



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS - PALMAS**

REGIANE REZENDE E SILVA

**INCREMENTO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE REVESTIMENTOS
ACRÍLICOS PELA ADIÇÃO DE EPS E VERMICULITA**

Palmas, TO

2013

REGIANE REZENDE E SILVA

**INCREMENTO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE REVESTIMENTOS
ACRÍLICOS PELA ADIÇÃO DE EPS E VERMICULITA**

Trabalho de conclusão de Curso
apresentado à Coordenação da Área de
Construção Civil como requisito parcial
para obtenção da conclusão do Curso de
Tecnologia em Construção de Edifícios do
Instituto Federal de Ciência e Tecnologia
do Tocantins – Campus Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Moacyr Salles Neto

Palmas, TO

2013

REGIANE REZENDE E SILVA

**INCREMENTO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE REVESTIMENTOS
ACRÍLICOS PELA ADIÇÃO DE EPS E VERMICULITA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como cumprimento às exigências legais do currículo do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios pela Coordenação da Área de Construção Civil no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas.

Palmas, 15 de Abril de 2013.

Prof. Msc. Thiago Dias de A. e Silva
Supervisor do Trabalho de Conclusão de Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Moacyr Salles Neto
Orientador

Prof. Msc. Thiago Dias de A. e Silva
Membro de Banca Examinadora

Prof. Dr. Flávio Roldão de Carvalho Lelis
Membro de Banca Examinadora

Dedicamos:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele, nada seria possível e não estaria aqui reunidos, desfrutando, juntos, destes momentos que nos são tão importantes.

Aos meus pais e minha irmã; pelo esforço, dedicação e compreensão, em todos os momentos desta e de outras caminhadas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, e todos meus familiares, colegas de turma e professores que com seus talentos especiais contribuíram para mudanças significativas em minha vida.

Ao professor Moacyr Salles pelo seu conhecimento e grande auxílio na concretização desse trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta propostas de texturas acrílicas de baixo custo aditivadas com vermiculita e/ou EPS, para incrementar o desempenho térmico de painéis de alvenaria revestidos com argamassa e submetidos às condições climáticas da região de Palmas – TO.

Foram confeccionados modelos reduzidos em alvenaria com cobertura em fibrocimento, nos quais foram acompanhadas as temperaturas internas e externas de cada painel com o emprego de um termômetro por infravermelho. As leituras foram realizadas nos períodos mais críticos de insolação, de 8 às 17 horas, nas duas estações climáticas da região em estudo. Foram empregados, por metro quadrado de revestimento, 300 ml de massa acrílica e 100 ml de EPS ou vermiculita, nos modelos com apenas uma adição, e 50 ml de EPS acrescidos de 50 ml de vermiculita no modelo com duas adições.

Os custos estimados dos revestimentos propostos, por metro quadrado, base agosto de 2012 foram, respectivamente: R\$ 2,70 para o revestimento acrílico com adição de vermiculita, R\$ 2,80 para o revestimento com adição de esferas de EPS, R\$ 2,00 para o revestimento com adição de EPS reciclado, R\$ 2,75 para o revestimento com adição de vermiculita e esferas de EPS e R\$ 2,35 para o revestimento com adição de vermiculita e EPS reciclado. Salienta-se que, nos revestimentos com o emprego de EPS reciclado, este item não acarreta em ônus.

Os revestimentos propostos apresentaram viabilidades técnica, econômica e de materiais, acarretando positivamente no incremento de isolamento térmico, sendo o de o melhor resultado o revestimento com adição conjunta de vermiculita e EPS, alcançando uma diferença pontual de 5°C, com média de 2,6°C em relação ao revestimento padrão.

Palavras-chave: EPS; isolamento térmico; revestimento; vermiculita

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro _____	17
Figura 2 - Zona Bioclimática 7 _____	19
Figura 3 - Carta Bioclimática apresentando as normas climatológicas zona 7 _____	19
Figura 4 - Gráfico de temperatura do ar e umidade relativa de Palmas (ano de 2006) _____	25
Figura 5 - Zona Bioclimática Brasileira onde Palmas se insere. _____	26
Figura 6 - Composição química média de vermiculitas comerciais brasileiras _____	27
Figura 7 - Amostras de vermiculita: (a) Vermiculita natural (b) Vermiculita expandida _____	28
Figura 8 - Espuma de poliestireno expandido _____	30
Figura 9 - Condições fixas – substrato, tipo de cimento e espessura do revestimento _____	31
Figura 10 - Condições fixas - argamassas _____	32
Figura 11 - Variáveis independentes – tipo de revestimento texturizado _____	32
Figura 12 - Granulometria dos agregados empregados na confecção das argamassas _____	34
Figura 13 - Execução dos painéis dos modelos em estudo _____	35
Figura 14 - Revestimento argamassado dos modelos em estudo _____	35
Figura 15 - Unidades prontas para aplicação do revestimento proposto _____	36
Figura 16 - Unidade CPRA _____	37
Figura 17 - Unidade CPRAV _____	37
Figura 18 - Unidade CPRAE _____	37
Figura 19 - Unidade CPRAVE _____	38
Figura 20 - Mapa Climatológicas de Palmas – TO _____	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização dos agregados empregados _____	33
Tabela 2 - Identificação do revestimento acrílico aplicado nas unidades _____	36
Tabela 3 - Período chuvoso temperatura da CPRA - Revestimento acrílico sem adições _____	39
Tabela 4 - Período seco temperatura da CPRA - Revestimento acrílico sem adições _____	40
Tabela 5 - Período chuvoso temperatura da CPRAV - Revestimento acrílico com adição de vermiculita _____	40
Tabela 6 - Período seco temperatura da CPRAV - Revestimento acrílico com adição de vermiculita _____	40
Tabela 7 - Período chuvoso temperatura da CPRAE - Revestimento acrílico com adição de esferas de EPS _____	41
Tabela 8 - Período seco temperatura da CPRAE - Revestimento acrílico com adição de esferas de EPS _____	41
Tabela 9 - Período chuvoso temperatura da CPRAVE - Revestimento acrílico com adição de vermiculita e esferas de EPS _____	41
Tabela 10 - Período seco temperatura da CPRAVE - Revestimento acrílico com adição de vermiculita e esferas de EPS _____	42
Tabela 11 – Desempenho térmico do revestimento CPRAV em relação ao revestimento padrão _____	42
Tabela 12 – Desempenho térmico do revestimento CPRAE em relação ao revestimento padrão _____	43
Tabela 13 – Desempenho térmico do revestimento CPRAVE em relação ao revestimento padrão _____	43
Tabela 14 – Custo dos revestimentos confeccionados _____	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desempenho térmico do revestimento CPRAV em relação ao revestimento padrão_____	42
Gráfico 2 - Desempenho térmico do revestimento CPRAE em relação ao revestimento padrão_____	43
Gráfico 3 - Desempenho térmico do revestimento CPRAVE em relação ao revestimento padrão_____	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Contextualização do Tema	11
1.2 Justificativa	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo Geral	13
1.3.2 Objetivos Específicos	13
1.4 Problema	13
1.5 Hipótese	14
1.6 Estrutura do Trabalho	14
2. REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 Classificação do desempenho térmico da casa, segundo as normas brasileiras	15
2.1.1 Desempenho térmico de uma edificação residencial	15
2.1.2 A NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações	17
2.1.3 Características Térmicas Dos Componentes Construtivos	20
2.2 Dados Climáticos da cidade de Palmas	23
2.2.1 Análise do Clima	23
2.2.1.1 Coordenadas geográficas da região	23
2.2.1.2 Precipitação Atmosférica	23
2.2.1.3 Temperatura	24
2.2.1.4 Umidade relativa do ar	24
2.2.1.5 Ventos Dominantes	25
2.2.1.6 Radiação Solar	25
3. MATERIAIS E METODO	27
3.1 Materiais e Composições	27
3.1.1 Vermiculita: Produção e Utilização	27
3.1.2 Espuma de Poliestireno Expandido (EPS)	29
3.1.3 Massa Acrílica	30
3.2 Definição das variáveis do trabalho	31
3.2.1 Condições fixas	31
3.2.2 Variáveis independentes	32
3.2.3 Caracterização dos materiais empregados	33

3.2.3.1	<i>Blocos cerâmicos</i>	33
3.2.3.2	<i>Agregados</i>	33
3.2.3.3	<i>Cimento Portland</i>	34
3.2.4	<i>Procedimento metodológico para determinação da eficiência térmica dos revestimentos aditivados</i>	34
3.2.4.1	<i>Estrutura dos modelos de teste</i>	34
3.2.4.2	<i>Aplicação do revestimento texturizado</i>	36
3.2.5	<i>Aquisição de dados</i>	38
3.2.6	<i>Viabilidade Econômica</i>	44
4.	<i>CONCLUSÃO</i>	45
4.1	<i>Prosseguimentos da Pesquisa</i>	45
	<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	46

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Tema

Segundo a NBR 12554 (ABNT, 2011), as tintas são produtos compostos de veículo, pigmentos, aditivos e solventes que, quando aplicados sobre um substrato, se convertem em película sólida, dada a evaporação do solvente e/ou reação química, com a finalidade de decoração, proteção e outras.

De modo geral, as texturas têm função combinatória de decorar, dar acabamento e proteger a parte mais visível e exposta de um edifício. A proteção é a sua função primordial, agindo no sentido de prolongar a durabilidade dos elementos estruturais e de vedação evitando a ação direta de agentes agressivos. As funções estéticas e decorativas contribuem para uma boa aparência influenciando a definição do padrão do edifício. As tintas/texturas se mostram como um meio fácil e barato de valorização de imóveis através do apelo de cores e efeitos de acabamento.

No mercado encontra-se uma extensa variedade de tipos de tintas graças ao desenvolvimento de melhores resinas, pigmentos e formulação variada e computadorizada disponibilizada pela maioria dos fabricantes. O avanço tecnológico possibilitou o lançamento de produtos cada vez mais inovadores onde é possível encontrar produtos que tenham ainda funções técnicas especiais como reduzir a absorção de água, melhorar aspectos de higiene, resistência à abrasão, resistência ao crescimento de fungos, anti-estática, conforto térmico, entre outros.

Um dos métodos para obtenção do conforto térmico é a aplicação das estratégias de arquitetura bioclimática que buscam minimizar os problemas de conforto e a dependência dos diversificados sistemas mecânicos e artificiais de conforto térmico. Mesmo um projeto arquitetônico qualificado nem sempre é suficiente para atingir a satisfação dos usuários, principalmente em climas rigorosos. (KOWALTOWSKI, 2001)

O clima da cidade de Palmas do Tocantins, segundo Silva (2003), corresponde ao tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas, uma seca, correspondente ao período de maio a setembro, e a outra chuvosa, entre os

meses de outubro a abril, com médias mensais superiores a 25°C, atingindo temperaturas máximas de 41°C no final do período de seca.

Em regiões climáticas como a apresentada, geralmente busca-se assegurar o conforto térmico pela aplicação de estratégias de arquitetura bioclimática, as quais buscam minimizar o desconforto e a dependência dos diversos sistemas mecânicos e artificiais de condicionamento térmico. Observa-se, entretanto, que mesmo um projeto arquitetônico qualificado nem sempre é suficiente para atingir a satisfação dos usuários, principalmente em climas rigorosos (GRAÇA et al., 2001).

Diversos materiais são atualmente empregados na construção civil para proporcionar isolamento térmico, destacando-se as lãs de rocha e de vidro, espumas de poliuretano, EPS e vermiculita.

O EPS é versátil, fácil de manusear e, apesar de muito leve, tem uma resistência mecânica. Caracteriza-se ainda por possuir baixa condutibilidade térmica, elevado amortecimento de impactos, resistente à compressão, alta impermeabilidade e reduzida absorção de água, resistência à umidade e ao envelhecimento, sendo totalmente inócuo.

A vermiculita é um mineral semelhante à mica, formado essencialmente por silicatos hidratados de alumínio e magnésio. Em sua forma expandida os flocos aprisionam consigo células de ar inerte, o que confere ao material excepcional capacidade de isolamento. Caracteriza-se por ser ignífugo¹ e inodoro, não irritando a pele nem os pulmões, possui ainda baixa condutividade elétrica e térmica, sendo absorvente acústico; não se decompõe, deteriora ou apodrece; não atrai cupins ou insetos.

O presente estudo busca associar as elevadas características de isolamento térmico oferecidas pela vermiculita e pelo EPS aos revestimentos do tipo acrílico, em especial às texturas. O que poderá vir a assegurar um maior conforto térmico às edificações, assim como reduções nos gastos com condicionamento de ar.

¹ Ignífugo: Que evita incêndio, que afugenta o fogo.

1.2 Justificativa

Frente às condições climáticas locais, com altas médias de temperatura, e o elevado custo apresentado pelas soluções comerciais de isolamento térmico, o presente projeto busca uma proposta de aumento de desempenho térmico de custo relativamente reduzido e que não implique em maiores intervenções na arquitetura dos edifícios.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Tem-se por objetivo neste trabalho verificar e quantificar o incremento de isolamento térmico, proporcionado pelo revestimento, com texturas acrílicas aditivadas com vermiculita e/ou EPS, de painéis de alvenaria revestidos com argamassa, submetidos às condições climáticas da região de Palmas – TO.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar as alterações nas características de aplicação do revestimento proporcionadas pela adição de vermiculita e/ou EPS.
- Analisar as implicações no custo do revestimento pelas adições propostas.
- Analisar as implicações na durabilidade do revestimento pelas adições propostas, em comparação com uma textura sem a presença das adições.

Quantificar o desempenho térmico alcançado pelos revestimentos aditivados.

1.4 Problema

As elevadas temperaturas da região de Palmas-TO causam frequentes desconfortos nos usuários das edificações, demandando também elevados custos com sistemas de condicionamento de ar (SILVA, 2003).

As alternativas existentes para aumentar o desempenho térmico dos edifícios são por vezes onerosas ou demandam grandes intervenções na arquitetura dos mesmos, freqüentemente desencorajando sua aplicação.

A proposta apresentada no presente projeto surge como uma alternativa de baixo custo (em comparação às comercialmente disponibilizadas), capaz de conciliar proteção contra as intempéries e aumento de conforto térmico.

1.5 Hipótese

As vantagens da utilização da massa acrílica como revestimento são a resistência à aderência, à alcalinidade e à água. Fazem com que este tipo de material juntamente com o EPS e a vermiculita aumente o conforto térmico na região de clima tropical. E assim barateando o custo da textura.

1.6 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho será definido em três capítulos, sendo este a introdução.

No segundo capítulo faz-se uma revisão da literatura, ao detalhar o desenvolvimento dos métodos e propostas, relatando os resultados encontrados no equipamento desenvolvido neste trabalho.

O terceiro capítulo será apresentado o método e materiais empregado nas confecções das unidades.

No quarto capítulo será apresentado o resultado, concluindo o trabalho e propondo trabalhos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Classificação do desempenho térmico da casa, segundo as normas brasileiras

2.1.1 Desempenho térmico de uma edificação residencial

Segundo Pereira e Neto (1988),

avaliar o desempenho térmico de uma edificação significa avaliar seu comportamento térmico frente a requisitos pré-estabelecidos, para atender as necessidades térmicas do usuário frente às ações climáticas às quais a edificação está sujeita.

Convém salientar a distinção entre desempenho térmico e comportamento térmico. O comportamento térmico é caracterizado pela resposta física que a edificação apresenta quando submetida às solicitações do clima externo (variáveis climáticas) e às condições de uso dos ambientes, destacando-se a geração de calor interno advindo da presença de pessoas e equipamentos no interior dos ambientes. Esta resposta pode ser identificada observando-se fatores como a variação da temperatura e umidade do ar interno ou dos fluxos de calor transmitidos através das vedações (paredes e cobertura, principalmente).

Quando tais fatores são confrontados com parâmetros de referência, ou seja, pré-requisitos que enfocam o atendimento das exigências dos usuários quanto ao comportamento da edificação em uso, tem-se uma avaliação do desempenho térmico.

No caso de uma edificação residencial, a exemplo da Casa Eficiente², o seu comportamento térmico é determinado, principalmente, em função das condições ambientais externas. Em residências, a ocupação é menor do que em um edifício comercial, de modo que há menos geração de calor interno advindo de pessoas, computadores e sistemas de iluminação artificial, por exemplo. Nesse caso, os ganhos de calor através das superfícies externas (paredes e cobertura) e das aberturas existentes (superfícies envidraçadas), assim como as condições de

² Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico / editores: Roberto Lamberts... [et al.]. – Florianópolis : UFSC/LabEEE; 2010.

exposição à insolação e à ventilação, são os principais fatores determinantes do desempenho térmico de uma residência. Portanto, Classificação do desempenho térmico da casa eficiente: avaliação segundo as normas brasileiras o projeto de habitações apresenta um grande potencial para a incorporação de estratégias bioclimáticas, favorecendo o melhor aproveitamento da luz e da ventilação natural, assim como identificando quais os materiais construtivos mais adequados para adaptar a edificação ao contexto climático no qual a mesma se insere.

As soluções arquitetônicas foram desenvolvidas com o intuito de favorecer o melhor aproveitamento dos condicionantes climáticos locais, desde a escolha dos materiais construtivos, com o uso intensivo da inércia e do isolamento térmico para evitar ganhos de calor excessivos no verão e reduzir as perdas no inverno. Desse modo, buscou-se dispor as aberturas nas fachadas para favorecer o aproveitamento dos ventos predominantes no verão, utilizando-se barreiras para bloquear os ventos de inverno e protetores solares para evitar a insolação indesejável (dispositivos de sombreamento). Além disso, foi empregada a ventilação mecânica noturna³ como estratégia de resfriamento da temperatura interna no verão.

Entretanto, deve-se considerar que os padrões de uso e ocupação também interferem no comportamento térmico de uma residência, na medida em que o modo como os usuários manipulam os dispositivos de controle da ventilação e da insolação interfere nos ganhos e perdas de calor pela edificação. Uma vez que a Casa Eficiente é uma vitrine de tecnologias aberta à visitação, que também funcionam como laboratório de pesquisa, seus padrões de uso e ocupação não são representativos do que acontece em uma residência real. Buscou-se então representar situações variadas durante os experimentos, visando reproduzir situações semelhantes àquelas que ocorreriam caso a edificação fosse ocupada e utilizada como uma residência convencional, possibilitando uma ampla avaliação do desempenho térmico, com base em medições de variáveis representativas, tais como a temperatura e a umidade relativa do ar.

Mas, para avaliar o desempenho térmico de uma edificação, existem outros procedimentos que podem ser adotados ainda na fase de projeto, ou após a construção. Uma alternativa de avaliação é a simulação computacional do sistema construtivo utilizado, observando-se o enquadramento dos resultados dentro de

³ A ventilação noturna é uma técnica de atenuação do calor e pode ser empregada para potencializar o efeito da inércia térmica para resfriamento

limites ou parâmetros de conforto térmico ajustados para a população local (BARBOSA et al., 2003). Um exemplo de parâmetro que pode ser utilizado é o total de horas anuais em que as temperaturas internas obtidas por simulação ou monitoramento apresentam-se fora dos limites de temperatura da zona de conforto. Tem-se ainda a avaliação por prescrição, na qual são definidos limites para as características termofísicas dos materiais construtivos, assim como recomendações para o dimensionamento de aberturas para ventilação e existência de dispositivos de sombreamento que visam à adequação do projeto às condições climáticas de um determinado local.

2.1.2 A NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005c) apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e as Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. De acordo com esta classificação, o Brasil foi subdividido em oito zonas, cujas exigências climáticas se assemelham (Figura 1).

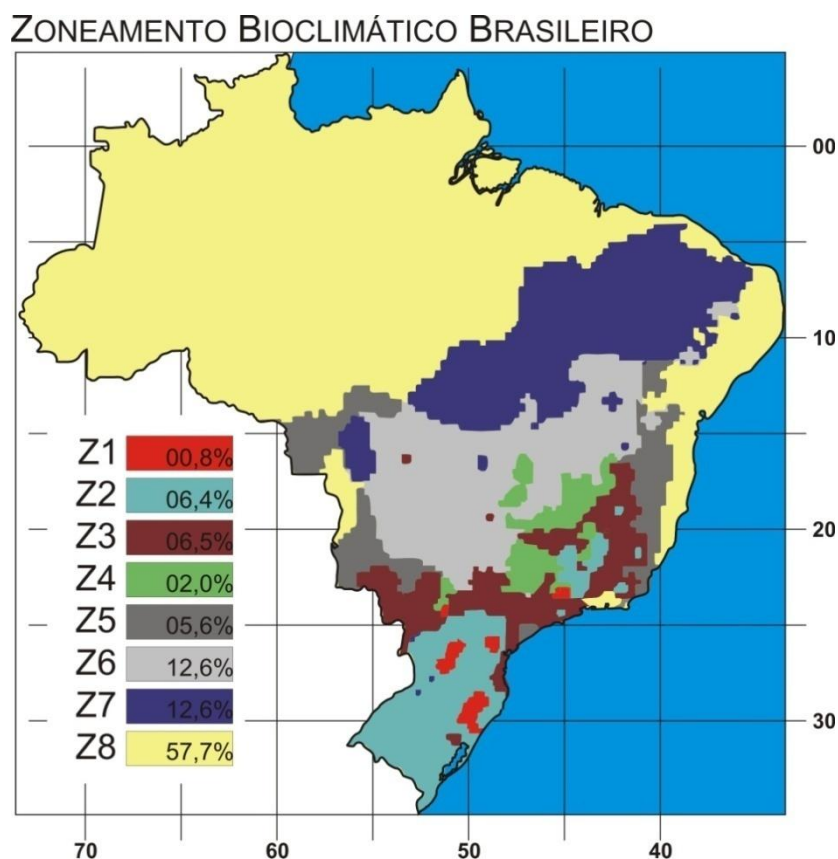


Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro. (Fonte: ABNT 15.220-3)

As diretrizes construtivas são específicas para cada zona bioclimática e a avaliação é prescritiva, realizada com base na verificação do atendimento de cada parâmetro identificado pela norma, a saber:

- Tamanho das aberturas para ventilação (expressas como percentual de área de piso);
- Proteção das aberturas;
- Vedações externas, parede externa e cobertura, informando o tipo de vedação (leve ou pesada, refletora ou isolada);
- Estratégias de condicionamento térmico passivo.

Embora a norma faça referência à habitação de interesse social, as recomendações e diretrizes que expressa visam à otimização do desempenho térmico e são fundamentadas em estratégias de adaptação da edificação ao clima. Portanto, a NBR 15220-3 é uma importante referência normativa para a prescrição de estratégias bioclimáticas a serem incorporadas no projeto de edificações. As estratégias de condicionamento ambiental recomendadas pela NBR 15220-3 são baseadas na carta bioclimática de Givoni (1992) e nas planilhas de Mahoney (KOENIGSBERGER et al., 1977).

A classificação de cada cidade em uma determinada zona depende das estratégias bioclimáticas, que são definidas previamente, tendo sido utilizadas as planilhas de Mahoney para a definição dos limites das propriedades térmicas dos elementos construtivos (paredes e coberturas): Fator Solar, Atraso Térmico e Transmitância Térmica (ABNT, 2005a). Também são indicados percentuais de área de piso relativos às aberturas para ventilação, classificando-as em pequenas, médias ou grandes.

O revestimento texturizado, estar localizado em Palmas - TO, está inserida na zona bioclimática 7 (Figura 2). Neste caso, as diretrizes construtivas recomendadas pela NBR 15220-3 são relativas a três aspectos principais. O primeiro deles trata das estratégias de condicionamento térmico passivo.

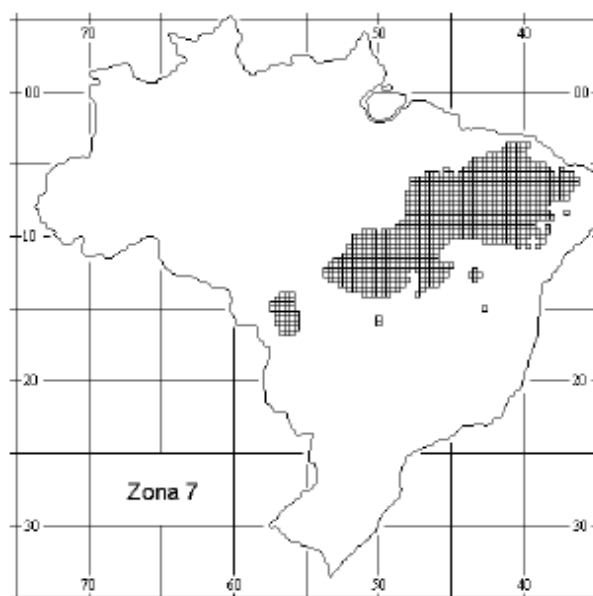


Figura 2 - Zona Bioclimática 7 (Fonte: ABNT 15.220-3)

As especificações da Zona 7 para o verão, é recomendada a ventilação cruzada. Para o inverno, são recomendados o aquecimento solar da edificação e o uso de vedações internas pesadas (inércia térmica).

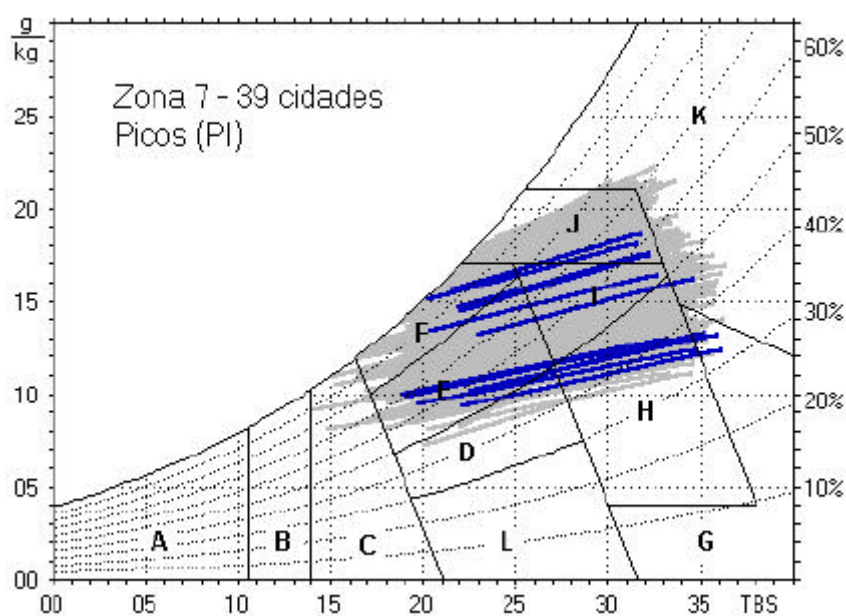


Figura 3 - Carta Bioclimática apresentando as normas climatológicas zona 7 (Fonte: ABNT 15.220-3)

Detalhamentos das estratégias de condicionamento térmico, corretamente utilizadas durante a concepção do projeto da edificação, podem proporcionar melhoras nas condições de conforto térmico e redução no consumo de energia.

A - O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio;

B - A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar;

C - A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido;

D - Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades);

E - Caracteriza a zona de conforto térmico;

F - As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes;

G e H - Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar;

H e I - Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.

2.1.3 Características Térmicas Dos Componentes Construtivos

Unidades Fundamentais

A três unidades físicas aparecem com frequência quando estamos tratando de conforto térmico, que pode ser expressa em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) ou em graus Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), este último vale $273+^{\circ}\text{C}$.

A outra unidade é a caloria (Cal), que é a quantidade de calor necessária para elevar de um grau a massa de um grama de água; todavia, esta unidade sendo de valor muito pequeno é geralmente expressa em quilocaloria (Kcal), equivalente a

1000 cal. Atualmente, devido a normas internacionais, adota - se cada vez mais o denominado sistema SI de unidades. Neste sistema SI, a quantidade de calor é expressa numa unidade chamada joule (J), cuja equivalência

A terceira unidade é derivada da anterior, expressado em quanto tempo a quantidade de calor é transmitida. Assim, podemos dizer, por exemplo, que um corpo transmite 1 KCal/hora, ou o que dá no mesmo, 1,1630 Watt.

Formas de transmissão de calor

Quando existe uma diferença de temperatura entre dois elementos, o corpo mais quente tende a ceder calor ao corpo mais frio. Este fluxo de calor transmite - se sob três formas :

Condução

É a forma de transmissão que ocorre quando os elementos estão em contato, por exemplo, ao passar roupa com ferro elétrico, este esquentando a roupa, transferindo por condução o fluxo do calor. A condução ocorre sempre entre sólidos. Esta transmissão de calor obedece à seguinte equação 01:

$$Q = (K / d). dt \quad \text{EQ. 01}$$

Onde K / d é o coeficiente global de transmissão de calor U e dt é o diferencial de temperatura. Geralmente, o que se deseja é tornar as trocas térmicas mínimas, ou seja, tornar o valor de Q o mais baixo possível.

Quanto mais baixo for o valor de k ou menor o valor de U , mais isolante é o material, pois foi aquele que deixou passar menos calor. Na prática, procura - se escolher a solução que apresenta a relação custo x benefício mais baixa. Assim sendo, a escolha deve - se basear no elemento que apresentar o menor U pelo menor gasto em R\$. Ocorre com frequência a justaposição de materiais com o intuito de se obter a resistência térmica requerida; para o cálculo desta, somam - se simplesmente as resistências individuais.

Convenção

É a outra forma de transmissão de calor de uma região a outra de um fluido (ar, por exemplo) devido ao efeito do movimento relativo das partículas do mesmo. Assim, num ático (espaço entre o forro e a cobertura), o ar se esquentando em

contato com a superfície superior do forro. Num primeiro instante, a transmissão pode ser considerada por condução e em seguida, devido à variação da densidade, adquire movimento descendente formando correntes convectivas.

Radiação

A transmissão de calor por radiação é um fenômeno de origem eletromagnética, da mesma natureza que a luz das ondas de rádio, o que muda é apenas o seu comprimento. Os objetos absorvem essa energia, armazenam e, em seguida, retransmitem - na em outro comprimento de onda. Como se trata de energia, não é preciso nenhum meio físico para a transmissão ser efetuada, diferentemente das duas formas anteriores onde a existência de um meio físico era essencial. Percebemos a energia radiante através da nossa pele. Assim, quando estamos diante de uma lareira, sentimos mais ou menos calor ao nos aproximarmos ou ao nos afastarmos dela. Essa sensação nada mais é do que a energia radiante emitida pelo fogo. Em outra situação, por exemplo, uma praia em um dia de muito sol sentimos uma espécie de ardência na pele. Esta sensação deve - se à radiação emitida pelo sol. A transmissão de energia é influenciada por diversos fatores :

- Nebulosidade do céu;
- Poluição ambiental;
- Latitude local;
- Dia do ano;
- Hora do dia;

A radiação solar, ao atingir a atmosfera, se difunde. Por essa razão, as construções ficam sujeitas a duas modalidades de radiação: a direta e a difusa. A direta , como o próprio nome diz, é aquela que a construção recebe diretamente do sol; já a difusa é aquela que a abóbada celeste irradia. Ela é responsável pela iluminação de janelas e áreas envidraçadas.

2.2 Dados Climáticos da cidade de Palmas

2.2.1 Análise do Clima

De acordo com o SEPLAN (2004), encontra-se em zona de transição entre o domínio de um clima úmido com moderada deficiência hídrica, que abrange praticamente toda seção setentrional da área, estendendo-se para a porção ocidental, e clima úmido-subúmido com moderada deficiência hídrica, com duas estações bem distintas: uma seca e outra úmida. As médias mensais apresentam-se superiores a 25°C, atingindo temperaturas máximas de 41°C no período de estiagem das chuvas.

2.2.1.1 Coordenadas geográficas da região

Latitude

A região do Município de Palmas- TO se situa na latitude -10°C entre os paralelos -10°20" ao Sul e -10°3" ao Norte.

Longitude

Palmas e entorno situam-se a uma longitude de 48°23" a Leste e 48°16" a Oeste, centro geográfico do país. Pode-se afirmar ser o clima de Palmas intensamente influenciado pela continentalidade, por se encontrar na região central do País, ou seja, afastado do mar. Essa característica faz com que as temperaturas se elevem durante o dia, acentuadas pela altitude. Aumenta a amplitude térmica.

Altitude

O sítio escolhido para construir a nova capital do Tocantins, Palmas, possui altitudes médias de 700m de altura com relação ao nível do mar.

2.2.1.2 Precipitação Atmosférica

Em termos de precipitação, a região apresenta um semestre úmido que vai de novembro a abril, e concentra aproximadamente 80% dos totais médios

anuais precipitados. As que acontecem entre fevereiro e março correspondem a 30% do total médio anual. Em Palmas, a média anual supera a marca de 1900 mm. (SEPLAN, 2004)⁴

Pode-se observar que nos períodos de maior incidência de precipitação, a região apresenta temperatura mais baixa durante o dia, sendo os meses de melhor sensação de conforto térmico, diretamente relacionada às porcentagens de nebulosidade.

2.2.1.3 Temperatura

Na região em estudo, são raras as penetrações de massas de ar frio, de acordo com a Secretaria de Planejamento, isso acontece em função da continentalidade e das baixas latitudes que determinam variações, pouco significativas, das temperaturas ao longo do ano. Durante o ano, têm-se as médias das temperaturas mais baixas em janeiro e fevereiro no decorrer do dia, por ser a estação chuvosa, mas como em junho e julho as temperaturas durante a noite diminuem significativamente as médias nestes meses são baixas. Durante o dia, os meses com sensação térmica mais elevada acontecem no período seco, principalmente em setembro.

2.2.1.4 Umidade relativa do ar

A umidade relativa média anual na região de Palmas (Figura 4), em 2006, ficou em torno de 69%, e em 2007 com 75%, sendo que, no período chuvoso, os índices de umidade superam os 80% e, no período seco, ficam em torno de 50% chegando, em situações críticas, a 44% a média do mês de agosto (INFRAERO 2006).

⁴ A Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente do Estado do Tocantins visa aumentar a eficiência dos recursos e das políticas públicas.

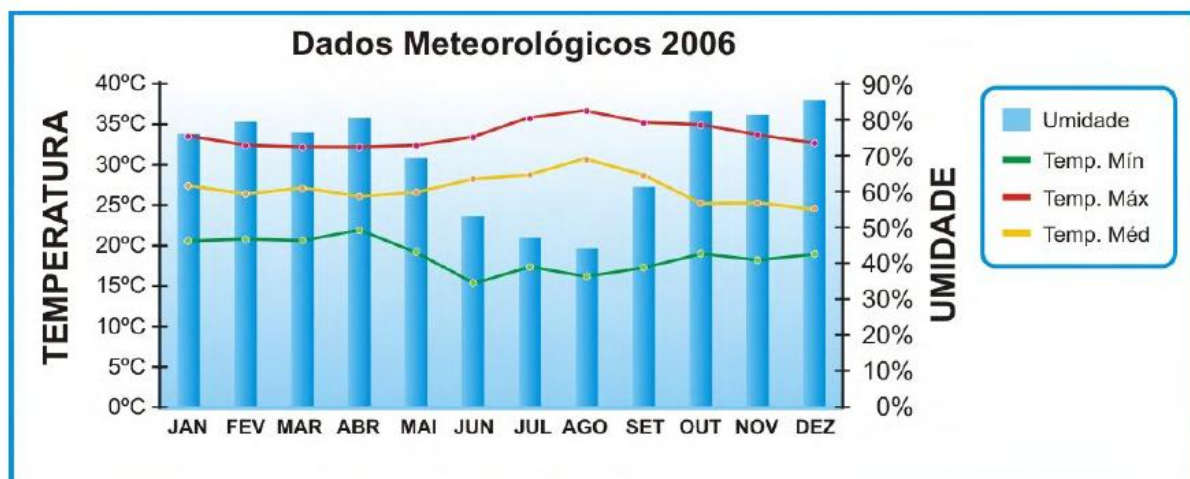


Figura 4 - Gráfico de temperatura do ar e umidade relativa de Palmas (ano de 2006)
Fonte: INFRAERO (2008)

2.2.1.5 Ventos Dominantes

Com base nos dados da Estação Meteorológica da INFRAERO, coletados em Palmas, nos anos de 2006 e 2007, a orientação dos ventos dominantes desta região é sudeste com velocidade média predominante anual de 2,06m/s.

2.2.1.6 Radiação Solar

A radiação solar global é de ordem de 176 kcal/cm² em agosto e mínimo de 12,7kcal/cm² em dezembro, conforme cita SEPLAN (2004).

A NBR 15.220-3 para a zona 7, onde se situa a cidade de Palmas (figura 5), recomenda as estratégias bioclimáticas das letras **F; G e H; H e I; I e J, e K**, citadas no referencial teórico.

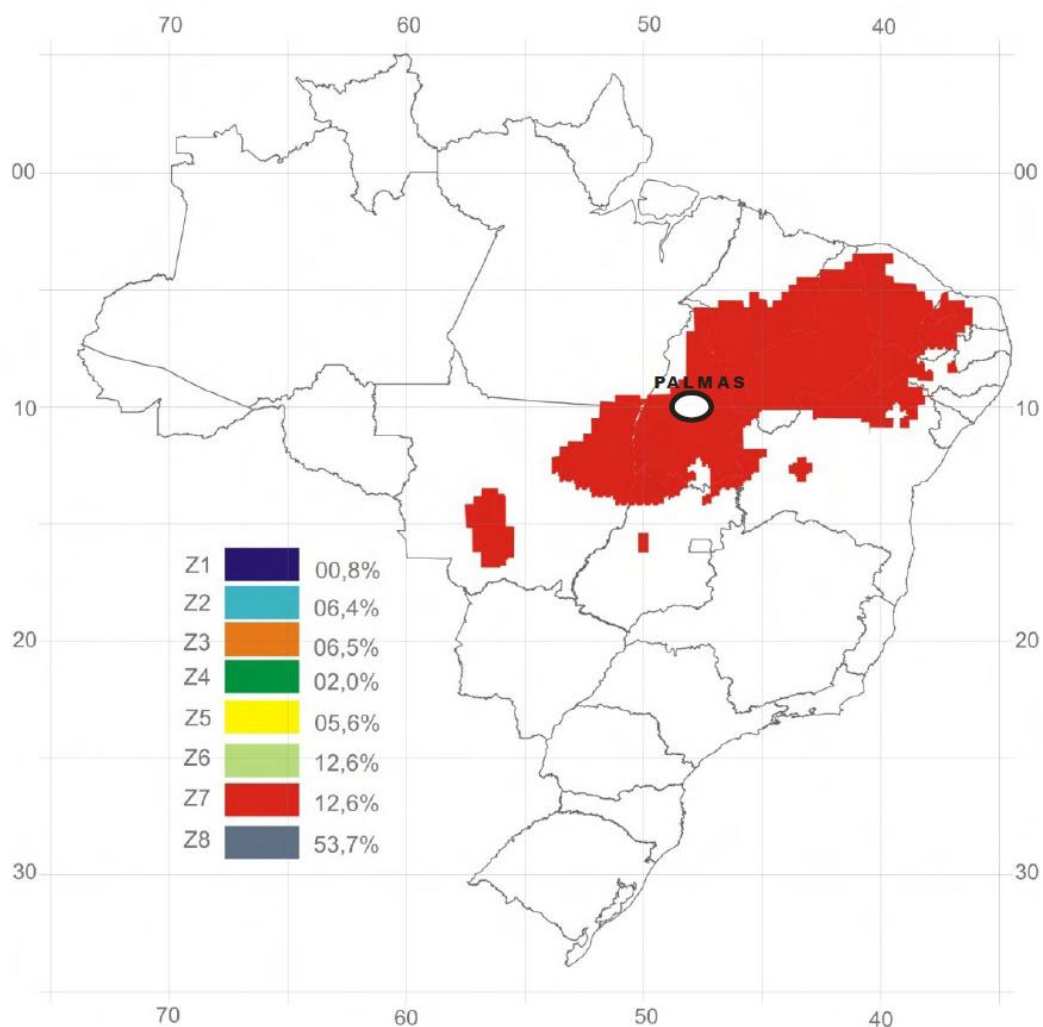


Figura 5 - Zona Bioclimática Brasileira onde Palmas se insere.
 Fonte: Adaptado da NBR 15.220-3 (2005)

No caso da estratégia **K**, seu uso faz-se necessário quando a região é muito quente e as estratégias passivas de acondicionamento do ar são insuficientes para permitir a sensação de conforto térmico ao indivíduo.

3. MATERIAIS E METODO

3.1 Materiais e Composições

3.1.1 Vermiculita: Produção e Utilização

O termo vermiculita é utilizado para designar comercialmente um grupo de minerais micáceos constituídos de dezenove variedades de silicatos hidratados de magnésio e alumínio, com ferro e outros elementos. O nome vermiculita é originário do latim *vermiculus*, significa pequeno verme, devido ao fato das partículas se movimentarem de maneira semelhante aos vermes durante o processo de expansão térmica.

A vermiculita, $(Mg, Fe)_3 [(Si, Al)_4 O_{10}] (OH)_2 4H_2O$, é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro com uma estrutura micáceo-lamelar e clivagem basal que pode resultar da alteração de uma mica, mais comumente a biotita. Outros minerais associados à vermiculita são a hidrobiotita, piroxenita, apatita, anfibólio, sienito, serpentinito, flogopita, diopsídio, clorita, amianto, talco e minerais argilosos. Quimicamente ela é rica em óxidos.

A Figura 6 apresenta composições químicas médias de vermiculitas comerciais brasileiras originárias dos Estados da Paraíba e Goiás.

Composição (%)	Santa Luzia (PB)	Sancrelândia (GO)
SiO ₂	42,8	40,4
MgO	19,9	18,3
Al ₂ O ₃	6,8	13,0
Fe ₂ O ₃	6,7	8,5
K ₂ O	4,6	3,7
Na ₂ O	1,0	2,5
CaO	0,56	1,4
MnO	0,11	0,12
TiO ₂	0,86	1,0
NiO	0,29	0,21
BaO	-	-
Cr ₂ O ₃	0,45	0,31
H ₂ O(total)	15,80	10,40
Total	99,87	100,00

Figura 6 - Composição química média de vermiculitas comerciais brasileiras (UGARTE et al., 2005)

No Brasil a extração do minério de vermiculita é feita por lavra a céu aberto com desmonte mecânico. Em geral, o processamento do minério lavrado é feito na própria mina. Os minérios e concentrados são normalmente analisados pelo teor de vermiculita e tamanho das partículas. Há minérios com baixos teores (entre 20% e 30%) que podem ser aproveitados economicamente e minérios com teores elevados que chegam a 80% de vermiculita.

O minério lavrado é exposto ao sol para a secagem até uma umidade de 4%, ideal para a alimentação do processo, que é baseado em etapas de moagem em moinhos de martelo e peneiramento para a obtenção de concentrados com diferentes frações granulométricas.

A comercialização pode ser feita na forma natural (Figura 7(a)), embora a utilização na maioria das vezes seja feita na forma expandida (Figura 7(b)).



Figura 7 - Amostras de vermiculita: (a) Vermiculita natural (b) Vermiculita expandida (UGARTE et al., 2005)

O processo de expansão consiste no aquecimento do concentrado de vermiculita por meio de fornos especiais a gás ou a óleo. Sua estrutura cristalina micácea comporta uma molécula de água. A saída desta água por aquecimento rápido a uma temperatura elevada (até 1 100°C) provoca esfoliação das palhetas (TUMKUR *et. al.*, 2003). Tal processo denominado de expansão ou esfoliação pode provocar um aumento de até 30 vezes o volume original, ainda que o minério normalmente lavrado expanda em média de 8 a 12 vezes (SOUSA SANTOS, 1992). Esse processo faz com que a vermiculita expandida tenha baixa densidade (entre 0,15 g/cm³ e 0,25 g/cm³), área de superfície específica entre 6,0 m²/g e 8,0 m²/g (granulometria superfina) e capacidade catiônica elevada (100 mq/100 g a 130 mq/100 g), tendo potássio e o magnésio como principais cátions trocadores. Além

das propriedades descritas acima, a vermiculita expandida é um isolante térmico e acústico (UGARTE e MONTE, 2005).

Cerca de 80% das reservas mundiais de vermiculita estão situadas nos Estados Unidos, China e África do Sul (CAVALCANTI, 2008). O Brasil detém 10% das reservas mundiais e ocupa, atualmente, a quarta posição mundial na produção com 5% (UGARTE *et al.*, 2005).

As reservas brasileiras estão concentradas nos Estados da Paraíba (Santa Luzia), Goiás (Sancrelândia, Ouvidor e Montes Belos), Piauí (Queimada Nova) e Bahia (Brumado). Praticamente toda produção nacional está concentrada no Estado de Goiás e Piauí com 91% da produção nacional (CAVALCANTI, 2008).

A vermiculita é um mineral utilizado principalmente pela sua propriedade isolante, tanto térmica quanto acústica, além de alta capacidade de absorção e adsorção. É um minério utilizado nos seguintes segmentos:

- Construção civil - é aplicada como isolante térmico e acústico em paredes e tetos, na forma de argamassa para revestimento, blocos e placas.
- Agricultura - é utilizada na composição de fertilizantes, formação de solos para horticultura, condicionador de solos ácidos e argilosos.
- Outras aplicações- Indústria de tintas; fabricação de pneus e pastilhas de freio para a indústria automobilística; produção de tijolos refratários, blocos e placas resistentes a altas temperaturas; fabricação de isolantes térmicos têxteis; isolantes termoacústicos para a indústria naval; isolantes de câmaras frias; carga na formulação de fibra de vidro; revestimento de moldes para a fundição de ferro e alumínio, adsorção de óleos, pesticidas e materiais pesados.

3.1.2 Espuma de Poliestireno Expandido (EPS)

O poliestireno expandido é um plástico celular e rígido, que se pode apresentar numa grande variedade de formas e aplicações. Trata-se de uma espuma de poliestireno moldada, constituída por um aglomerado de grânulos produzida por polimerização inicial do monômero estireno, por aquecimento numa suspensão de água. Durante o processo de polimerização é introduzido um agente de formação de espumas que provoca a expansão das esferas, criando um favo de

esferas fechadas que depois de colocadas num molde e aquecidas de novo dão origem a uma espuma inodora, inerte e atóxica.



Figura 8 - Espuma de poliestireno expandido
Fonte: <http://hotfrog.com.br>

O EPS é versátil, fácil de manusear e colocar, apesar de muito leve tem uma resistência mecânica elevada, baixa condutibilidade térmica, isolante térmico, amortecedor de impactos, resistente à compressão, totalmente inócuo, impermeável e resistente à umidade, resistente quimicamente (é compatível com a maioria dos materiais correntemente utilizados na construção de edifícios, tais como cimento, gesso, cal, água, etc.), baixa absorção de água e insensível à umidade, sendo resistente ao envelhecimento.

As aplicações do EPS na construção civil são extraordinariamente variadas, para além de ser um excelente material de isolamento térmico, pode também ser um sistema construtivo.

As suas principais características tornam-no num material especialmente apropriado para uma utilização como isolante, elemento de enchimento, substrato para a realização de formas decorativas de acabamento.

3.1.3 Massa Acrílica

Massa Acrílica é indicado para nivelar e corrigir imperfeições rasas de superfícies externas de reboco, massa fina, fibrocimento, concreto, blocos de concreto e paredes pintadas com látex PVA ou acrílico, proporcionando um acabamento liso e sofisticado.

É um produto de fácil aplicação, secagem rápida, resistente ao intemperismo, A massa acrílica é composta por resina à base de dispersão aquosa de copolímero estireno acrílico, pigmentos isentos de metais pesados, cargas minerais inertes, hidrocarbonetos alifáticos, glicóis e tensoativos etoxilados. Se comparada a massa corrida (vinílica) possui maior resistência à aderência, à alcalinidade e à água. Porém, maior dificuldade de aplicação e lixamento. (UEMOTO, 2005).

3.2 Definição das variáveis do trabalho

3.2.1 Condições fixas

Com a finalidade de alcançar os objetivos propostos, foram determinadas as seguintes condições fixas: natureza do substrato empregado nos painéis, tipo de cimento utilizado nas argamassas de assentamento e revestimento, espessura da camada de revestimento argamassado e traço das argamassas de assentamento e revestimento. Estas variáveis encontram-se representadas na figura 9 e 10.

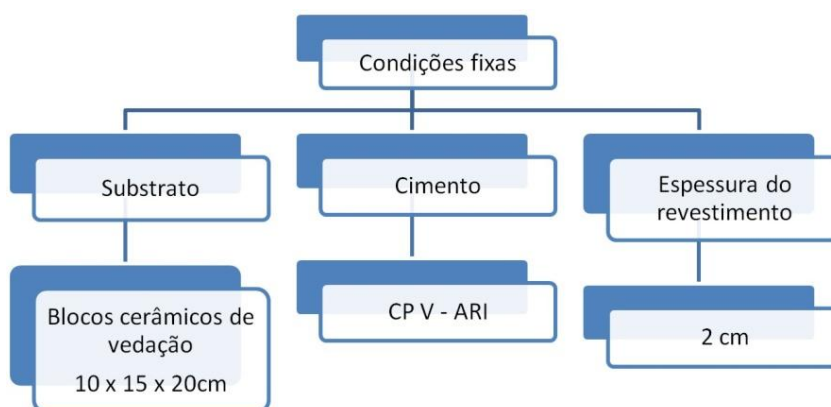


Figura 9 - Condições fixas – substrato, tipo de cimento e espessura do revestimento

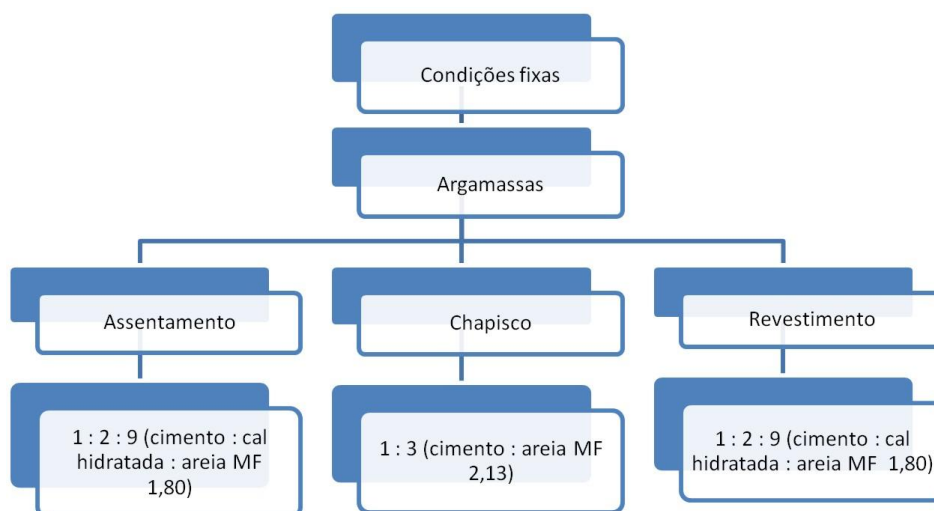


Figura 10 - Condições fixas - argamassas

3.2.2 Variáveis independentes

As variáveis independentes encontram-se relacionadas ao tipo de revestimento texturizado aplicado na face externa dos painéis e encontram-se representadas na figura11.

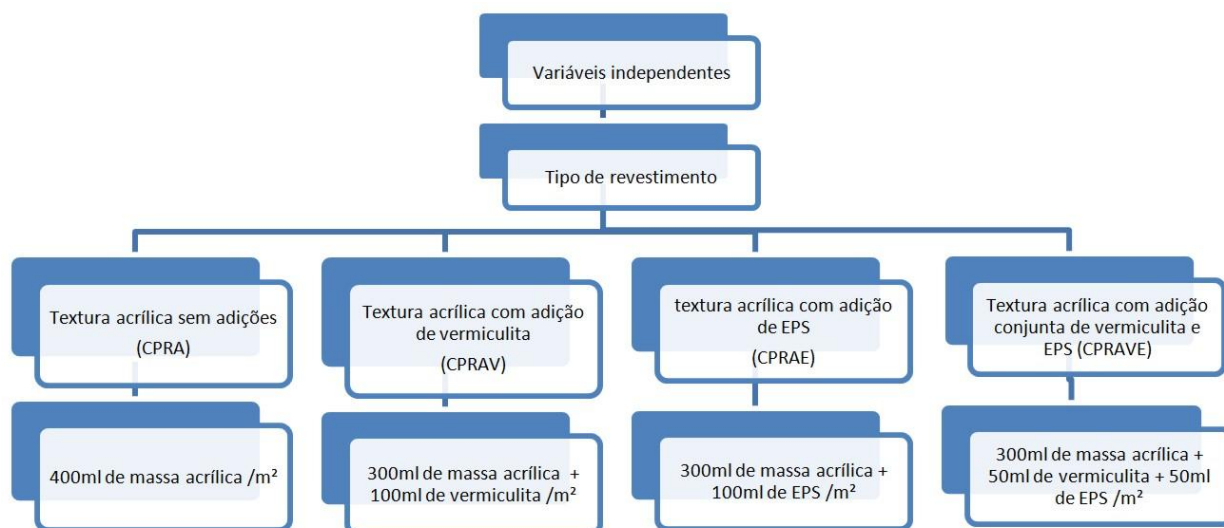


Figura 11 - Variáveis independentes – tipo de revestimento texturizado

O rendimento pode variar em função de alguns fatores, dentre eles o método de aplicação, geometria de estrutura, diluição, rugosidade e absorção da superfície, relevo / espessura da camada de revestimento aplicado, condições climática local, conhecimentos técnicos e práticos do profissional na aplicação.

O Rendimento por m² do revestimento foi determinado pela quantidade utilizada da unidade e dividida pela área da unidade.

3.2.3 Caracterização dos materiais empregados

3.2.3.1 Blocos cerâmicos

O bloco cerâmico empregado na execução dos painéis dos modelos foi de vedação, correspondente à família 10 x 15 x 20cm, tendo sido adquirido no comércio local da cidade de Palmas – TO. O mesmo foi submetido ao ensaio de caracterização física para determinação do índice de absorção de água, segundo a NBR 15270-1 (2005), sendo determinado o valor médio da série de 15,58%, dentro do intervalo de referência de norma (superior a 8% e inferior a 22%).

3.2.3.2 Agregados

Como agregados, foram empregados na composição das argamassas duas areias naturais, provenientes do Rio Tocantins, sendo adquiridas no comércio local da cidade de Palmas – TO. A Tabela 1 apresenta os ensaios de caracterização dos agregados utilizados. As referências encontram-se de acordo com as prescrições da NBR 7211 (2005). A composição granulométrica encontra-se representada na Figura12.

Tabela 1 – Caracterização dos agregados empregados

Característica determinada	Método de ensaio	Referência de norma	Resultado obtido	
			Areia 1	Areia 2
Módulo de finura	NBR NM 248 (2003)	-	1,80	2,13
Massa específica	NBR NM 52 (2002)	-	2,66	2,70
Massa unitária	NBR NM 45 (2006)	-	1,43	1,45
Torrões de argila e materiais friáveis	NBR 7218 (2010)	< 3%	0,4%	0,4%
Teor de material pulverulento	NBR NM 46 (2003)	< 3% ¹ < 5% ²	0,94%	

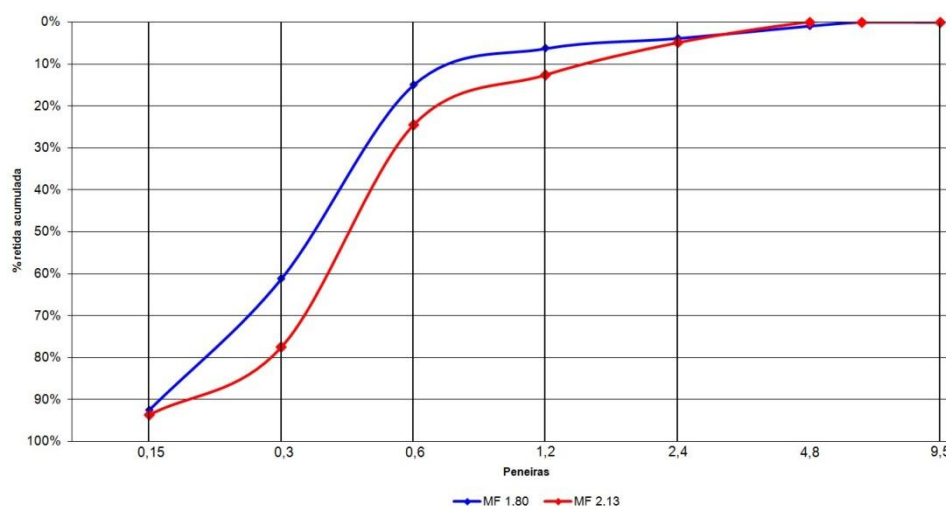


Figura 12 - Granulometria dos agregados empregados na confecção das argamassas

3.2.3.3 Cimento Portland

O cimento empregado na confecção das argamassas foi da marca Tocantins, produzido pela fábrica de cimento Votorantim (Grupo Votorantim), tendo sido adquirido no comércio local da cidade de Palmas – TO. O mesmo foi submetido ao ensaio de caracterização física de tempo de pega, segundo a NBR MN 65 (2003), sendo determinado o início de pega com 117 minutos (referência de norma > 60 minutos) e fim de pega com 197 minutos (referência de norma < 720 minutos).

3.2.4 Procedimento metodológico para determinação da eficiência térmica dos revestimentos aditivados

3.2.4.1 Estrutura dos modelos de teste

Foram edificados quatro modelos de teste em alvenaria, os quais foram posteriormente revestidos com argamassa e receberam, cada um, o revestimento texturizado específico ao estudo. Os modelos possuíam largura, comprimento e altura de 1m, dispondo de duas aberturas para circulação da massa de ar e cobertura de fibrocimento com inclinação de 12%. A sequência de construção encontra-se ilustrada nas figuras abaixo.

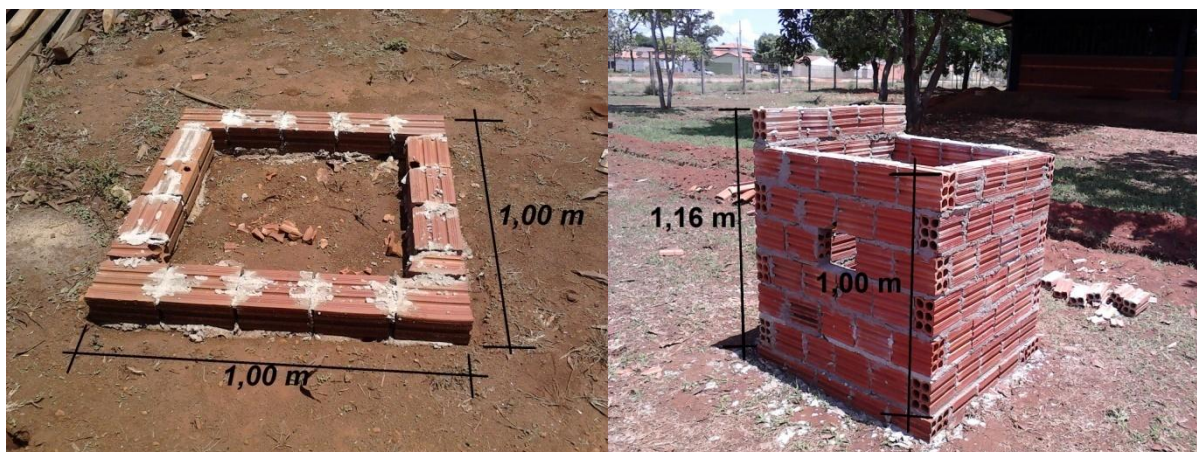


Figura 13 - Execução dos painéis dos modelos em estudo

Execução de uma viga baldrame construída diretamente no solo, de concreto simples do tipo mais comum de fundações rasas. A alvenaria de fechamento com tijolos cerâmicos, assentados no sistema convencional com argamassa de cimento, cal e areia.



Figura 14 - Revestimento argamassado dos modelos em estudo

Externamente as paredes serão chapiscadas com uma massa de cimento e areia com traço 1:3 (uma parte de cimento para três partes de areia) e após, rebocadas com argamassa produzida no canteiro de obra com traço 1:2:9 (uma parte de cimento para, duas de cal hidratado e nove partes de areia). Será executado piso de cimento como o mesmo traço do reboco.

De acordo com a Lei Nº 45/90 "CÓDIGO DE OBRAS", na seção de Dimensões das Aberturas,

Art. 56 - Nos compartimentos de permanência prolongada, os vãos destinados a iluminação e ventilação deverão ter área mínima de 1/6 (um sexto) da área do piso do compartimento.

Art. 57 - Nos compartimentos de permanência transitória, os vãos destinados à iluminação e ventilação deverão ter área mínima de 1/8 (um oitavo) da área do piso do compartimento.

Conforme a área da unidade e as dimensões das aberturas (janelas e aberturas superiores) estão conforme a Lei citada.



Figura 15 - Unidades prontas para aplicação do revestimento proposto

A cobertura será com telhas de fibro cimento, espessura 6 mm. Apoiada sobre as paredes com inclinação de 12 %. Após aguardar a secagem e cura (28 dias no mínimo). Aplicar uma demão de selador e demão de textura.

3.2.4.2 Aplicação do revestimento texturizado

Após a cura do revestimento argamassado das unidades, foi aplicado o revestimento texturizado, obedecendo-se a sequência representada na tabela 2.

Tabela 2 - Identificação do revestimento acrílico aplicado nas unidades

Unidade	Descrição do revestimento aplicado	Código de identificação
1	Revestimento acrílico texturizado	CPRA
2	Revestimento acrílico texturizado + EPS, traço em volume 3 : 1 (massa acrílica : EPS)	CPRAE
3	Revestimento acrílico texturizado + vermiculita, traço em volume 3 : 1 (massa acrílica : vermiculita)	CPRAV
4	Revestimento acrílico texturizado + EPS + vermiculita, traço em volume 3 : 0,5 : 0,5 (massa acrílica : EPS : vermiculita)	CPRAVE

A mistura da massa acrílica com o EPS ou vermiculita foi realizada de forma mecânica, com misturador mecânico, tendo-se o cuidado de conceder uniformidade à mistura. Em seguida a mesma era disposta em bandejas para aplicação com rolos de espuma rígida para texturas. Na aplicação das texturas CPRAE ou CPRAVE, com a utilização do EPS, foi necessário cuidado adicional para

espalhar uniformemente as esferas de EPS sobre o painel, a fim de assegurar a uniformidade do revestimento.



Figura 16 - Unidade CPRA

Externamente as paredes receberam uma “demão” selador externo acrílico. Após foram texturizadas com massa acrílica.



Figura 17 - Unidade CPRAV

Uma demão de selador e uma demão de textura de massa acrílica com vermiculita com traço de 3:1 (três partes de massa acrílica para uma parte de vermiculita).



Figura 18 - Unidade CPRAE

Aplicação de uma demão de selador e uma demão de textura de massa acrílica com EPS com traço de 3:1 (três partes de massa acrílica para uma parte de EPS).



Figura 19 - Unidade CPRAVE

Na aplicação das texturas CPRAE ou CPRAVE, com a utilização do EPS, foi necessário cuidado adicional para espalhar uniformemente as esferas de EPS sobre o painel, a fim de assegurar a uniformidade do revestimento.

3.2.5 Aquisição de dados

As temperaturas foram determinadas com termômetro por infravermelho, aplicado perpendicularmente às paredes das unidades, em seu ponto central (0,5m de altura e 0,5m de largura), interna e externamente, durante os períodos mais críticos de insolação, de 8 às 17 horas. Os painéis Sul e Oeste estavam na sombra e os painéis Norte e Leste exposto ao sol no período da manhã.

A leitura dos painéis internos foi realizada através das aberturas de circulação de ar. Segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Palmas caracteriza-se pela predominância do clima tropical com estação seca, com pequenas variações (a diferença entre o mês mais quente (setembro) e o mais frio (julho) é de apenas 3°C). A média das temperaturas máximas em setembro é de 36°C, e a das mínimas é de 22°C. Em julho, a média das temperaturas máximas atinge 33°C, enquanto a das mínimas cai para 15°C. Assim, a temperatura média anual é de 26°C.

Apesar de setembro ser o mês com maiores amplitudes térmico, as maiores temperaturas mínimas ocorrem em março, com 24°C. O mesmo acontece com julho (mês mais frio), com a menor temperatura máxima ocorrendo em março e fevereiro.

A distribuição sazonal das precipitações pluviais está bem caracterizada no ano, com dois períodos bem definidos: a estação chuvosa de outubro a abril com temperatura média variando entre 22°C e 28°C, e a estação seca nos meses de maio a setembro com temperatura média variando entre 27°C e 32°C, como temperatura máxima 41 °C, ainda segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Figura 20 ilustra o mapa climatológico da cidade de Palmas.

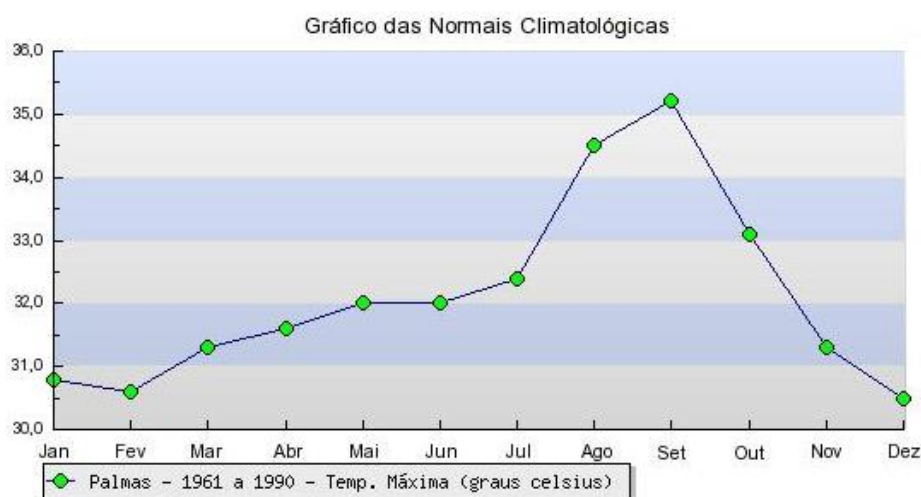


Figura 20 - Mapa Climatológicas de Palmas – TO
Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, acesso (08/09/12,14:30)

As tabelas apresentam a média de 112 leituras durante 5 meses, entre janeiro e junho, com as temperaturas obtidos nas paredes das unidades construídas, no período chuvoso e seco para avaliar o conforto térmico propiciado pelos revestimentos texturizados.

Tabela 3 - Período chuvoso temperatura da CPRA - Revestimento acrílico sem adições

Horário	Painel											
	Norte			Sul			Leste			Oeste		
	Tp ext ¹	Tp int ²	DTp N ³ (°C)	Tp ext ¹	Tp int ²	DTp S ⁴ (°C)	Tp ext ¹	Tp int ²	DTp L ⁵ (°C)	Tp ext ¹	Tp int ²	DTp O ⁶ (°C)
08:00	23,71	22,52	1,19	23,33	22,57	0,76	25,01	22,83	2,18	23,20	22,46	0,74
12:00	28,17	26,01	2,16	27,47	25,80	1,66	29,13	26,57	2,56	27,64	25,96	1,68
17:00	25,66	26,43	-0,77	26,10	26,50	-0,40	26,59	26,98	-0,38	26,18	26,61	-0,43

¹Tp ext: temperatura da parede externa

²Tp int: temperatura da parede interna

³DTp N: diferença da temperatura da parede Norte

⁴DTp S: diferença da temperatura da parede Sul

⁵DTp L: diferença da temperatura da parede Leste

⁶DTp O: diferença da temperatura da parede Oeste

Conforme mostra na tabela 3 a média da unidade com textura acrílica sem adições, a temperatura mais alta no período chuvoso foi de 29,13 °C na parede externa leste as 12 horas, e com uma redução de 2,57 °C.

Tabela 4 - Período seco temperatura da CPRA - Revestimento acrílico sem adições

Horário	Painel											
	Norte			Sul			Leste			Oeste		
	Tp ext	Tp int	DTp N(°C)	Tp ext	Tp int	DTp S (°C)	Tp ext	Tp int	DTp L (°C)	Tp ext	Tp int	DTp O (°C)
08:00	23,18	22,25	0,93	23,18	22,30	0,87	23,73	22,33	1,40	22,65	21,95	0,70
12:00	31,53	27,98	3,55	29,00	27,13	1,88	30,30	27,75	2,55	28,95	27,23	1,73
17:00	40,40	37,80	2,60	38,00	35,10	2,90	37,30	35,80	1,50	42,10	37,10	5,00

A tabela 4 apresenta a média da unidade com textura acrílica sem adições, a temperatura mais alta no período seco, com 42,10 °C na parede externa oeste, e com uma redução de 5,0 °C. no horário das 17 horas.

Tabela 5 - Período chuvoso temperatura da CPRAV - Revestimento acrílico com adição de vermiculita

Horário	Painel											
	Norte			Sul			Leste			Oeste		
	Tp ext	Tp int	DTp N(°C)	Tp ext	Tp int	DTp S (°C)	Tp ext	Tp int	DTp L (°C)	Tp ext	Tp int	DTp O (°C)
08:00	22,78	21,88	0,90	22,51	21,79	0,72	23,57	21,96	1,61	22,57	21,71	0,86
12:00	27,40	25,05	2,35	26,61	24,93	1,68	26,30	25,55	0,75	26,73	25,16	1,57
17:00	25,73	26,15	-0,42	25,75	26,39	-0,64	26,29	26,76	-0,47	26,39	26,89	-0,50

Tabela 6 - Período seco temperatura da CPRAV - Revestimento acrílico com adição de vermiculita

Horário	Painel											
	Norte			Sul			Leste			Oeste		
	Tp ext	Tp int	DTp N (°C)	Tp ext	Tp int	DTp S (°C)	Tp ext	Tp int	DTp L (°C)	Tp ext	Tp int	DTp O (°C)
08:00	22,13	21,50	0,63	21,60	21,23	0,38	22,15	21,48	0,67	21,95	21,20	0,75
12:00	29,43	26,20	3,23	27,25	25,23	2,03	28,08	25,90	2,18	27,63	25,50	2,13
17:00	38,90	34,60	4,30	36,00	32,70	3,30	35,30	33,60	1,70	42,10	35,30	6,80

Já na unidade com Revestimento acrílico com adição de vermiculita (CPRAV) o período chuvoso (tabela 5) a temperatura interna as 17 horas foi superior a externa, com a chuva foi mínima a ventilação. Chegando a 0,5 °C mais quente interno na unidade. Porém no período seco (tabela 6) houve uma redução de 6,80 °C no mesmo horário e parede.

Tabela 7 - Período chuvoso temperatura da CPRAE - Revestimento acrílico com adição de esferas de EPS

Horário	Painel											
	Norte			Sul			Leste			Oeste		
	Tp ext	Tp int	DTp N(°C)	Tp ext	Tp int	DTp S (°C)	Tp ext	Tp int	DTp L (°C)	Tp ext	Tp int	DTp O (°C)
08:00	22,58	21,55	1,03	22,48	21,69	0,79	23,90	21,90	1,99	22,34	21,68	0,67
12:00	26,79	24,62	2,17	26,31	24,48	1,83	27,77	25,13	2,64	26,28	24,79	1,49
17:00	25,14	25,77	-0,62	25,37	25,89	-0,53	25,78	26,23	-0,45	25,54	26,20	-0,66

Na tabela 7 a média da unidade com textura acrílica com adição de esferas de EPS, a temperatura mais alta no período chuvoso foi de 27,77 °C na parede externa leste as 12 horas, e com uma redução de 2,64 °C.

Tabela 8 - Período seco temperatura da CPRAE - Revestimento acrílico com adição de esferas de EPS

Horário	Painel											
	Norte			Sul			Leste			Oeste		
	Tp ext	Tp int	DTp N(°C)	Tp ext	Tp int	DTp S (°C)	Tp ext	Tp int	DTp L (°C)	Tp ext	Tp int	DTp O (°C)
08:00	22,88	21,65	1,23	22,58	21,55	1,03	24,23	21,80	2,43	22,18	21,15	1,03
12:00	30,73	27,45	3,28	27,85	25,83	2,03	29,33	26,75	2,58	28,15	25,93	2,23
17:00	41,30	36,40	4,90	37,90	34,30	3,60	38,10	34,70	3,40	41,90	36,40	5,50

De acordo com a tabela 8 a média da unidade com textura acrílica com adição de esferas de EPS, a temperatura mais alta no período seco foi de 41,9 °C na parede externa leste as 17 horas, e uma média de diferença de 3,40 apresentando um bom desempenho e com uma redução no máximo de 5,50 °C.

Tabela 9 - Período chuvoso temperatura da CPRAVE - Revestimento acrílico com adição de vermiculita e esferas de EPS

Horário	Painel											
	Norte			Sul			Leste			Oeste		
	Tp ext	Tp int	DTp N(°C)	Tp ext	Tp int	DTp S (°C)	Tp ext	Tp int	DTp L (°C)	Tp ext	Tp int	DTp O (°C)
08:00	22,29	21,40	0,89	22,11	21,34	0,77	23,40	21,62	1,77	22,04	21,31	0,72
12:00	26,56	24,66	1,90	26,05	24,28	1,77	27,46	24,99	2,47	26,09	24,55	1,54
17:00	24,88	25,63	-0,75	25,25	25,85	-0,60	25,57	26,19	-0,62	25,87	26,39	-0,53

No período chuvoso da unidade CPRAVE não apresentou com desempenho no horário das 17 horas, porem no horário das 12 horas houver um resultado de 2,47 °C.

Tabela 10 - Período seco temperatura da CPRAVE - Revestimento acrílico com adição de vermiculita e esferas de EPS

Horário	Painel											
	Norte			Sul			Leste			Oeste		
	Tp ext	Tp int	DTp N(°C)	Tp ext	Tp int	DTp S (°C)	Tp ext	Tp int	DTp L (°C)	Tp ext	Tp int	DTp O (°C)
08:00	23,38	21,70	1,68	21,73	21,08	0,65	22,68	21,40	1,28	21,70	21,15	0,55
12:00	26,93	25,88	1,05	27,00	24,73	2,28	27,58	25,60	1,98	26,83	24,88	1,95
17:00	39,50	35,20	4,30	35,90	32,90	3,00	36,40	33,80	2,60	42,00	34,90	7,10

Percebe-se que no período chuvoso não houveram diferenças entre os painéis de uma mesma unidade, chegando até 2,65°C na parede exposta ao sol e 1,8 °C na sombra. Já no período seco houve uma diferença significativa, alcançado até 7°C, o que demonstra a eficiência térmica dos revestimentos propostos.

Observou-se que no período seco a temperatura alcançou 42°C no dia mais crítico às 17 horas. Foi também comparada a temperatura da unidade CPRA com a temperatura das unidades CPRAV, CPRAE e CPRAVE, nos painéis expostos ao sol no período das 17 horas, nas paredes do Sul e Oeste. Os comportamentos assumidos por cada parede externa e interna das unidades encontram-se relacionados na Tabela1 a Tabela 3, bem como mostra os gráficos.

Tabela 11 – Desempenho térmico do revestimento CPRAV em relação ao revestimento padrão

Horário	Unidade					
	CPRA			CPRAV		
	Tp ext	Tp int	DTp	Tp ext	Tp int	DTp
08:00	22,91	22,13	0,79	21,78	21,21	0,56
12:00	28,98	27,18	1,80	27,44	25,36	2,08
17:00	40,05	36,10	3,95	39,05	34,00	5,05
MÉDIA	2,18			2,56		

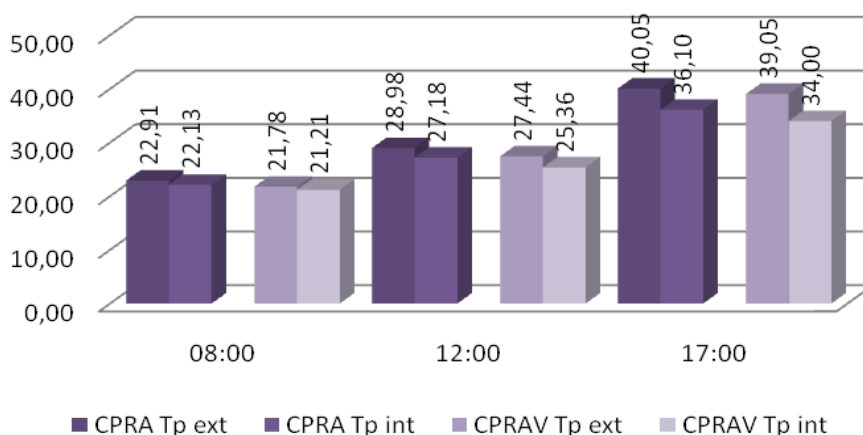


Gráfico 1 - Desempenho térmico do revestimento CPRAV em relação ao revestimento padrão

Desempenho térmico do revestimento CPRAV em relação ao revestimento padrão apresenta um resultado com uma média na unidade de 2,56 no período e horário mais crítico.

Tabela 12 – Desempenho térmico do revestimento CPRAE em relação ao revestimento padrão

Horário	Unidade					
	CPRA			CPRAE		
	Tp ext	Tp int	DTp	Tp ext	Tp int	DTp
08:00	22,91	22,13	0,79	22,38	21,49	0,89
12:00	28,98	27,18	1,80	28,00	25,88	2,13
17:00	40,05	36,10	3,95	39,90	35,35	4,55
MÉDIA	2,18			2,52		

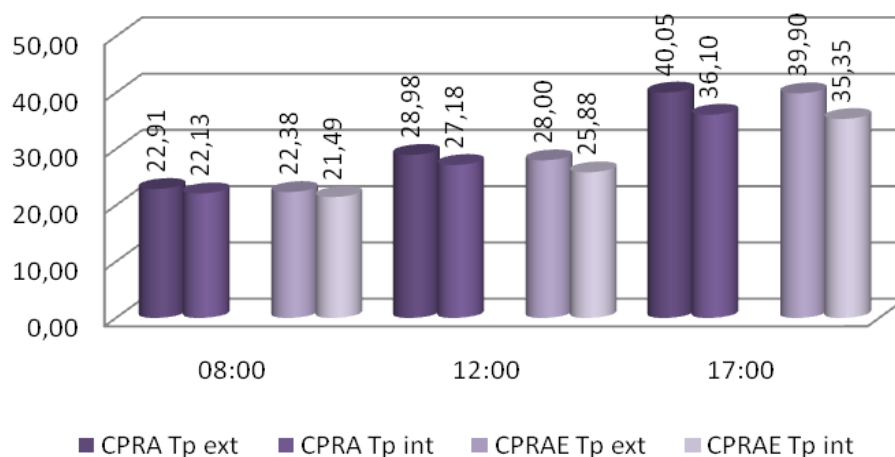


Gráfico 2 - Desempenho térmico do revestimento CPRAE em relação ao revestimento padrão

Desempenho térmico do revestimento CPRAE em relação ao revestimento padrão houve apenas uma diferença de 0,34 °C, com uma média de 2,52 °C em toda a unidade.

Tabela 13 – Desempenho térmico do revestimento CPRAVE em relação ao revestimento padrão

Horário	Unidade					
	CPRA			CPRAVE		
	Tp ext	Tp int	DTp	Tp ext	Tp int	DTp
08:00	22,91	22,13	0,79	21,71	21,11	0,60
12:00	28,98	27,18	1,80	26,91	24,80	2,11
17:00	40,05	36,10	3,95	38,95	33,90	5,05
MÉDIA	2,18			2,59		

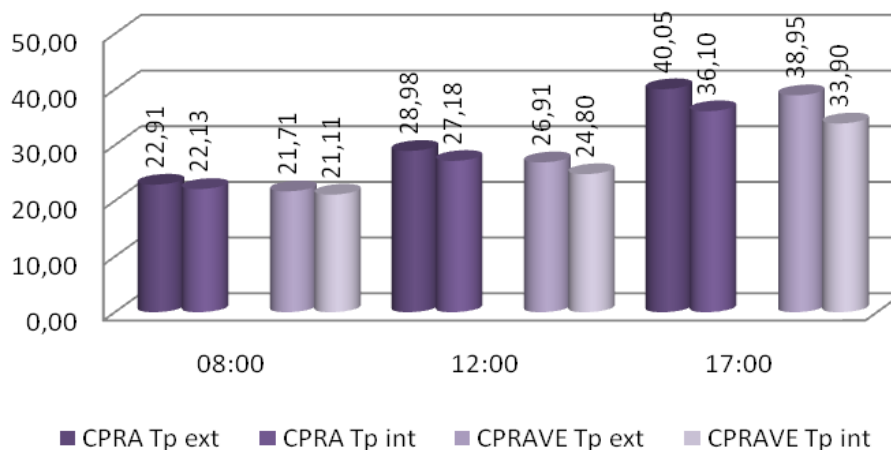


Gráfico 3 - Desempenho térmico do revestimento CPRAVE em relação ao revestimento padrão

Já o revestimento CPRAVE apresenta uma média de 5,59 °C no período seco comparando com a unidade CPRA, chegando até uma diferença de 5 °C.

3.2.6 Viabilidade Econômica

Posteriormente à análise do desempenho térmico, foi relacionado o custo estimado, por metro quadrado, dos revestimentos confeccionados, tendo-se por base o SINAPI do mês de agosto de 2012. A tabela 14 relaciona os valores levantados. Salienta-se que, nos revestimentos com o emprego de EPS reciclado, este item não acarreta em ônus.

Tabela 14 – Custo dos revestimentos confeccionados

Revestimento	Custo /m ²
Revestimento acrílico com adição de vermiculita	R\$ 2,70
Revestimento acrílico com adição de esferas de EPS	R\$ 2,80
Revestimento acrílico com adição de EPS reciclado	R\$ 2,00
Revestimento acrílico com adição de vermiculita e esferas de EPS	R\$ 2,75
Revestimento acrílico com adição de vermiculita e EPS reciclado	R\$ 2,35

4. CONCLUSÃO

Os revestimentos propostos apresentam viabilidades técnica, econômica e de materiais. Os revestimentos propostos acarretam em um aumento do conforto térmico no interior das unidades, sendo o melhor resultado alcançado pelo revestimento com adições de vermiculita e EPS, chegando a uma diferença de 5°C, com média de 2,6°C.

O processo tecnológico de execução dos revestimentos propostos é simples, podendo ser repassado à comunidade.

O aproveitamento do EPS como matéria prima mostrado nesse trabalho representa um aproveitamento ecologicamente correto, evitando seu descarte em lixões.

Os custos estimados dos revestimentos propostos, por metro quadrado, base agosto de 2012 foram, respectivamente: R\$ 2,70 para o revestimento acrílico com adição de vermiculita, R\$ 2,80 para o revestimento com adição de esferas de EPS, R\$ 2,00 para o revestimento com adição de EPS reciclado, R\$ 2,75 para o revestimento com adição de vermiculita e esferas de EPS e R\$ 2,35 para o revestimento com adição de vermiculita e EPS reciclado. Salienta-se que, nos revestimentos com o emprego de EPS reciclado, este item não acarreta em ônus.

Observou-se que a reduzida altura das unidades pode ter influenciado nos resultados, pois no período da tarde a camada de ar quente continuava dentro das unidades.

4.1 Prosseguimentos da Pesquisa

Para a utilização do revestimento acrílico texturizado, é interessante que mais pesquisas sejam realizadas, para proporcionar maior confiabilidade e segurança. Abaixo há sugestões para a realização de novas pesquisas:

- Verificar os diferentes tipos de coberturas;
- Variar a altura das unidades (corpo-de-prova);
- Verificar novas dosagens de adições diferentes das então empregadas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificações, Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7218**: Agregados — Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 12554**: Tintas para edificações não industriais - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 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, 2005.

_____. **NBR 15220 – 3**: Desempenho térmico de edificações, Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15270 – 1**: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação, Rio de Janeiro, 2005.

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

_____. **NBR NM 46**: Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 49**: Agregado miúdo – Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR NM 65**: Cimento Portland – Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003.

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

BRITEZ, Alexandre. **Diretrizes para especificação de pinturas externas texturizadas acrílicas em substrato de argamassa**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

CARTANA, Rafael Prado. **Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico. Estudo de caso em Florianópolis.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável Para os Trópicos.** Rio de Janeiro: Revan, 2003.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico.** São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GIVONI, B. **Comfort climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings.** 1992.

GRAÇA, Valéria A. C. da; KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. ; PETRECHE, João R. D.. **Otimização de Projetos das Escolas da Rede Estadual de São Paulo Considerando Conforto Ambiental.** São Paulo. ENTAC 2001.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. ; **Divulgação do Conhecimento em Conforto Ambiental.** São Paulo. ENTAC 2001.

NETO Jerônimo, FULVIO Lauria, MONTEIRO Rosa Maria, MUNIZ Maria Virgínia, ROSSI Sonia, Sakai Laerte. **A Pintura na manutenção de edifícios.** XII COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. São Paulo

OLIVEIRA, Marília P. de; **Materiais Compósitos à Base de Gesso Contendo Eva (Etileno Acetato De Vinila) e Vermiculita:** Otimização de Misturas e Propriedades Termomecânicas. Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2009.

SANTOS, N.Z.; TEIXEIRA, I.F. **Arborização de Vias Públicas:** Ambiente x Vegetação. 2 ed. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2001.

SEPLAN, SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO TOCANTINS. **Relatório Parcial 01; diagnóstico, prognóstico e alternativa de contabilização das disponibilidade e demanda hídricas,** Palmas Tocantins, 2004.

SILVA, Luis Otávio Rodrigues. **Formação da Cidade de Palmas de Tocantins**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

SILVEIRA, Ana Lucia Ribeiro Camilo da. **Diretrizes de Projeto para Construções. de Prédios Escolares em Teresina/PI**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

VILLAS BOAS, Márcio. “**Significado da Arquitetura nos Trópicos: Um Enfoque Bioclimático**” in Anais do I Sem. Nac. de Arquitetura nos Trópicos, Fund. J. Nabuco, Ed. Massangana, Recife, 1985.

UEMOTO, Kay Loh, SATO, Neide, JOHN Vanderley. **Influência do sistema argamassa/pintura nos fenômenos de transporte de água em revestimentos de argamassa**. Boletim Técnico. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998.