



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

DANDARA GABRIELA DE MELO ALVES DE SOUZA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA HIDROXIPROPILMETILCELOULOSE NAS
PROPRIEDADES DA ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA
NATURAL POR PÓ DE EPS**

ANGICOS

2024

DANDARA GABRIELA DE MELO ALVES DE SOUZA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA HIDROXIPROPILMETILCELULOSE NAS
PROPRIEDADES DA ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA
NATURAL POR PÓ DE EPS**

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

Orientador: Kleber Cavalcanti Cabral, Prof.
Dr.

ANGICOS

2024

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

GS729 Gabriela de Melo Alves de Souza, Dandara.
a ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA
HIDROXIPROPILMETILCELULOSE NAS PROPRIEDADES DA
ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA
NATURAL POR PÓ DE EPS / Dandara Gabriela de Melo
Alves de Souza. - 2024.
36 f. : il.

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

1. HPMC. 2. aditivo. 3. EPS. 4. argamassas
leves. 5. propriedades. I. Cavalcanti 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.

DANDARA GABRIELA DE MELO ALVES DE SOUZA

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA HIDROXIPROPILMETILCELULOSE NAS
PROPRIEDADES DA ARGAMASSA COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA
NATURAL POR PÓ DE EPS**

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.itl.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.itl.gov.br>

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

Documento assinado digitalmente
 ARTHUR GOMES DANTAS DE ARAUJO
Data: 25/04/2024 07:55:15-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

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

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por nunca ter me deixado desistir e ter me mantido firme durante a jornada, me dando forças e me mostrando que eu não estou sozinha.

À minha família que foi minha base e o principal motivo para que eu continuasse nessa caminhada. Sou grata por terem sido meu ponto de apoio e segurarem minha mão nos meus piores momentos. Principalmente ao meu avô, Veridiano, que não está mais entre nós, mas foi o maior incentivador dos meus estudos.

Agradeço aos meus laços de amizades criados durante esses anos, eles foram essenciais para que eu pudesse encarar esses anos de universidade. Sobretudo por estarem dispostos ao meu lado tanto para aprender, como também para ensinar.

Aos meus amigos de fora da universidade que acompanharam todas as minhas lamentações e reclamações e mesmo assim sempre estiveram presentes me dando forças e incentivos.

Aos meus professores que além de tudo se tornaram amigos sendo fontes de grande inspiração na minha jornada acadêmica.

Agradeço do fundo do coração ao meu orientador Prof. Kleber Cavalcanti Cabral pelo companheirismo, paciência e todo o apoio que precisei durante esse processo de aprendizagem.

Agradeço a minha dupla desde o primeiro dia de aula, Isamara, por todas as vezes que eu quis desistir e sempre me mostrava que eu era capaz de alcançar qualquer objetivo que eu tivesse.

Aos meus colegas de laboratório e a técnica Adna, meus agradecimentos por toda ajuda dada.

À UFRSA agradeço por proporcionar esta oportunidade, assim como a todos os envolvidos, seja de maneira direta ou indireta, que contribuíram para o meu desenvolvimento profissional e pessoal durante toda a caminhada enfrentada.

O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.

José de Alencar

RESUMO

A indústria da construção civil com seu crescimento constante vêm buscando inovar cada vez mais nas tecnologias das edificações buscando aperfeiçoar a eficiência, sustentabilidade e economia das construções. Diante disso, vários estudos têm sido realizados para analisar o desempenho e as melhorias nas propriedades das argamassas leves com a incorporação de aditivos e agregados leves em sua composição. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é de verificar a influência da utilização da hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) e a substituição do agregado natural pelo pó de EPS nas propriedades das argamassa leves de revestimento no estado fresco e endurecido, a substituição da areia pelo EPS se dá nas proporções de 0%, 15%, 30% e 45% para os conjuntos de argamassas com e sem HPMC, sendo o aditivo utilizado na proporção de 0,2% em relação a massa do cimento. Para determinar as propriedades do estado fresco e endurecido foram realizados os seguintes ensaios: índice de consistência, densidade aparente de massa, índice de vazios e perda de água por evaporação. Os resultados apontam que a adição do HPMC provoca um aumento no índice de vazios das argamassas por ser um retentor de água como também o aumento da viscosidade da mesma, como também notou-se que a incorporação do aditivo e a substituição da areia pelo EPS produz uma argamassa de menor densidade de massa, que reflete em um material mais leve quando comparadas com as argamassas sem aditivo. Desse modo, conclui-se que o HPMC nas argamassas provocam a obtenção de um material mais leve.

Palavras-chave: HPMC, aditivo, EPS, argamassas leves, propriedades.

ABSTRACT

With its constant growth, the construction industry has sought to innovate more and more in building technologies in order to improve the efficiency, sustainability and economy of buildings. In view of this, several studies have been carried out to analyze the performance and improvements in the properties of lightweight mortars with the incorporation of additives and lightweight aggregates in their composition. The aim of this study is to verify the influence of using hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) and replacing natural aggregate with EPS powder on the properties of lightweight coating mortars in the fresh and hardened state. Sand is replaced with EPS in the proportions of 0%, 15%, 30% and 45% for mortar sets with and without HPMC, and the additive is used in the proportion of 0.2% in relation to the mass of cement. The following tests were carried out to determine the properties of the fresh and hardened state: consistency index, bulk density, void ratio and water loss by evaporation. The results show that the addition of HPMC causes an increase in the voids index of the mortars, as well as an increase in their viscosity. It was also noted that the incorporation of the additive and the replacement of sand with EPS produces a mortar with a lower bulk density, which reflects a lighter material when compared to mortars without the additive. In this way, it can be concluded that HPMC in mortars causes a lighter material.

Keywords: HPMC, additive, EPS, lightweight mortars, properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Estrutura dos derivados de celulose HEMC (a) e HPMC (b).....	5
Figura 2	–	Estrutura da hidroxipropilmetilcelulose (R = -CH ₂ CH(OH)CH ₃ , -CH ₃ ou -H).....	6
Figura 3	–	Ensaio de índice de consistência.....	11
Figura 4	–	Ensaio de perda de água por evaporação.....	12
Figura 5	–	Densidade aparente no estado endurecido com e sem aditivo.....	15
Figura 6	–	Perda de água por evaporação (com HPMC).....	16
Figura 7	–	Perda de água por evaporação (sem HPMC).....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Classificação das argamassas quanto à massa específica no estado fresco.....	4
Tabela 2	–	Propriedades físicas da HPMC.....	7
Tabela 3	–	Classificação do agregado quanto à origem.....	7
Tabela 4	–	Ensaio realizados e normas equivalentes.....	10
Tabela 5	–	Composição das argamassas.....	11
Tabela 6	–	Consumo de materiais.....	13
Tabela 7	–	Relação água/cimento x índice de vazios.....	14

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

HPMC - Hidroxipropilmetilcelulose

MC - Metilcelulose

HEMC - Hidoxietilmetilcelulose

EPS - Poliestireno expandido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos.....	2
1.1.1	Objetivo geral.....	2
1.1.2	Objetivo específico.....	2
2	REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1	Normas de desempenho	3
2.2	Argamassa leve.....	3
2.3	Éteres de celulose.....	4
2.3.1	Hidroxipropilmetilcelulose.....	6
2.4	Agregados leves.....	7
2.4.1	Poliestireno expandido (EPS).....	8
3	METODOLOGIA.....	9
3.1	Materiais.....	9
3.1.1	Cimento.....	9
3.1.2	Areia.....	9
3.1.3	HPMC.....	9
3.1.4	EPS.....	9
3.1.5	Água.....	9
3.2	Métodos.....	10
3.2.1	Propriedade das argamassas no estado fresco.....	10
3.2.1.1	Preparo da mistura.....	10
3.2.1.2	Índice de consistência.....	11
3.2.2	Propriedade das argamassas no estado endurecido.....	12
3.2.2.1	Densidade aparente.....	12
3.2.2.2	Perda de água por evaporação.....	12
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	13
4.1	Produção das argamassas.....	13
4.2	Relação água/cimento x índice de vazios.....	13
4.3	Densidade aparente no estado endurecido.....	15
4.4	Perda de água por evaporação.....	15

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
5.1	Sugestões para estudos futuros.....	19
6	REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, é perceptível as mudanças climáticas que o planeta terra vem sofrendo, e com essas variações de temperatura o aquecimento global é um fenômeno inevitável ocasionado principalmente por ações humanas. Análogo a isso, conforto térmico é o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda”. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers).

Devido à mudança do clima, novos sistemas e materiais serão criados e aprimorados para atender às demandas, em particular para torná-las mais sustentáveis em termos energéticos. Logo, a norma técnica NBR 7200 (ABNT, 1998) caracteriza argamassa inorgânica como a combinação de agregados finos, ligantes minerais e água, podendo conter aditivos e complementos, apresentando propriedades de aderência e capacidade de solidificação.

Sob tal perspectiva, a argamassa convencional tem apresentado certas limitações, como a resistência à tração na flexão, a absorção de água, a abrasão e a durabilidade. Por outro lado, novos materiais de construção estão sendo investigados em diversos centros de pesquisa. Dentre esses materiais, destacam-se as argamassas especiais, que incluem aditivos e/ou componentes em sua composição. Esses elementos são capazes de aprimorar propriedades específicas, tais como rugosidade, aderência ao substrato, resistência mecânica, porosidade, impermeabilidade, facilidade de aplicação e longevidade (ALVES, 2014).

Visando as medidas construtivas, Cintra *et al.* (2014) falam como os revestimentos e acabamentos das construções colaboram para a proteção de ações climáticas/mecânicas e/ou ambientais justamente pela busca constante pelo aperfeiçoamento das tecnologias das edificações. Diante disso, o uso de agregados leves nas argamassas têm sugerido uma eficiência no que diz respeito ao isolante térmico das construções (Fontes *et al.*, 2022).

Consoante a isso, agregados leves são materiais granulares e de estrutura porosa que possuem densidade baixa e normalmente são conseguidos por processos de expansão ou porosidade, tais como: como a argila expandida, vermiculita, perlita, poliestireno expandido, entre outros. Devido às suas propriedades de redução de peso e isolamento térmico, esses materiais são empregados na fabricação de concretos leves, blocos e argamassas. (GRUBBA, 2023).

Como componentes introduzidos nas argamassas buscando melhorar suas propriedades, os aditivos são substâncias que podem ser adicionadas à mistura para aprimorá-las tanto nos estados frescos quanto endurecidos. Desse modo, tais melhorias

podem ser: diminuir a retração por secagem e aumentar a aderência, a plasticidade para ter uma melhor trabalhabilidade, a retenção de água e a base (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002).

Dessa maneira, o presente trabalho tem o objetivo de avaliar a influência da adição do HPMC como também a substituição parcial da areia natural pelo pó de EPS (agregado leve) nas propriedades da argamassa de revestimento com traço de 1:3 (cimento: areia), com incorporação da hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) como aditivo na proporção de 0,2% em relação à massa do cimento com substituição parcial do agregado natural (areia) pelo pó de EPS nas proporções de 0%, 15%, 30% e 45%. Visando assim, analisar o comportamento da argamassa no estado fresco e endurecido, fazendo comparativa com o material sem o aditivo HPMC.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o efeito da substituição parcial do agregado natural pelo pó de EPS com adição do aditivo hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) no desempenho das propriedades de argamassas leves de revestimento no estado fresco e endurecido.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudo da influência do HPMC e da substituição do agregado natural pelo pó de EPS nas propriedades físicas no estado fresco.
- Estudo da influência do HPMC e da substituição do agregado natural pelo pó de EPS nas propriedades mecânicas no estado endurecido.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Normas de desempenho

As normas técnicas determinam diretivas para a sistematização de serviços e produtos buscando garantir suas qualidades (BATISTA, 2023; CRESPO; RODRIGUES, 2011). No que tange desempenho das propriedades das argamassas, as normas existem para especificarem os requisitos e critérios que devem ser seguidos e analisar o comportamento que exibirá suas influências.

A NBR 15575 (ABNT, 2019) é uma norma, também conhecida como “Norma de Desempenho”, que busca reunir os critérios e exigências do usuário do edifício, proporcionando sustentabilidade, segurança e habitabilidade. Dentre os requisitos, sobressai-se o desempenho estrutural, desempenho térmico, desempenho acústico, segurança contra incêndio, estanqueidade, saúde, higiene, durabilidade, funcionalidade, conforto visual/tático, manutenibilidade e adequação ambiental.

2.2 Argamassa leve

Segundo a Norma Brasileira NBR 13529 da ABNT (ABNT, 2013), a argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.

Existem alguns tipos de argamassas, dentre elas, a argamassa leve que é um tipo que possui grãos porosos e leves, bem como também aquelas que detêm ar na sua massa, formando, dessa maneira uma estrutura micro-alveolar que reprime significativamente sua densidade. Assim, por possuir essas características, quanto menor for sua massa específica, mais leve será a argamassa, que conseqüentemente será mais trabalhável a longo prazo pois reduz o esforço operário para a sua aplicação conduzindo assim a um aumento de produtividade. Além disso, para a argamassa ser considerada leve, ela tem de deter densidade no estado fresco inferior a 1.400 Kg/m^3 . (MARTINS; ASSUNÇÃO, 2010; BARROS 2018; CARASEK 2010; NASCIMENTO 2021). A Tabela 1 a seguir apresenta a classificação das argamassas quanto à sua massa específica no estado fresco.

Tabela 1 - Classificação das argamassas quanto à massa específica no estado fresco

Argamassa	Massa Específica $\rho = (\text{g/cm}^3)$
Leve	$< 1,40$
Normal	$2,30 \leq \rho \leq 1,40$
Pesada	$> 2,30$

Fonte: (Adaptado de CARASEK, 2010)

Outrossim, devido ao ar aprisionado na estrutura celular dos agregados leves, acaba que isso acarreta na redução da absorção e transferência de calor em relação aos agregados convencionais, tornando a argamassa leve também em um material termo-acústico em razão da sua baixa condutividade térmica (BARROS, 2018).

Levando em consideração a resistência mecânica, foi evidenciado que a utilização de agregados e/ou aditivos na argamassa possibilita uma diminuição na capacidade de resistir a esforços solicitantes que estão ligados ao módulo de elasticidade dinâmico do material, que resulta que quanto menor este parâmetro for menor será a resistência. Todavia, vale ressaltar que mesmo com a diminuição do parâmetro do módulo de elasticidade, a argamassa leve tem maior aptidão de absorver deformações sem que haja desagregação ou aparecimento de fissuras no material (NASCIMENTO, 2021; GUILHERME, 2019).

2.3 Éteres de celulose

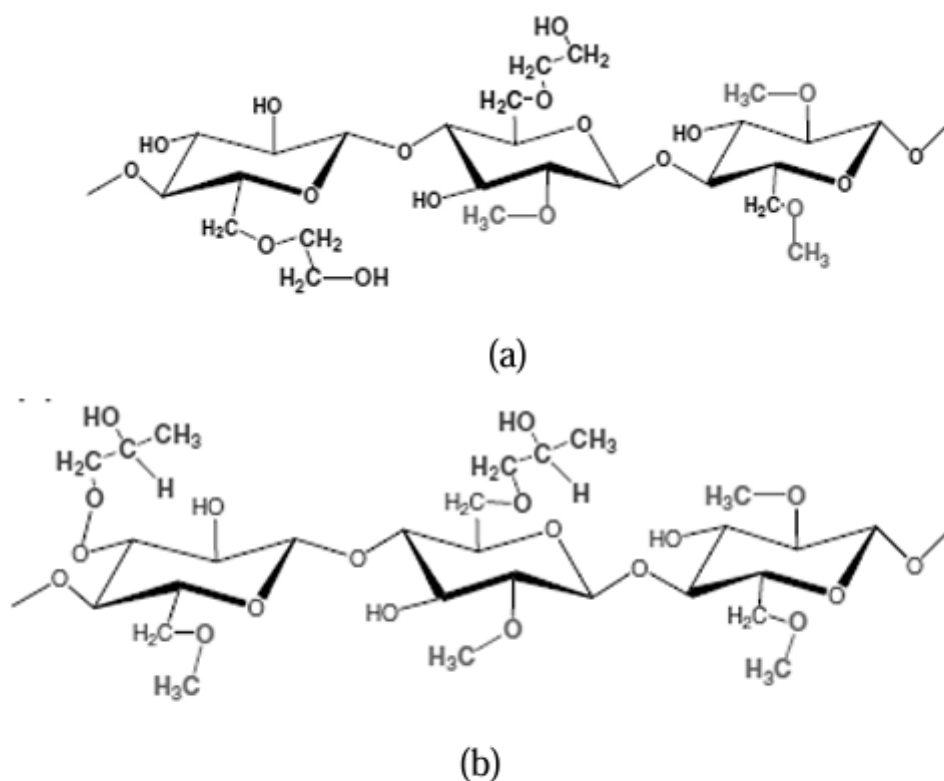
Éteres de celulose são polímeros derivados da celulose que é um polissacarídeo bastante presente na natureza sendo ele o principal constituinte celular das fibras das plantas. Eles resultam da alteração química da celulose. Esse processo inclui a alcalinização da celulose, que quebra as pontes de hidrogênio em sua estrutura, permitindo a adição de grupos laterais nos grupos hidroxila. Por exemplo, a metilcelulose (MC) é produzida ao adicionar grupos metila ($-\text{CH}_3$), muitas vezes usando cloreto de metila como agente de metilação. Outros grupos substituintes, como o óxido de propileno, também podem ser introduzidos para formar éteres de celulose como a hidroxipropilmetilcelulose (HPMC). Essas modificações conferem propriedades específicas aos éteres de celulose, como viscosidade, solubilidade em

água e estabilidade química, sendo amplamente empregados em diversas indústrias, como a farmacêutica, alimentícia, construção civil e cosmética. (DOW CHEMICAL COMPANY, 2016)

Na construção civil, os éteres de celulose são bastante empregados em materiais cimentícios, como por exemplo a argamassa, devido às propriedades de estabilidade, solubilidade, formação de filme e também modificação reológica. Nas argamassas, os éteres de celulose geralmente são utilizados com a intenção de manter o teor de água em níveis altos pelo fato de intensificar um aumento considerável na capacidade de reter água e impedir que a água evapore para o meio depressa por causa do substrato. (GÓIS, 2013).

Os éteres de celulose mais amplamente utilizados em materiais de construção são o hidroxietilmetilcelulose (HEMC) e a hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), cujas estruturas químicas estão representadas na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura dos derivados de celulose HEMC (a) e HPMC (b).



Fonte: (NASCIMENTO, 2021; PATURAL et al. 2012).

Partindo dessa premissa, Clasen e Kulicke (2001) falam que, variando os tipos de substituição do radical OH por grupos aquila, hidroxialquila e carboxialquila é possível

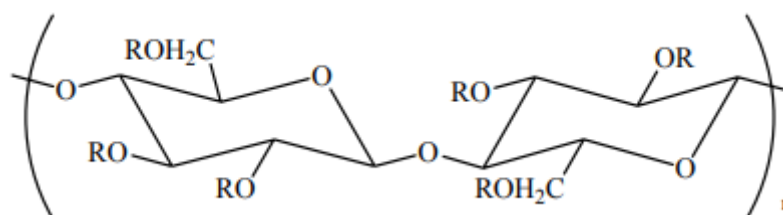
alcançar distintas propriedades na solução aquosa como retenção de água, pseudoplasticidade e formação de filme, para os mais variados tipos de usos como materiais cimentícios, tintas, detergentes, cosméticos, produtos farmacêuticos e alimentícios (NASCIMENTO, 2021; PESCAROLO, 2019).

2.3.1 Hidroxipropilmetilcelulose

A hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) é um polímero derivado da celulose empregando cloreto de metila (CH_3Cl) e óxido de propileno (C_3H_6O) como reagentes. Sua estrutura principal é composta por unidades de anidroglicose (BATISTA, 2023). No processo manufatureiro dos éteres de celulose as fibras de celulose são esquentadas em solução alcalina na presença de óxido de propileno e cloreto de metila, produzindo variações de grupos hidroxila e metila. (SHIMADA, 2017).

A HPMC é o éter de celulose mais abrangentemente utilizado com dosagem típica de 0,1% - 0,6% em relação a massa do cimento, que ocasiona retenção de água maior e hidratação mais lenta. Dessa maneira, propicia ao material modificações e melhorias em suas propriedades adesivas à argamassa. Vale ressaltar também que, além disso, contribui para o aumento da viscosidade do material pelo fato de fixar as moléculas de água em sua estrutura ((ZHANG et al., 2016; ZHANG et al., 2018; SILVA et al., 2020; BATISTA, 2023). A Figura 2 a seguir mostra a estrutura da HPMC.

Figura 2 - Estrutura da hidroxipropilmetilcelulose ($R = -CH_2CH(OH)CH_3$, $-CH_3$ ou $-H$).



Fonte: Zaccaron (2005).

Lopes Júnior (2015) fala que, após a derivatização da celulose para se obter a HPMC, deve-se haver o processo chamado de purificação da substância e em seguida quebrar-se em grumos, cujos passam por tratamento de uniformização que transforma em grânulos ou pó. A Tabela 2 dispõe das propriedades físicas da HPMC.

Tabela 2 - Propriedades físicas da HPMC.

Acidez/alcalinidade	pH 5,5-8,0 para solução 1% (p/p) de solução aquosa
Densidade (bulk)	0,341 g/cm ³
Densidade (tapped)	0,557 g/cm ³
Densidade (true)	1,326 g/cm ³
Densidade específica	1,26 g/cm ³
Umidade	Hidroxipropilmetilcelulose absorve umidade da atmosfera sendo que a quantidade absorvida depende do conteúdo de umidade inicial, temperatura e umidade relativa da atmosfera.

Fonte: Lopes Júnior (2015).

2.4 Agregados leves

Na construção civil, os agregados desempenham uma importância enorme principalmente no que tange a fabricação de argamassas e concretos, justamente por serem responsáveis por diversas propriedades mecânicas e físicas desses materiais. Em particular, os agregados leves ganham destaque por possuírem características específicas referentes à sua capacidade de oferecerem soluções técnicas e econômicas em diferentes aplicações. Sendo assim, os agregados podem ser classificados quanto a sua origem (Tabela 3), dimensão e massa unitária (OLIVEIRA, 2015).

Tabela 3 - Classificação do agregado quanto à origem.

	Origem
Naturais	Já são encontrados na natureza sob a forma definitiva de utilização
Artificiais	Necessitam de modificação para chegar à condição de uso
Industrializados	têm sua composição particulada obtida por processos industriais. A matéria prima pode ser rocha, escória de alto forno e argila.

Fonte: (Adaptado de OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Barroca *et al* (2015) diz que os agregados leves utilizados na fabricação de argamassas de baixa condutibilidade térmica podem ser provenientes da reciclagem ou produzidos industrialmente. A granulometria e o volume desses agregados têm um papel crucial nas propriedades da microestrutura morfológica da argamassa, como a dimensão, a quantidade e a

forma dos poros, o que faz com que, em argamassas leves, a estrutura porosa seja crucial. A formação de poros é, sobretudo, influenciada pelo excesso de água necessária para o processo de hidratação. Esta quantidade de água é reduzida ao evaporar-se e oferece espaços vazios. Se esses vazios (poros) surgirem na área de ligação entre a pasta do aglomerado e as partículas do agregado, é chamado porosidade de interface. Se os poros forem menores e resultantes do endurecimento do aglomerante, é denominada porosidade de matriz.

2.4.1 Poliestireno expandido (EPS)

O EPS, mais conhecido no Brasil como isopor, é resultado da polimerização do estireno em água, sendo composto por 2% de poliestireno e 98% de ar, dessa forma, os produtos finais do EPS são inertes e reaproveitáveis diversas vezes (OZÓRIO, 2016; ABIQUIM, 2016).

O EPS é utilizado em vários setores, como: industriais, aplicações de consumo e até mesmo na agricultura. Porém, sua maior produção está destinada à construção civil (MULLER; SCHNEIDER, 2018). Nesse sentido, (COZZA, 2016) fala que nos últimos 35 anos o poliestireno expandido conquistou estabilidade por trata-se de um material que apresenta ótimas características isolantes térmicas e acústicas, leveza, por ser econômico, resistência mecânica, absorção a choques, versatilidade e facilidade de manuseio.

Devido às características apresentadas, na construção civil o EPS pode ser aplicado em enchimento de lajes, fôrmas para concreto, painéis autoportantes, argamassas leves e entre outros.

Logo, a aplicação dos resíduos de EPS em argamassas tem potencial de mitigar os impactos ambientais na construção civil, levando em conta que as argamassas incorporam em sua composição um grande volume de agregados. Isso propicia uma atenuação na extração de areia natural com essa finalidade (SPINI, 2021).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os materiais empregados e os procedimentos realizados no desenvolvimento da pesquisa.

3.1 Materiais

No programa experimental do presente trabalho foram utilizados os seguintes materiais: cimento, areia, água, hidroxipropilmetilcelulose e poliestireno expandido.

3.1.1 Cimento

O cimento utilizado na pesquisa foi o Cimento Portland 50 KG CP III-RS-40 de uso geral do fabricante Mizu. O material foi mantido em local seco, fechado e coberto para que fossem preservadas as suas propriedades.

3.1.2 Areia

O agregado comumente utilizado foi a areia média natural lavada para a produção das argamassas, a areia foi seca em estufa à 100 °C e resfriada à temperatura ambiente.

3.1.3 HPMC

Foi utilizado uma porcentagem de 0,2% do aditivo retentor de água à base de celulose – hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) – distribuído pela empresa Global Trend Industria e Comercio Exterior Ltda.

3.1.4 EPS

Foi utilizado pó de EPS substituindo parcialmente o agregado natural na produção das argamassas.

3.1.5 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

Os processos sucedidos na presente pesquisa seguiram as seguintes etapas: produção das argamassas, propriedades das argamassas no estado fresco e propriedades das argamassas no estado endurecido.

A Tabela 3 demonstra os ensaios laboratoriais realizados divididos por etapas das fases experimentais da pesquisa.

Tabela 4 - Ensaios realizados e normas equivalentes.

Etapa 1 - produção das argamassas	
Preparo da mistura	NBR 16541 (ABNT,2016)
Etapa 2 - propriedades da argamassa no estado fresco	
Índice de consistência	NBR 13276 (ABNT,2016)
Etapa 3 - Propriedades das argamassas no estado endurecido	
Densidade aparente	NBR 13280 (ABNT,2005)
Perda de água por evaporação	Pereira (2007)
Índice de vazios	NBR 16843 (ABNT,2020)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

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

3.2.1 Propriedades das argamassas no estado fresco

3.2.1.1 Preparo da mistura

Para a produção das argamassas foi adotado o traço de 1:3 (cimento: areia) em volume. A proporção de adição da HPMC foi de 0,2% em relação à massa do cimento. Como também foi adicionado pó de EPS nas proporções de 0%, 15%, 30% e 45%, tendo como parâmetro uma argamassa de referência, sem adição de HPMC e EPS com o intuito de verificar a influência do aditivo e da substituição parcial do agregado natural nas propriedades mecânicas das argamassas produzidas.

A Tabela 5 apresenta os traços estabelecidos para a produção das argamassas.

Tabela 5 - Composição das argamassas.

Argamassa	EPS	Traço em volume
HR	0%	1:4,05:0,0
HR15	15%	1:3,7:0,017
HR30	30%	1:2,83:0,034
HR45	45%	1:2,23:0,051

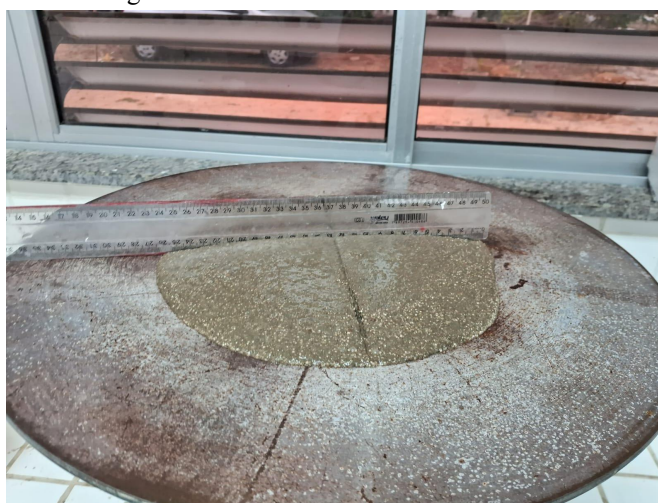
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O processo de produção iniciou-se utilizando um misturador mecânico para o preparo da mistura. Foi misturado, inicialmente, os materiais secos (cimento, areia e aditivo - 0,2% de HPMC em relação a massa do cimento) e adicionando a água gradativamente com o misturador ligado. As argamassas produzidas para todos os ensaios da pesquisa seguiram o procedimento supracitado.

3.2.1.2 Índice de consistência

Depois de estabelecer os traços da pesquisa foi possível determinar a quantidade de água para um espalhamento médio de 260 ± 5 mm, de acordo com o estabelecido pela NBR 13276 (ABNT, 2016), Figura 3.

Figura 3 - Ensaio de índice de consistência.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

3.2.2 Propriedades das argamassas no estado endurecido

3.2.2.1 Densidade aparente

Para a realização do ensaio no estado endurecido foi feita aos 28 dias de acordo com a NBR 13280 (ABNT, 2005), determinando a massa e o volume dos corpos de prova, relacionando estas grandezas.

3.2.2.2 Perda de água por evaporação

Este ensaio foi realizado baseado nos trabalhos de Pereira (2007) e Batista (2023), e seu procedimento consiste na pesagem das argamassas em tempos variados: 0 minutos, 1 dia, 3 dias, 7 dias, 14 dias, 21 dias e 28 dias para determinar a quantidade de água perdida por evaporação do material (Figura 4).

Figura 4 - Ensaio de perda de água por evaporação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para a determinação da perda de água foi utilizado o cálculo da Equação 1 a seguir.

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

Equação 1.

Onde,

Conjunto = massa do conjunto no tempo (g);

Mforma = medida de massa da forma (g);

Argamassa = medida da massa inicial da argamassa (g)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados e comentados os resultados obtidos a partir dos ensaios realizados.

4.1 Produção das argamassas

A Tabela 6 abaixo apresenta o consumo de materiais utilizados na produção das argamassas do presente estudo.

Tabela 6 - Consumo de materiais.

Consumo (g)					
	Cimento	Arcia	HPMC	EPS	Água
0%	396	1604	0,792	0	350
15%	456	1536	0,912	8	385
30%	517	1465	1,034	18	450
45%	609	1360	1,218	31	520

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De acordo com a Tabela 6 pode-se verificar que o consumo do cimento aumentou com a incorporação do aditivo. Levando em consideração o traço de referência 0% para o de 45% que possui adição de HPMC (maior quantidade de aditivo) foi visto que houve um aumento de 53,78% no consumo de cimento.

Quanto ao consumo de areia, percebeu-se que foi reduzida devido a substituição parcial do agregado natural pelo pó de EPS, como também pela adição do aditivo. O seu consumo reduziu 15,21%.

Em relação a água, seu consumo aumentou por causa da adição do HPMC e do EPS na produção das argamassas, neste panorama, o consumo com relação ao traço de referência 0% até o traço de 45% aumentou 48,57%.

Dessa forma, o ensaio de índice de consistência permitiu verificar que para preservar o mesmo espalhamento a relação cimento/água cresceu conforme aumentou a quantidade de HPMC na mistura.

4.2 Relação água/cimento x Índice de vazios

A Tabela 7 evidencia os dados referentes água/cimento e índice de vazios das argamassas analisadas. É notório que, na medida em que se adiciona a proporção de HPMC

na mistura e substitui parcialmente a areia natural pelo pó de EPS, a relação água/cimento tem uma variação baixa. Isso ocorre pelo fato de que a HPMC ser um aditivo a base de éter de celulose que apresenta grande capacidade de reter água, de acordo com Oliveira *et al.* (2013). Todavia, Motta (2019) diz que quando o agregado natural é substituído por EPS, a natureza hidrofóbica deste aumenta a disponibilidade de água na matriz e resulta em uma argamassa que tende a ter maior fluidez.

Tabela 7 - Relação água/cimento x Índice de Vazios.

% hidroxipropilmetilcelulose	Relação água/cimento		EPS	Índice de vazios	
	Com HPMC	Sem HPMC		Com HPMC	Sem HPMC
0%	0,884	0,884	0	25,18	27,48
15%	0,844	0,855	8	26,44	25,03
30%	0,870	0,851	18	27,78	25,47
45%	0,854	0,805	31	28,39	26,24

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Logo, o comparativo das argamassas que possuem aditivo e as que não possuem demonstram que as argamassas que possuem o HPMC consomem mais água mesmo com substituição parcial da areia pelo pó de EPS. Dessa maneira, para manter o espalhamento padrão (260 ± 5 mm) foi necessário aumentar a quantidade de água na mistura, tendo em vista que o HPMC é responsável pela modificação da viscosidade do material (BATISTA, 2023; SCHLANGEN *et al.*, 2019).

O índice de vazios das argamassas é diretamente proporcional à relação água/cimento, pois quanto maior for essa relação, maior também será a quantidade de vazios no material. Todavia, foi observado que o índice de vazios em comparação com o traço de referência 0% (Cm aditivo) variou de acordo com as adições do EPS na composição, viu-se também que o material que não possui EPS têm uma quantidade de vazios maior, sendo assim, o traço de 0% tendo o maior número de vazios onde a água passa a ocupar o lugar do material.

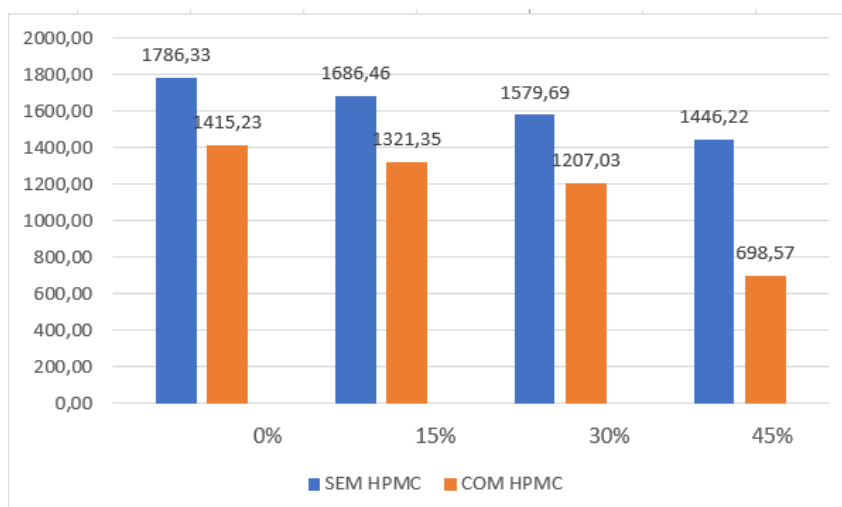
De acordo com Boita *et al.* (2019) quanto maior a adição de EPS, menos água é necessária para que se alcance a consistência semelhante ao traço de referência. Contudo, com a adição do HPMC a necessidade de ir aumentando as dosagens de água se deu por conta do aditivo.

É possível notar também que no material que não possui aditivo, o índice de vazios vai aumentando conforme aumenta a quantidade de EPS na sua composição.

4.3 Densidade aparente no estado endurecido

A Figura 5 demonstra os valores da densidade das argamassas no estado endurecido com e sem aditivo, como também com pó de EPS. É observado que à medida que se adiciona a HPMC e substitui parcialmente a areia pelo EPS a densidade diminui em função de sua natureza leve. No que está sem aditivo, percebeu-se que a redução foi de 19,04% com relação ao traço de referência 0%, enquanto o que possui aditivo reduziu 50,64%.

Figura 5 - Densidade aparente no estado endurecido com e sem aditivo.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

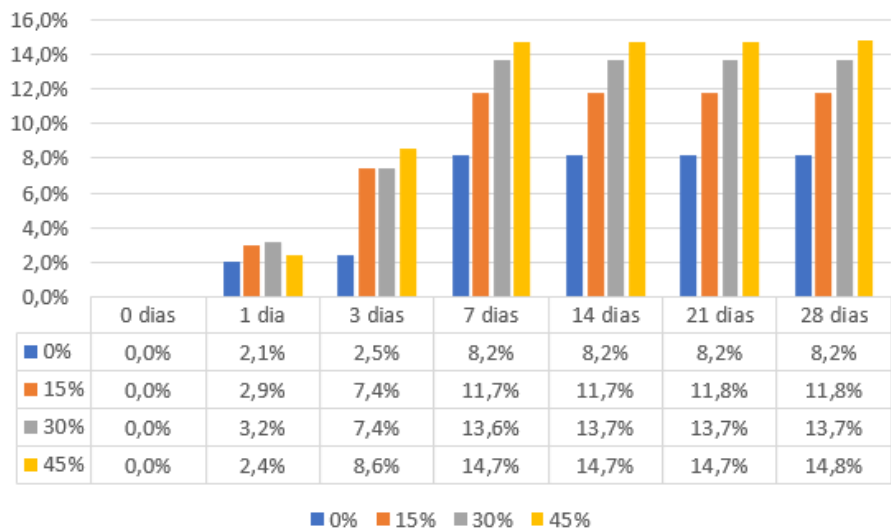
Ao se fazer o comparativo dos conjuntos com e sem aditivo é possível verificar que as argamassas com aditivo possuem densidades menores do que as densidades sem HPMC. Isso acontece devido ao fato de haver um aumento da quantidade de água na mistura com o intuito de manter a mesma consistência e parte dessa água, que não está combinada quimicamente ao cimento, após evaporar, resulta em uma elevação da estrutura porosa das argamassas, tornando-as mais leves, corroborado pelos trabalhos de Paiva et al. (2009), Pourchez et al. (2010), Vysvaril; Bayer (2019) e Nascimento (2021).

4.4 Perda de água por evaporação

A perda de água por evaporação com e sem HPMC mensuradas até 28 dias encontram-se demonstradas nas Figura 6 e 7, para cada proporção HPMC incorporada nas argamassas com e sem. Nos dois casos foi visto que até o tempo de 24 horas não há muita

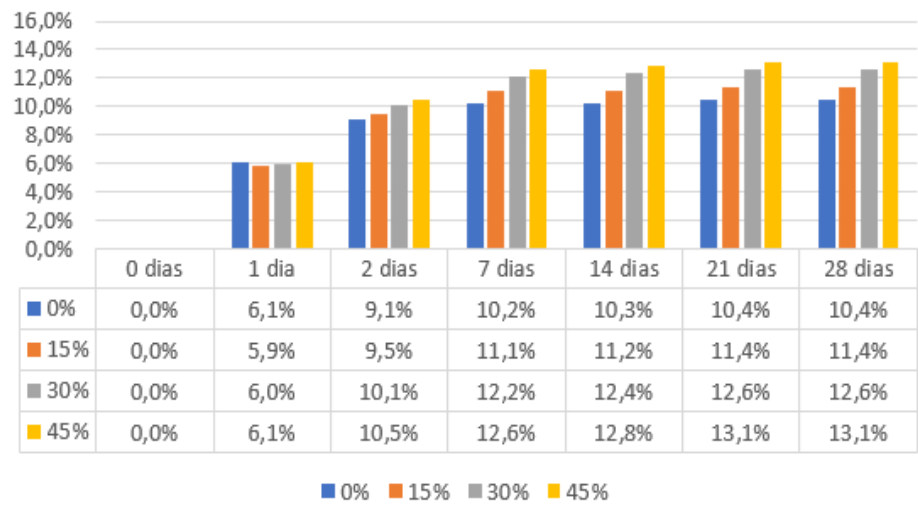
distinção nos valores de perda de água entre as composições das argamassas, somente no terceiro dia que é possível perceber o distanciamento dos valores iniciais com o passar do tempo, até atingir a maior diferença aos 28 dias. De acordo com Nascimento (2021) a diferença na perda de água entre uma composição e outra, a partir do terceiro dia, ocorre porque, nos dias iniciais, a água presente na mistura está sendo utilizada nos processos de hidratação do cimento, e, portanto, não há perda de água significativa, nem diferenciação entre as composições. A partir do 7 dia adiante é possível reparar que a perda de água vai ficando estabilizada.

Figura 6 - Perda de água por evaporação (com HPMC).



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 7 - Perda de água por evaporação (sem HPMC).



Fonte - Elaborado pelo autor (2024).

Batista (2023) fala que a perda de água provocada pela HPMC é gradativa, pois ocorre à medida que surgem os vazios proporcionados pela incorporação do aditivo, tornando-se maiores entre 7 e 14 dias. Isso se dá porque há maior inserção de água quando se utiliza esse tipo de aditivo, o que faz com que o material perca mais água, consequentemente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo deste estudo foi avaliar a influência da HPMC nas propriedades da argamassa no estado fresco e endurecido com substituição parcial da areia natural pelo pó de EPS. Em face do que foi observado, pode-se concluir que:

- De acordo com os dados obtidos na pesquisa foi possível comprovar que o HPMC altera a viscosidade das argamassas devido a sua capacidade de manter o teor de água em níveis mais altos, reduzindo seu índice de consistência na medida em que aumenta a proporção do aditivo no material. Sendo assim, para se manter o índice de consistência das argamassas do material sem aditivo, aumentava-se a relação água/cimento.
- Observou-se também que, mesmo com a presença do EPS que é um material hidrofóbico e possui baixa absorção de água, isso não implica nas propriedades devido a adição do aditivo retentor de água. Dessa maneira, foi observado que o índice de vazios foi aumentando gradativamente de acordo com a adição da HPMC. Em virtude disso, a maior quantidade de vazios nas argamassas com HPMC e EPS resultou em uma redução da densidade aparente e aumento na perda de água por evaporação, em comparação às argamassas sem o aditivo.
- A densidade do material é afetada pela quantidade de água na mistura, observando o gráfico foi notório que o material que não possuía o HPMC perde menos água do que o material que possui, demonstrando assim que pode ser um material com potencial de ser utilizado como isolante térmico das edificações além de torná-lo mais leve e contribuir para redução do peso próprio nas construções.
- Em termos econômicos, é possível que o valor de sua produção seja reduzido devido ao fato de poder reaproveitar o EPS e por também ser um material de baixo custo quando comparado com a areia natural. Como também é vantajoso devido a sua natureza leve porque é útil em aplicações onde o peso das estruturas é uma preocupação, como em elementos de construção em paredes, lajes e coberturas.

5.1 Sugestões para estudos futuros

Devido ao vasto campo de exploração da temática desta pesquisa, necessita-se de maiores informações para resultados mais concretos, e para se obter esses dados, sugere-se os seguintes ensaios a serem realizados:

- Avaliar as propriedades no estado fresco no que tange: densidade aparente;
- Avaliar as propriedades no estado endurecido no que tange: resistência à tração na flexão, à compressão e à tração por aderência, módulo de elasticidade e absorção de água por imersão e fervura.
- Avaliar o comportamento térmico no que tange: condutividade térmica e isolamento térmico.

6 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 55**: thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA (ABIQUIM). **Comissão setorial do EPS no Brasil**. www.epsbrasil.eco.br, acessado em: 05/03/2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7. ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais - desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

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, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200** - Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

BARROS, I. M. S. **Análise térmica e mecânica de argamassas de revestimento com adição de vermiculita expandida em substituição ao agregado**. 2018. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

BATISTA, Isla Licely Rodrigues. **Influência do teor de hidroxipropilmetilcelulose nas propriedades mecânicas e térmicas de argamassas**. Orientador: Kleber Cavalcanti Cabral.

2023. 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2023.

BOITA, Adenir; BELLEI, Poliana. **análise da substituição parcial do agregado miúdo por poliestireno expandido (eps) na argamassa de assentamento**. Revista Tecnológica / ISSN 2358-9221, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 42 - 55, may 2019. ISSN 2358-9221.

CARASEK, H. Argamassas. Capítulo 26. In: ISAIA, Geraldo (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2 ed. IBRACON, 2010. v.1 & v.2. p. 863-891

CARVALHO, C. H. R.; MOTTA, L. A. C. **Study about concrete with recycled expanded polystyrene**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 12, n. 6, p. 1390–1407, 2019.

CINTRA, C. L. D. et al. **Argamassas de revestimento para alvenaria contendo vermiculita expandida e agregados de borracha reciclada de pneus - Propriedades relevantes**. Cerâmica, v. 60, n. 353, p. 69–76, jan. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0366-69132014000100010>. Acesso em: 08/03/2024.

COZZA, E. **Manual de Utilização EPS na Construção Civil**- Associação Brasileira do Poliestireno Expandido- ABRAPEX, 1ª ed. São Paulo: Pini, 2006. 124 p.

CRESPO, I. M.; RODRIGUES, A. V. F. **Normas Técnicas e Comunicação Científica: Enfoque no Meio Acadêmico**. Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Campinas, v. 9, n. 1, p. 36-55, jul/dez. 2011.

SOARES, Thalita Coppini. **ÉTERES DE CELULOSE UTILIZAÇÃO COMO ESTABILIZANTES DE EMULSÕES**. Dow Chemical Company. Disponível em: https://funcionaisnutraceuticos.com/upload_arquivos/201607/2016070613288001469726792.pdf. Acesso em: 25 fev. 2024.

FONTES, A. É. M. de S.; CABRAL, K. C.; SOUZA, W. R. M. de; MARTINELLI, A. E.; FONTES, K. E. S. **Análise mecânica e térmica de argamassas de revestimento com substituição parcial do agregado por argila expandida**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 299-311, jul./set. 2022.

GÓIS, G. S. **Síntese, aplicação e avaliação do efeito do teor de fósforo da celulose fosfatada em argamassa de alvenaria com aditivo comercial a base de hidroxi-etil-metil celulose (HEMC)**. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Processamento de Materiais a partir do Pó; Polímeros e Compósitos; Processamento de Materiais a part) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

GRUBBA, David **Materiais de construção : para gostar e aprender** / David Grubba. – 3. ed. – São Paulo : Blucher, 2023. 310 p. : il.

GUILHERME, D. D. P. **Estudo do desempenho térmico e mecânico em argamassas de revestimento com substituição do agregado natural pela vermiculita expandida**. 2019. 85f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

LUIZ, A.; PELISSER, F. Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC - como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil **avaliação do desempenho de argamassas com aditivo bactericida**. [s.l: s.n.].

LOPES JÚNIOR, H. M. Emprego de HPMC como excipiente para cápsulas em formulações magistrais. *Revista Técnica do Farmacêutico*, p. 22-23, 2015. Disponível em: http://www.anfarmag.com.br/files/artigo-tecnico/20150122_100643_86107.pdf . Acesso em: 08 abr. 2024.

MARTINS, J. G.; ASSUNÇÃO, J. S. **Materiais de construção: argamassas e rebocos**. 3 ed. Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2010.

MULLER, H. M. B.; STRAUB, K. W.; VERA, A. V. K.; MOURA, C. D. **Telhas de concreto leve com substituição parcial e gradual do agregado miúdo por EPS**. *Revista CONSTRUINDO*, Belo Horizonte. Volume 10, número 02, p. 76 – 103, Jul - Dez., 2018.

NASCIMENTO, Raquel Ferreira do. **Efeito da hidroxipropilmetilcelulose em argamassas leves térmicas à base de vermiculita expandida**. 2021. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

OLIVEIRA, Izelman. **Apostila maco I agregados e aglomerantes**. 2015. 1. ed. Departamento de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiás, 2015.

OZÓRIO, Bianca Pereira Moreira. **Concreto leve com pérolas de EPS: estudo de dosagens e de características mecânicas**. 2016. Tese (Doutorado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2016. doi:10.11606/T.18.2017.tde-07032017-102857. Acesso em: 2024-04-09.

PATURAL, L. et al. **Nuclear magnetic relaxation dispersion investigations of water retention mechanism by cellulose ethers in mortars**. *Cement and Concrete Research*, v. 42, n. 10, p. 1371–1378, out. 2012.

Paula Alexandra Gil Barroca, Miguel Costa Santos Nepomuceno, Luiz Antonio Pereira de Oliveira. **Avaliação do desempenho de argamassas de revestimento com agregados leves artificiais e reciclados**, International Conference on Engineering: Engineering for Society (ICEUBI2015), Covilhã, Portugal, Dec. (2015). ISBN:978-989-654-261-0.

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, 2007.

PESCAROLO, A. **Desempenho de argamassas com fibras de celulose**. 2019. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

POURCHEZ, A. et al. HPMC and HEMC influence on cement hydration. *Cement and Concrete Research* v. 36, p. 288 – 294. 2006.

SCHLANGEN, E. et al. **Effect of viscosity modifier admixture on Portland cement paste hydration and microstructure**. *Construction and Building Materials*, v. 212, p. 818–840, jul. 2019.

SHIMADA, Robson Takeshi. **Estabilidade de emulsões na presença da biomassa da microalga *Arthrospira platensis* e do polímero hidroxipropil metilcelulose**. 2017. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. doi:10.11606/D.46.2017.tde-22082017-101321. Acesso em: 2024-04-01.

SPINI, Gabriel Pandolfi. **Efeito do método de mistura nas propriedades de argamassas com poliestireno expandido**. 2021. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

VYŠVAŘIL, M.; BAYER, P. Cellulose ethers as water-retaining agents in natural hydraulic lime mortars. . In: The 13th international scientific conference “modern building materials, structures and techniques”. Vilnius Gediminas Technical University: 3 dez. 2019.

ZACCARON, Cláudia Menegaz. **Blendas de hidroxipropilmetilcelulose/poli(1-vinilpirrolidona-co-acetato de vinila) ou alginato de sódio: miscibilidade, propriedades mecânicas e estabilidade térmica**. 2005. 96f. Dissertação (Mestrado em Química) - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.