cúbico (kg/m^3) ou gramas por centímetro cúbico (g/cm^3), de acordo com a preferência ou convenção.

4 RESULTADOS

Neste tópico estão os resultados obtidos nos testes necessários para saber investigar os objetivos propostos e concluir esta pesquisa.

4.1 Índice de vazios

Os valores obtidos de índices de vazios são apresentados na Tabela 4. Sabendo que à medida que a dosagem de Melamina Sulfonada (MS) na mistura aumenta, a relação água/materiais secos diminui. Isso é consistente com o comportamento esperado de um aditivo plastificante como o MS, conforme explicado no referencial teórico.

Tabela 4 – Propriedade física dos materiais

Nomenclatura	Índice de Vazios (%)	Desvio Padrão
REF	24,68	0,19
0,1%	23,68	0,50
0,2%	23,82	0,34
0,3%	23,49	0,29
0,4%	22,94	0,13

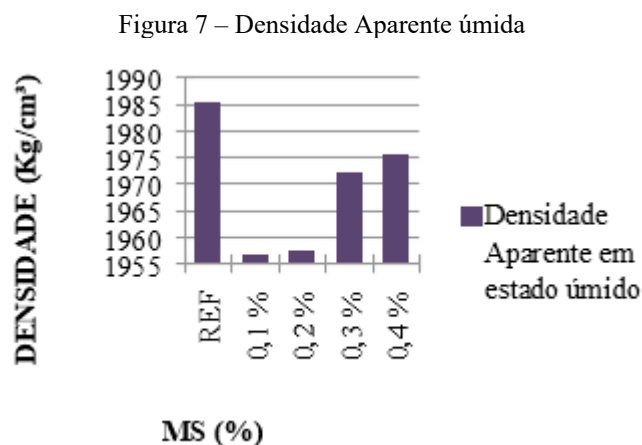
Fonte: Autoria própria

Os resultados mostram que a diminuição de água na mistura está diretamente relacionada ao índice de vazios nas argamassas, ou seja, à medida que a dosagem de MS aumenta, diminui a quantidade de água necessária para manter a mesma trabalhabilidade e isso resulta em uma redução dos índices de vazios na argamassa, logo há menos espaços vazios na mistura. O menor índice de vazios foi obtido na mistura com 0,4% de MS adicionada, com diminuição de 7,05% em relação a argamassa referência (REF).

A redução dos índices de vazios está relacionada à melhoria na compactidade da argamassa. Argamassas mais compactas tendem a ser mais resistentes e menos porosas, o que é desejável em muitas aplicações de construção, então já é esperado que a argamassa com maior porcentagem de aditivo tenha maior resistência.

4.2 Densidade aparente no estado fresco

Na Figura 7 estão os valores de densidade das argamassas no estado fresco.



Fonte: Autoria própria

O valores da densidade apresenta uma leve baixada na mistura com 0,1%, de exatamente 1,44% a menos quando comparado à referência, sendo perceptível que à medida que é adicionado MS no traço da argamassa, torna-se mais densa, mas ainda assim o maior valor prevalece o da argamassa referência. No traço de 0,4% de adição é resultante uma diminuição de 0,5% na densidade quando comparado ao traço REF. Isso ocorre devido a diminuição da quantidade de água que é absorvida na mistura.

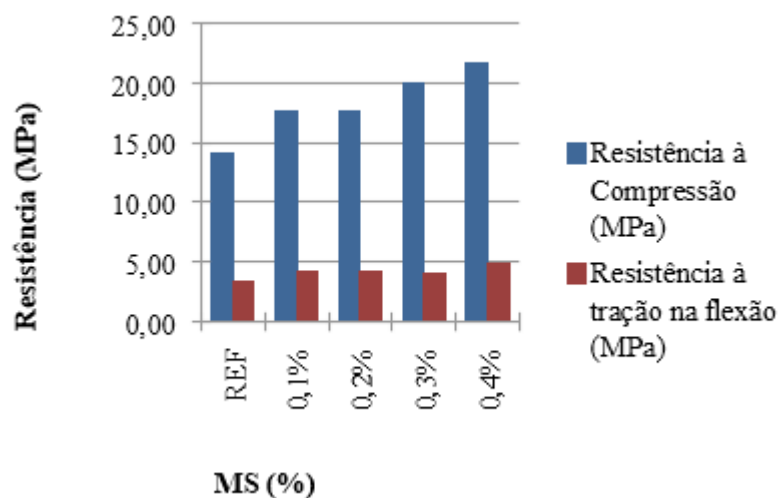
4.3 Resistência à compressão e resistência à tração na flexão

Os valores obtidos na ruptura dos corpos de prova no ensaio de resistência à tração na flexão e resistência à compressão são apresentados na Figura 8.

Ao analisar os dados apresentados na Figura 8, fica evidente que à medida que a proporção de Melamina Sulfonada (MS) nas argamassas aumenta, observa-se um correspondente aumento na resistência à compressão e à tração na flexão.

Pode-se observar que o consumo de água diminui à medida que a quantidade do aditivo incorporado nas misturas aumenta (Tabela 3). Comparando o traço de referência com o traço contendo 0,4% de adição de melamina sulfonada (a maior quantidade de aditivo), observou-se uma redução de 8,2% no consumo de água.

Figura 8 – Resistência à tração na flexão e resistência à compressão



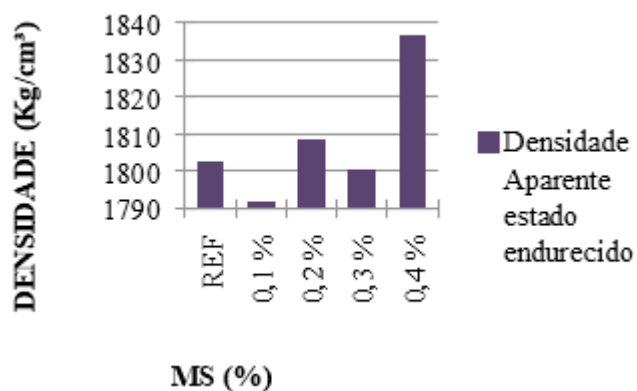
Fonte: Autoria própria

Portanto, o aumento da resistência à compressão e à tração na flexão com a adição de MS pode ser explicado pela ação combinada desses fatores, que resultam em uma estrutura mais compacta e coesa da argamassa. Esse comportamento é desejável em aplicações de construção, onde a resistência mecânica é fundamental.

4.4 Densidade aparente no estado endurecido

Os valores obtidos nos cálculos de densidade aparente para as argamassas em estado endurecido estão apresentados na Figura 9.

Figura 9 – Densidade Aparente endurecida



Fonte: Autoria própria

É perceptível que um aumento de densidade à medida que é adicionado MS no traço da argamassa, tornando-a mais pesada. Sendo este aumento de 1,91% na densidade do traço REF para o traço com adição de 0,4% do MS. Isso ocorre devido ao menor número de índice de vazios e quanto mais porosa for a argamassa menor é sua densidade.

O aumento observado na densidade não impacta significativamente na questão do peso próprio estrutural de um estabelecimento, pois é considerado um percentual baixo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta sessão serão apresentadas as conclusões de acordo com os objetivos propostos e com base nos resultados e estudo estabelecidos no capítulo experimental. Por fim, são pontuadas algumas sugestões de trabalhos futuros.

O objetivo principal deste estudo foi investigar o impacto da incorporação da Melamina Sulfonada (MS) nas propriedades mecânicas de argamassas de revestimento. Com base nas análises efetuadas, podemos chegar às seguintes conclusões:

- A pesquisa confirmou que o material em estudo é adequado para ser utilizado como argamassa de revestimento, atendendo às normas regulamentadoras aplicáveis.
- O uso de MS impacta a resistência das argamassas, aumentando seu desempenho.
- A redução do índice de vazios causado pelo uso de MS resulta em menor absorção e perda de água, evidenciando o fator principal do material.
- A densidade do material aumenta à medida que aumenta o teor de MS. Pode ser considerado um ponto negativo quando é colocado em prática e aumenta o peso próprio da estrutura.
- Entre os traços analisados, o traço com adição de 0,4% de MS apresentou o melhor desempenho nos ensaios realizados. Isso sugere que essa porcentagem de adição permite uma melhor resistência a compressão e a tração, além de redução do uso de água, que é um recurso natural que precisa ser economizado.

Assim, a pesquisa possibilitou a determinação do efeito do MS nas propriedades mecânicas das argamassas de revestimento, fornecendo informações valiosas para sua aplicação em projetos de construção civil.

5.1 - Sugestões para trabalhos futuros

Para trabalhos futuros podem ser realizados estudos com valores superiores de adição do superplastificante, possibilitando ver qual índice ótimo para aplicação da argamassa para revestimento cerâmico, além de:

- Caracterização térmica de argamassas com adição de superplastificante melamina sulfonada;
- Caracterização acústica de argamassa com adição de superplastificante melamina sulfonada.

REFERÊNCIAS

AÍTCIN, P.C. **Concreto de alto desempenho**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2000.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11578**: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13281**: Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e teto - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, p. 7. 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 52: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente.** Rio de Janeiro, 2009.

BATISTA, I. L. R. **Influência do teor de hidroxipropilmetilcelulose nas propriedades mecânicas e térmicas de argamassas.** 2023. 56 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Natal, RN, 2023.

BORGES FILHO, W. F. **Tecnologia do Concreto: Um estudo bibliográfico sobre aditivos.** 2022. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Mato Grosso, Barra do Garças, 2022.

FERREIRA, R. M. **Betão autocompactável: influência dos superplastificantes (carboxilatos modificados) na fluidez e deformabilidade das pastas ligantes.** 2002. p. 29-44. Artigo Engenharia Civil – Universidade do Minho. Departamento de Engenharia Civil (DEC), 2002. URL: <https://hdl.handle.net/1822/2539>.

MARANHÃO, L. F. S. **Avaliação econômica da implantação de uma linha de produção de um aditivo para concreto em uma fábrica do rio grande do norte.** 2018. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2018.

RIXOM, R.; MAILVAGANAM, N. **Chemical admixtures for concrete.** London: E&FN SPON, 3rd edition. 1999. 437p.

SILVA, C. F. C. **Contribuição para eficácia da mitigação da reação álcali-agregado: influência de aditivos superplastificantes nas expansões ao utilizar adições minerais.** 2015. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.