



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Erica Souza Tavares

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TERMICO ENTRE O BLOCO DE VEDAÇÃO  
CERÂMICO E O BLOCO DE CONCRETO LEVE (EPS) EM PALMAS –TO**

Palmas – TO

2019

Erica Souza Tavares

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TERMICO ENTRE O BLOCO DE VEDAÇÃO  
CERÂMICO E O BLOCO DE CONCRETO LEVE (EPS) EM PALMAS –TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
elaborado e apresentado como requisito para  
obtenção do título de bacharel em Engenharia  
Civil pelo Centro Universitário Luterano de  
Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Professor Msc. Hider Cordeiro de  
Morais

Palmas – TO

2019

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO TERMICO ENTRE O BLOCO DE VEDAÇÃO  
CERÂMICO E O BLOCO DE CONCRETO LEVE ( EPS) EM PALMAS –TO**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito para  
obtenção do título de bacharel em Engenharia  
Civil pelo Centro Universitário Luterano de  
Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Professor Msc. Hider Cordeiro de  
Morais

Aprovado em: 23 / 05 / 2019

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Ms. Hider Cordeiro de Moraes

Orientador

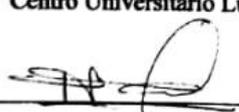
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



---

Ms. Murilo de Pádua Marcolini

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



---

Esp. Tailla Alves Cabral Brito

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

## **AGRADECIMENTOS**

*Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por ter me dado força para vencer mais um desafio de muitos que virão. Ao meus pais Aldaires Tavares Ribeiro de Souza e Uilson Francisco de Souza pelo incentivo e por acreditarem no meu potencial. Ao meu irmão Rau Deomar e ao meu primo Edilson Alves pelo empenho e ajuda na produção dos blocos.*

*Ao meu orientador Ms. Hider Cordeiro pelo engajamento, pela paciência, pelo conhecimento repassado e por me patrocinar com os materiais que foram utilizados para o desenvolvimento do projeto.*

*Ao proprietário da empresa Fort Lajes, Sr. Rubens por acreditar na seriedade do projeto, pelo conhecimento repassado e pela doação do Eps para a produção dos blocos.*

*Aos amigos pelas palavras de incentivo, pela troca de conhecimento e por me acompanhar durante todo o processo para que eu pudesse chegar até aqui. (James Sousa, Thamires Ramalho, Elizeu da Silva, Breno Ferreira, Renata Xavier, Mariana Melo.)*

*A vocês o meu muito obrigada!*

## RESUMO

TAVARES, Erica Souza. **Avaliação de desempenho térmico entre o bloco de vedação cerâmico e o bloco de concreto leve (eps) em palmas –TO. 2019.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2019.

Neste trabalho, verificou –se o desempenho térmico entre o bloco de vedação cerâmico e o bloco de concreto leve com EPS na cidade de Palmas, cujo clima é classificado como tropical úmido. O objetivo da pesquisa foi analisar as propriedades físicas do bloco de concreto leve produzido e fazer um estudo comparativo do desempenho térmico entre o bloco cerâmico e o bloco de concreto leve com EPS através da construção de células tipo. Foi realizado ensaio de resistência a compressão nos blocos de concreto leve segundo as normas da ABNT para blocos de vedação e os resultados obtidos encontram-se dentro dos parâmetros definidos em norma. O desempenho térmico foi analisado com auxílio do equipamento sensirion que mediu as temperaturas dos protótipos a cada 10 minutos, com estes dados em mãos verificou-se que o protótipo construído com bloco de concreto leve obteve temperaturas amenas no período da manhã e tarde, já no período noturno as temperaturas se mostraram maiores em relação ao bloco cerâmico. Isso pode ter ocorrido em virtude da inércia térmica baixa, onde ocorre o retardamento de transferência de calor do ambiente externo para o ambiente interno. As umidades internas do protótipo com EPS apresentou valores menores em relação ao protótipo cerâmico em razão das propriedades dos materiais.

**Palavras chave:** EPS, desempenho térmico, inércia térmica

## ABSTRACT

In this work, the thermal performance between the ceramic seal block and the lightweight concrete block with EPS in the city of Palmas, whose climate is classified as tropical humid, was verified. The objective of the research was to analyze the physical properties of the lightweight concrete block produced and to make a comparative study of the thermal performance between the ceramic block and the lightweight concrete block with EPS through the construction of type cells. A compressive strength test was performed on lightweight concrete blocks according to the ABNT standards for sealing blocks and the results obtained are within the parameters defined in the standard.

The thermal performance was analyzed with the aid of the sensirion equipment that measured the prototype temperatures every 10 minutes, with this data in hand it was verified that the prototype built with light concrete block obtained mild temperatures in the morning and afternoon, temperatures were higher in relation to the ceramic block. This may have occurred because of the low thermal inertia where the heat transfer delay from the external environment to the internal environment occurs. The internal humidity of the prototype with EPS presented lower values in relation to the ceramic prototype due to the properties of the materials.

Keywords: EPS, thermal performance, thermal inertia

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de Conforto Térmico Humano .....	19
Figura 2 – Pentano (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> ).....	26
Figura 3 – Pérolas de EPS .....	26
Figura 4 – Processo de fabricação do bloco de EPS .....	27
Figura 5 – Mercado do EPS (1999- 2017).....	29
Figura 6 – Bloco de concreto com EPS.....	31
Figura 7 – Bloco com furos na horizontal e bloco com furos na vertical.....	32
Figura 8 – Parede de blocos cerâmicos sem revestimento .....	33
Figura 9 – Parede com revestimento interno e externo .....	33
Figura 10 – Classificação Bioclimática dos municípios brasileiros .....	34
Figura 11 – Localização do Centro Universitário Luterano de Palmas.....	36
Figura 12 – Planta Baixa – Célula tipo.....	37
Figura 13 – Detalhe 3D da célula tipo.....	37
Figura 14 – Levante das paredes com blocos cerâmicos.....	38
Figura 15 – Execução de reboco.....	39
Figura 16 – Cobrimento com telha termo acústica.....	39
Figura 17 – Detalhe do eps.....	40
Figura 18 – Fôrma umedecida com desmoldante.....	41
Figura 19 – Preenchimento das fôrmas com concreto leve.....	41
Figura 20 – Conformação do bloco .....	42
Figura 21 – Execução das primeiras fiadas .....	42
Figura 22 – Levante das paredes .....	43
Figura 23 – Instalação da telha termo acústica.....	43
Figura 24 – Aparelho Sht 31 Smart Gadget .....	44
Figura 25 – Aparelho sensirion nas células tipo.....	44
Figura 26 – Detalhe das fissuras.....	45
Figura 27 – Resultado obtido aos 28 dias.....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 28 – Aspecto do bloco com concreto fluído .....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resistência térmica superficial interna e externa.....	22
Tabela 2 – Condutividade térmica de alguns materiais.....	23
Tabela 3 - Capacidade térmica de paredes externas.....	25
Tabela 4 – Transmitância térmica de paredes externas.....	25
Tabela 5 – Classificação do concreto, segundo a massa específica aparente.....	30
Tabela 6 – Traços testes.....	40
Tabela 7 - Requisitos para resistência característica à compressão.....	46
Tabela 8 – Temperaturas máximas.....	49

## GRÁFICOS

Gráfico 1 – Variação da temperatura entre células tipo .....	48
Gráfico 2 – Variação das temperaturas internas e externas.....	49
Gráfico 3 – Variação da umidade entre os protótipos .....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAPEX	Associação Brasileira do Poliestireno Expandido
ACOLPANT	Associação Brasileira de Patologias das Construções
CAN	Consumo Aparente Nacional
CCT	Coefficiente de Condutibilidade Térmica
CFC	Clorofluorocarboneto
CT	Capacidade Térmica
EPS	Poliestireno expandido
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
K	Condutividade
NBR	Norma Brasileira
RT	Resistência Térmica
U	Transmitância Térmica
ZBBR	Zoneamento Bioclimático do Brasil

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
°C	Graus Celsius
kg/m <sup>3</sup>	Quilograma por metro cúbico
Y	Massa Específica Aparente
Km <sup>2</sup>	Quilometro quadrado

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 .....	21
Equação 2 .....	21
Equação 3 .....	22
Equação 4 .....	24

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	18
2.2 CONFORTO TÉRMICO.....	19
2.3 DEMPENHO TÉRMICO.....	20
2.4 TRANSMITÂNCIA TÉRMICA.....	20
2.5 RESISTÊNCIA TÉRMICA.....	21
2.5.1 RESISTÊNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL.....	22
2.6 CONDUTIVIDADE TÉRMICA.....	22
2.7 INERCIA TÉRMICA.....	23
2.8 CAPACIDADE TÉRMICA.....	24
2.9 A NBR 15575: 2013.....	24
3.0 O EPS.....	26
4.0 O CONCRETO.....	29
4.1 CONCRETO LEVE COM EPS.....	30
4.2 BLOCOS CERÂMICOS.....	31
5.0 O CLIMA.....	34
5.1 ZONA BIOCLIMÁTICA.....	34
5.2 PALMAS.....	35
6 METODOLOGIA.....	36
6.1 LOCAL DE ESTUDO.....	36
6.2 CÉLULA TIPO.....	37
6.3 CONSTRUÇÃO DAS CÉLULAS.....	37
6.3.1 CÉLULA (CERÂMICA) - ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCO CERÂMICO.....	37
6.3.2 A CONSTRUÇÃO / EXECUÇÃO.....	38
6.3.3 CÉLULA (EPS) – CONCRETO LEVE COM EPS.....	40
6.3.3.1 A PRODUÇÃO / EXECUÇÃO.....	40
6.3.3.2 EXECUÇÃO.....	42

6.3.4 LEVANTAMENTO DE DADOS .....	44
7.0 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	45
7.1 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO LEVE .....	45
7.2 CONSISTENCIA DO BLOCO DE CONCRETO LEVE.....	46
7.3 COMPORTAMENTO HIGROTÉRMICO DAS CÉLULAS TIPO .....	47
7.3.1 RESULTADO DAS MEDIÇÕES DAS CELULAS TIPO .....	47
8 CONCLUSÃO.....	52
9 REFERÊNCIAS .....	53

## 1 INTRODUÇÃO

A Construção civil está sempre em busca de novas tecnologias, como a inserção de novos materiais, métodos e sistemas construtivos. Essa procura visa atender aos anseios dos usuários das edificações, que, além de uma edificação de qualidade, almejam diversos tipos de confortos.

A entrada em vigor da NBR 15575:2013, demonstra a evolução no método de projetar, estabelecendo parâmetros de conforto e qualidade em edificações. Ela indica requisitos mínimos de desempenho ao longo da vida útil dos elementos da edificação, dentre eles os critérios de avaliação para que os sistemas de vedações atinjam conforto térmico adequado.

No entanto, dentre os requisitos, o desempenho térmico é considerado fundamental em uma edificação, conseqüentemente, tem se pensado cada vez mais em sistemas construtivos inovadores capazes de proporcionar aos ocupantes conforto térmico, acústico e que seja harmonicamente sustentável e de baixo custo.

Outro fator a ser considerado é a vedação da edificação, sendo projetada para resistir seu peso próprio e fechar vãos. Segundo Santos (2014), o sistema de vedação mais utilizado no Brasil é constituído por bloco cerâmicos, por apresentar baixo custo unitário, ter uma elevada durabilidade, facilidade na fabricação e ser um bom isolante térmico, mas com a industrialização na construção civil surgiram materiais alternativos que podem ser utilizados para a mesma função.

É o caso do bloco de concreto leve com EPS para vedação, ele é formado a partir da inserção de flocos de EPS na massa do concreto convencional, desse modo o concreto fica consideravelmente mais leve, além de proporcionar excelente isolamento térmico. Podendo ser utilizado de várias formas desde que não haja grandes esforços. O concreto leve está em ascensão principalmente em construções modernas, esse interesse surge da necessidade de reduzir os volumes de elementos estruturais, aliado à procura de durabilidade e conforto térmico.

Considerando que o desempenho térmico trata-se de um item de grande importância para o usuário, ainda mais quando aplicado em um ambiente de grandes temperaturas, como é o caso do estudo que abordará essa situação na cidade de Palmas que apresenta temperaturas médias anuais em torno de 28 °C. (SEPLAN, 2018) e levando em consideração o aumento na procura por condicionadores de ar para garantir condições de conforto.

Este trabalho vem demonstrar a importância de estudar os materiais e aprimorar o conhecimento sobre suas condicionantes térmica.

### 1.1 Problema de Pesquisa

Considerando as variações climáticas com tendências à prevalência de altas temperaturas e altas amplitudes térmicas na cidade de Palmas – TO e a utilização de recursos tecnológicos na construção civil, no sentido de levar conforto térmico ao consumidor, a presente pesquisa reúne dados coletados no intuito de responder ao problema de pesquisa: Quais características tecnológicas do bloco de concreto leve e cerâmico podem apresentar melhor desempenho térmico na realidade da cidade de Palmas– TO?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho térmico entre o bloco de vedação cerâmico e o bloco de concreto leve (EPS) em Palmas – TO.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar as propriedades físicas do bloco de concreto leve;
- Fazer um estudo comparativo do desempenho térmico entre o bloco de vedação cerâmico e o bloco de concreto leve.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo o CCEE (Câmara de comercialização de energia elétrica, 2019) houve um aumento de 6,3% no consumo de energia elétrica, no mês de fevereiro comparado ao ano de 2018. O Crescimento no consumo de energia, está relacionado a diferentes fatores, dentre eles o aumento da temperatura climática em todo o Brasil. Com as altas temperaturas, o ar condicionado passou a ser a única solução para o condicionamento térmico dos ambientes.

Segundo Rivero (1985) o equipamentos de ar condicionado absorve o calor que adentra no ambiente, resfriando assim, a temperatura do ar, mas mesmo com a sua utilização, as temperaturas superficiais dos elementos de vedação permanecem inalteradas e irradiando calor para as pessoas. Uma alternativa para enfrentar o problema seria a inclusão de sistemas construtivos que apresentem elevado desempenho térmico.

O estudo das propriedades térmicas dos materiais de construção é um ponto muito importante para o questionamento do problema da transferência de calor através dos fechamentos opacos da edificação. Ao escolher corretamente o material que será empregado na construção, pode-se chegar à concepção de sistemas construtivos capazes de reduzir a carga térmica solar que é transmitida para o interior das edificações. (BEZERRA, 2003)

Levando em consideração as elevadas temperaturas na cidade de Palmas e a necessidade de se encontrar materiais e métodos construtivos que possam proporcionar melhor conforto térmico, este trabalho vem trazer maiores informações sobre o bloco de vedação cerâmico e de concreto leve com EPS para auxiliar o consumidor na tomada de decisão para a escolha do sistema que atenda às suas exigências, quanto ao melhor desempenho térmico.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A evolução tecnológica iniciou quando a produção das construções deixou de ser apenas para autoconstrução e passou a ser uma prática dedicada ao mercado. A competitividade pelo mercado de trabalho está cada vez mais acirrada e o diferencial é a busca por inovações com a inserção de novos materiais, a reinvenção das técnicas construtivas e construções sustentáveis.

De acordo com Barros (1996), inovação tecnológica na área da Construção Civil é definida como um aperfeiçoamento tecnológico, resultado de atividades de pesquisa e desenvolvimento internas ou externas à empresa, aplicado ao processo de produção do edifício objetivando a melhoria de desempenho, qualidade ou custo do edifício ou de uma parte do mesmo.

A indústria da construção civil passou por pelo menos três estágios sucessivos, o primeiro deles ocorreu na época do Brasil Colônia, que consistiu na sua maioria em construções residenciais, utilizando técnicas construtivas bem simples. As edificações eram feitas de pau-a-pique, taipa de pilão ou adobe. Desde o período colonial já se pensava em construções que pudessem proteger os moradores de animais selvagens e das variações climáticas. O adobe muito utilizado neste período apresenta grande eficácia em climas quentes e frios, pois proporciona inércia térmica necessária para manter a temperatura interna do ambiente constante, mesmo a temperatura externa apresentando temperaturas extremamente altas ou baixas. Vargas (1994) & (Silva, 2000).

O segundo estágio inicia quando a produção deixa de ser para uso próprio e passa a atender as demandas do mercado, com a forte imigração europeia houve uma grande demanda por construções, em decorrência das atividades industriais. As técnicas e conhecimento tecnológico dos materiais ainda era bastante limitado e as obras ficavam de responsabilidade dos mestres de obras. Já no terceiro estágio o conhecimento com base científica começa a ser introduzido na construção civil, nesse período as alterações tecnológicas começam a chegar nos canteiros de obras com a inclusão de novos materiais, componentes e ferramentas até chegar aos dias atuais.

## 2.2 - CONFORTO TÉRMICO

Segundo Santos (2008), o Conforto Térmico é definido como o nível de satisfação do usuário em um ambiente, levando em conta a relação de temperatura média, umidade relativa, atividade desenvolvida e até sua vestimenta. A sensação de conforto varia em função da sua aclimatização ao ambiente local e pode influenciar na produção e satisfação pessoal de cada indivíduo. Portanto o conforto térmico pode ser alcançado pelo equilíbrio da influência de elementos climáticos. Segue na figura 1 diagrama de conforto humano.

Figura 1 – Diagrama de Conforto Térmico Humano



Fonte: INMET, 2018.

Nota-se que o conforto térmico está relacionado a umidade relativa do ar e a temperatura. No diagrama pode ser observado que quando a temperatura encontra-se entre 20°C e 30°C e a umidade relativa entre 30 % e 80% não há necessidade de condicionadores de ar, pois o corpo humano está confortável termicamente. Entretanto, se a temperatura estiver abaixo de 20°C ou acima de 30°C e a umidade estiver menor que 30% ou maior que 80% já haverá desconforto térmico.

A sensação de conforto térmico está relacionado ao esforço realizado pelo organismo para manter o equilíbrio térmico. Esse equilíbrio é essencial para a vida humana, pois a

quantidade de calor produzida pelo organismo deve ser igual a cedida para o ambiente. (RUAS, 1999).

Segundo GRAF (2011), é sabido que existe diferenças fisiológicas entres as pessoas, devido a aclimatização e aos hábitos culturais. Se for perguntado ao palmense se ele está com frio a uma temperatura de (20°C independente de suas variáveis) a resposta será sim, mas se for perguntado a um porto-alegrenses, a resposta será não. Isso ocorre devido a adaptação das pessoas ao seu local de origem e também conforto adaptativo, ou seja, as pessoas tendem a se acostumar com a temperatura do local em que residem.

### 2.3 - DEMPENHO TÉRMICO

O desempenho térmico de uma edificação depende de diferentes fatores, dentre eles estão: a localização de uma edificação, características bioclimáticas, a escolha do material que será utilizado nas paredes de vedação, piso e cobertura. (RIBAS, 2013).

De acordo com GRAF (2011), o desempenho térmico está relacionado aos materiais aplicados na alvenarias de vedação externas e coberturas de uma edificação. E a melhor forma de melhorar o desempenho é conhecer e estudar melhor o clima de cada região e as formas de envelopamento e isolamento térmico. Quanto mais isolado o invólucro, uma quantidade maior de materiais será utilizada, sendo assim, uma maior quantidade de calor será absorvida a edificação, porém menor será a transmitância térmica.

### 2.4 - TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

A ABNT NBR 15220:2005 explana que transmitância térmica é inversamente proporcional a resistência térmica total.

A transmitância Térmica pode ser entendida como uma unidade de medida de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície unitária de um elemento, do revestimento da edificação por uma unidade de diferença de temperatura dos ambientes que este separa. (ACEPE, 2014). O valor de transmitância térmica das superfícies que compõem o revestimento é importante para manter a edificação com uma faixa de conforto aceitável, com a menor quantidade de calor para a climatização dos ambientes. (GRAF,2011)

Lambert, Dutra e Pereira (2012) afirmam que a transmitância térmica é a variável mais importante para a avaliação de desempenho em fechamentos opacos.

Segundo a NBR 15220, a transmitância térmica pode ser calculada utilizando a seguinte fórmula:

Equação 1

$$U = \frac{1}{RT} \left( \frac{W}{m^2} \cdot K \right)$$

Onde: U = Transmitância Térmica

RT = Resistência Térmica

W = Watts

K = Kelvin

## 2.5 - RESISTÊNCIA TÉRMICA

A resistência térmica (R) é uma propriedade que o material tem para resistir à passagem de calor. A espessura do material está relacionada a sua resistência, ou seja, quanto maior a espessura, maior será a resistência que o material oferece à penetração de calor. (LAMBERT, DUTRA E PEREIRA, 2012).

Segundo Costa (2003), a resistência de um material heterogêneo equivale a somatória de resistências térmicas das camadas de um elemento, onde inclui resistências internas e externas. Neste caso em estudo, significa o quanto a transferência de calor sofre para atravessar as paredes de vedação de uma edificação. Quanto mais espessa a camada, menor o índice de condutibilidade térmica, conseqüentemente apresentará maior resistência térmica.

A fórmula para se encontrar a resistência térmica é a seguinte:

Equação 2

$$RT = \frac{A_a + A_b + \dots + A_n}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{A_b}{R_b} + \dots + \frac{A_n}{R_n}}$$

Onde:  $A_a + A_b \dots + A_n$  = Área do elemento, transversal ao sentido do fluxo de calor (m<sup>2</sup>)

$R_a + R_b \dots + R_n$  = Resistência Térmica do elemento

### 2.5.1 - RESISTÊNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL

O fluxo de calor que um ambiente transfere para ao outro, depende da resistência entre os ambientes, diferença de temperatura e da área de interação. (MARTINS, SCHIMID e STANESCU, 2016) A resistência superficial externa é definida quando a superfície está limitando o material e o meio externo, já a resistência superficial interna é quando a superfície está limitando o material e o meio interno. (LAMBERT, DUTRA E PEREIRA, 2012).

A NBR 15220 (ABNT 2005) apresenta a equação abaixo para o cálculo da resistência térmica:

Equação 3

$$RT = Rse + Rt + Rsi$$

Onde:  $Rt$  = Resistencia Térmica de superfície a superfície

$Rse$  = Resistência superficial externa

$Rsi$  = Resistencia superficial interna

Com relação às resistências térmicas superficiais, na NBR 15220 (ABNT 2005) são apresentados alguns valores médios conforme a tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Resistência térmica superficial interna e externa

$R_{si}$ (m <sup>2</sup> .K)/W			$R_{se}$ (m <sup>2</sup> .K)/W		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
					
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005)

### 2.6 - CONDUTIVIDADE TÉRMICA

Condução térmica é definida como um fenômeno físico, onde o calor é transportado de uma região de alta temperatura de uma certa substância para uma outra de temperatura mais

baixa. A propriedade que caracteriza a capacidade do material de transmitir calor é denominada condutividade térmica. (CALLISTER, 2003)

A condutividade térmica depende na densidade do material e do conteúdo de umidade, ou seja, materiais com densidades altas tendem a conduzir maior quantidade de calor por unidade de tempo. (LAMBERT, DUTRA E PEREIRA, 2012). Segue na tabela abaixo alguns materiais construtivos com as suas respectiva densidades.

Tabela 2 – Condutividade térmica de alguns materiais

Material	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/m.K)
Concreto Normal	2200 a 2400	1,75
Tijolo Cerâmico	1000 a 1300	0,70
Madeira	450 a 600	0,15
Isopor	25 a 40	0,035

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira, 2019

A razão para o material de baixa densidade apresentar menor condutividade está relacionada a quantidade de ar presente na estrutura, isto é, estruturas composta por grandes quantidades de poros contendo ar tendem a ter menor condutividade. Segundo Lamberts (1988), a água conduz 25 vezes mais calor do que o ar, nesse contexto com o aumento de umidade no material os poros são preenchidos por água, o que acarreta o aumento da condutividade térmica.

## 2.7 - INERCIA TÉRMICA

A inércia térmica é a capacidade da edificação de armazenar e liberar calor e está associada ao amortecimento e o atraso da onda de calor, isso ocorre em função do aquecimento ou ao resfriamento dos materiais. A inércia térmica está inteiramente relacionada a densidade, condutibilidade e a capacidade calorífica da parede. Uma parede apresenta maior ou menor inércia térmica de acordo com seu peso e espessura. (FROTA, 2001)

O conceito de atraso térmico refere-se ao tempo que leva de uma variação térmica de um meio e sua manifestação na superfície oposta da vedação. Já o amortecimento é a propriedade do fechamento de diminuir a amplitude das variações térmicas. (RIVERO, 1986)

Segundo Frota (2001), em locais com clima quente e úmido não é viável ter uma inércia térmica muito grande, em virtude da dificuldade de remoção de calor interno armazenado durante o dia, o que prejudica o resfriamento da edificação quando a temperatura

externa noturna está mais agradável que internamente. O mais aconselhável seria prever uma inércia média a leve, utilizando materiais isolantes nas vedações, para vedar a passagem de parte do calor da radiação evitando assim que ela atravesse a construção e gere calor interno excessivo.

Em cobertura deve-se utilizar material isolante, conforme nas vedações ou espaços de ar ventilados, os quais têm como característica retirar o calor que atravessa as telhas de modo a não penetrar nos ambientes. (FROTA, 2001).

## 2.8 - CAPACIDADE TÉRMICA

A capacidade térmica (CT) consiste na capacidade total de armazenar calor, dependendo do calor específico e da matéria. Ela é de suma importância na determinação do desempenho térmico, pois na maioria das cidades as temperaturas durante o dia são bem maiores que as noturnas, portanto, durante o dia a parede armazena calor que não é transferido para o interior da edificação e no período noturno com as temperaturas mais baixas, ela vai perdendo calor de forma gradativa para o ambiente. (RIBEIRO, 2016)

Equação 4

$$CT = \rho \cdot c \cdot e$$

Onde:

CT = Capacidade térmica (J/(m<sup>2</sup>.K))

$\rho$  = peso específico (kg/m<sup>3</sup>)

c = calor específico (J/(kg.K))

e = espessura (m)

## 2.9 - A NBR 15575: 2013

A NBR 15575:2013 – Desempenho em Edificações Habitacionais trata dos critérios mínimos de desempenho possíveis a serem mensurados ao longo da vida útil de uma edificação. Dentre os diversos requisitos abordado na norma, o de interesse deste trabalho é apenas o de desempenho térmico para sistemas de vedações internas e externas.

SILVEIRA (2014) define desempenho como o comportamento de um material em uso. A edificação é um produto que deve apresentar determinadas características para que se cumpra

as funções e os objetivos que a ela foi atribuído, levando em consideração as condições de exposição e uso.

A norma de desempenho de até cinco pavimentos, consiste no conjunto de normas organizadas em seis partes. Ela engloba a edificação como um todo, estabelecendo critérios mínimos de avaliação e desempenho. Dentre os temas abordados estão, sistemas estruturais, sistemas de piso internos, sistemas de vedações internas e externas, sistema de cobertura e hidrossanitário. (ABNT, 2013)

O desempenho térmico pode ser qualitativo e quantitativo, quando se trata de requisitos de desempenho, os termos utilizados são qualitativo, já os critérios de desempenho são expressos em termos quantitativos e os métodos de avaliação variam de acordo com o momento e objetivo da avaliação. (KAPPAUN, 2012)

A NBR 15575 (ABNT, 2013) exige que a transmitância térmica e a capacidade térmica proporcione pelo menos os requisitos mínimos de desempenho de acordo com cada zona bioclimática. A tabela 3 e 4 demonstra os valores limites de transmitância térmica e capacidade térmica de paredes externas.

Tabela 3 - Capacidade térmica de paredes externas

<b>Capacidade térmica de paredes externas (CT) kJ/(m<sup>2</sup>.K)</b>	
Zona 8	Zona 1 a 7
Sem exigência	≥ 130

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013)

Tabela 4 – Transmitância térmica de paredes externas

<b>Transmitância Térmica (U) W/m<sup>2</sup>.K</b>		
Zonas 1 e 2	Zonas 3,4,5,6,7	
$U \leq 2,5$	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
$\alpha$ é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede		

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013)

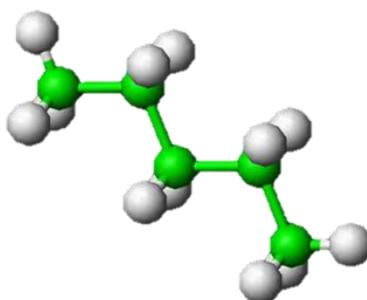
Nas tabelas são apresentados os valores limites de transmitância térmica e capacidade térmica levando em consideração a zona bioclimática. De acordo NBR 15220 -3 (ABNT, 2005), a cidade de Palmas encontra-se inserida na zona bioclimática 7, portanto a transmitância térmica deve ser menor ou igual a 2,5 W/m<sup>2</sup>.K e a capacidade térmica tem que ser maior ou igual a 130 kJ/(m<sup>2</sup>.K)

### 3.0 - O EPS

O EPS é um sigla internacional do Poliestireno Expandido, conhecido no Brasil como isopor, que foi desenvolvido em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, na Alemanha.

O poliestireno Expandido é um plástico celular rígido, decorrente da polimerização do estireno em água. No seu processo produtivo não se utiliza o gás CFC (clorofluorcarboneto) ou qualquer um de seus substitutos. Como agente expensor para a transformação do EPS, emprega-se o pentano, um hidrocarboneto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, sem comprometer o meio ambiente. (Abrapex, 2018). Segue abaixo representação do pentano na figura 2.

Figura 2 – Pentano (C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>)



Fonte: Química seed, 2018.

De acordo com Oliveira (2013), as pérolas de EPS expandidas tem uma estrutura oclusa que contém cerca de 98% de ar e 2% de poliestireno, apresenta características como a leveza, baixa condutibilidade térmica e resistência química e física.

Figura 3 – Pérolas de EPS

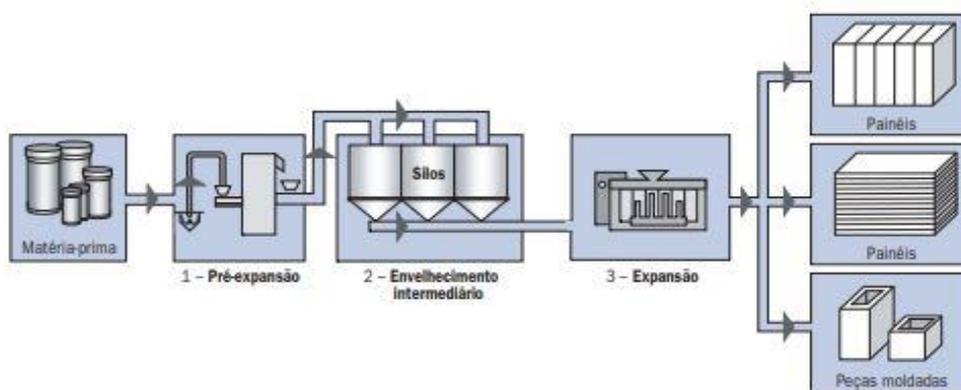


Fonte: EPS Brasil, 2018.

### 3.1 – Processo produtivo do EPS

O polímero de estireno é a matéria prima do EPS e é obtido através do petróleo por meio de reações químicas. Ele é composto por pequenos grãos arredondados capazes de expandir cerca de 50 vezes o seu volume inicial. Na transformação do EPS utiliza-se o pentano, um agente expensor que se degrada rapidamente pela reação fotoquímica, gerada pelos raios solares. (SANTOS, 2008). A fabricação do bloco de EPS é executada em três etapas, conforme mostra a figura 3

Figura 4 – Processo de fabricação do bloco de EPS



Fonte: Revista Mackenzie de Engenharia e computação, 2019

A primeira etapa ocorre no pré-expansor, onde polímeros de poliestirenos são expandidos após passar por um aquecimento de vapor de água com temperaturas entre 80 e 110 ° C. No processo de pré-expansão as pérolas da matéria prima são transformadas em partículas fechadas que contêm ar em seu interior.

A segunda fase, conhecida como repouso intermediário e estabilização consiste no armazenamento temporário das partículas para que elas possam passar por um processo de estabilização térmica e química. Nesse procedimento as partículas alcançam uma maior estabilidade mecânica e melhoram a sua capacidade de expansão.

Na terceira fase a de expansão ou modelagem final o material já estabilizado é introduzido em moldes onde são novamente aquecidos com vapor de água, provocando assim

a soldagem dos grãos e obtenção de um material monolítico e rígido contendo uma grande quantidade de ar.

### 3.2 – Principais características

O isopor se destaca pela sua versatilidade, suas principais características são (SOUZA, 2002):

**Baixa condutibilidade térmica:** Por apresentar uma estrutura fechada e cheia de ar, o EPS dificulta a passagem de calor para o ambiente, tendo assim um grande poder de isolamento.

**Leveza:** A densidade do EPS varia entre 10 a 30 kg/m<sup>3</sup>, proporcionando uma redução de peso nas construções onde ele será utilizado.

**Baixa Absorção de Água :** O isopor não é um material higroscópico, mesmo estando imerso, absorve pouquíssimas quantidades de água. Isso faz com que ele mantenha suas características térmicas e mecânicas, mesmo sob ação de umidade.

**Resistência Mecânica:** Mesmo apresentando uma densidade baixa, o isopor apresenta uma excelente resistência mecânica. Sua resistência a compressão varia entre 7000 kgf/m<sup>2</sup> a 14000 kgf/m<sup>2</sup>.

**Econômico:** Levando em consideração diversos parâmetros como mão de obra, manuseio, baixo peso, transporte e armazenagem resulta em economias vantajosas.

### 3.3 – Propriedades Térmicas

A mais importante propriedade do EPS é a sua resistência térmica, isso ocorre em virtude da sua estrutura fechada e pela grande presença de ar em seu interior. O que proporciona uma boa capacidade isolante ao isopor, é exatamente a capacidade que ele tem de manter de forma permanente, grande quantidade de ar dentro de suas células. (SANTOS, 2008)

De acordo com Santos (2008), a capacidade de isolamento térmico é expressa pelo coeficiente de condutibilidade Térmica CCT, quanto menor esse coeficiente, maior será a capacidade de isolamento térmico. Para efeitos de cálculo, utiliza-se CTT do EPS com valor equivalente a 0,04 W/m<sup>o</sup> C

### 3.3 – Uso do EPS na Construção Civil

Na construção civil o isopor é muito utilizado em virtude das suas propriedades, são inúmeras as suas aplicações que vai desde o enchimento de lajes nervuradas, isolamento térmico, regularização de piso, enchimento de pisos rebaixados, juntas de dilatação, forros, isolante acústico, painéis divisórios, plataformas flutuantes, enchimento sobre solos moles e concreto leve. (BRASIL, 2018). Com o aumento da aplicação do eps tanto na área da construção civil como em diversas outras áreas houve um crescimento significativo no uso do isopor no Brasil, conforme mostra a figura 5.

Figura 5 – Mercado do EPS (1999- 2017)



Fonte: EPS Brasil, 2019

#### 4.0 O CONCRETO

O concreto é material amplamente difundido em todo o mundo, ele pode ser encontrado em casas de alvenaria, pontes, rodovias, usinas hidrelétricas e obras de saneamento. Sua descoberta teve início no século XIX e teve uso acentuado no século XX, o que o transformou no segundo material mais consumido pelo homem, perdendo apenas para a água. (HELENE & ANDRADE, 2010)

De acordo com Battagin (2009), o concreto é uma mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos, com ou sem a incorporação de componentes que influenciam nas propriedades de endurecimento da pasta de cimento.

O concreto pode ser classificado em concreto normal, que são aqueles que apresentam massa específica aparente entre 2000 Kg/m<sup>3</sup> e 2800 Kg/m<sup>3</sup>; concreto pesado com massa específica aparente superior a 2800 Kg/m<sup>3</sup> e concreto leve com massa específica aparente

inferior a 2000 Kg/m<sup>3</sup>. (ABNT, 2015) A tabela 5 classifica o concreto em função da massa unitária do agregado utilizado.

Tabela 5 – Classificação do concreto, segundo a massa específica aparente

<b>Classificação</b>	<b>Massa unitária Y (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Exemplos</b>	<b>Principais aplicações</b>
Leve	$Y < 2000$	Escória de alto forno, argila expandida, vermiculita e isopor	Lajes de pontes, peças pré-moldadas, concretos para isolamento térmico e acústico
Normais	$2000 \leq Y \leq 2800$	Areia, brita e pedregulho	Obras em geral
Pesados	$Y > 2800$	Barita, Limonita, Magnesita	Concreto estrutural para blindagem contra radiações

Fonte: Mehta & Monteiro (2014) – Adaptado.

Na fabricação do concreto utiliza-se agregados que são materiais inertes e em forma de grãos sem tamanho e forma definido, eles podem ser classificados de acordo com a origem, tamanho e massa específica. Segundo Neville (1982), os agregados leves são classificados como naturais ou artificiais. Os leves naturais são as pedra-pomes, cinzas vulcânicas e tufa que são todos de origem vulcânica e o seu uso não é muito disseminado. Já os agregados leves artificiais são obtidos por tratamento térmico de vários materiais e se classificam de acordo com a matéria prima utilizada e o processo de fabricação. Como exemplos de agregados leves artificiais têm-se as argilas expandidas, poliestireno expandido, ardósias e escórias de alto-forno (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

#### 4.1 – Concreto Leve com EPS

O concreto leve com EPS apresenta em sua composição os mesmo materiais do concreto leve, com exceção apenas do isopor, que é substituído pelo agregado graúdo e parte do miúdo na mistura (CATÓIA, 2012)

De acordo com Abrapex (2018), no processo de fabricação de blocos de EPS o material passa pelo estado de pérolas de espuma de EPS com diâmetros que variam de 1 a 8 mm aproximadamente. A utilização do agregado leve juntamente com cimento, areia e água em uma determinada proporção e ordem de mistura, pode se obter um material com densidades que variam de 300 kg/m<sup>3</sup> a 1600 kg/m<sup>3</sup>. Segue abaixo figura do bloco de concreto leve com EPS.

Figura 6 – Bloco de concreto com EPS



Fonte: Render blog construção<sup>1</sup>, 2018.

O concreto leve deve ser preparado em betoneira, por ser um material leve o eps tende a flutuar quando há excesso de água, sendo indicado o uso de aditivo que será misturado a água para que o cimento possa aderir ao eps, em seguida acrescenta-se a areia. (Stocco, Rodrigues e Castro, 2009).

Segundo catóia (2012) o bloco de concreto leve é um material que pode ser utilizado em diversas áreas da construção civil, muitos são os seus benefícios dentre eles estão: a redução da massa específica, economia com formas e cimbramentos, elevado isolamento térmico e acústico, facilidade no manuseio, transporte e armazenamento e aumento da produtividade.

Bezerra et al. (2003), realizaram análise experimental do desempenho térmico do sistema construtivo (parede) fabricado com blocos de concreto leve com eps com agregado graúdo, analisando também a sua resistência mecânica e obtiveram resultados que mostram a viabilidade do uso do bloco de concreto leve com eps.

## 4.2 - BLOCOS CERÂMICOS

O bloco cerâmico é fabricado com argila, moldado por extrusão e queimado a uma temperatura (em torno de 800°C) o que proporciona ao material propriedades importantes para o atendimento da NBR 15270: 2005.

A argila é um material inorgânico natural que em contato com a água torna-se uma massa plástica que endurece após a secagem e queima. Ela apresenta propriedades que proporcionam ao produto um coeficiente de condutibilidade térmica menor que o do concreto. (GOMES, 1986) & (GUY, 1980)

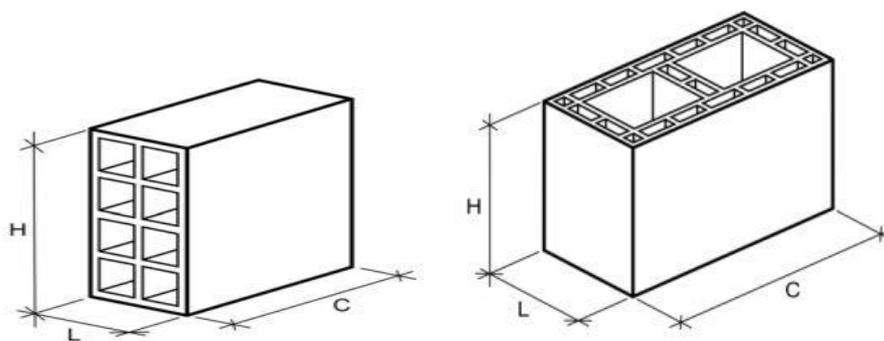
---

<sup>1</sup> Disponível em: <http://blog.render.com.br/construcao/poliestireno-expandido>, acesso em outubro de 2018.

De acordo com Câmara (2012), os blocos são elementos vazados com arestas vivas com furos cilíndricos ou prismáticos e durante seu processo de formação são eliminados toda a umidade, ocorrendo assim a vitrificação que consiste no fechamento de poros da argila pela queima. Os blocos podem ser divididos quanto a sua funcionalidade em: bloco de vedação e bloco portante.

Os blocos cerâmicos para vedação constituem em alvenarias que não tem função estrutural, apenas são utilizadas na vedação de ambientes e resistem ao seu próprio peso. Segue abaixo na figura 7 o bloco de vedação cerâmico.

Figura 7 – Bloco com furos na horizontal e bloco com furos na vertical



Fonte : NBR 15270-1 : 2005

De acordo com a NBR 15270 -1 (ABNT, 2005) os blocos cerâmicos devem atender os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos para que possam ser utilizados em obras de alvenaria de vedação.

#### 4.2.1 - Características dos materiais cerâmicos

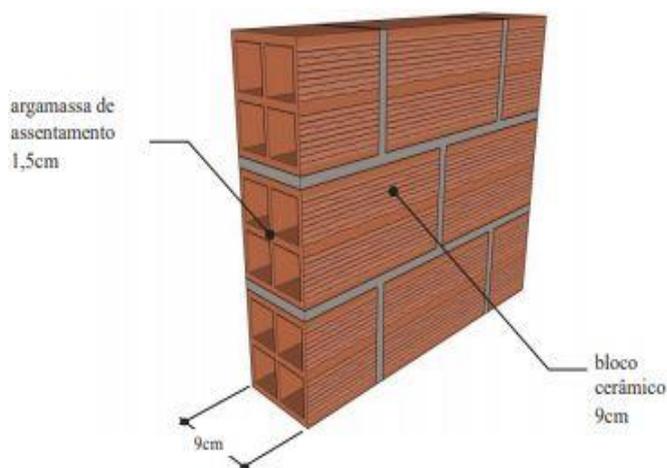
De acordo com (AZEREDO,2015, p.13 apud SMITH,2012) As propriedades dos materiais cerâmicos variam bastante, em função das diferenças nas ligações químicas. Os materiais cerâmicos apresentam de forma geral características como dureza, fragilidade, pouca aderência, pouca ductilidade, baixa condutibilidade térmica.

#### 4.2.2 - Propriedades térmicas

Ao projetar paredes de vedação deve-se ter uma atenção especial a cada elemento que a compõe, uma vez que cada uma dessas camadas possui qualidades específicas que serão

decisivas no comportamento térmico do edifício como um todo. O cálculo da transmitância térmica é de suma importância para a avaliação do comportamento de um fechamento opaco frente à transmissão de calor.

Figura 8 – Parede de blocos cerâmicos sem revestimento

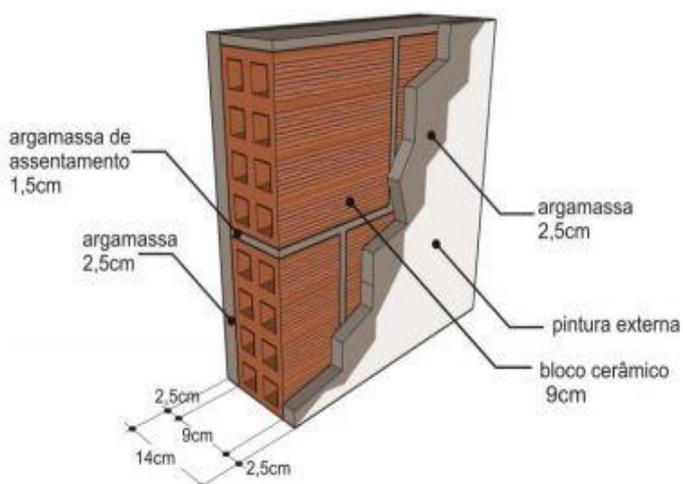


- Sem Revestimento interno
- Bloco Cerâmico (9 x 9x 29 cm)
- Sem revestimento externo

U (W/m <sup>2</sup> ).K	CT (kJ/m <sup>2</sup> ).K
2,99	42

Fonte: INMET, 2019

Figura 9 – Parede com revestimento interno e externo



- Argamassa interna: 2,5 cm
- Bloco cerâmico (9x19x19cm)
- Argamassa externa: 2,5 cm
- Pintura externa

U (W/m <sup>2</sup> ).K	CT (kJ/m <sup>2</sup> ).K
2,39	151

Fonte: INMET, 2018.

Nota-se nos dados das figuras 8 e 9 que a transmitância térmica e a capacidade térmica variam em função do revestimento utilizado e espessura da parede. Na parede sem revestimento pode ser observado que a transmitância térmica é superior à da parede com revestimento, já

para os dados da capacidade térmica observa-se que a parede com revestimento apresenta capacidade superior à parede sem revestimento.

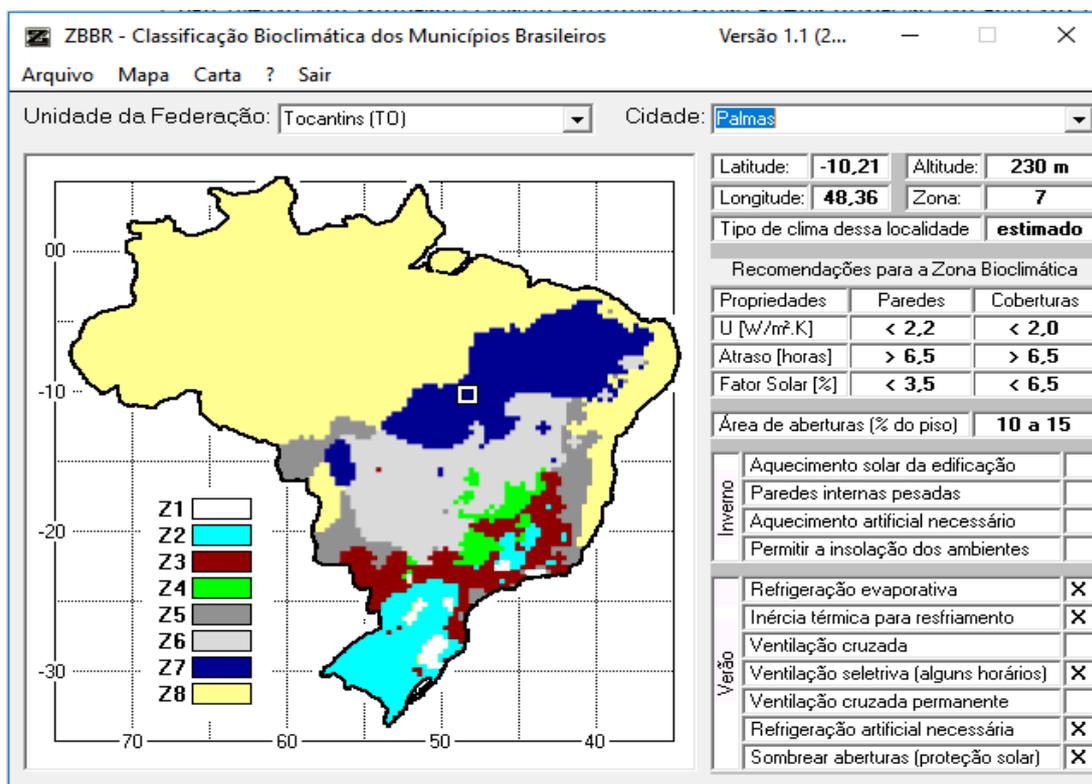
## 5.0 - O CLIMA

### 5.1 - ZONA BIOCLIMÁTICA

A NBR 15220-3:2005 Desempenho térmico de edificações – Parte 3 apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto. Ao mesmo tempo em que estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, são feitas recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixados. (ABNT NBR 15220-3)

O zoneamento bioclimático brasileiro engloba oito diferentes zonas, segue abaixo na figura 10 o quadro gerado pelo simulador ZBBR.

Figura 10 – Classificação Bioclimática dos municípios brasileiros



Fonte: Programa Computacional ZBBR, 2019

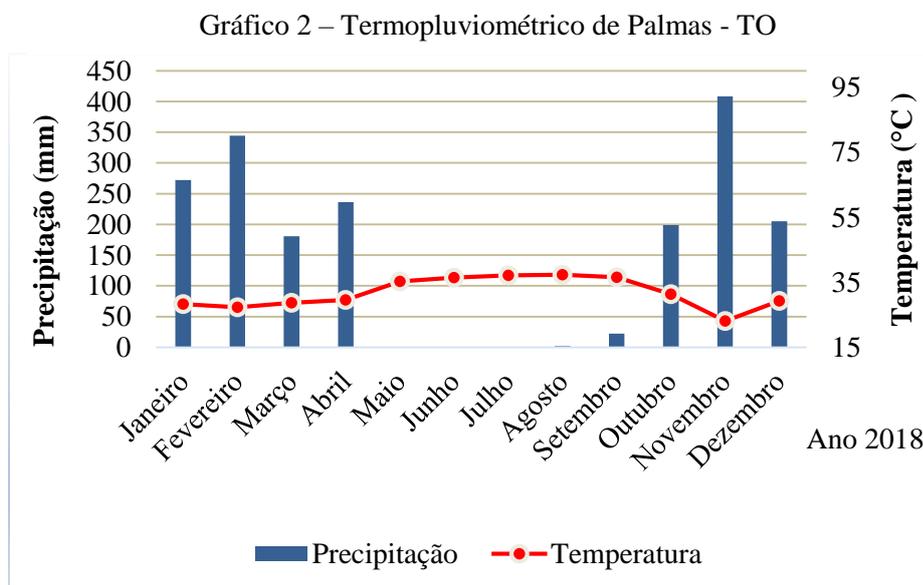
Verifica-se que a cidade de Palmas está inserida na zona 7 (sete), onde as principais estratégias para amenizar o desconforto são: refrigeração evaporativa que consiste na utilização de água para contribuir com a redução da temperatura local; a Inércia térmica por resfriamento que é uma técnica para manter a constância da temperatura de um edifício utilizando tipos específicos de tijolos e trabalhando a espessuras das paredes, a ventilação seletiva que é muito utilizada em períodos onde a temperatura interna encontra-se mais elevada do que a externa, a refrigeração artificial que consiste na instalação de condicionadores de ar para amenizar o desconforto térmico e o sombreamento de aberturas onde pode ser utilizado beirais, brises, cobogós e até mesmo vegetações para evitar a penetração do sol no ambiente.

O Brasil, com a sua vasta extensão apresenta um variedade muito grande de climas, essa norma de zoneamento tem como objetivo identificar a zona de determinada região para que se possa adotar estratégias e métodos construtivos capazes de proporcionar conforto térmico ao usuário. (LAMBERTS, 2010)

## 5.2 - PALMAS

A cidade de Palmas, capital do estado do Tocantins apresenta uma população de 291.855 pessoas com uma área territorial de 2.218,942 Km<sup>2</sup> e coordenadas geográficas de 10° 12' 46'' de latitude Sul e 48° 21' 37'' de longitude oeste. (IBGE, 2018)

Segundo Silva (2004), o clima predominante no município de Palmas é característico para todo o interior do planalto brasileiro, ou seja, tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas - uma seca e outra úmida. De acordo com os dados coletados do BDMEP ( Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa), durante o ano de 2018 a temperatura máxima foi de 37 °C, a mínima 23 °C e a precipitação total foi de 1870,6 mm. No gráfico 2 pode ser verificado que os períodos mais críticos estão entre os meses de maio e setembro onde o índice pluviométrico é muito baixo.



De acordo com os estudos realizados por Paz (2009), a falta de árvores da vegetação natural, ocasionada pelo desmatamento para a implantação da cidade juntamente com adensamento implementado, influenciam diretamente nas condições microclimáticas da região, ocasionando ilhas de calor em locais com poucas coberturas vegetais.

## 6 - metodologia

A metodologia descrita para este estudo foi desenvolvida a partir da realização da revisão bibliográfica, conforme os capítulos anteriores, de forma que explicar os conceitos de desempenho e suas diversas conexões, implica também, em entender melhor os materiais de estudo e conseqüentemente permite que estes materiais sejam explorados com base em critérios que mais se aproximam dos objetivos do trabalho.

Em conformidade com os objetivos propostos nesta pesquisa implantou-se uma metodologia de tal forma que os resultados obtidos pudessem fornecer uma gama de informações acerca da caracterização, sob o ponto vista térmico, dos sistemas construtivos fabricados a partir do bloco de concreto leve com EPS e cerâmicos, bem como, a verificação das propriedades físicas do bloco de concreto leve produzido.

### 6.1- Local de estudo

Este trabalho foi realizado em uma área experimental no Centro Universitário Luterano de Palmas, situada na Av. Teotônio Segurado, 1501 Sul – Palmas – TO, conforme mostra a figura

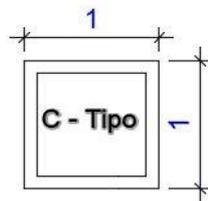
Figura 11 – Localização do Centro Universitário Luterano de Palmas



## 6.2 - CÉLULA TIPO

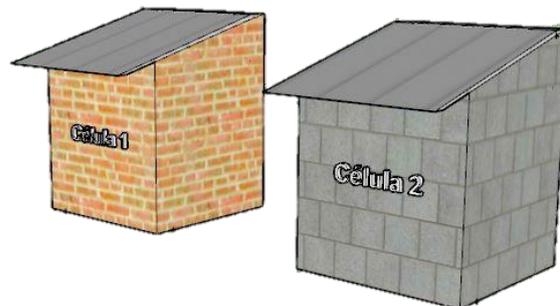
Foram construídas duas células, sendo uma com bloco de concreto leve com EPS e a outra com bloco cerâmico, ambas com área de 1m<sup>2</sup> (1,0 m x 1,0 m) e altura de 1,0 m. A cobertura foi executada com telha termo acústica com a disposição de uma água. Segue abaixo planta baixa e detalhe 3D da célula tipo.

Figura 12 – Planta Baixa – Célula tipo



Fonte: Autor, 2019

Figura 13 – Detalhe 3D da célula tipo



Fonte: Autor, 2019

## 6.3 - CONSTRUÇÃO DAS CÉLULAS

### 6.3.1 CÉLULA (CERÂMICA) - ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCO CERÂMICO

### 6.3.2 - A CONSTRUÇÃO / EXECUÇÃO

Para a construção da célula (cerâmica) foram adquiridos tijolos cerâmicos de dimensão 9x14x19, o traço utilizado para a execução da argamassa foi de 1:2:8 (cimento, cal, areia). No levantamento das paredes da célula (cerâmica) foi feita a limpeza e demarcação do terreno, em seguida foi feita a abertura de valas e execução da alvenaria de embasamento. Depois do alicerce pronto iniciou-se a etapa de assentamento dos blocos cerâmicos, execução de chapisco e reboco e posteriormente o cobrimento com telha termo acústica. Conforme mostra nas imagens 14, 15 e 16.

Figura 14 – Levante das paredes com blocos cerâmicos



Fonte: Autor, 2019.

Figura 15 – Execução de reboco



Fonte: Autor, 2019

Figura 16 – Cobrimento com telha termo acústica



Fonte: Autor, 2019.

### 6.3.3 CÉLULA (EPS) – CONCRETO LEVE COM EPS

#### 6.3.3.1 - A PRODUÇÃO / EXECUÇÃO

Para a construção da célula 02 foram fabricados 220 blocos, utilizando os seguintes materiais: cimento, eps, areia, água e aditivo. Foram desenvolvidos 3 traços, o que melhor atendeu o parâmetro proposto foi o traço C. Conforme consta na Tabela 6.

Tabela 6 – Traços testes

	Cimento	EPS	Areia	Água
A	1	10,67	4,24	0,46
B	1	8,33	2,15	0,46
C	1	13,3	0,75	0,4

Fonte: Autor, 2019

O EPS utilizado foi doado por uma empresa de fabricação de lajes pré- moldadas de Palmas - TO, sendo que as pérolas apresentavam em média diâmetro de aproximadamente 4,8 cm e massa específica de 10 kg/m<sup>3</sup>. Detalhe na figura 17.

Figura 17 – Detalhe do eps



Fonte: Autor, 2019.

Na fabricação dos blocos foi feita a separação dos materiais nas devidas proporções, posteriormente foram incluídos na betoneira na seguinte ordem: EPS, água e aditivo aos poucos, cimento e areia.

Após o concreto pronto, fez-se a inclusão da mistura nas fôrmas de dimensão 10x8x20 cm que estavam umedecidas com desmoldante. Conforme imagens 18,19 e 20 do processo de produção.

Figura 18 – Fôrma umedecida com desmoldante



Fonte: Autor, 2019

Figura 19 – Preenchimento das fôrmas com concreto leve



Fonte: Autor, 2019

Figura 20 – Conformação do bloco



Fonte: Autor, 2019.

#### 6.3.3.2 - EXECUÇÃO

Para o levantamento das paredes da célula (EPS) foi feita a limpeza e demarcação do terreno, posteriormente foi feita a abertura de valas e execução da alvenaria de embasamento com bloco cerâmico. Depois do alicerce pronto iniciou-se a etapa de assentamento dos blocos de concreto leve com eps, execução de chapisco e reboco. Conforme consta nas imagens abaixo.

Figura 21 – Execução das primeiras fiadas



Fonte: Autor, 2019.

Figura 22 – Levante das paredes



Fonte: Autor, 2019

Após o levante e execução de reboco fez –se o cobrimento com telha termoacústica que apresentava dimensões de 1,40 x 1,00 m sendo fixada com parafusos. Conforme mostra a imagem 23.

Figura 23 – Instalação da telha termo acústica



Fonte: Autor, 2019

#### 6.3.4 LEVANTAMENTO DE DADOS

Na avaliação do desempenho térmico foram utilizados dados baseados nas características do material e medição de temperaturas dos materiais expostos a radiação solar em mesmo ambiente. Para as medições das temperaturas internas do ambiente utilizou -se o aparelho Sht 31 Smart Gadget que mede a temperatura e umidade e transmite as informações coletadas via bluetooth para o aplicativo MyAmbience instalado no aparelho celular.

Figura 24 – Aparelho Sht 31 Smart Gadget



Fonte: Sensirion, 2019

As medições das células tipos ocorreram dos dias 27/04/2019 (Sábado) das 12:00 hrs às 12:00hs do dia 02/05/2019 (Quinta), totalizando 120 horas de medição, as medições foram intercaladas de 10 em 10 minutos e os dados coletados correspondem a medição de temperatura e umidade durante o período de análise. Segue na imagem abaixo a colocação do equipamento na célula (cerâmica) e célula (EPS)

Figura 25 – Aparelho sensirion nas células tipo



Fonte: Autor, 2019

## 7.0 RESULTADO E DISCUSSÃO

A seguir, foram verificados e analisados os resultados dos procedimentos utilizados neste estudo.

### 7.1 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO LEVE

Após a produção dos blocos foi realizado o ensaio de resistência a compressão executado de acordo com a NBR 6136 e NBR 12118:2013 que detalha o método de ensaio para blocos vazados de concreto simples para alvenaria, como ainda não tem uma norma específica para blocos de concreto leve utilizou –se esta norma como referência.

Figura 26 – Detalhe das fissuras



Fonte: Autor, 2019.

Para a verificação da resistência, foram rompidos 3 (três) blocos de concreto leve, e verificou-se que os mesmos atendiam a NBR 6136, segue abaixo os resultados obtidos.

Tabela 7 – Resistência a compressão dos corpos dos blocos

<b>Corpo de prova</b>	<b>Dias</b>	<b>Resistência a compressão (Mpa)</b>
CPI	28	3.0
CPII	28	3.1
CPIII	28	3.0

Fonte: Laboratório de materiais de construção Ceulp/ulbra

Segundo a NBR 6136, os requisitos para a classificação da resistência a compressão leva em consideração a classificação do bloco, que pode ser estrutural ou não estrutural. Neste caso em estudo foi analisado o bloco sem função estrutural que segundo a tabela abaixo deve possuir resistência a compressão maior ou igual a 3,0 MPa.

Tabela 8 - Requisitos para resistência característica à compressão

<b>Classificação</b>	<b>Classe</b>	<b>Resistência Característica à compressão axial do bloco (Mpa)</b>
Com função estrutural	A	$fbk \geq 8,0$
	B	$4 < fbk < 8,0$
Sem função estrutural	C	$fbk \geq 3,0$

Fonte: ABNT, adaptado.

Portanto, o bloco produzido para execução da células tipo atendeu os parâmetros de resistência a compressão proposto na NBR 6136.

## 7.2 CONSISTENCIA DO BLOCO DE CONCRETO LEVE

Na produção do bloco de concreto leve fez-se a utilização de aditivo para melhorar a trabalhabilidade e como na sua composição foi substituído o agregado graúdo pelo agregado leve de EPS, alguns cuidados foram tomados de modo a evitar a segregação da argamassa com o agregado leve. Um dos principais parâmetros foi controlar o tempo de mistura, pois quanto mais fluído o concreto leve, maiores serão as chances de segregação.

No entanto, o concreto leve adequado para a fabricação dos blocos deve apresentar uma consistência trabalhável. Segue na imagem 28, bloco produzido com concreto leve fluído.

Figura 27 – Aspecto do bloco com concreto fluído



Fonte: Autor, 2019

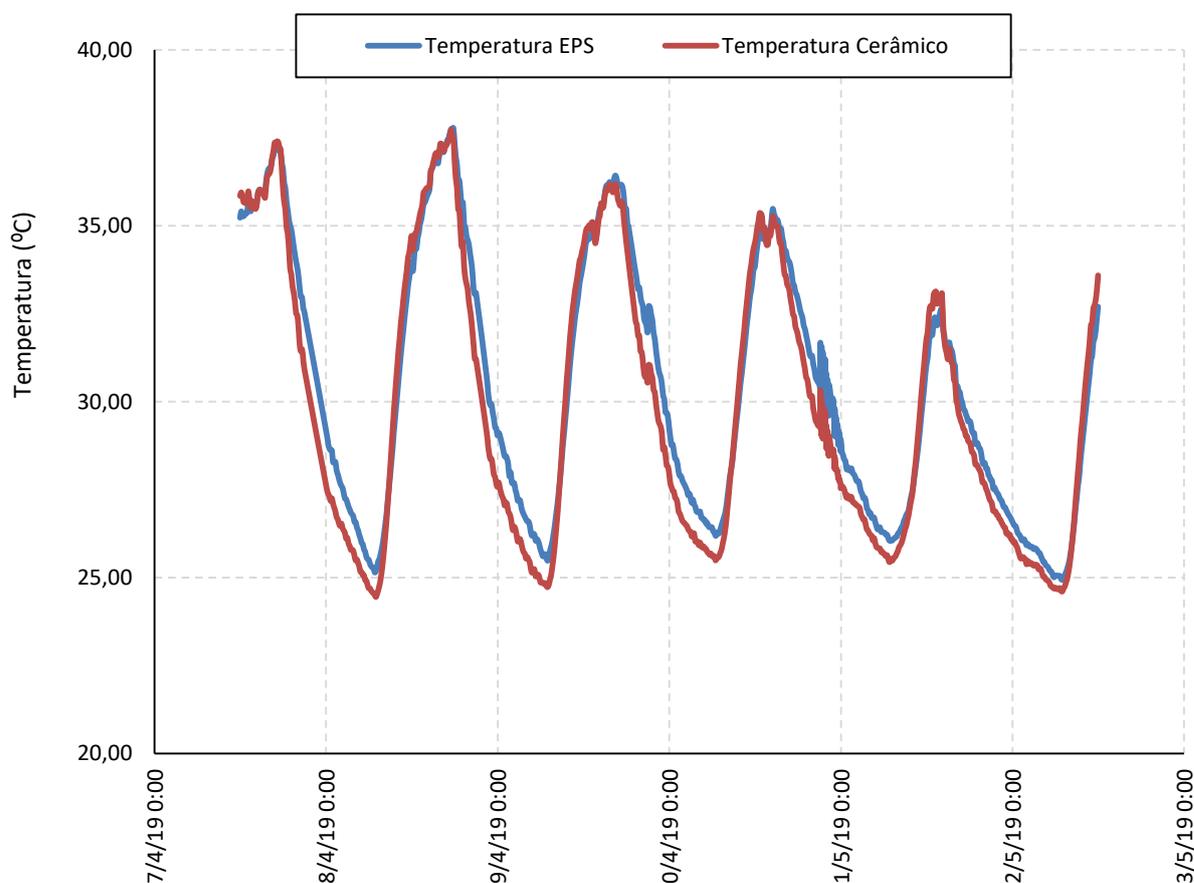
### 7.3- COMPORTAMENTO HIGROTÉRMICO DAS CÉLULAS TIPO

Conforme detalhado na metodologia deste trabalho, foi realizada uma campanha de medições por um período de 5 (cinco) dias.

#### 7.3.1 - RESULTADO DAS MEDIÇÕES DAS CELULAS TIPO

Com os dados coletados in loco, foi verificado que as células tipos em estudo, trabalharam de forma diversificada em relação aos diferentes períodos do dia.

Gráfico 1 – Variação da temperatura entre células tipo



Fonte: Autor, 2019

Conforme o gráfico 2, a célula (EPS) apresentou temperatura menores no período matutino, sendo os horários que manifestaram este comportamento foram entre as 10:00 hs e 12:00 hs, chegando a ter diferença de 1°C em relação ao protótipo (cerâmica). No período vespertino as células apresentaram menor amplitude térmica em relação ao período matutino, havendo pequenas variações em função do horário, apontando que das 13:00 hs às 15:00 hs a célula (EPS) apresentou temperaturas baixas e posteriormente retratou um aumento da temperatura, ocorrendo o inverso com a célula (cerâmica).

No período noturno a célula (cerâmica) manifestou temperaturas baixas, se estendendo até a madrugada, tendo variações de chegam a 1,5 °C em relação o protótipo (EPS).

A célula (EPS) apresentou temperaturas altas no período noturno, isso pode ter ocorrido em virtude da inércia térmica que está associada ao amortecimento e o atraso de ondas de calor.

Neste protótipo houve atraso de ondas de calor, isso significa que houve defasagem de tempo entre o período de armazenamento da energia térmica e a sua liberação na forma de calor para o ambiente. Nota-se que no período matutino e vespertino a C(EPS) armazenou energia, por isso a temperatura interna se manteve mais amena e só liberou para o ambiente interno no período noturno, consequentemente houve aumento nas temperaturas.

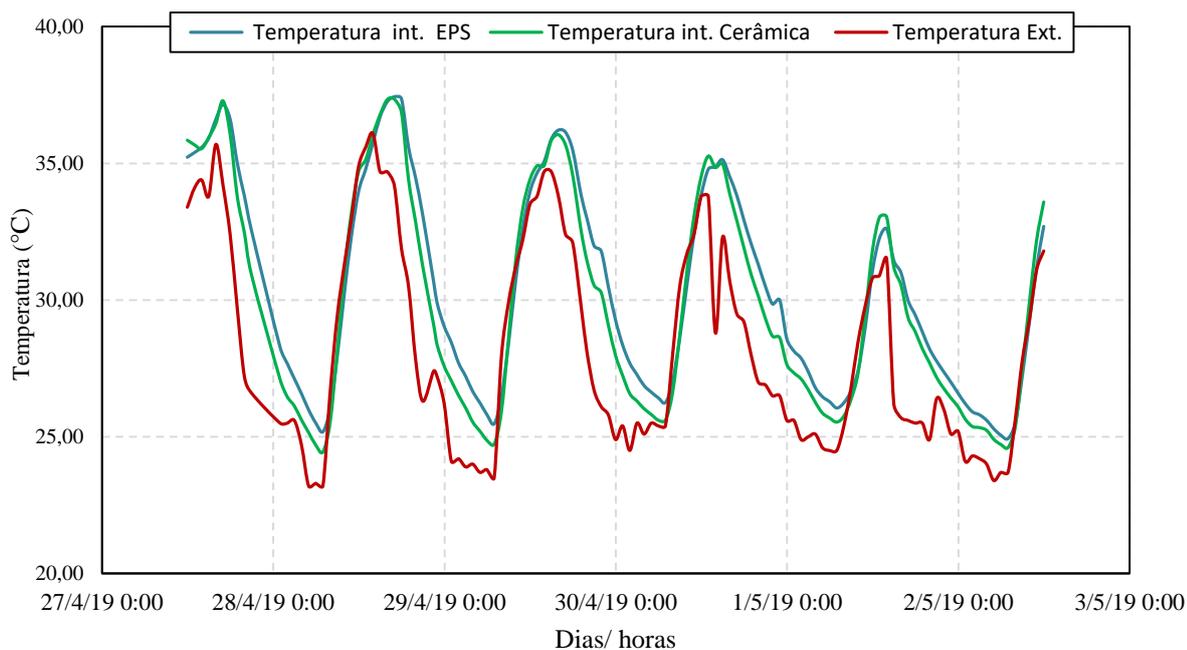
Foi verificado que as temperatura aferidas no interior dos protótipos (cerâmica) e (EPS) mantiveram temperaturas superiores a temperatura externa. Segue na tabela 9 as máximas ocorridas durante os dias de medições.

Tabela 9 – Temperaturas máximas

Data	T int (EPS)	T int (Cerâmica)	T externa
27-abr	35,53	35,19	31,33
28-abr	31,20	30,69	28,32
29-abr	30,92	30,28	27,79
30-abr	30,43	29,75	27,46
1-mai	28,44	28,09	25,95
2-mai	26,83	26,76	25,88

Fonte: Autor, 2019

Gráfico 2 – Variação das temperaturas internas e externas



Fonte: Autor, 2019.

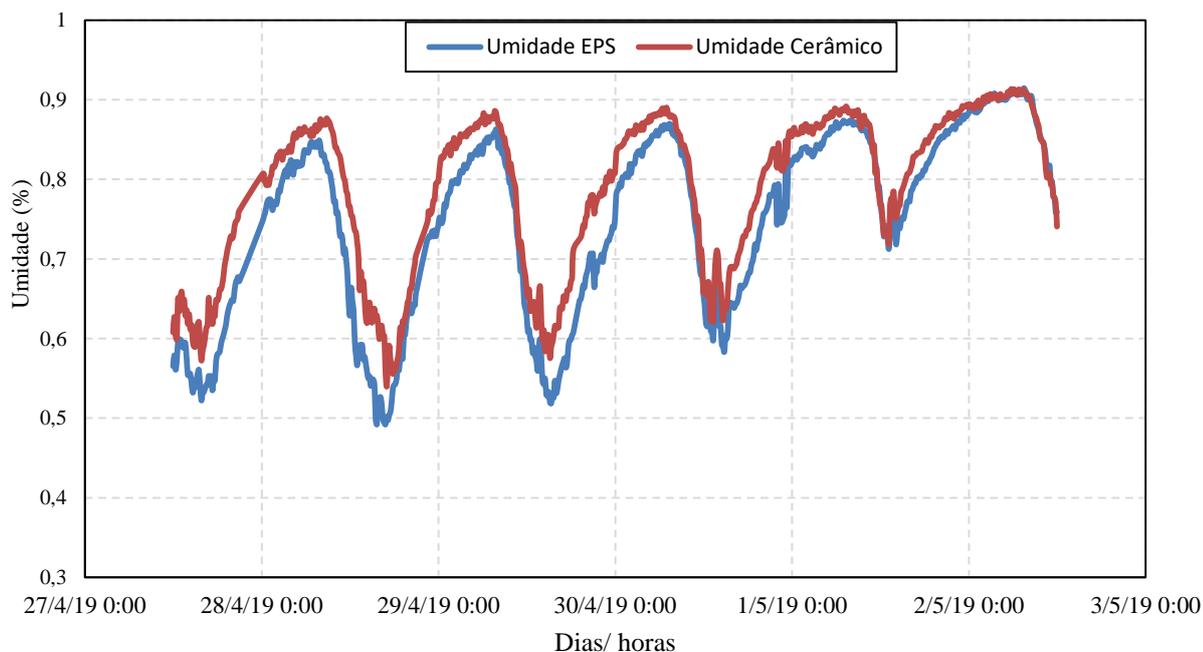
As temperaturas internas apresentaram valores superiores as externas, isso pode ter ocorrido em virtude das dimensões adotadas na construção do protótipo, sendo bem menores em relação as edificações convencionais.

Ogoli (2003) realizou um estudo na cidade de Nairobi, no Quênia, que analisava as medições da temperatura do ar e da temperatura radiante em quatro protótipos sem a presença de janelas. Os resultados obtidos indicam que os protótipos com paredes mais leves obtiveram temperatura do ar interior muito próximas a temperatura do ar exterior (baixa inércia). Já os protótipos com paredes mais pesadas tiveram temperaturas mais amenas, se aproximando do conforto térmico (alta inércia).

### 7.3.2 - COMPARAÇÃO DA UMIDADE DAS CELULAS TIPO

Um dos parâmetros que influenciam no desempenho da edificação é umidade e deve ser analisada paralelamente a temperatura, pois a variação destas duas variáveis está diretamente ligada ao conforto térmico da construção.

Gráfico 3 – Variação da umidade entre os protótipos



Observa –se no gráfico que a umidade relativa do ar apresentou uma grande variação entre os protótipos analisados, essa variação ocorreu em virtude das propriedades dos materiais utilizados.

Duskov (1997) afirma que o EPS é um material pouco higroscópico, portanto, quando, em contato com a água, absorve pouquíssimas quantidades. Como o poliestireno expandido tem uma estrutura de células fechadas, essas paredes entre as células são impermeáveis, logo, a água fica retida entre as células. Na produção do bloco de concreto leve foi utilizado agregado miúdo, a inclusão desse agregado auxiliou no preenchimento de vazios, logo, o bloco não apresentou uma estrutura muito porosa. Portanto o bloco de concreto leve transmitiu ao ambiente umidade inferior quando relacionado com o bloco cerâmico.

## 8 - CONCLUSÃO

Com base nos objetivos propostos pode –se concluir que o bloco de concreto leve com EPS produzido para execução da célula em estudo encontra-se de acordo com NBR 6136, atendendo a resistência característica mínima a compressão de 3,0 Mpa.

Foi verificado que na produção do bloco deve ser tomado alguns cuidados no tempo de mistura, principalmente quando se utiliza um aditivo para melhorar a trabalhabilidade como foi o caso do bloco em estudo, para que o tempo de mistura não seja superior a 5 minutos, pois quanto mais fluído o concreto ficar, maiores as chances de segregação do EPS.

Para uma edificação apresentar um bom desempenho térmico deve –se levar em consideração não só isolamento térmico, mas também a inércia térmica que é um item mais amplo e complexo. A inércia tem uma influência grande sobre o desempenho da construção conforme foi constatado no estudo em questão onde foi analisado as células C(cerâmica) e C(EPS).

Neste estudo feito pode- se afirmar que a célula construída com bloco de concreto leve apresentou melhor desempenho no período matutino e vespertino, logo, sua utilização seria satisfatória apenas em construções comerciais onde existe uma permanência maior de pessoas durante o dia. Segundo Frota (2001) em climas semi- úmido, como é o caso de Palmas seria aconselhável se ter uma inércia baixa. Porém, no caso específico da cidade de Palmas, apresentar baixa inércia térmica não é satisfatório para edificações residenciais, uma vez que o bloco de concreto leve com EPS apresentou temperatura altas a noite e é exatamente neste período onde há uma concentração maior de usuários em suas residências.

A umidade entre os protótipos obteve uma variação grande em função do material utilizado. Por ser um material pouco higroscópico o protótipo com EPS obteve umidades menores em relação ao protótipo de cerâmica.

Conclui –se que o material, a inércia térmica e o clima influenciam diretamente no desempenho térmico da construção. Portanto é de suma importância conhecer melhor as propriedades dos materiais que serão utilizados na edificação.

## 9 . REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (ABRAPEX). **Manual de utilização do EPS na construção civil**. São Paulo: Pini, 2018

ACEPE – ASSOCIAÇÃO INDUSTRIAL DO POLIESTIRENO EXPANDIDO. Caracterização do comportamento térmico dos edifícios. Disponível em: <https://acepe.pt/caracterizacao-do-comportamento-termico-dos-edificios/>. Acesso em: 07/10/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270 -1**: Blocos Cerâmicos para alvenaria de vedação. Rio de Janeiro, 2005. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria. Rio de Janeiro, 2016. 16 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2:2005 VERSÃO CORRIGIDA:2008**: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005. 34 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3:2005**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

AZEREDO, Neila Gondim de. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas em blocos cerâmicos estruturais através do método de ultrassom na região de campos dos goytacazes - RJ. 2015. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 2015.

Duskov, M. (1997). Materials Research on EPS20 and EPS15 under Representative Conditions in Pavement Structures. Geotextiles and Geomembranes. n. 15, pp. 147 – 181.

BARROS, Mércia Maia Bottura de. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. 1996. 454 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BEZERRA, Luciano Andre Cruz. **Análise de desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com EPS como agregado graúdo**. 2003. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

BEZERRA, L.A.C; GURGEL, T.L; MENDES, J.U.L; MARINH, G.S. Bloco alternativo para isolamento térmico de paredes. In: I Simpósio de conforto térmico da UFPI. Teresina – PI, 26 a 28 de agosto, 2003b. **Anais..**

BRITO, Adriana Camargo de. **Contribuição da inércia térmica na eficiência energética de edifícios de escritórios na cidade de São Paulo**. 2015. 244 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BORGES, Carlos Alberto de Moraes. O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. 2008. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BRASIL, Eps. **Mercado do EPS**. Disponível em: <<http://www.epsbrasil.eco.br/mercado.html>>. Acesso em: 10 out. 2018

CALLISTER, Willian D.. **Materials Science and Engineering - An Introduction**. 7. ed. Nova York: John Wiley & Sons, 2003. 975 p.

CÂMARA, Freire Cássio. **Estudos sobre o comportamento do bloco cerâmico, adicionando pó de brita granítica na sua formação**. 2016. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

CATÓIA, Thiago. **Concreto ultraleve estrutural com pérolas de EPS: caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes**. 2012. 154 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

COSTA, Ennio C. **Física aplicada à construção civil: conforto térmico**. 4º ed. São Paulo, 2003.

ESTALANO, Gleibia Arantes. **O comportamento térmico de diferentes materiais utilizados nos painéis de fechamento vertical nas edificações da idade de Cuiabá**. 2004. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

FABRÍCIO, Marcio M.; BRITO, Adriana C.; VITTORINO, Fúlvio. **Avaliação de desempenho de tecnologias construtivas inovadoras - conforto ambiental, durabilidade e pós ocupação**. Porto Alegre: Scienza, 2017. 402 p.

FANGER, P. O.. **Thermal Comfort: analysis and applications in environmental engineering**. New York: Mcgraw-hill, 1972. 244 p.

FROTA, Anésia Barros; SHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2011. 250 p.

GOMES, Celso Figueiredo. **A argila: " o que são e para que servem"**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1986. 457 p.

GRAF, Helena Fernanda. **Transmitância térmica & energia incorporada na arquitetura: sua relação nas superfícies do invólucro de uma edificação residencial unifamiliar conforme a Norma NBR 12721**. 2011. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2011.

GUY, A. G. **Ciência dos materiais**. São Paulo, Brasil: editora da universidade de São Paulo, 1980.

HELENE, P; ANDRADE, T. **Concreto de Cimento Portland**. 1 ed. Cap. 29. IBRACON, Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais, 2010.

KAPPAUN, Kamilla. **Avaliação do desempenho térmico em edificações de blocos estruturais cerâmicos e de blocos de estruturais de concreto para a zona bioclimática 2 brasileira**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Leonardo; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/procel, 2014. 382 p

LAMBERTS, ROBERTO E TRIANA, MARIA ANDREA. Selo Casa Azul — **Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável Parte 2: Projeto e Conforto**. São Paulo: Páginas & Letras – Editora e Gráfica, 2010. 204 p Realização: CAIXA ECONÔMICA FEDERAL

MARTINS, M.C , SCHMID, A.L, STANESCU,G. **Metodologia utilizada no calculo das resistências térmicas superficiais sugeridas pela NBR 15220:2005 – Análise utilizando dados ambientais típicos do Brasil**. XVI encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 2016.

FROTA, Anésia Barros. **Manual de conforto térmico: Arquitetura e urbanismo**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 244 p.

MONTEIRO, Paulo J. M.; MEHTA, Povindar Kumar. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2014. 751 p.

NEVILLE, Adam M.. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1982

OLIVEIRA, Livia Souza de. **Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (isopor) em compósitos cimentícios**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, 2013.

PAZ, Hidelbrando Ferreira. **A Influência da vegetação sobre o clima urbano de Palmas – To.** 2009. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Palmas, 2009.

RIBAS, Rovadavia Aline de Jesus. **Metódo para avaliação do desempenho térmico e acústico de edificações aplicado em painéis de fechamento industrializado.** 2013. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

RIBEIRO, Aléxia Brandão. **Desempenho térmico de vedações verticais – estudo teórico e simulações computacionais.** 2016. 98 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

RIVERO, Roberto. **Arquitetura Clima: acondicionamento térmico natural.** Porto Alegre: D.C. Luzzatto/UFRGS, 1985.

RUAS, A. C. **Avaliação de conforto térmico. Contribuição à aplicação prática das normas internacionais.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SANTOS, DOS DIAS REGINALDO. **Estudo térmico e de materiais de um compósito a base de gesso e EPS para construção de casas populares,** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

SOUZA, L. G. M, GOMES,U.U. **Viabilidades térmicas, econômicas e de materiais da utilização de tubos de PVC como elementos absorvedores em coletores de um sistema de aquecimento de água solar,** 2002. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002.

SANTOS, Flávia Maria de Moura. **Análise de desempenho térmico e luminico em uma escola pública na cidade de Cuiabá/MT: Estudo de caso.** 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

SANTOS, Ruan Faria Carvalhosa dos. **Sistema monolítico e alvenaria de blocos cerâmicos estudo comparativo como elementos de vedações internas para edificações**. 2014. 97 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014

SILVA, Itamar Xavier da. **Uma proposta de planejamento ambiental urbano para a sub-bacia do córrego machado em Palmas-To**. 2004. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão e Auditoria Ambiental, Universidad de Las Palmas de Gran Canária, Palmas, 2004.

STOCCO, Wagner; RODRIGUES, David; CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva. Concreto leve com uso de EPS. In: 37ª COBENGE, 2009, Salto. **Artigo Científico**. Recife: Ceunsp, 2009. p. 1 - 7.

VARGAS, Milton. **Para uma filosofia da tecnologia**. São Paulo: Alfa - Ômega, 1994. 286 p.

XAXÁ, Matheus Soares da Silva. **Construção com Terra Crua: Bloco Mattone**, 2013. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia). Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Campus Mossoró, 2013.