



SARA JAMILLE MARQUES DE SOUZA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO COM ADIÇÃO DE EVA E VERMICULITA EM PROTÓTIPO DE
AMBIENTE RESIDENCIAL**

SARA JAMILLE MARQUES DE SOUZA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO COM ADIÇÃO DE EVA E VERMICULITA EM
PROTÓTIPO DE AMBIENTE RESIDENCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-
Campus Cajazeiras, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Me. Cicero Joelson Vieira Silva
Coorientador: Me. Robson Arruda dos
Santos

Cajazeiras
2020

Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catálogo na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

S729a

Souza, Sara Jamille Marques de

Análise do comportamento térmico em argamassas de revestimento com adição de EVA e vermiculita em protótipo de ambiente residencial / Sara Jamille Marques de Souza; orientador Cicero Joelson Vieira Silva; coorientador Robson Arruda dos Santos.- 2020.

51 f.: il.

Orientador: Cicero Joelson Vieira Silva.

TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2020.

1. Argamassas 2. Espuma vinílica acetinada 3. Conforto Térmico 4. Sustentabilidade I. Título

666.9(0.067)

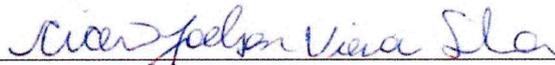
SARA JAMILLE MARQUES DE SOUZA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO COM ADIÇÃO DE EVA E VERMICULITA EM
PROTÓTIPO DE AMBIENTE RESIDENCIAL.**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Coordenação do Curso de
Bacharelado em Engenharia Civil do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 19 de fevereiro de 2020.

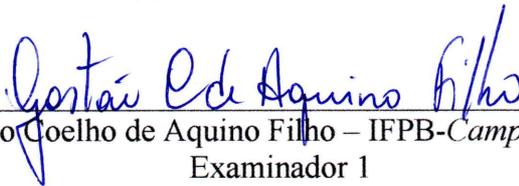
BANCA EXAMINADORA



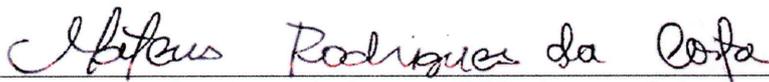
Me. Cícero Joelson Vieira Silva – IFPB-Campus Cajazeiras
Orientador



Me. Robson Arruda dos Santos – IFPB-Campus Cajazeiras
Coorientador



Me. Gastão Coelho de Aquino Filho – IFPB-Campus Cajazeiras
Examinador 1



Esp. Mateus Rodrigues da Costa – IFPB-Campus Cajazeiras
Examinador 2

Ao meu Deus, criador e mantenedor de todas as coisas. “Soli Deo Gloria”. Aos meus pais, pelos incontáveis esforços e a enorme dedicação para que eu conquistasse os meus objetivos, por serem a minha base e inspiração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, “...porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois a Ele eternamente” (Romanos, 11:36). “Soli deo Gloria”.

Aos meus pais, Souza e Ana, pelo amor, incentivo e apoio que sempre demonstraram, principalmente por fazerem o possível e o impossível para que a minha graduação pudesse se concretizar.

À minha irmã, Sonja, pelo companheirismo e por sempre acreditar nos meus sonhos, sem medir esforços para me ajudar a alcançá-los.

À Renan Nogueira, pelo amor incondicional e por me mostrar todos os dias os motivos pelos quais continuo a lutar.

Aos meus avós maternos e paternos (in memoriam), que apesar da pouca escolaridade, sempre me ensinaram, através do exemplo, o valor do trabalho, além de princípios éticos e morais que me norteiam desde a infância.

Aos meus tios e primos pelo suporte e por torcerem pelo meu sucesso e felicidade.

Aos meus amigos irmãos da UMP de Acopiara, que renovam as minhas forças com seu carinho sempre que retorno para casa. Em especial, aos membros do “Cassino”, pelas risadas e figurinhas que alegam os meus dias.

As ANAS de Acopiara, por me colocarem em suas orações como forma de amor e cuidado.

A Airton Danilo, que além de dividir a casa, divide as noites mal dormidas e lutas diárias, mas também as boas conversas e os raros sorrisos dados pelo estudante de Engenharia.

A Larissa, Letícia, Filipe e Matheus, por me oferecerem um lar em Cajazeiras, pelas inúmeras aventuras vividas aos domingos, e por tornarem os meus dias longe de casa mais leves.

Ao meu amigo e companheiro de pesquisa, Francisco Ygor, pelas conversas e conhecimentos trocados ao longo desses anos de graduação.

Aos meus colegas de curso, em especial, Felipe, Rafinha, Salomão e Ranyelson por ajudarem na minha formação, serei uma Engenheira melhor por causa de vocês.

Ao meu orientador, professor Me. Cícero Joelson Vieira Silva pela orientação, dedicação e paciência demonstrados durante o desenvolvimento deste trabalho. Pela força, para que eu não desistisse dos meus objetivos, por acreditar em mim e no meu potencial.

Ao meu coorientador, professor Me. Robson Arruda dos Santos por todo auxílio e orientação no decorrer dessa pesquisa.

Aos professores, técnicos e demais funcionários do Instituto Federal da Paraíba, IFPB, *Campus* Cajazeiras, pela cooperação no desenvolvimento desse trabalho.

À banca examinadora pelas contribuições ao trabalho apresentado.

À Universidade Federal do Cariri, *Campus* Juazeiro do Norte, e Faculdade Santa Maria pela disponibilidade e préstimos, que possibilitaram a realização dessa pesquisa de maneira mais completa.

Ao Instituto Federal da Paraíba, IFPB, *Campus* Cajazeiras, por viabilizar, não somente esta, mas inúmeras outras pesquisas.

RESUMO

A adição de materiais não convencionais em argamassas de revestimento e assentamento é uma linha de pesquisa relevante que possibilita uma alternativa sustentável e econômica ao mercado. Assim, este trabalho buscou fazer um estudo comparativo entre dois protótipos que simulam as condições reais de um ambiente domiciliar, visando avaliar o desempenho térmico de argamassas acrescidas de EVA e vermiculita na proporção de 1,25%, em relação a massa de areia, adicionadas ao traço de 1:1:6 (cimento:cal:agregado). Realizaram-se, ensaios para caracterização dos agregados e das argamassas, no estado fresco e endurecido, bem como uma análise do desempenho térmico através do uso de uma câmera termográfica e termômetro digital. Os resultados obtidos demonstram dados satisfatórios em concordância com a NBR 13281. Quanto ao desempenho térmico obteve-se resultados satisfatórios com melhoria em até 74,6%, obtendo-se resultados também em conformidade com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Palavras-Chave: Argamassa; EVA; Vermiculita; Conforto Térmico; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The addition of unconventional materials in lining and laying mortars is a relevant research line that provides a sustainable and economical alternative to the market. Thus, this work sought to make a comparative study between two prototypes that simulate the real conditions of a home environment, aiming to evaluate the thermal performance of mortars added with EVA and vermiculite in a proportion of 1.25%, in relation to the mass of sand, added to the 1: 1: 6 stroke. Tests were carried out to characterize the aggregates and mortars, in the fresh and hardened state, as well as an analysis of the thermal performance through the use of a thermographic camera and digital thermometer. The results obtained demonstrate satisfactory data in accordance with NBR 13281. As for the thermal performance, satisfactory results were obtained with improvement in up to 74.6%, obtaining results also in accordance with NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Keywords: Mortar; EVA; Vermiculite; Thermal comfort; Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro	20
Figura 2 - Localização da cidade de Cajazeiras	21
Figura 3 - Mapa de médias de temperatura anuais	21
Figura 4 - Fluxograma de desenvolvimento dos ensaios laboratoriais	23
Figura 5 - Ensaio de absorção de água por capilaridade	25
Figura 6 - a) Compressão Axial; b) Tração na Flexão	25
Figura 7 - Conjunto utilizado para determinação da retenção de água.....	26
Figura 8 - a) Fachada Oeste; b) Fachada Leste; c) Fachada Sul; d) Fachada Norte.....	27
Figura 9 - a) Câmera Termográfica; b) Termômetro Digital 1; c) Termômetro Digital 2	28
Figura 10 - Resultados da resistência a compressão axial	30
Figura 11 - Classificação quanto a resistência a compressão	31
Figura 12 - Resultados da resistência a tração na flexão	31
Figura 13 - Classificação quanto a Resistência a Tração	32
Figura 14 - Resultados das leituras pelo termômetro digital.....	34
Figura 15 - Resultados das leituras pela câmera termográfica	34
Figura 16 - Fotografia obtida pela câmera termográfica.....	35
Figura 17 -Leitura com termômetro digital	36
Figura 18-Leitura com a câmera termográfica	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido.....	17
Tabela 2: Caracterização dos agregados	23
Tabela 3: Caracterização das Argamassas no estado fresco	29
Tabela 4: Resultados do ensaio de densidade.....	32
Tabela 5: Resultados do ensaio de absorção por capilaridade	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Imagens referentes a parede da coordenada Sul	33
---------------------------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	15
2.1.1 Argamassas Leves.....	15
2.1.2 Argamassa Térmica.....	16
2.1.3 Propriedades.....	17
2.2 RESÍDUO DE EVA PROVENIENTE DE INDÚSTRIA CALÇADISTA	18
2.3 VERMICULITA	18
2.4 COMPORTAMENTO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES.....	19
2.5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
3 MATERIAIS E MÉTODOS	22
3.1 LEVANTAMENTO TEÓRICO E CONCEITUAL	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
3.2 ENSAIOS LABORATORIAIS	22
3.2.1 Caracterização dos Agregados.....	23
3.3 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS.....	26
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	29
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	29
4.2 ANÁLISE TÉRMICA.....	34
5 CONCLUSÃO	38
6 REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE A – PRANCHAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO	43
.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

1 INTRODUÇÃO

O debate sobre eficiência energética no início dos anos 2000, em virtude das crises de fornecimento no setor, deu origem ao questionamento a respeito do uso de energia no país (PASSOS; CARASEK, 2018). O setor residencial, por sua vez, é responsável por uma parcela significativa do consumo energético brasileiro, cerca de 23%, com destaque para os sistemas de condicionamento de ar, responsáveis por 20% dos gastos com eletricidade na média nacional (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2012). Nessa perspectiva, buscar o aperfeiçoamento das propriedades térmicas das vedações se torna uma alternativa interessante para a redução do consumo energético, tendo em vista que as argamassas de revestimento contribuem consideravelmente (30%) para o isolamento térmico do sistema de vedação (CARASEK, 2010).

Logo, o isolamento térmico adequado permite a minimização das trocas térmicas excessivas entre o interior e o exterior de um edifício, em outras palavras, minimiza as perdas de calor no inverno e o sobreaquecimento interior no verão, o que direciona a uma desoneração dos custos associados ao aquecimento e resfriamento (COTA, 2014).

A utilização de argamassas leves, devido a propriedades intrínsecas dos agregados, diminui os parâmetros de condutividade, aumentando, portanto, a resistência térmica da envoltória das edificações (SHOUKRY et al., 2016). A sustentabilidade é outro fator que permeia a eficiência energética, e o emprego de agregados leves não convencionais, como o resíduo de EVA (Etileno Acetato de Vinila) proveniente de indústrias calçadistas, torna-se uma possível solução para duas problemáticas atuais: a necessidade de uma edificação confortável termicamente, de modo que diminua a carência por resfriadores ambientais, e o descarte ineficiente dos rejeitos fabris.

A vermiculita expandida, insumo já bastante utilizado na construção civil, em seu estado natural tem pouca ou nenhuma aplicação prática. Entretanto, após ser esfoliada ela torna-se um material de baixa densidade com propriedades termo-isolantes excepcionais, onde cada floco aprisiona ar em seu interior, se mostrando também como uma excelente opção para fins construtivos (CINTRA, 2013).

Isso posto, a construção civil torna-se um setor bastante promissor para a absorção de novos materiais. Uma vez que, cresce a preocupação a respeito da utilização irrestrita de agregados naturais, além das novas demandas de técnicas especializadas solicitadas atualmente. Como por exemplo, as exigências da norma da Associação Brasileira de Normas

Técnicas NBR 15575-1 (ABNT, 2013), regulamentação responsável por restringir e aplicar parâmetros para o desempenho satisfatório das habitações construídas. Agregados não convencionais podem, então, proporcionar propriedades e atuações superiores aos métodos já utilizados no mercado.

O município de Cajazeiras, que está localizado na região oeste do estado da Paraíba, possui clima quente e seco. Tendo como característica marcante o baixo índice de precipitação, com uma pluviosidade média anual de 957 mm, e uma temperatura média anual variando na faixa de 26°C a 28°C (INMET, 2019). Por conseguinte, se mostra com um perfil climático totalmente alinhado com as perspectivas e carência de melhorias no conforto térmico conferido pelas vedações.

Nessa perspectiva de preocupações de eficiência energética, conforto térmico e responsabilidade ambiental com a utilização de rejeitos industriais e materiais alternativos, este trabalho se propõe a estudar de maneira comparativa, o desempenho térmico das vedações verticais em protótipos pré-dimensionados que simulam as condições climáticas naturais do sertão paraibano, entre a argamassa de revestimento convencional e argamassa com a adição de EVA e vermiculita.

O presente estudo foi dividido em quatro partes. Inicialmente, tem-se uma breve introdução que aborda a motivação do trabalho, a formulação do problema e objetivo. Em seguida, está disposta a revisão de literatura onde foram abordados temas relevantes para o entendimento da pesquisa, bem como a visão de outros autores a respeito do tema. Posteriormente há o desenvolvimento, em que foram descritos os procedimentos metodológicos, assim como os resultados obtidos. Ao final, uma conclusão com as considerações finais acerca do projeto desenvolvido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção, é apresentada a fundamentação teórica necessária para a compreensão do trabalho desenvolvido, sendo abordados os seguintes temas: sistema de revestimento de argamassa, resíduos de EVA provenientes de indústria calçadista, vermiculita, norma de desempenho e propriedades térmicas.

2.1 SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

O sistema de vedação das edificações é composto por alguns elementos (Figura 01), dentre eles, o revestimento de argamassa, que, portanto, deve apresentar propriedades que contribuam para o adequado comportamento da vedação e conseqüentemente, das edificações como um todo (BAIA E SABBATINI, 2008).

A NBR 13529 (ABNT, 2013) define o sistema de revestimento como sendo um conjunto formado pela argamassa de revestimento e acabamento decorativo. Podendo ser entendido como o cobrimento da superfície com as camadas definidas em projeto, onde pode ser utilizado como acabamento final ou base para a aplicação de acabamento decorativo.

De acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005), argamassa é uma mistura homogênea de agregado miúdo(areia), aglomerantes (cal e cimento) e água, podendo conter ou não aditivos, e sua dosagem realizada e produzida in loco (virada em obra) ou usinada.

Segundo Carasek (2007), as principais funções de um revestimento de argamassa são: garantir a proteção da alvenaria e estrutura contra a ação do intemperismo, e integrar o sistema de vedação da edificação, contribuindo para o isolamento térmico e acústico, estanqueidade à água, resistência ao desgaste, abalos superficiais e segurança ao fogo. Baia e Sabbatini (2008), ressalta ainda que não é função do revestimento corrigir imperfeições da base desaprumada ou desalinhada, podendo uma má execução da estrutura comprometer as suas reais funções.

2.1.1 Argamassas Leves

As argamassas leves são aquelas que possuem grãos porosos e leves, ou possuem uma quantidade de ar na sua massa, formando, desse modo, uma estrutura micro alveolar, reduzindo significativamente a sua densidade. Essas características atribuem uma redução na

condutividade térmica e acústica, além de uma melhoria na resistência ao fogo (MARTINS; ASSUNÇÃO, 2010).

A massa específica da argamassa varia de acordo com o teor de ar incorporado e com a massa específica dos materiais constituintes, principalmente a do agregado, destacando-se o uso de vermiculita, perlita e argila expandida (CARASEK, 2010). Ghosh (1983), destaca ainda que argamassa leve é aquela produzida através da adição de materiais geradores de microbolhas, para a obtenção do aumento da quantidade de poros, deixando-a menos densa sem, no entanto, diminuir drasticamente a resistência mecânica em comparação a argamassa convencional.

Uma das classificações para argamassa é quanto a densidade de massa, no qual se classifica em leve, normal ou pesada. Para ser considerada leve, é necessário que no estado fresco a densidade de massa da argamassa seja menor que $1,40 \text{ g/cm}^3$ (CARASEK, 2010). Essa baixa densidade, induzida pelo uso de agregados leves, permite a redução das cargas permanentes da edificação, resulta também em uma maior produtividade no canteiro, pois reduz o esforço de aplicação, devido ao aumento da trabalhabilidade a longo prazo (BEM FRAJ; KISMI; MOUNANGA, 2010).

2.1.2 Argamassa Térmica

As argamassas convencionais não possuem propriedades satisfatórias de isolamento térmico e acústico, fazendo-se necessário pesquisas de investigação de materiais alternativos para as argamassas térmicas de alvenaria (SOUSA, 2010).

Na Alemanha, no final da década de 50, foi utilizado pela primeira vez um sistema de revestimento com isolamento térmico, sendo introduzido em edificações residenciais, apenas uma década depois (MOURA, 2012). Entretanto, a pesquisa e utilização de materiais alternativos que melhorem as propriedades térmicas tem crescido consideravelmente, mesmo com resistências mecânicas ainda inferiores as argamassas tradicionais (SOUSA, 2010).

Lamberts, Dutra e Pereira (2014) apontam a baixa condutividade térmica do ar, presente na estrutura porosa de materiais pouco densos, como cortiça, isopor, lã de vidro, entre outros, como característica favorecedora da capacidade desses materiais em reduzir a transferência de calor de uma superfície mais quente para uma mais fria. Em geral, os materiais cimentícios são de estrutura porosa e sua composição, quantidade de matéria sólida, umidade, distribuição e diminuição dos poros influenciam na condutividade do sistema onde

são empregados (OLIVEIRA, 2009). Oliveira (2009) ressalta ainda que, com um projeto adequado com a seleção certa dos materiais de construção a energia consumida por condicionadores de ar pode ser reduzida. Logo, a caracterização térmica dos materiais que compõem o revestimento tem o potencial de melhorar o desempenho térmico da construção.

2.1.3 Propriedades

O Manual do Revestimento da ABCP (2002) disserta sobre as propriedades das argamassas, mostrando que elas devem ser compatíveis com a forma de aplicação, a natureza do substrato, as condições climáticas do local, assim como o acabamento pretendido. Para que as argamassas cumpram suas funções, precisam apresentar propriedades específicas, tanto no estado fresco quanto no endurecido e a análise destas propriedades e de como sofrem influência, pode ajudar a avaliar o comportamento nas diferentes circunstâncias a que serão submetidas (BAIA; SABBATINI, 2008).

O estado fresco das argamassas trata-se dos períodos entre a sua produção e sua aplicação no substrato. As propriedades pertencentes a esse estado interferem diretamente no resultado final do revestimento, pois uma vez que algum problema seja identificado pode-se alterar a tempo a dosagem da argamassa, por exemplo, evitando-se patologias futuras. Já de acordo com Trevisol (2015), as argamassas no estado endurecido possuem propriedades que podem ser avaliadas diretamente em corpos de prova, bem como através da ligação entre essas e um substrato.

Tabela 1: Propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido

Estado fresco	Estado endurecido
Massa específica	Aderência
Trabalhabilidade	Capacidade de absorver deformações
Retenção de água	Resistência mecânica
Aderência inicial	Resistência ao desgaste
Retração na secagem	Durabilidade

Fonte: BAIA E SABBATINI, pg. 15 (2008) – adaptado.

2.2 RESÍDUO DE EVA PROVENIENTE DE INDÚSTRIA CALÇADISTA

Os resíduos provenientes da fabricação do calçado classificados em perigosos, que compreendem materiais em sua maioria derivados de couro, seja ele sintético ou não, e os classificados em resíduos não inertes, que compreendem os seguintes materiais: EVA, sola PU (poliuretano), borracha, papelão, telas de não/tecido, entre outros (OLIVEIRA, 2009).

O EVA é um polímero bastante utilizado na indústria calçadista, que gera volumes de resíduos exacerbados, onde nem sempre possuem destinação adequada. Mostrando que não há uma efetiva responsabilidade ambiental desse setor, uma vez que não existe uma integração entre todos os componentes da cadeia de fornecedores até a destinação final (OLIVEIRA, 2009). Entretanto, a geração de resíduos é inevitável e a reutilização inviável, por se tratar de um polímero termofixo, ou seja, após a moldagem sob determinada pressão e temperatura, torna-se infusível, insolúvel e não reciclável (ANDRADE, 2010).

Esse material supracitado possui alta porosidade e massa específica baixa, tornando-o um excelente isolante térmico, acústico e elétrico, com bom desempenho mecânico a compressão e tração, e também com baixa susceptibilidade ao ataque de fungos (SILVA et al., 2013). Essas características, portanto, trazem a possibilidade de usos não convencionais dos mesmos, e a construção civil como um dos setores com maior potencial de absorção de novos materiais, tem inspirado pesquisas sobre a utilização do EVA em elementos construtivos, afim de agregar propriedades interessantes para o desempenho das edificações. Testes com argamassas adicionadas de EVA já resultam em condutividade térmica entre 0,60 e 0,65 W/m.K e quando o uso se dá simultaneamente com filler calcáreo a condutividade aumenta para valores acima de 0,7 W/m.K (CORONALDESI et al., 2011; ZUCHETTO et al. 2015).

2.3 VERMICULITA

A vermiculita é um mineral, de ocorrência natural, derivado da alteração de micas que quando submetidos a elevadas temperaturas, aumenta seu volume através da expansão de suas lamelas (REIS, 2002). A NBR 11355 (ABNT, 2015) define-a como um agregado mineral, incombustível, de estrutura triforme, que quando exposto a um choque térmico, expande-se ortogonalmente, passando a ter um aspecto de sanfona.

Diversas jazidas de vermiculita estão espalhadas entre os estados da Bahia, Minas Gérias, Goiás, São Paulo, Paraná, Piauí e Paraíba. Em 2013, o beneficiamento no país foi de

aproximadamente 68.014 toneladas, sendo usada na sua forma expandida na construção civil, agricultura, indústrias químicas, e outros (PAULA, 2014). Essa faceta múltipla de utilização se deve as características agregadas aos produtos e subprodutos, como, por exemplo, incombustibilidade, bio-estabilidade à ação de ácidos, isolamento termoacústico e resistência à deformação (KOKSAL; GENCEL; KAYA, 2015).

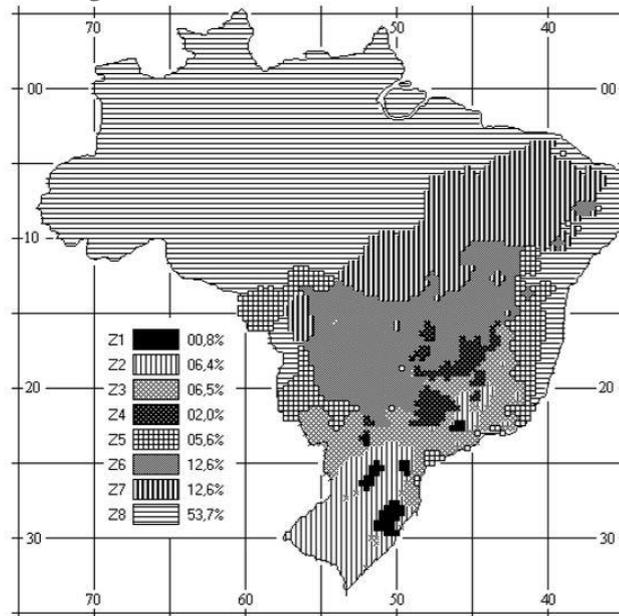
Devido às características de baixa densidade, condutividade térmica, pequena propagação sonora e resistência ao incêndio, a vermiculita expandida é usada na fabricação de argamassa, concreto e tijolos leves, mostrando inúmeras aplicações possíveis dentro da construção civil (REIS, 2002). Tratando-se do uso para argamassas, o segmento industrial propõe, proporções em volume, com granulometrias variando em média, fina e superfina (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2005).

2.4 COMPORTAMENTO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES

Numa edificação a atividade térmica é uma propriedade essencial para a construção civil, segundo CBIC (2013) o desempenho térmico está relacionado ao conforto térmico no ambiente construído, na qual várias características do local e da edificação são preponderantes para que o nível de satisfação seja alcançado.

No geral, a NBR 15575 (ABNT,2013) é um indicador de confiabilidade, onde se estabelece parâmetros de desempenho e durabilidade para cada um dos sistemas que compõe, uma edificação: estrutura, vedações, pisos, instalações e cobertura.

A NBR 15575 (ABNT, 2013), diz que, o desempenho térmico influencia diretamente o conforto das pessoas que utilizarão os ambientes, implicando em condições adequadas ou não para o sono, ou outras atividades rotineiras, favorecendo também para a economia de energia elétrica. A mesma NBR regulamenta alguns critérios a serem atendidos, devendo considerar a região bioclimática definida pela NBR 15220 (ABNT, 2005), por meio do zoneamento ilustrado na Figura 1, que ilustra oito zonas e seus respectivos percentuais em relação à área total do território brasileiro.

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro

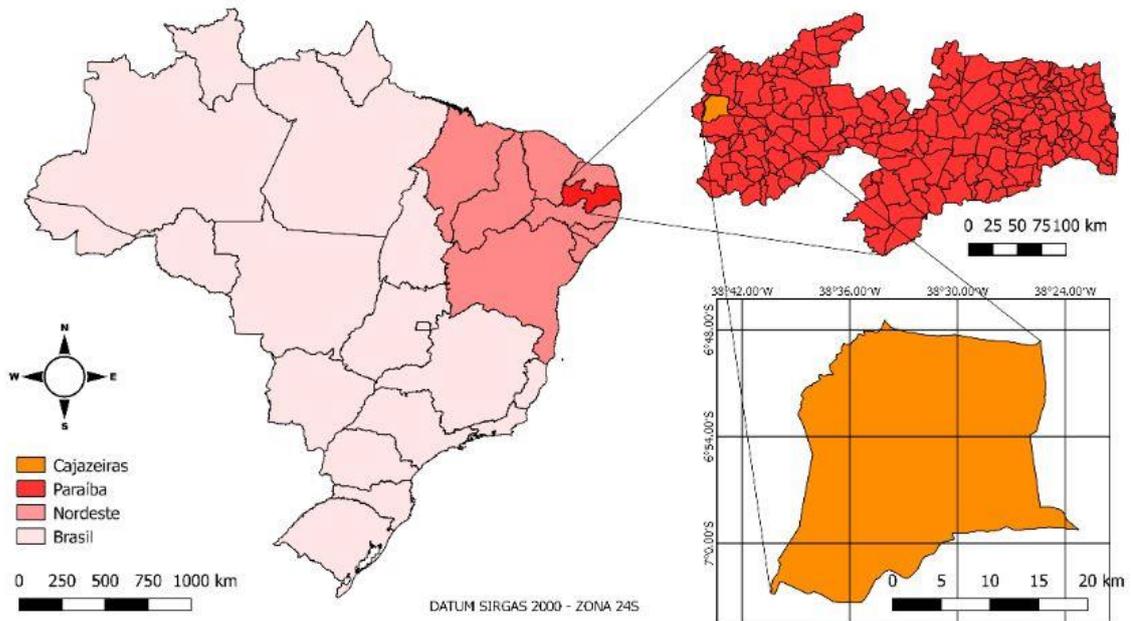
Fonte: ABNT NBR 15220-3 (2003).

A zona de estudo dessa pesquisa é a denominada Z7, que possui um cobrimento de 12,6% do território nacional.

2.5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Cajazeiras é um município brasileiro localizado na Mesorregião do sertão paraibano, conforme o endereço eletrônico da Prefeitura Municipal, situa-se entre as coordenadas geográficas de 6°53'22.98" latitude Sul e 38°33'40.37" de longitude Oeste, limitando ao norte com o município São João do Rio do Peixe, ao sul com São José de Piranhas, a oeste com Cachoeira dos Índios e com Nazarezinho a leste (Figura 2).

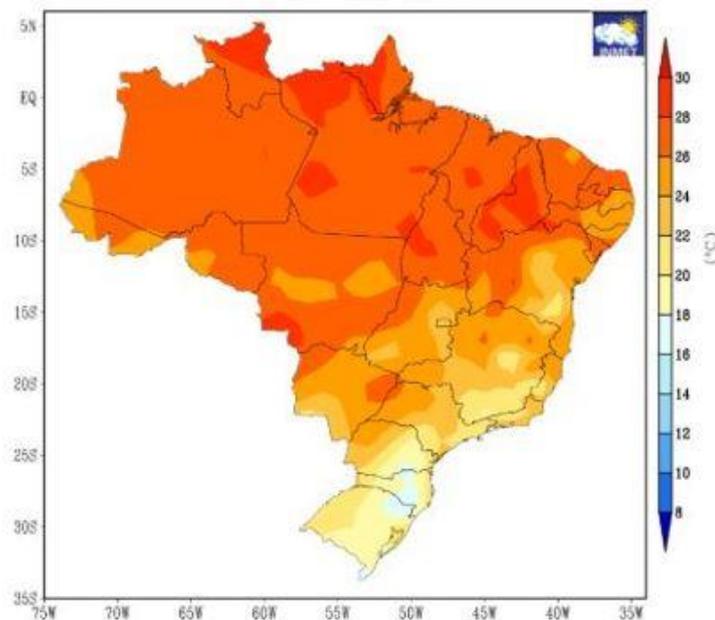
Figura 2 - Localização da cidade de Cajazeiras



Fonte: Autor, 2020.

O clima caracteriza-se como tropical semiúmido (tipo Aw na classificação climática Köppen-Geiger), com temperaturas médias variando entre 26°C e 28°C (INMET, 2019), visualizadas na Figura 4. E precipitação média anual de 927,8 mm, com uma curta estação chuvosa ocorrendo entre o início de janeiro e término em abril, que totaliza 78,9% do total de chuvas anual (AESA, 2019).

Figura 3 - Mapa de médias de temperatura anuais



Fonte: INMET, 2019

3 MATERIAIS E MÉTODOS

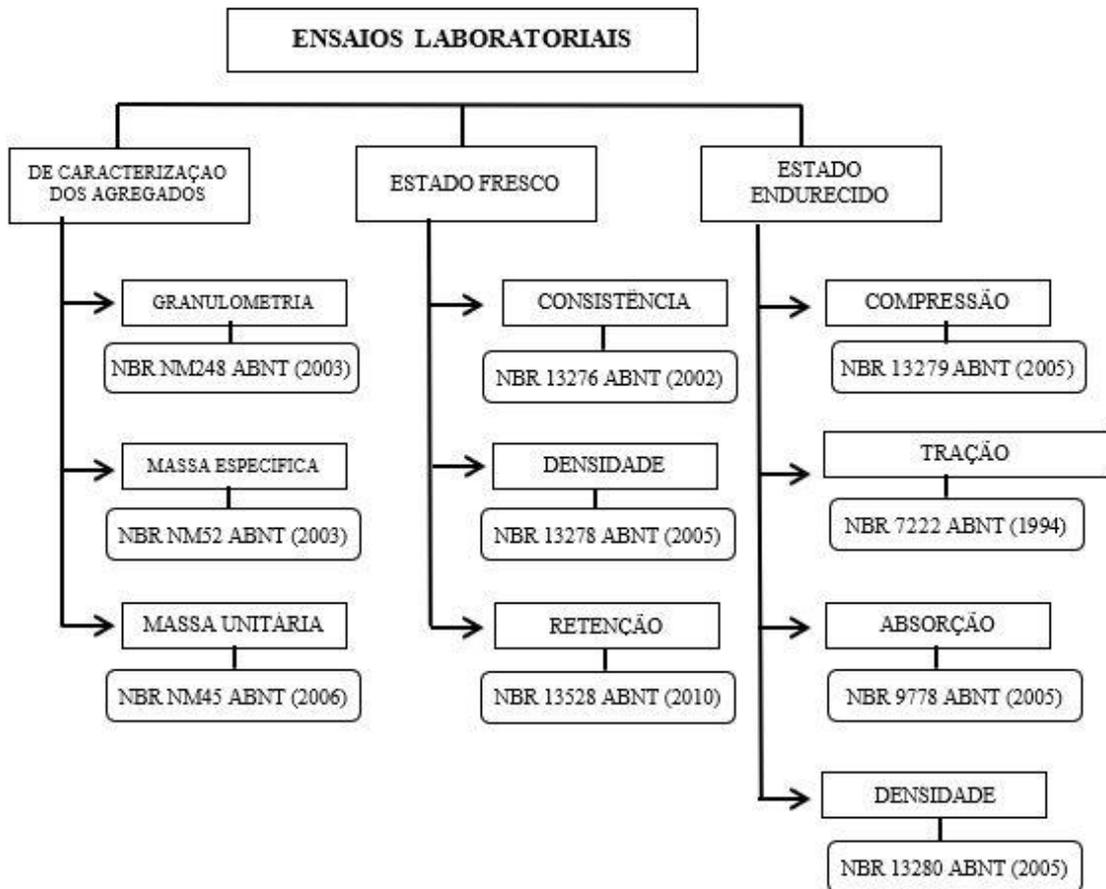
Este estudo é de cunho experimental, com abordagem quantitativa, sendo organizada em diversos procedimentos, que buscam caracterizar as propriedades dos materiais individualmente ou dentro da sua aplicação final, propondo uma relação com a problemática em questão.

O estudo foi realizado nas instalações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus* Cajazeiras, sendo os procedimentos experimentais desenvolvidos nos laboratórios de Geotecnia e de Materiais de Construção, neles foram produzidos todos os corpos de prova, além da análise e caracterização dos agregados, areia e vermiculita adquiridos no comércio local e o resíduo de EVA, fornecido pela indústria IBK Calçados localizada no município de Juazeiro do Norte, Ceará. Os ensaios de resistência mecânica, entretanto, foram realizados nos laboratórios da Área de Construção Civil da Universidade Federal do Cariri, *Campus* Juazeiro do Norte - CE.

A investigação e procedimentos práticos se dividiu em três etapas: ensaios laboratoriais; construção dos protótipos; e análise do comportamento técnico.

3.1 ENSAIOS LABORATORIAIS

Essa etapa se refere às análises empíricas acerca dos agregados utilizados, bem como da argamassa em estado fresco e endurecido, conforme a descrição da Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma de desenvolvimento dos ensaios laboratoriais

Fonte: Autor, 2020.

3.1.1 Caracterização dos Agregados

No que diz respeito à caracterização dos agregados (areia, EVA e vermiculita), realizou-se o ensaio para determinação da sua composição granulométrica de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), como também a sua massa específica e unitária em conformidade à NBR NM52 (ABNT, 2003) e NBR NM45 (ABNT, 2003), respectivamente, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização dos agregados

Ensaio	Resultados		
	Natural	Vermiculita	EVA
Massa específica (g/cm ³)	2,50	0,1	1,25
Massa unitária solta (g/cm ³)	1,54	0,16	0,23
Massa unitária compactada (g/cm ³)	1,60	0,13	0,28
Diâmetro máximo característico (mm)	1,2	4,80	0,60
Módulo de finura	1,3	3,72	1,07

Fonte: Autor, 2020.

Os ensaios seguiram os devidos critérios mínimos de reprodução, bem como de tempo, para validação dos resultados, salientando-se a repetição desses sempre que necessário, afim de se obter resultados coerentes e em conformidade com as normas observadas.

3.2.2 Dosagem e Preparação de Amostras

A dosagem adotada se baseou no trabalho de Carasek (2010), o qual, seguiu-se um traço comumente utilizado no meio construtivo, com uma relação 1:1:6 (cimento, cal e agregado). No que se refere a porcentagem de adição dos agregados leves, a porcentagem foi escolhida após uma análise dos resultados obtidos no estudo de Menezes et al., sendo ela de 1,25% (0,625% de EVA + 0,625% de vermiculita).

Para a determinação da quantidade de água incorporada nas misturas seguiu-se a NBR 13276 (ABNT,2016). Para encontrar uma consistência aceitável para aplicação, optou-se por realizar o ensaio para o traço de referência e para o traço com adição, obtendo-se os fatores a/c(água/cimento) de 1,75 e 1,85, respectivamente.

3.2.3 Índice de Consistência

A NBR 13276 (ABNT, 2016) normatiza o ensaio de consistência das argamassas, para se obter os resultados submete-se a mistura a 30 quedas contínuas na mesa *Flow Table*, em seguida mede-se 3 vezes em posições diferentes, sendo duas delas perpendiculares entre si, o diâmetro formado pelo material. O resultado corresponde a média dos valores encontrados, daqueles que atendem a delimitação imposta pela própria norma, de 260 ± 5 mm.

3.2.4. Absorção de Água

Para o teste de absorção, Figura 5, foi utilizada a NBR 15259 (ABNT, 2005), onde 3 corpos de prova são submetidos a uma lâmina d'água de 5mm, durante os intervalos de 10min e 90 min. Após o período determinado em norma, foram coletadas as massas das amostras para a determinação absorção total. Quanto a obtenção do coeficiente de capilaridade foi utilizada a NBR 13281 (ABNT,2005).

Figura 5 - Ensaio de absorção de água por capilaridade

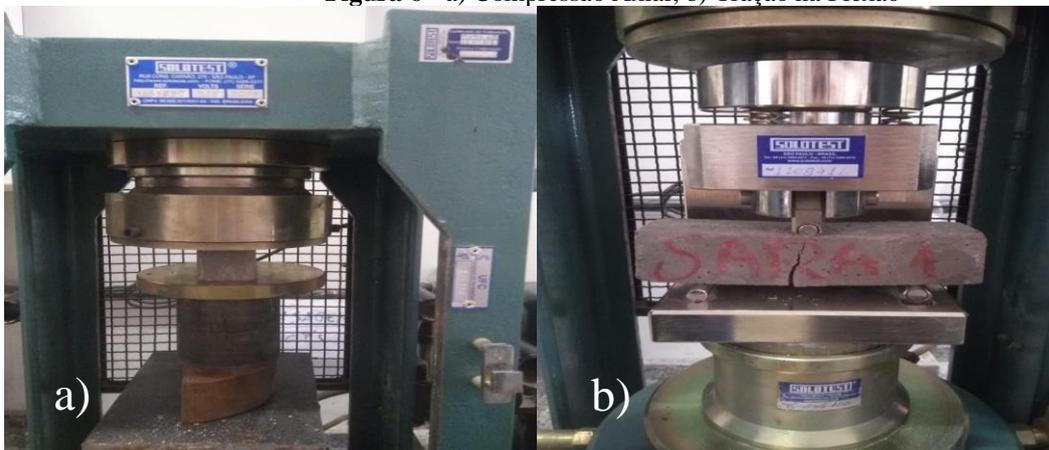


Fonte: Autor, 2020.

3.2.5 Resistência à Compressão Axial e Tração na Flexão

Os ensaios de compressão axial e tração na flexão seguiu as exigências da NBR 13279 (ABNT,2005). Para a realização dos testes foram moldados corpos de prova para as idades de 7, 14, 21 e 28 dias para rompimento, conforme descrito anteriormente e seguindo as quantidades de amostras estabelecidas na normativa observada.

Figura 6 - a) Compressão Axial; b) Tração na Flexão



Fonte: Autor, 2020.

3.2.6 Retenção de Água

A análise foi realizada tomando como referência a NBR 13277 (ABNT, 2005), Figura 7, a amostra preparada foi levada a um funil Buchner modificado contendo um papel filtro umedecido, ambos com massa previamente registrada. Após o preenchimento e adensamento

do conjunto (funil/prato/papel filtro), foi submetida à sucção correspondente a coluna de 51mm de mercúrio por um período de 15 minutos. Com a obtenção das massas exigidas na normativa, encontrou-se a retenção de água.

Figura 7 - Conjunto utilizado para determinação da retenção de água

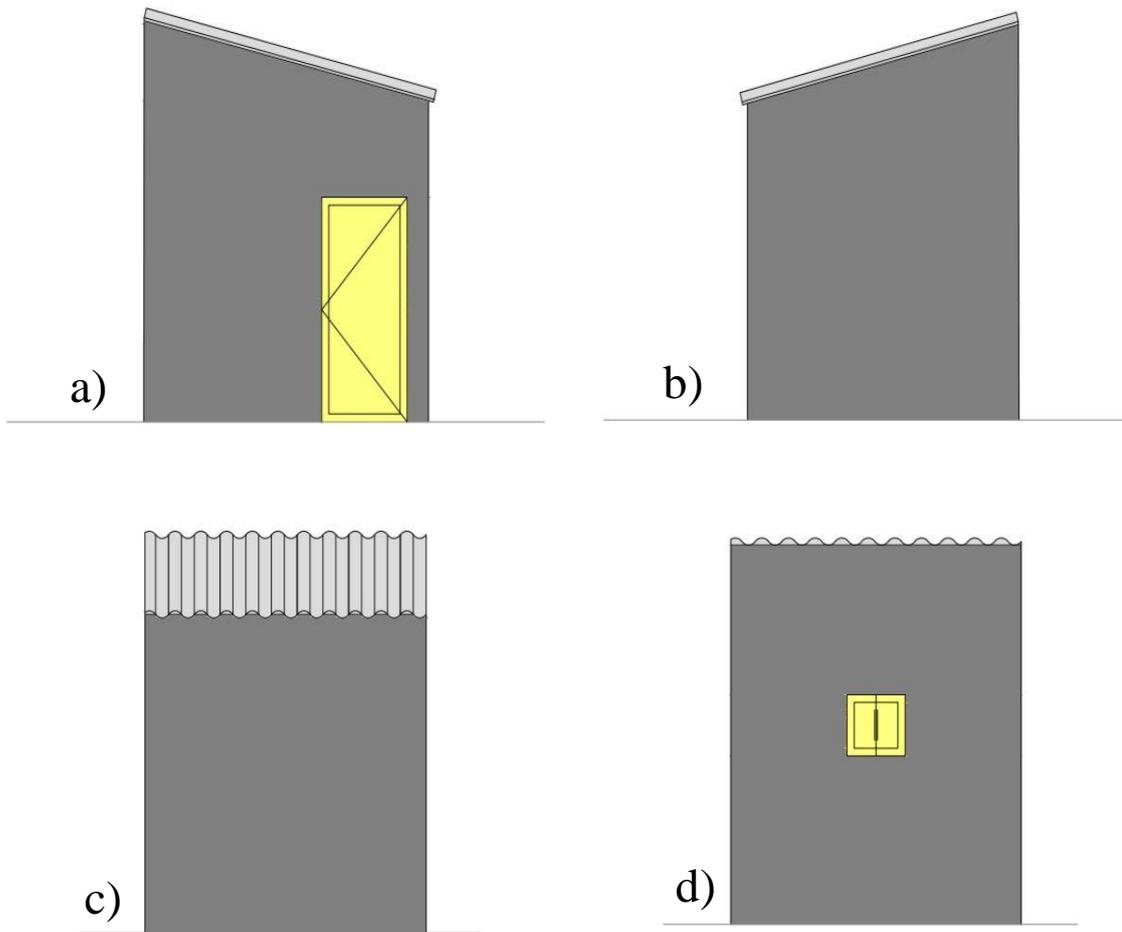


Fonte: Autor, 2020.

3.2 CONSTRUÇÃO DOS PROTÓTIPOS

Para a construção dos modelos serão consideradas as dimensões (2,45 x 2,45) m com um pé direito de 1,8 m, com características de um cômodo residencial para simular as condições reais de um ambiente domiciliar, conforme a Figura 8. Desta forma, serão construídos dois modelos onde o primeiro terá um sistema de vedação vertical compostos por chapisco e reboco, ambos produzidos a partir de argamassa convencional, e o segundo terá um sistema de vedação vertical composto também por chapisco e reboco, contudo este será revestido com argamassa adicionada da mistura de vermiculita e EVA. Os protótipos foram construídos ainda com forro de gesso com espessura de 2 cm, e para a cobertura foi utilizada telha de fibrocimento. As pranchas estão contidas no Apêndice A.

Figura 8 - a) Fachada Oeste; b) Fachada Leste; c) Fachada Sul; d) Fachada Norte



Fonte: Autor, 2020.

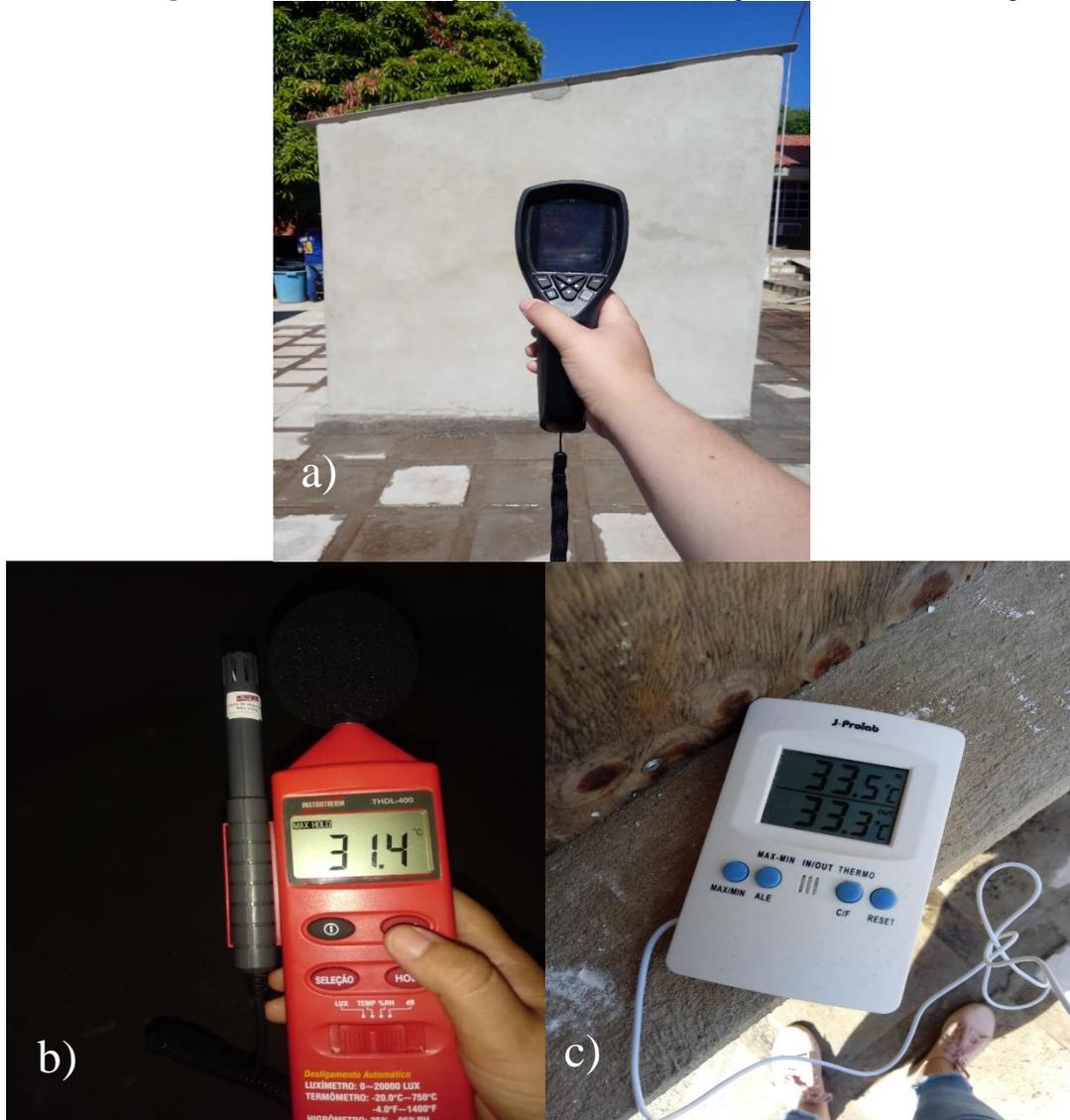
3. 3 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TÉRMICO

Para as leituras térmicas utilizou-se uma câmera termográfica, modelo FLIR i7, com frequência de imagem de 9 Hz, resolução de infravermelho de (120 x 120) pixels e precisão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ para uma temperatura ambiente que varie entre 10°C e 35°C . As leituras foram realizadas em todas as paredes, face interna e externa, afim de se obter a variação de temperatura entre elas. O horário escolhido para as leituras teve como base o estudo de Menezes et al. (2018), sendo este de 9h, durante três dias seguidos. A metodologia para o ensaio também foi a mesma de Menezes et al. (2018), onde a análise se deu de forma comparativa entre a face externa e a interna, de cada parede por meio da câmera termográfica.

A coleta das temperaturas ocorreu a uma distância de 1.5m, de acordo com a incidência dos raios solares no sistema de revestimento. O propósito de realizar as leituras em

2 dias distintos é obter uma representatividade maior nos dados. Para complementar e validar os dados obtidos, foi usado também dois tipos diferentes de termômetro digital.

Figura 9 - a) Câmera Termográfica; b) Termômetro Digital 1; c) Termômetro Digital 2



Fonte: Autor, 2020.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para melhor compreensão e esquematização das considerações acerca dos resultados, essa seção será dividida em duas partes: caracterização das argamassas e análise térmica.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS

A análise da caracterização das argamassas foi feita mediante os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais para o estado fresco e endurecido. Sendo, consistência, densidade e retenção de água, para o estado fresco; e resistência mecânica, absorção e densidade, para o estado endurecido.

4.1.1 Estado Fresco

A partir dos testes experimentais feitos com a argamassa com traço de referência e o traço com adição de EVA e vermiculita chegou-se aos resultados mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Caracterização das Argamassas no estado fresco

Ensaio	Resultados	
	Referência	Com Adição
Consistência (mm)	263,6	260,4
Densidade (g/cm ³)	2,04	1,96
Retenção de água (%)	87,40	90,14

Fonte: Autor, 2020.

Para o ensaio de consistência, como já era esperado, a argamassa com adição apresentou um valor inferior ao da argamassa com traço de referência, assim como nos estudos realizados por Menezes et al. (2018) e Carasek (2010). Isso se deve ao caráter absorvente dos agregados leves utilizados, onde a vermiculita é a principal responsável por esse comportamento, devido as suas propriedades de superfície, com estrutura escamosa e porosa, elevada área superficial específica (UGARTE; SAMPAIO; FRANÇA, 2008).

Quanto ao ensaio de densidade o decréscimo em 2,08%, que já era esperado, visto que o peso específico dos agregados (EVA e vermiculita) utilizados são menores do que o da areia. Analisando a faixa de classificação normal destinada para aplicações convencionais, percebe-se que os valores estão dentro da faixa aceitável de densidade que é entre 1,4 a 2,3

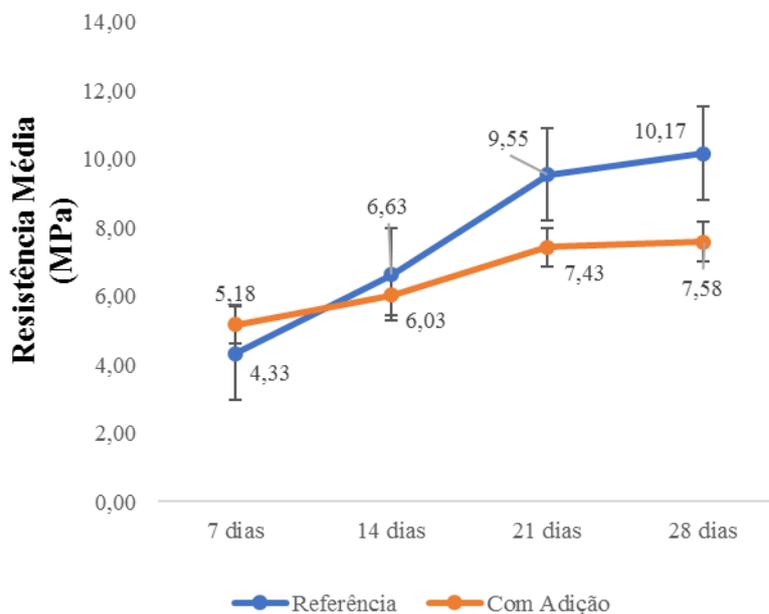
g/cm³ (CARASEK, 2010). E pela NBR 13281 (ABNT, 2005) ambos os traços das argamassas pertencem a classe D5 ($1,8\text{g/cm}^3 \leq d < 2,2\text{g/cm}^3$).

Por fim, na retenção de água espera-se que o traço com adição tenha porcentagem superior ao convencional, pelos motivos citados anteriormente, como por exemplo, alta porosidade e área superficial específica. Segundo Carasek (2007), a retenção de água pode interferir nos processos de acabamento e retração plástica no estado fresco, bem como para o correto endurecimento dos aglomerantes, logo a boa retenção encontrada se mostra um aspecto favorável. Pela NBR 13281 (ABNT, 2005), quanto a retenção ambos os traços pertencem a classe U4 ($86\% \leq Ra < 94\%$).

4.1.2 Estado endurecido

Os resultados de resistência à compressão axial e tração na flexão foram obtidos através da média dos resultados de rompimento de três corpos de prova.

Figura 10 - Resultados da resistência a compressão axial



Fonte: Autor, 2020.

Pela Figura 10 é possível perceber o melhor desempenho do traço de referência em relação ao traço com adição, com exceção para a idade de 7 dias. Essa redução se deve a menor resistências dos agregados leves, que possuem menor peso específico, comprometendo o desempenho mecânico, conforme se pode verificar também nos estudos de alguns autores como Cintra (2013); Passos, Carasek e Amaral (2016) e Menezes et al. (2018). A

classificação das argamassas pela NBR 13281 (ABNT, 2005), com base nos dados obtidos aos 28 dias, é P2 para ambos os traços, como mostra a figura 11.

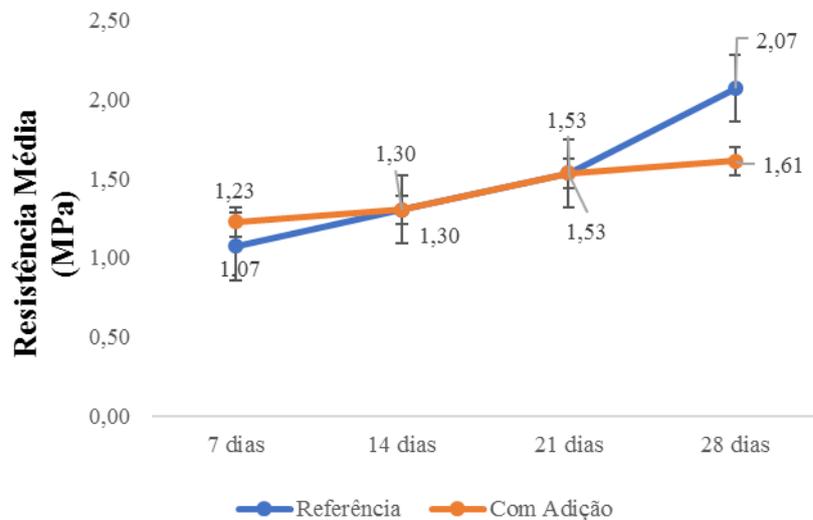
Figura 11 - Classificação quanto a resistência a compressão

Classe	Resistência à compressão (Mpa)
P1	≤2,0
P2	1,5 a 3,0
P3	2,5 a 4,5
P4	4,0 a 6,5
P5	5,5 a 9,0
P6	> 8,0

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005)

Os resultados da tração na flexão podem ser observados através da Figura 12. Onde, analisa-se uma baixa variabilidade dos resultados encontrados entre o traço de referência e o traço com adição de EVA e vermiculita.

Figura 12 - Resultados da resistência a tração na flexão



Fonte: Autor, 2020.

Assim como no ensaio de resistência a compressão axial, o menor desempenho a tração na flexão aos 28 dias, do traço com adição, devido as propriedades dos agregados leves menos resistentes incorporados, que facilitam a propagação de microfissuras pelo material, como comprovam Passos, Carasek e Amaral. A classificação feita com base na NBR 13281 (ABNT, 2005) é R3 para o traço com adição e R4 para o de referência, com base na Figura 13.

Figura 13 - Classificação quanto a Resistência a Tração

Classe	Resistência à tração na flexão (Mpa)
R1	≤1,5
R2	1,0 a 2,0
R3	1,5 a 2,7
R4	2,0 a 3,5
R5	2,7 a 4,5
R6	>3,5

Fonte: NBR 13281 (ABNT, 2005).

O resultado do ensaio de densidade para o estado endurecido está apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados do ensaio de densidade

Ensaio	Resultados	
	Referência	Com Adição
Densidade (g/cm³)	2,04	1,96

Fonte: Autor, 2020.

Assim como no estado fresco, a densidade do traço com adição é o que apresenta menor valor, pelos mesmos motivos já elencados anteriormente.

Os resultados obtidos no ensaio de absorção por capilaridade estão apresentados na Tabela 5, onde é possível verificar uma maior absorção no traço com adição de EVA e vermiculita, tanto para o tempo de 10 min (A10), quanto para 90 min (A90), o que também resulta em um coeficiente de capilaridade (C) maior para o traço com adição. Essa absorção superior em quase 10% do traço com adição é ocasionada principalmente pela porosidade atribuída a argamassa pela presença de seus agregados leves.

Tabela 5: Resultados do ensaio de absorção por capilaridade

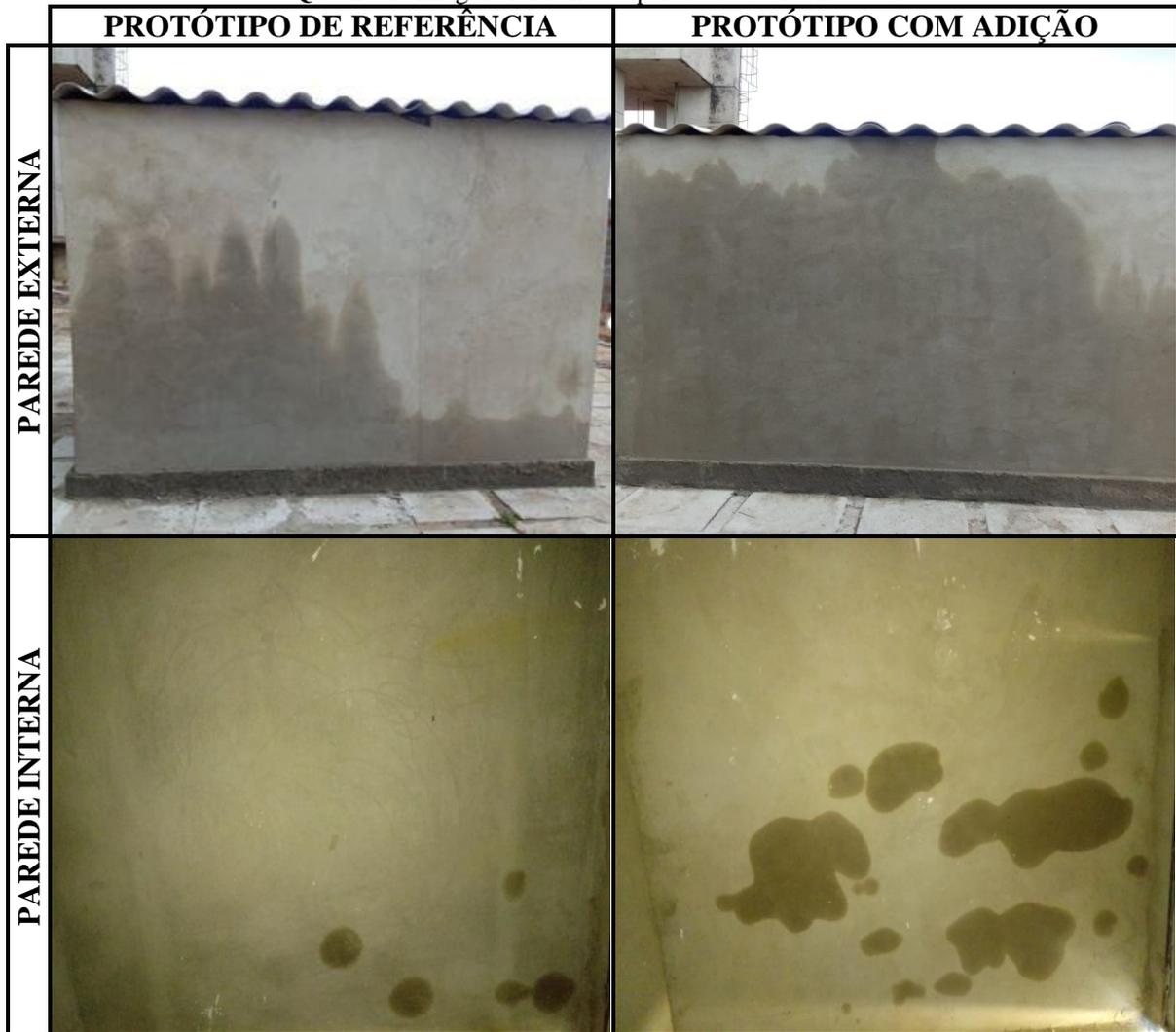
Traço	Resultados		
	A10 (g/cm²)	A90 (g/cm²)	C (g/dm³. min^{1/2})
Referência	0,19	0,75	9,00
Com Adição	0,25	0,88	10,00

Fonte: Autor, 2020.

Com base na NBR 13281 (ABNT,2005), no que se refere a absorção, as argamassas pertencem a classe C5 ($5 \leq C < 12$ g/dm³. min^{1/2}).

A maior absorção da argamassa com adição pôde ser percebida também nos protótipos, quando submetidos a incidência de precipitação, conforme está disposto no Quadro 1. Nele é possível verificar que a parede do protótipo com revestimento alternativo se mostra mais suscetível a infiltrações.

Quadro 1: Imagens referentes a parede da coordenada Sul

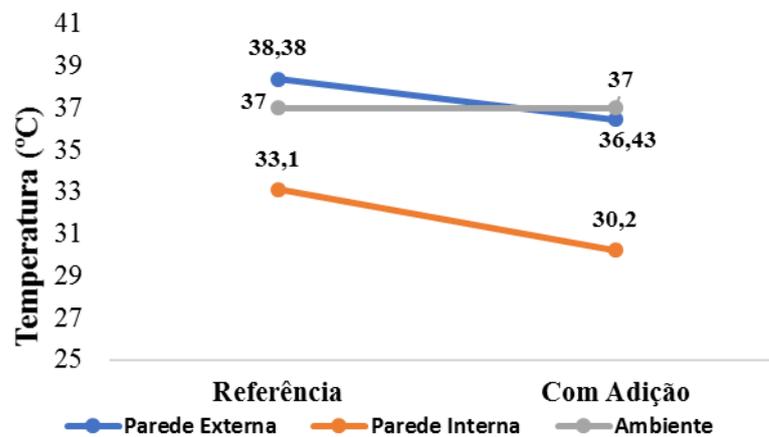


Fonte: Autor, 2020

4.2 ANÁLISE TÉRMICA

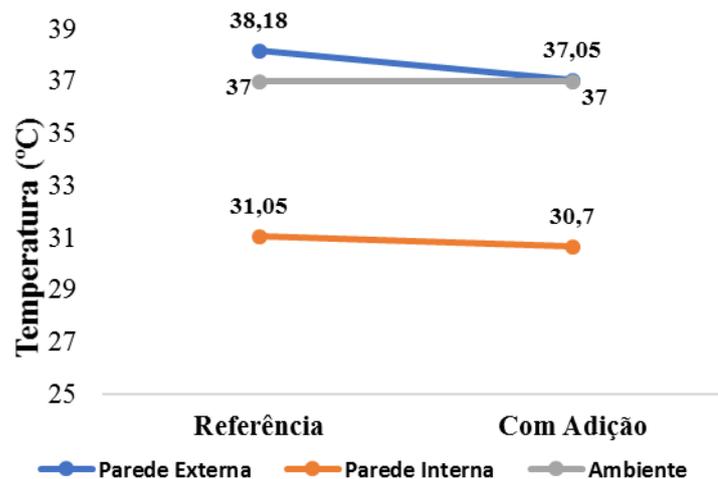
Os resultados para as leituras do Dia 1 de observação utilizando o termômetro digital e câmera termográfica estão dispostos na Figuras 14 e 15, respectivamente.

Figura 14 - Resultados das leituras pelo termômetro digital



Fonte: Autor, 2020.

Figura 15 - Resultados das leituras pela câmera termográfica

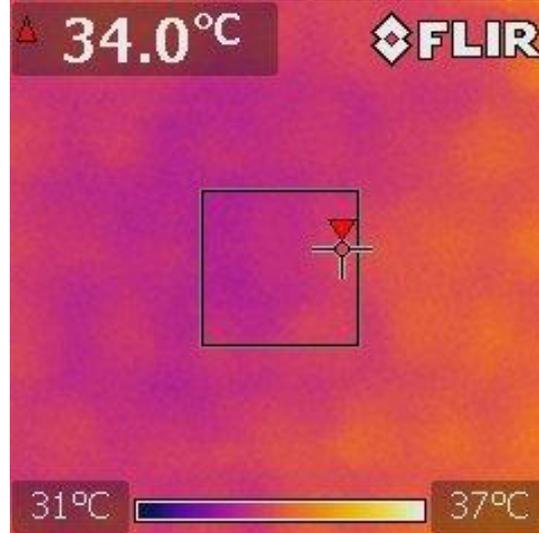


Fonte: Autor, 2020.

Pelas Figuras 14 e 15 é possível perceber que o protótipo com adição tem um comportamento térmico superior ao de referência. Tendo o protótipo com adição uma

diferença de temperatura do interior para o meio externo, por volta de 6°C, utilizando o termômetro digital e 7°C com a câmera termográfica tipos de medição. Enquanto que o de referência, para a leitura utilizando o termômetro digital é de cerca de 4°C e de 6°C com a câmera termográfica. Com o uso do termômetro digital observou-se, portanto, uma melhoria no isolamento em 74,4% e de 6,7 % com a câmera termográfica. Essa diferença tão expressiva entre um método de medição e outro se deve a própria forma de medição de cada equipamento, pois o termômetro digital representa apenas um ponto captado pela sonda do aparelho, enquanto que a câmera termográfica em sua fotografia, capta uma área, retornando a maior temperatura encontrada, conforme pode ser analisado na Figura 16.

Figura 16 - Fotografia obtida pela câmera termográfica

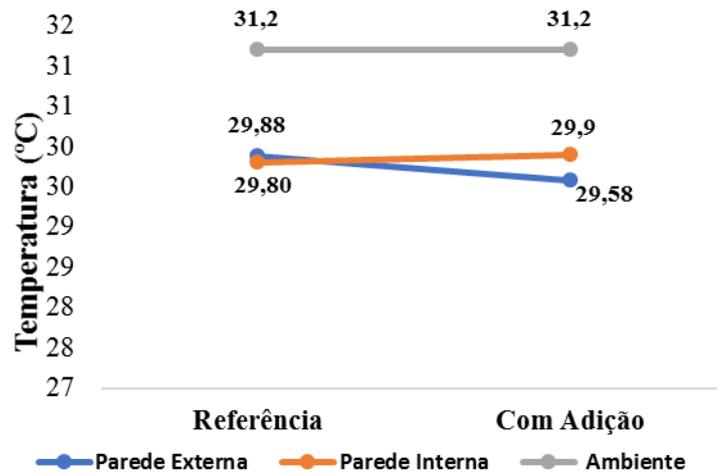


Fonte: Autor, 2020.

Essa melhoria deve-se as propriedades dos agregados incorporados a argamassa, que devido a baixo peso específico, diminui a condutividade térmica do sistema (CINTRA, 2013), como foi possível analisar também no trabalho de Menezes et al. (2018).

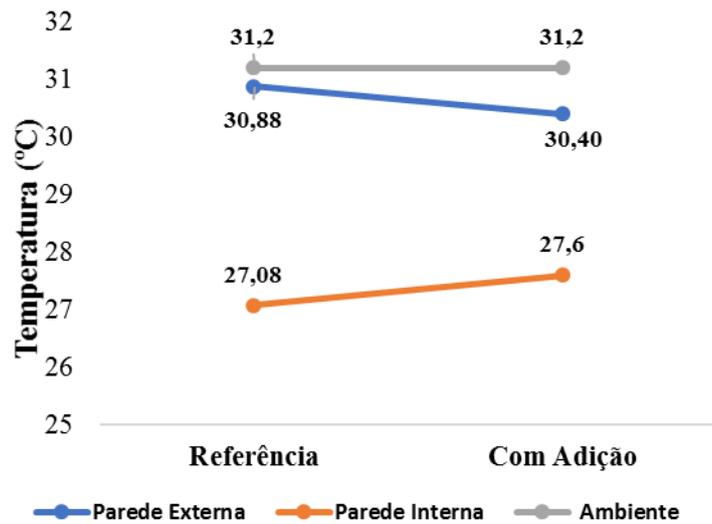
Para o Dia 2 de observação, os protótipos foram submetidos a precipitação intensa, chegando-se aos resultados ilustrados na Figura 17, para a leitura utilizando o termômetro digital, Figura 18, para a leitura com a câmera termográfica.

Figura 17 -Leitura com termômetro digital



Fonte: Autor, 2020.

Figura 18-Leitura com a câmera termográfica



Fonte: Autor, 2020.

Para o segundo dia de estudo o comportamento do protótipo com adição foi inverso ao primeiro dia, chegando-se a temperaturas mais elevadas que o protótipo de referência. O que era esperado, visto que o ambiente estava sujeito a condições climáticas diferentes das do primeiro estudo, a temperatura ambiente no primeiro dia era de 37°C, enquanto que no segundo foi de 31,2°C, ratifica o comportamento isolante das argamassas adicionadas de EVA e vermiculita.

Todavia, os resultados obtidos não representaram grandes variações, apenas 7,6% com o termômetro digital. Isso se explica pela porosidade da argamassa com adição, que ao ser

submetida a água absorve e retêm mais água, como foi discutido anteriormente e está ilustrado no Quadro 1. Vale ressaltar, que existe essa problemática devido os protótipos não estarem devidamente acabados, com uma camada de pintura ou acabamento cerâmico, o que vulnerabiliza as paredes dos protótipos.

O estudo se mostra compatível com os trabalhos de Menezes et al. (2018) e Carasek (2010), onde a adição foi favorável para o isolamento térmico. Bem como com a norma de desempenho 15575-1 (ABNT, 2013), estando assegurada a vedação vertical, para dias quentes e frios.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados nos ensaios de caracterização, tanto para o estado fresco quanto para o estado endurecido e análise térmica, chegou-se as seguintes conclusões:

- Para o estado fresco, a adição dos agregados leves não interfere negativamente para as propriedades pretendidas nesse estado, apresentado, inclusive, desempenho superior nos ensaios de retenção de água e densidade.
- Para o estado endurecido, a absorção de água do traço com adição foi maior do que o de referência, enquanto que para o de densidade foi o contrário. Características essas que se mostraram bastante pertinente para o desempenho térmico dos protótipos, agregando benefícios e malefícios nas diferentes situações criadas.
- Quanto ao comportamento térmico, o protótipo com adição apresentou desempenho superior nos dois dias de estudo.

Portanto, através de ensaios e testes é possível perceber que a utilização de EVA e vermiculita como agregados leves se mostram como um potencial fim de utilização na construção civil. Salientando-se, todavia, estudos mais aprofundados com critérios de desempenho térmico mais acurados.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DE ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. **Dados da Estação de Cajazeiras**. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 10 dez. 2019.

ANDRADE, J. J. O. Propriedade dos Polímeros. In: ISAIA, G. C. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND – ABCP. **Manual de revestimentos de argamassa**. 2002. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/279/anexo/ativosmanu.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11355**: Vermiculita expandida — Análise granulométrica — Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 15259:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. **NBR 15575:** Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 15575-1:** Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

_____. **NBR 7222:** Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

_____. **NBR NM 248.** Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR NM 45:** Agregados: Determinação da massa unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR NM 52:** Agregado miúdo: Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto de execução de revestimentos de argamassas.** 4. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000. 89 p.

BEN FRAJ, A.; KISMI, M.; MOUNANGA, P. **Valorization of coarse rigid polyurethane foam waste in lightweight aggregate concrete.** Construction and Building Materials, 2010.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013.** 2. ed. Brasília: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 311 p.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais.** São Paulo: Arte Interativa, 2007. Cap. 26, p. 863-904.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G.C. (Ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** São Paulo: IBRACON, 2010. p. 892-944.

CINTRA, C. L. D. **Argamassa para revestimento com propriedades termoacústicas, produzida a partir de vermiculita expandida e borracha reciclada de pneus.** 2013. 182f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

CORINALDESI, V., MAZZOLI, A., MORICONI, G. **Mechanical behaviour and thermal conductivity of mortars containing waste rubber particles**. *Materials and Design* 32 (2011) 1646–1650.

COTA, Sandra Maria Azevedo. **Análise energética de um edifício público**. 2014. 133f. Dissertação (Mestrado em Energias Renováveis e Eficiência Energética) - Escola Superior de Tecnologia e de Gestão Instituto Politécnico de Bragança. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/10320>. Acesso em: 20 jan. 2020.

GHOSH, S. N. **Advances in cement technology**. Pergamon Press, 1983.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Normais Climatológicas (1981/2010). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 22 dez. 2019.

KOKSAL, F.; GENÇEL, O.; KAYA, M. Combined effect of silica fume and expanded vermiculite on properties of lightweight mortars at ambient and elevated temperatures. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 88, p.175-187, jul. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.04.021>.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na Arquitetura**. 3. ed – Eletrobras/Procel, 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 2012. 188 p.

MARTINS, J. G.; ASSUNÇÃO, J. **Argamassas e rebocos**. 3 ed. Portugal: Universidade Fernando Pessoa, 2010.

MENEZES, F. Y. M., et al. Adição de EVA e vermiculita em argamassas de revestimento: análise do desempenho térmico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu – PR. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

MOURA, C. B. **Aplicação de isolamento térmico pelo exterior tipo ETICS associado a revestimento cerâmico**. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2012.

OLIVEIRA, M. P. **Materiais compósitos à base de gesso contendo EVA (Etileno Acetato de Vinila) e vermiculita: otimização de misturas e propriedades termomecânicas**. 2009. 216 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

PASSOS, P. M.; CARASEK, H. Argamassas com resíduos para revestimento isolante térmico de parede pré-moldada de concreto. **Cerâmica**, [s.l.], v. 64, n. 372, p.577-588, dez. 2018.

PASSOS, P. M.; CARASEK, H.; AMARAL, G. M. Avaliação da capacidade isolante térmica de revestimentos de argamassa. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

PAULA, R. F. Vermiculita. **Sumário Mineral**, v. 34, p. 122-123, 2014.

REIS, E. **Vermiculita no Brasil – Situação Atual**. Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE): 2002. p.1-19

SHOUKRY, H. et al. Enhanced physical, mechanical and microstructural properties of lightweight vermiculite cement composites modified with nano metakaolin. **Construction And Building Materials**, [s.l.], v. 112, p.276-283, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.02.209>.

SOUSA, A. J. C. **Aplicação de argamassas leves de reboco e assentamento em alvenarias**. 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010.

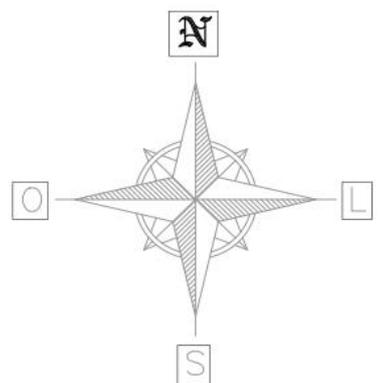
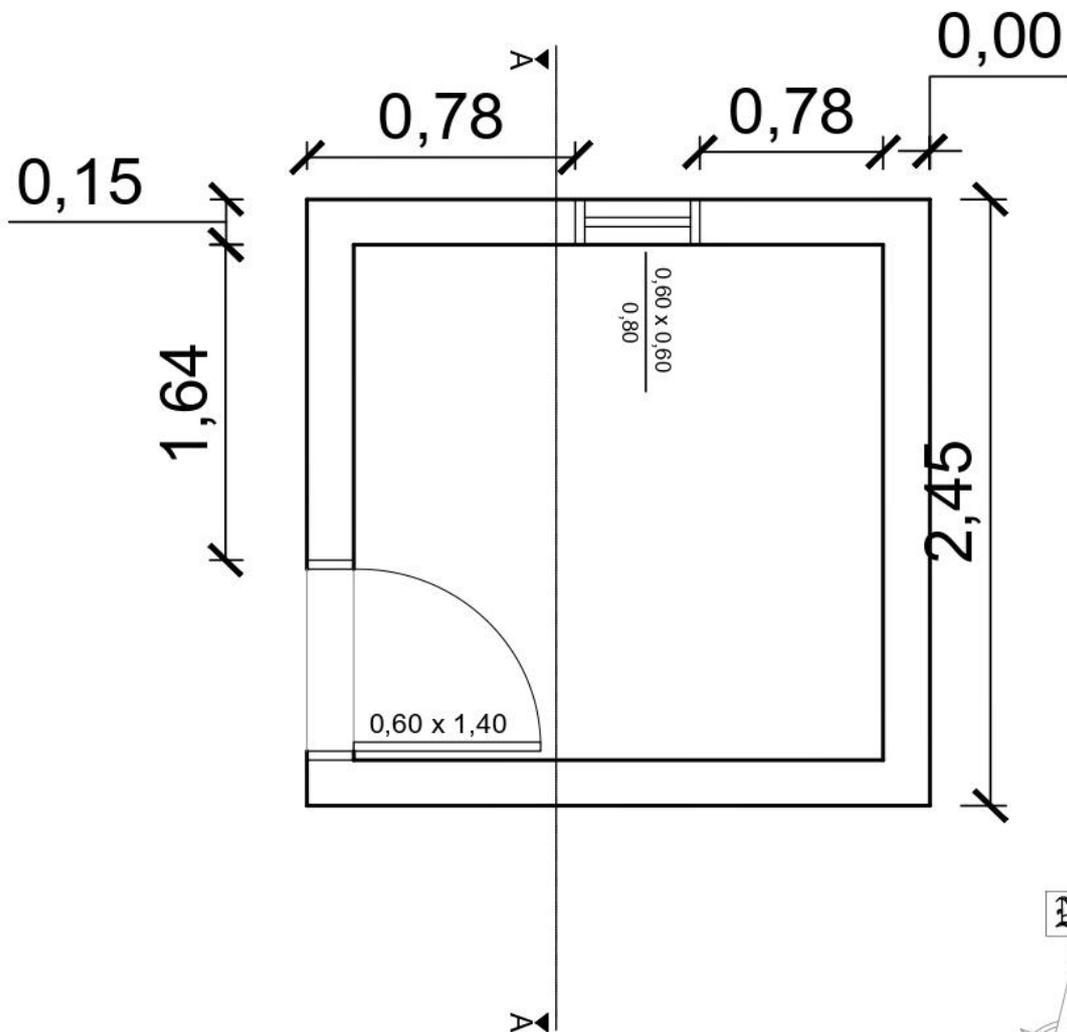
TREVISOL, L. A. **Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos nos estados fresco e endurecido**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto de Engenharia do Paraná, Curitiba, 2015.

UGARTE, J. F. O.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. Vermiculita. In: **Rochas e Minerais Industriais no Brasil: usos e especificações**. 2ª ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 865-887.

UGARTE, J. F. O.; SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A. Vermiculita. In: CETEM. **Rochas e minerais industriais**. 1 ed. Rio de Janeiro: CETEM, 2005. p. 677-698.

ZUCHETTO, L. K.; SOUZA, R. P.; NUNES, M. F. O.; TUTIKIAN, B.F. **Estudo de contrapisos leves a base de EVA (Etileno Acetato de Vinila) para desempenho acústico e reduzidas cargas permanentes**. In: Congresso Latino-Americano de Patologia da Construção – CONPAT. 13. Lisboa, 2015.

APÊNDICE A – PRANCHAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO



PLANTA BAIXA

Escala 1/25

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA - CAJAZEIRAS

CURSO:
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ALUNA:
SARA JAMILLE MARQUES DE SOUZA

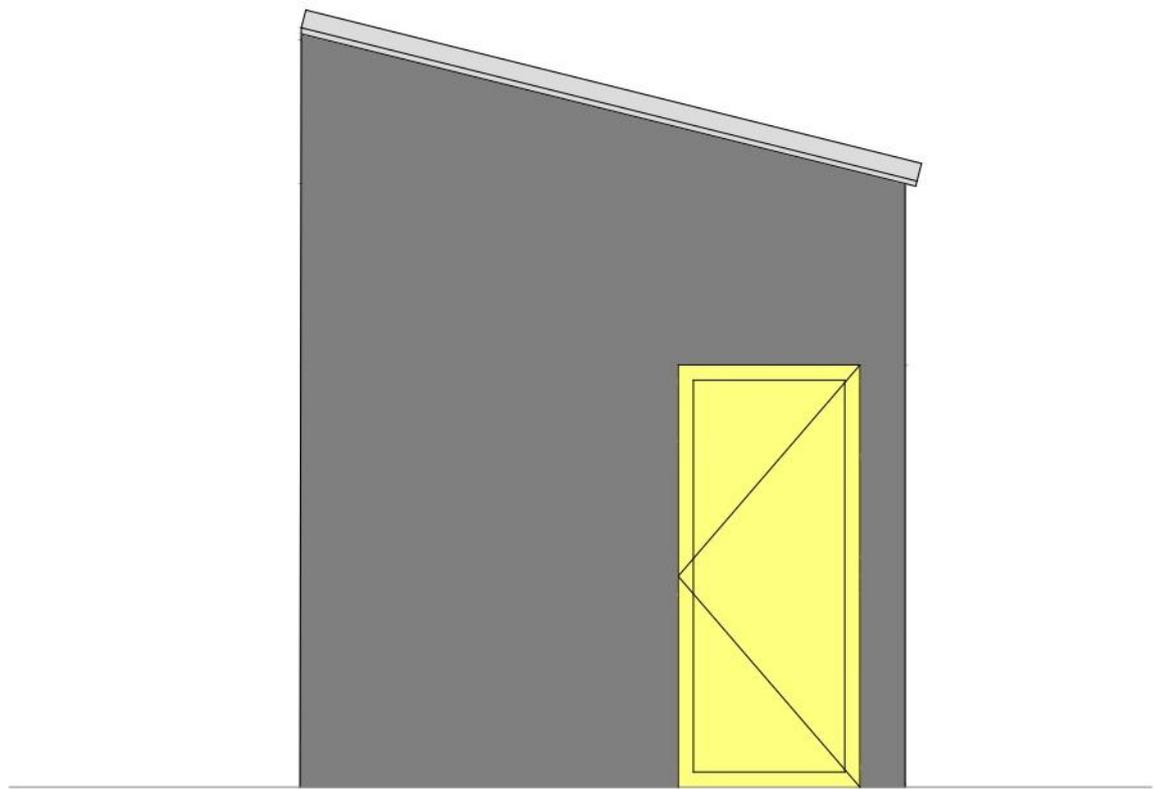
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ESCALA:
1/25

DATA:
14/10/2019

ASSUNTO:
PLANTA BAIXA DE CÔMODO RESIDENCIAL - PROTÓTIPO

PRANCHA:
01/06

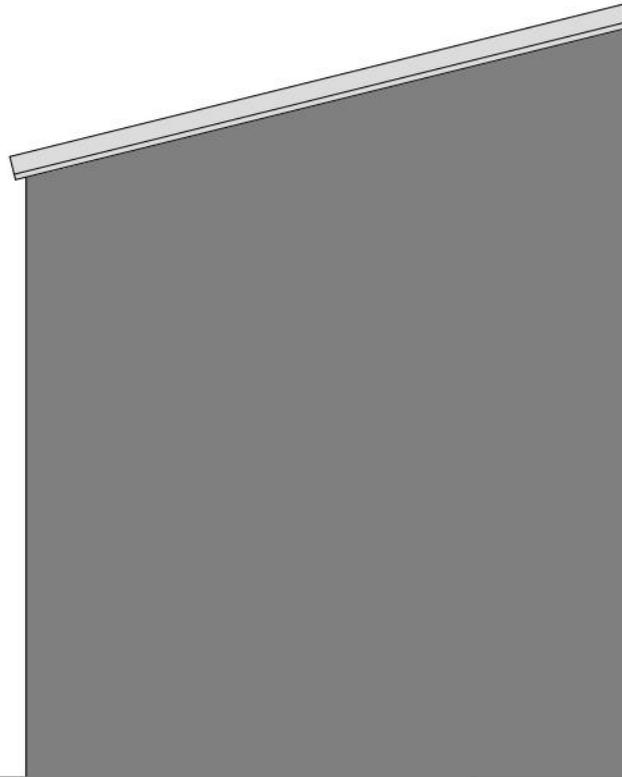


FACHADA OESTE

Escala 1/25

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA - CAJAZEIRAS

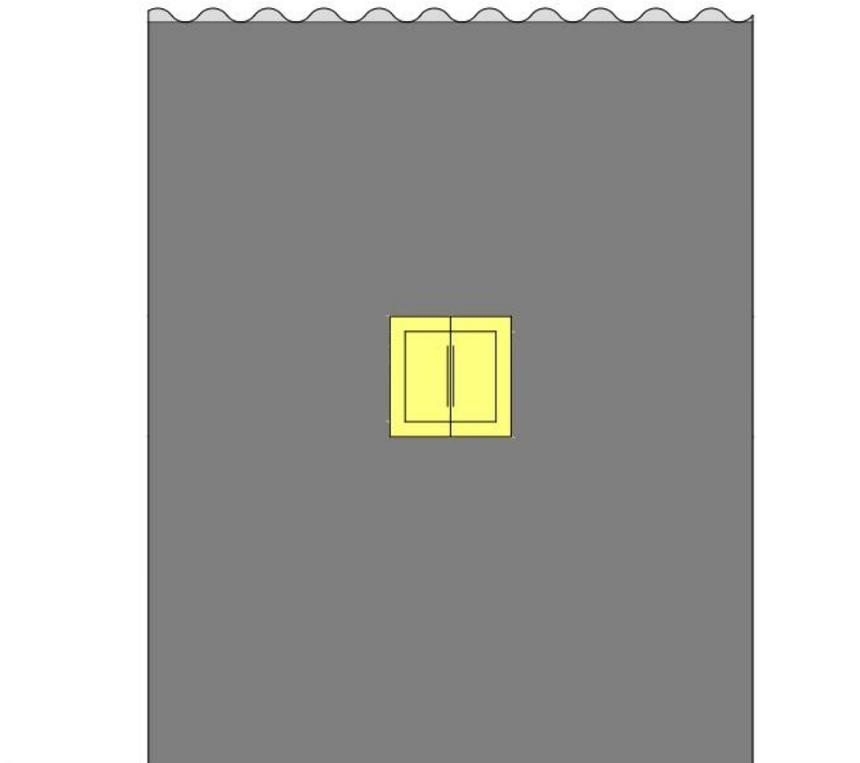
CURSO: BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL	ALUNO: SARA JAMILLE MARQUES DE SOUZA	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		ESCALA: 1/25
DATA: 14/10/2019	ASSUNTO: FACHADA OESTE - PROTÓTIPO	PRANCHA: 02/06



FACHADA LESTE
Escala 1/25

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA - CAJAZEIRAS

CURSO: BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL		ALUNO: SARA JAMILLE MARQUES DE SOUZA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		ESCALA: 1/25
DATA: 14/10/2019	ASSUNTO: FACHADA LESTE- PROTÓTIPO	PRANCHA: 03/06

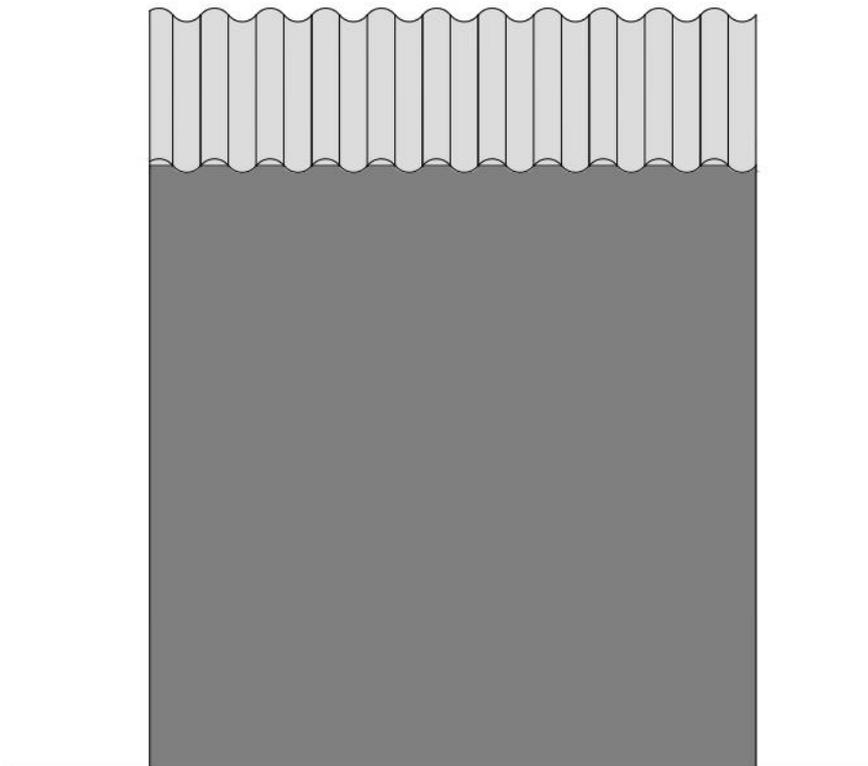


FACHADA NORTE

Escala 1/25

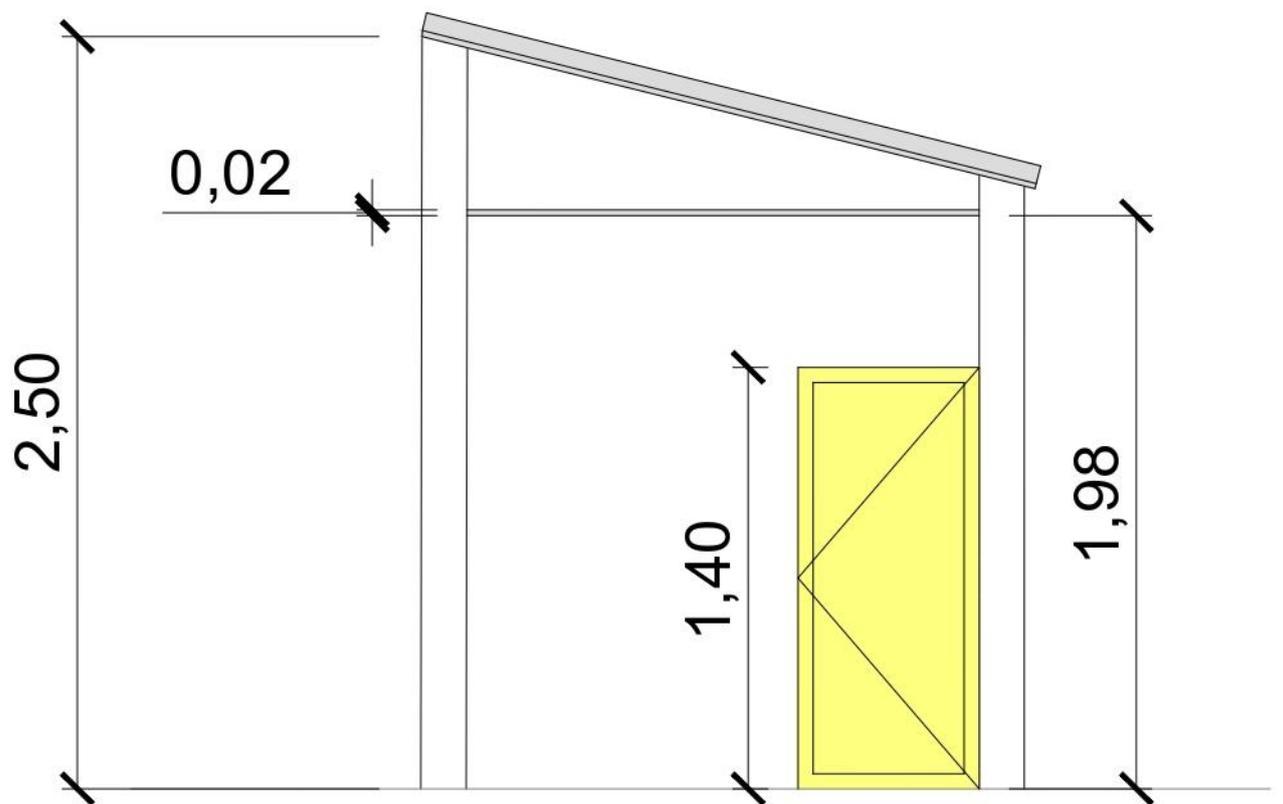
INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA - CAJAZEIRAS

CURSO: BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL		ALUNO: SARA JAMILLE MARQUES DE SOUZA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		ESCALA: 1/25
DATA: 14/10/2019	ASSUNTO: FACHADA NORTE- PROTÓTIPO	PRANCHA: 04/06



FACHADA SUL
Escala 1/25

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA - CAJAZEIRAS		
CURSO: BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL	ALUNO: SARA JAMILLE MARQUES DE SOUZA	
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO		ESCALA: 1/25
DATA: 14/10/2019	ASSUNTO: FACHADA SUL- PROTÓTIPO	PRANCHA: 05/06



CORTE AA
Escala 1/25

INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA - CAJAZEIRAS

CURSO:
 BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ALUNO:
 SARA JAMILLE MARQUES DE SOUZA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ESCALA:
 1/25

DATA:
 14/10/2019

ASSUNTO:
 CORTE AA- PROTÓTIPO

PRANCHA:
 06/06

