

**Influência da absorvância em sistemas verticais: Diagnóstico do impacto no consumo energético de um edifício comercial na cidade de Sinop-MT****Influence of absorvance in vertical systems: Diagnosis of the impact on the energy consumption of a commercial building in the city of Sinop-MT**

DOI:10.34117/bjdv5n10-263

Recebimento dos originais: 12/09/2019

Aceitação para publicação: 21/10/2019

**Emeli Lalesca Aparecida da Guarda**

Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Catarina

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina

Endereço: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis-SC, Brasil

E-mail: emeliguarda@gmail.com

**Renata Mansuelo Alves Domingos**

Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina

Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina

Endereço: R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, 662 - Carvoeira, Florianópolis-SC, Brasil

E-mail: mansuelo.alves@gmail.com

**Luciane Cleonice Durante**

Doutora em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança, Cuiabá - MT, Brasil

E-mail: luciane.durante@hotmail.com

**Ivan Júlio Apolônio Callejas**

Doutor em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso

Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso

Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança, Cuiabá - MT, Brasil

E-mail: ivancallejas1973@gmail.com

**RESUMO**

As radiações captadas e absorvidas pela envoltória das edificações, influenciam diretamente no desempenho térmico das edificações, tornando imprescindível diagnosticar os impactos ocasionados pela modificação das absorvâncias na envoltória, nas condições de conforto térmico dos usuários e principalmente no consumo energético para alcançar melhores níveis de desempenho. Em vista disso a atual pesquisa pretende analisar a influência da mudança da absorvância em sistemas construtivos verticais e, avaliar o consumo energético para resfriamento de uma edificação comercial para a cidade de Sinop-MT, utilizando da aplicação do balanço térmico em simulações computacionais. As etapas metodológicas para tal consistem em caracterização do objeto de estudo e definição dos sistemas construtivos e das

propriedades termofísicas da envoltória, definição da simulação computacional para fins de quantificação do consumo energético por meio da aplicação da metodologia de balanço térmico. Os resultados apontaram variação linear do consumo de acordo com o aumento da absorptância, sendo esse aumento de +2,73% no sistema P1, de +2,52% no sistema P2 e de +1,13% no sistema P3, resultado no consumo de 61.093kWh/ano, de 60.683kWh/ano e de 51.150kWh/ano, respectivamente, para absorptância de 0,8. Desta forma, verificou-se que as maiores porcentagens de aumento são dos sistemas convencionais (tijolos cerâmicos) e, as maiores diferenças quando comparadas aos sistemas de bloco. Conclui-se que, de forma quantitativa, a influência da absorptância nas paredes podem ter influência significativa no consumo energético das edificações, assim, percebeu-se que os modelos 0,8 e 0,3 representaram, respectivamente, o pior e melhor caso de consumo.

**Palavras chaves:** Propriedades Termofísicas, Balanço Térmico, Consumo de energia.

## ABSTRACT

The radiation absorbed and absorbed by the buildings envelope directly influence the thermal performance of the buildings, making it imperative to diagnose the impacts caused by the modification of the absorptivities in the envelope, in the conditions of thermal comfort of the users and mainly in the energy consumption to achieve better levels of performance. Therefore, the present research intends to analyze the influence of the change of the absorptance in vertical constructive systems and to evaluate the energy consumption for cooling of a commercial building for the city of Sinop-MT, using the thermal balance application in computational simulations. The methodological steps for this consist of characterization of the object of study and definition of the constructive systems and thermophysical properties of the envelope, definition of the computational simulation for quantification of the energy consumption through the application of the thermal balance methodology. The results showed a linear variation of the consumption according to the increase of the absorptance, being this increase of + 2.73% in the P1 system, of +2.52% in the P2 system and of + 1.13% in the P3 system, consumption of 61,093kWh / year, 60,683kWh / year and 51,150kWh / year, respectively, for abscission of 0.8. In this way, it was verified that the highest percentages of increase are of the conventional systems (ceramic bricks) and, the greater differences when compared to the systems of block. It is concluded that, in a quantitative way, the influence of the absorptance on the walls can have a significant influence on the energy consumption of the buildings, so it was noticed that the models 0,8 and 0,3 represented, respectively, the worst and best case of consumption.

**Keywords:** Thermophysical properties, Thermal Balance, Energy consumption.

## 1. INTRODUÇÃO

Na maior parte do Brasil as elevadas temperaturas e intensa radiação solar são presentes durante todo o ano. As radiações captadas e absorvidas pela envoltória das edificações influenciam diretamente as condições térmicas no interior dos ambientes, bem como no consumo de energia. Sabe-se que essas condições influenciam o conforto térmico dos usuários, sendo muito comum o uso de refrigeração para alcançar melhores condições de conforto térmico (MELO, 2007).

Os sistemas construtivos verticais e horizontais (paredes e coberturas) de uma edificação são os principais responsáveis, pelo controle das trocas térmicas entre os ambientes externo e interno. Conforme Invidiata et al. (2016), os materiais utilizados nas envoltória verticais e horizontais influenciam significativamente sob as condições de conforto térmico e no consumo energético das edificações, sendo imprescindível a escolha correta dos materiais construtivos e das estratégias aplicadas, para tornar as edificações mais eficientes e confortáveis.

Desta forma, um fator importante que tem grande influência sobre os ganhos de calor na envoltória verticais e horizontais é a absorvância solar. A NBR 15.220, define a absorvância como a “razão entre a energia solar absorvida por uma superfície e a energia total incidente sobre ela” e, a emissividade como o “quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura” (ABNT, 2005), definida também por Dorneles e Roriz (2006).

Conforme Roriz, Dornelles e Roriz (2007), as diversas características físicas que as superfícies da envoltória apresenta, formam um conjunto de fatores que irão influenciar diretamente o desempenho da absorvância, podendo ser, a rugosidade do material, a ondulação da superfície e a sua manutenção ao longo do tempo, devido aos efeitos de degradação, resultando em mudança de coloração.

Desta maneira, estudos comprovam que as exposições dos revestimentos, aos agentes atmosféricos, impactam e alteram as propriedades iniciais de absorção dos materiais, além da modificação de cor e perda do brilho (BERDAHL et al., 2008; DORNELLES; SICHIERI, 2014; PAOLINI et al., 2014; WERLE; LOH; JOHN 2014; LOUZICH et al., 2016; COELHO; GOMES; DORNELLES, 2017). Louzich (2016), aponta que uma telha envelhecida (com absorvância de 0,8), por exemplo, apresenta elevação na absorvância total de 27% em virtude do intemperismo, justificando-se pela modificação de sua cor e rugosidade superficial. Em relação a esta situação, a emissividade também influencia a transmissão de calor por radiação.

Diante deste contexto, para normalizar os valores de absorvância e emissividade de materiais, com a finalidade, principalmente de simulações computacionais, a NBR 15.220 (ABNT, 2005), a NBR 15.575 (ABNT, 2013) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética Edificações Residenciais (RTQ-R) (INEMTRO, 2012), especifica esses valores, bem como das propriedades termofísicas para a envoltória vertical (paredes) e horizontal (coberturas) dos edifícios de acordo com o clima que está exposto, bem como a sua Zona Bioclimática (ZB). No entanto, o desempenho térmico dos materiais varia

em função da incidência da radiação solar, bem como das propriedades das superfícies acometidas.

Assim, a envoltória do edifício desempenha um papel importante, tanto no desempenho térmico quanto na eficiência energética, por isso, uma envoltória de construção bem projetada reduz a demanda de consumo para resfriamento e aquecimento e das cargas térmicas de iluminação e equipamentos (BATRA & SINGHAL, 2017). Sabe-se que o desempenho da envoltória depende de outros fatores como entorno, radiação solar, velocidade do vento, entre outros, ou seja, do clima como um todo.

Neste contexto, considerando que algumas cidades possuem condições climáticas rigorosas decorrentes de sua própria localização geográfica e que, na maioria das vezes, são acentuadas pelos efeitos das ilhas de calor urbana, essas fragilidades comprometem a habitabilidade das edificações e podem incidir em estimativas equivocadas, tornando-se imprescindível diagnosticar os impactos ocasionado pela modificação das absorptâncias das paredes ao longo do tempo em virtude do intemperismo.

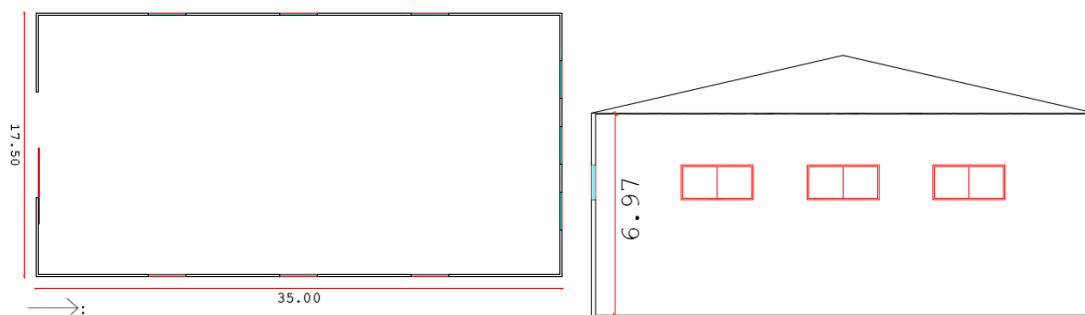
## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é analisar a influência das mudanças de absorptância em sistemas construtivos verticais de cerâmica e de concreto, e avaliar o consumo energético para resfriamento, utilizando da aplicação do balanço térmico em simulações computacionais, de uma edificação comercial, para a cidade de Sinop-MT.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Tomou-se como objeto de estudo um barracão para fins comerciais com dimensões de 17,5x35m, totalizando 596,84m<sup>2</sup> de área total (Figura 01). A cobertura possui duas águas e, o pé-direito é de 7,00m.



**Figura 1.** Planta Baixa e Corte Esquemático do objeto de estudo

Os fechamentos verticais (paredes) do objeto de estudo, constitui-se da substituição de três tipos de sistemas construtivos, o de tijolo cerâmico simples (P1), sendo o que está sendo utilizado in loco, o de tijolo deitado (P2) e o de bloco de concreto (P3), com a finalidade de comparação entre os fechamentos, no âmbito de avaliar o consumo energético para resfriamento. O fechamento horizontal (cobertura), é de telha metálico do tipo zinco e forro do tipo Policloreto de Vinílica (PVC). As propriedades termofísicas dos materiais que compõem a envoltória foram obtidos da NBR 15.220 (ABNT, 2005), expressas em Calor Específico ( $c$ ), Condutividade Térmica ( $\gamma$ ) e Densidade ( $\rho$ ). Considerou-se a resistência térmica da câmara de ar de  $0,21\text{m}^2\text{K/W}$ , do tipo alta emissividade, espessura maior que 5cm (Tabela 01).

**Tabela 1:** Propriedades termofísicas dos materiais de construtivos da parede e cobertura da edificação

Envoltória	Composição	Espessura (cm)	$c$ (J/Kg.K)	$\gamma$ (W/m <sup>2</sup> .K)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )
Paredes	Argamassa Externa	2.50	1.000	1.15	2.000
	P1 Tijolo Cerâmico	9.00	920	1.05	2.000
	Argamassa Interna	2.50	1.000	1.15	2.000
	P2 Argamassa Externa	2.50	1.000	1.15	2.000
	Tijolo Cerâmico	14.00	920	1.05	2.000
	Argamassa Interna	2.50	1.000	1.15	2.000
P3	Bloco de Concreto	14	1.000	1.75	2.400
Cobertura	Chapa de aço	0,08	460	55	7.800
	PVC	1,0	960	0.2	1.300

Fonte: ADAPTADO DE NBR 15.220 (ABNT, 2005)

As tipologias das esquadrias são de vidro do tipo blindex, de correr com quatro folhas para o salão, com dimensões de 2,50 x 1,20m e com área de envidraçada de 3,0m<sup>2</sup>. O portão principal é de chapa metálica com dimensões de 7,00 x 4,00m e com área de 28,0m<sup>2</sup>. As absorvâncias térmica ( $\alpha$ ), adotadas foram relacionadas a cor da parede externa, considerando a faixa de 0,3 a 0,8, ou seja do mais claro (0,3) ao mais escuro (0,8) e, da cobertura a absorvância adotada foi de 0,25 conforme a NBR 15.220 (ABNT, 2005).

Estas tipologias de barracões são amplamente construídas em todo o estado de Mato Grosso e, assim como as demais edificações, sofrem com a influência dos diferentes climas dos locais onde estão implantadas, mesmo tendo sido identificados no Brasil 12 tipos de climas pela

classificação Köppen-Geiger (ÁLVARES et al., 2013), torna-se necessário caracterizar a região e o clima da cidade de estudo.

A cidade de Sinop localiza-se no Centro Norte do Estado de Mato Grosso, região Centro Oeste Brasileira, com área de 3.942,17km<sup>2</sup>, com população estimada de 139.935 habitantes (IBGE, 2018). Encontra-se localizada, na Latitude 11°51'51"S e Longitude 55°30'09"W e, com elevação de 384m. Situada na Amazônia legal a cidade é também um polo regional, fruto de colonização particular e de rápido crescimento urbano. O clima é classificado por Köppen-Geiger, como Tropical (Aw), com inverno seco e, apresenta estação chuvosa no verão, entre os meses de novembro a abril e, estação seca no inverno, entre os meses de maio a outubro (SOARES; BATISTA; TETTO, 2015). A temperatura média anual é de 24°C (ROCHA, ROCHA e GREGORIO, 2015). Apresentando precipitação anual de 2.500 mm, com maior intensidade nos meses de janeiro, fevereiro e março.

Ainda na caracterização climática da região de estudo, a NBR 15.220 (ABNT, 2005) divide o país em oito Zonas Bioclimáticas (ZB), compreendidas em regiões do território que possuem requisitos similares a sem serem atendidos, para proporcionar a adequação das edificações ao clima (ABNT, 2005). Nessa definição foram utilizados dados das normais climatológicas dos períodos de 1931-1960 e de 1961-1990. Pela sua diversidade de bioma e sua localização geográfica, o estado de Mato Grosso compreende quatro zonas bioclimáticas, a saber: 3, 5, 6, 7 e 8, dentre essas, o município de Sinop está inserido na Zona Bioclimática 5 (Figura 02 e 03).



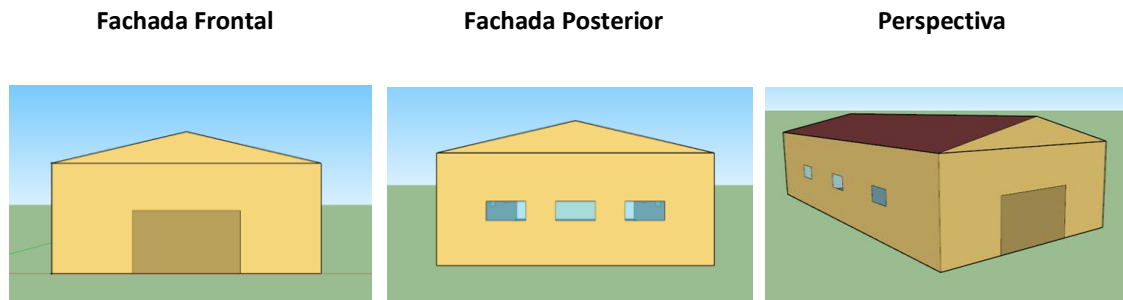
**Figura 2.** Classificação climática de Köppen da região de Sinop-MT  
Fonte: ADAPTADO DE ALVARES et al. 2013



**Figura 3.** Zoneamento bioclimático do estado de Mato Grosso e a cidade de Sinop  
Fonte: ADAPTADO DA NBR 15.220 (ABNT, 2005)

### 3.2. MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Para a modelagem do barracão utilizou-se o Plugin Open Studio, onde todos os ambientes de permanência prolongada foram definidos como uma zona térmica, inclusive o ático (Figura 04).



**Figura 4.** Sinop Vistas do Edifício Comercial no OpenStudio no software EnergyPlus

Optou-se pelo procedimento de simulação computacional determinado pela NBR 15.575 (ABNT, 2013) permitindo analisar o desempenho energético de uma edificação, considerando a tipologia, a geometria, os sistemas construtivos, o clima de implantação e a forma que os usuários se comportam no seu interior. No entanto, o software para as simulações, deve ser validado pela Adaptative Model Project da American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers – Standard 104-2004 (ASHRAE, 2004). Desta forma, optou-se pela utilização do EnergyPlus na versão 8.7, desenvolvido pelo Departamento de Energia (DOE) dos Estados Unidos da América, recomendando também pela NBR 15.575 (ABNT, 2013).

O software utiliza do EnergyPlus Weather Data (EPW) como arquivo climático da região a que pertence a edificação de estudo, contendo uma série de dados meteorológicos e dados locais, como: temperatura do solo e localização geográfica com a finalidade de melhor representar o clima (RORIZ, 2012). É possível também, a inserção das propriedades térmicas



dos materiais construtivos, bem como os schedules (horários de funcionamento) de ventilação natural e/ou artificial, de ocupação, equipamentos e iluminação e, da inserção de dados do dia típico de projeto para o período de verão e/ou inverno. Possibilitando obter resultados em, demanda de energia para resfriamento e/ou aquecimento, desempenho térmico dos sistemas construtivos e a capacidade de ventilação e iluminação natural (DOE, 2016).

Os padrões de ocupação e ganhos internos foram definidos conforme uso, sendo adotado seis pessoas no salão, considerando a taxa metabólica dos usuários ao longo do dia de  $60\text{W}/\text{m}^2$  (sentado ou assistindo TV). Adotou-se o horário de funcionamento comercial, sendo para dias de semana das 7:00 às 18:00 horas e nos sábados das 7:00 às 12:00 horas. Desta forma, os schedules (horários de funcionamento) de iluminação e equipamentos foram configurados conforme o funcionamento do edifício. A densidade de potência instalada adotada foi de  $320\text{W}/\text{m}^2$  e as cargas internas de equipamentos, foi de  $1,5\text{W}/\text{m}^2$  para o período de 24 horas, sendo retirado no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQC (INMENTRO, 2012).

### 3.3. AVALIAÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO CONFORME MÉTODO DE BALANÇO TÉRMICO

Diversos métodos vêm sendo estudados e desenvolvidos para explicar as características do consumo energético das edificações e, muitos desses estudos calculam as perdas das edificações, a influência da radiação solar e da temperatura do ar externa no consumo das edificações (MELO e LAMBERTS, 2008). Conforme Cavalcante (2010), para o projetar a envoltória de um edifício devem ser levados em consideração as cargas térmicas externas, bem como a possibilidade de aproveitamento dos ganhos de calor por radiação solar ou perdas pelas superfícies externas. Desta maneira, o balanço térmico será em função da magnitude da carga interna, das trocas de calor pelos fechamentos horizontais e verticais.

Conforme o manual intitulado “O método do balanço térmico através de simulação computacional no programa Energy Plus” do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) (MELO e LAMBERTS, 2008) e nos documentos “Input Output Reference e Engineering Reference” (DOE, 2016), recomendam primeiramente utilizar o sistema de condicionamento de ar ideal (purchased air), para analisar o balanço térmico, uma vez que esse sistema de condicionamento de ar ideal, apresenta a quantidade de carga térmica necessária para manter o equilíbrio térmico no interior das edificações.

Desta maneira, para este estudo optou-se por utilizar o sistema de condicionamento de ar ideal, configurando o Input HVACTemplate: Zone: IdealLoadsAirSystem do software



EnergyPlus e, retirando os valores de consumo energético total (iluminação, equipamentos e condicionamento de ar). A configuração do termostato do Input do EnergyPlus, foi definida pela aplicação da metodologia da ASHRAE 55 (2004).

A Standard 55 (ASHRAE, 2004) denominada “Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy” apresenta um índice baseado nos estudos de conforto térmico adaptativo proposto por De Dear e Brager (1997). Os estudos foram divididos de acordo como a operação dos edifícios, como naturalmente ventilados, condicionado artificialmente ou modo-misto de operação, resultando então, na seguinte equação de temperatura operativa interna ideal ou pela “neutralidade térmica” mensal ( $T_n$ , em °C) relacionada às médias mensais da temperatura externa do ar ( $T_{e,med.}$ , em °C), em função da temperatura externa, conforme Equação 01.

$$T_n = 17,8 + 0,31 \times T_{Emed} \quad \text{Equação 01}$$

Após a determinação da temperatura neutra, a Standard 55 estabelece um intervalo de temperaturas de conforto para 80% ou 90% de usuários satisfeitos. As faixas são determinadas por limites superiores e inferiores dadas por  $T_n + \text{Tolerância}$  e  $T_n - \text{Tolerância}$ , respectivamente e a temperatura operativa interna ( $T_{op}$ ), representando o intervalo. Para este trabalho, optou-se pela faixa de 90% de usuários, sendo essa tolerância de -2,5 (limite inferior) e +2,5 (limite superior), conforme Tabela 02.

**Tabela 2:** Temperatura de Bulbo Seco, Neutra e os Limites Inferior e Superior (°C)

	Temperatura de Bulbo Seco (°C)	Neutralidade térmica (°C)	Limite Inferior (-2,5) em (°C)	Limite Superior (+2,5) em (°C)
Média (anual)	25,07	25,57	23,07	28,07
Máxima (anual)	27,52	26,33	23,83	28,83
Mínima (anual)	24,00	25,24	22,74	27,74

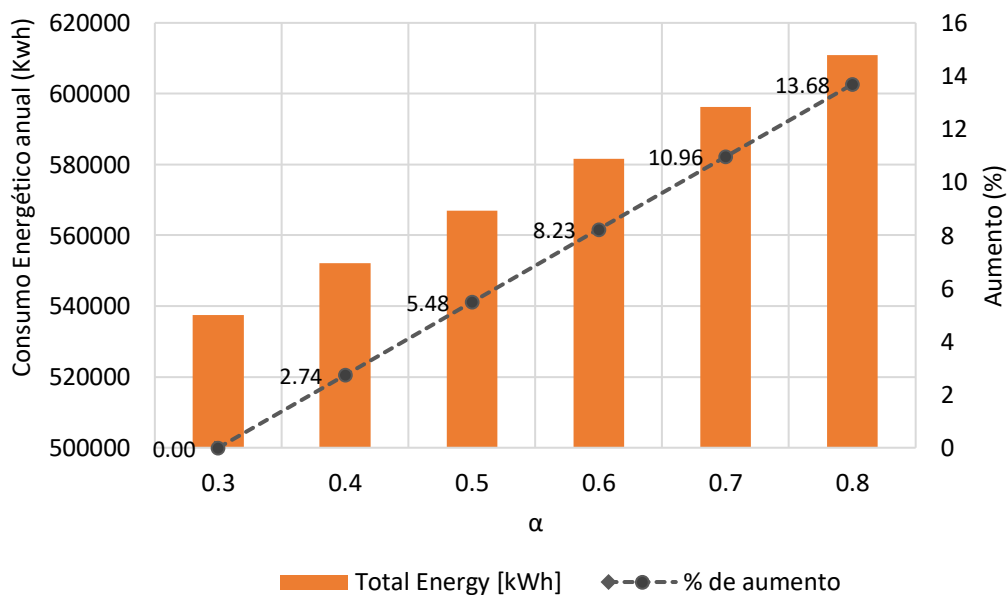
Fonte: OS AUTORES, 2018

Desta forma, utilizou-se como termostato do sistema de condicionamento de ar ideal (purchased air), as faixas determinadas por meio das temperaturas neutras e posteriormente aplicadas ao software EnergyPlus, sendo de 23,83 °C a 28,83 °C. Analisou-se anualmente os ganhos internos, qual representa o quanto de calor deve ser adicionado ou retirado do ambiente

para atender a neutralidade térmica definida. Os resultados são analisados por meio de gráficos os quais permitem o usuário analisar a quantidade de ganho e perda de calor através dos elementos opacos.

#### 4. RESULTADOS

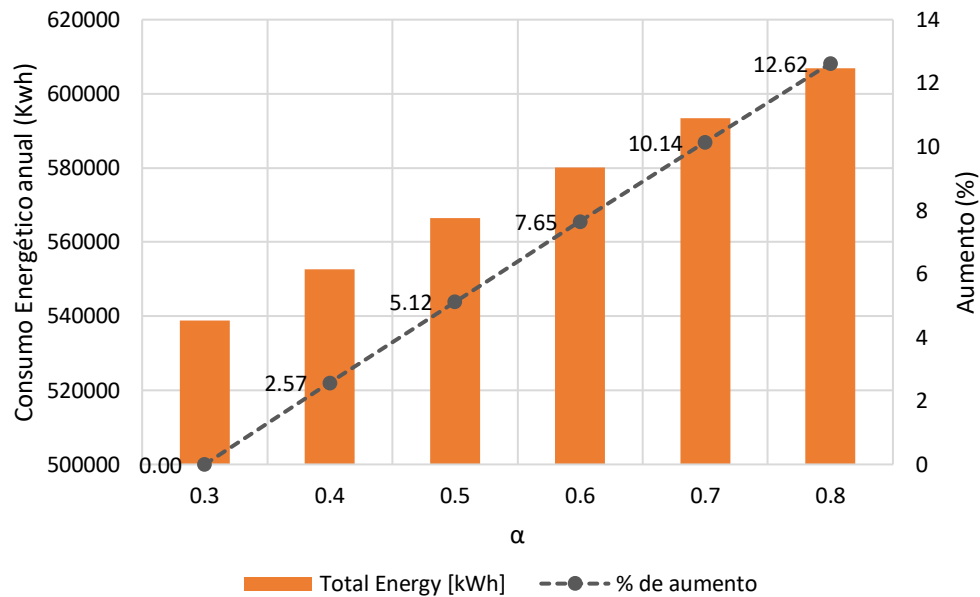
Como descrito na metodologia foram usadas três tipologias verificando o fator que mais influência no consumo de acordo com a mudança na cor da parede. O sistema que demonstrou maior variação foi o P1 de Tijolo Simples (9cm) conforme demonstrado na Figura 05. As simulações resultaram em variação linear do consumo de acordo com o aumento da absorvância, a cada 0,1 acrescentado na absorvância nota-se uma adição média de +2,736% no consumo do protótipo. Desta forma, a menor absorvância (0,3) influencia no consumo de 53.411kWh/ano, passando para 56.161kWh/ano com absorvância de 0,5 e para 61.0939kWh/ano com absorvância de 0,8, demonstrando que cores escuras influencia diretamente no aumento do consumo energético para resfriamento e, conseqüentemente nas condições térmicas de edificações utilizando desse sistema construtivo.



**Figura 5.** Consumo energético do sistema P1 (tijolo simples)

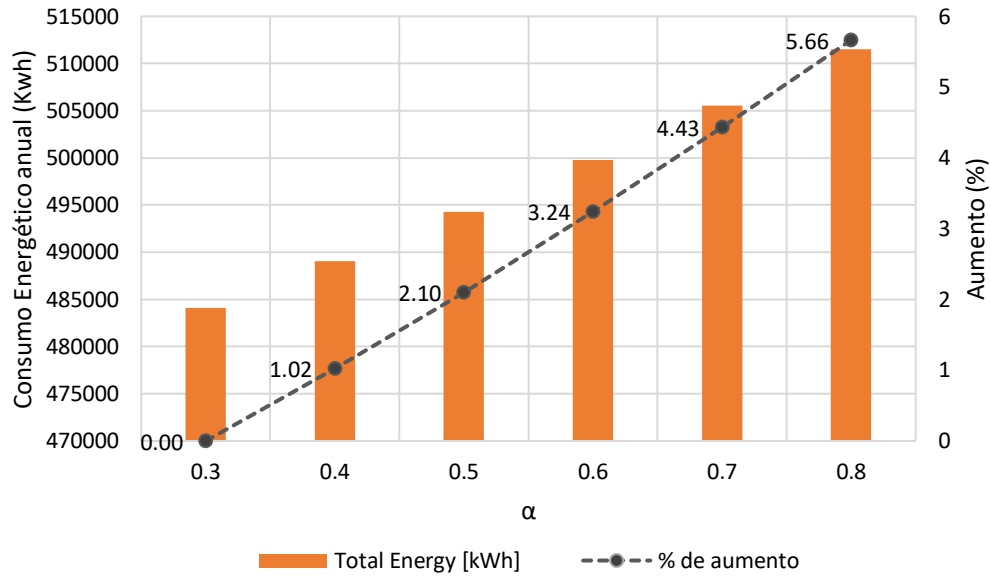
O segundo sistema com maior influência foi o P2 com o Tijolo deitado (14cm), também conta com um crescimento do consumo linear, o que era esperado considerando o uso do material com as mesmas propriedades térmicas. A influência média de acréscimo na porcentagem do consumo de energia foi de 2,524%. Esse sistema apresenta consumo energético para resfriamento de 53.882kWh/ano com absorvância de 0,3, passando para

56.642kWh/ano com absorptância de 0,5 e para 60.683kWh/ano com absorptância de 0,8 (Figura 06). Desta forma, o aumento de +5cm da espessura da parede influencia diretamente no consumo energético, obtendo diferença de consumo de 4.101kWh/ano, comparando com o sistema P1. Destaca-se que as diferenças mais significativas são observadas nas absorptâncias de 0,3 a 0,8, podendo ser justificado pelo aumento da inércia térmica, ou seja, diminuição das amplitudes térmicas internas devido a capacidade de armazenar calor que o sistema possui.



**Figura 6.** Consumo energético do sistema P2 (tijolo deitado)

O terceiro caso, P3 com bloco de concreto há um decaimento considerável no aumento do consumo, tendo uma média de 1,132% de acréscimo. Tal fator demonstra que a influência da absorptância pode mudar de forma maior ou menor de acordo com o sistema e material utilizado. Assim, com mudança do sistema construtivo o consumo energético para resfriamento apresentou valores de 48.408kWh/ano com absorptância de 0,3, passando para 49.425kWh/ano com absorptância de 0,5 e para 51.150kWh/ano com absorptância de 0,8 (Figura 07). As espessuras consideradas nos blocos foram consideradas, iguais a do sistema P3 (14cm), entretanto, o sistema é constituído de um único material. Desta forma, observa-se diferença entre os sistemas, sendo maior em relação ao sistema P1 de 9.943kWh/ano e de 9.533kWh/ano em relação ao sistema P2, para absorptância de 0,8.



**Figura 7.** Consumo energético do sistema P3 (bloco de concreto)

Desta forma, verificou-se que as maiores porcentagens de aumento no consumo energético para resfriamento são dos sistemas convencionais (tijolos cerâmicos), bem como as maiores diferenças para o sistema de bloco, quando comparadas. Os sistemas P1 e P2, obtiveram porcentagens de aumento semelhantes, obtendo maiores diferenças nas absorvâncias de 0,8, sendo de 1,06% entre os sistemas. Entretanto comparando com o sistema P3, as diferenças são maiores, sendo de 8,02% para o sistema P1 e de 6,96% para o sistema P2. Por fim, o sistema P3 apresenta melhores condições térmicas e, conseqüentemente menor consumo energético para resfriamento e, atrelando com a absorvância, os níveis mais baixos (cores claras) apresentaram menores consumo energético, tornando o edifício com melhor nível de desempenho e eficiência.

## 5. CONCLUSÃO

Tal pesquisa demonstrou de forma quantitativa a influência que a cor das paredes podem ter no consumo das edificações. Essa análise, que foi focada nos fechamentos opacos, percebeu-se como esperado que os modelos com alta (0,8) e baixa (0,3) absorvância representaram, respectivamente, o pior e melhor caso de consumo. O uso de cores claras e a manutenção delas contribui de forma direta para um bom desempenho energético da edificação e conseqüentemente diminuição dele como já discutido.

É importante ressaltar que embora os sistemas construtivos simulados tenham alcançado bons resultados, há margem para melhora na eficiência energética do edifício como um todo.

Isso é obtido por meio de estudos de outros sistemas construtivos, estudo da cobertura, orientação solar das aberturas, tipo de esquadrias, área, ventilação natural e diversas outras estratégias bioclimáticas que podem ser aplicadas no clima de Sinop-MT.

### AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e a Universidade Federal de Santa Catarina (USFC). Ao Laboratório de tecnologia e Conforto Ambiental (LATECA-UFMT) e ao Laboratório de Conforto Ambiental (LabCon-USFC). À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de Mestrado dos autores.

### REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde; STAPE, José Luiz.; SENTELHAS, Paulo Cesar; GONÇALVES, José Leonardo de Moraes; SPAROVEK, Gerd. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, INC. **Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220-2: Desempenho térmico de edificações - 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.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.575-1: Edificações habitacionais - Desempenho - Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

BATRA, U.; SINGHAL, S. **Optimum level of insulation for energy efficient envelope of office buildings**. International Journal Of Environmental Science And Technology, [s.l.], v. 14, n. 11, p.2389-2398, 22 abr. 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s13762-017-1322-2>.

BERDAHL, Paul; AKBARI, Hashem; LEVINSON, Ronnen; JACOBS, Jeffrey; KLINK, Frank; EVERMAN, Rebecca. **Three-year weathering tests on asphalt shingles: solar reflectance**. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. Vol.99 – abr. 2012, 277-281 p.

CAVALCANTE, Rodrigo de Castro Dantas. **Simulação energética para análise da arquitetura de edifícios de escritório além da comprovação de conformidade com códigos de desempenho**. Dissertação (Mestrado) f.135. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

COELHO, Thamys da Conceição Costa; GOMES, Carlos Eduardo Marmorato; DORNELLES, Kellen Almeida. **Desempenho térmico e absorvância solar de telhas de**

**fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural.** Revista Ambiente Construído. Vol.17 – nº 1 – jan./mar. – Porto Alegre, 2017, 147-161 p.

DE DEAR, Richard; BRAGER, Gail; COOPER, Donna. **Developing an adaptive model of thermal comfort and preference – Final Report on ASHRAE RP 884.** American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Atlanta, 1997.

DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). **EnergyPlus.** Energyplus.net, 2016. Disponível em: <https://energyplus.net>. Acesso em: 16 de maio de 2018.

DORNELLES, Kelen; SCHIERI, Eduvaldo. **Efeitos do intemperismo natural sobre a refletância de tintas brancas para coberturas.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Maceió, Anais..., ANTAC, 2014.

DORNELLES, Kellen; RORIZ, Mauricio. **Thermal inertia, comfort and energy Consumption in buildings: a case study in São Paulo State-Brazil.** Internacional Journal for Housing Science and Its Applications. v. 28 p. 153-162. Montreal-Canada, 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Requisitos técnicos da qualidade para nível de eficiência energética de edifícios residenciais.** Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual\\_RTQR\\_102014.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_RTQR_102014.pdf). Acesso: 10 de julho de 2018

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Requisitos técnicos da qualidade para nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos.** Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010\\_RTQ\\_Def\\_Edificacoes-C\\_rev01.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf). Acesso: 10 de julho de 2018

INVIDIATA, Andrea; SOUSA, Raquel Fernandes de; MELO, Ana Paula; FOSSATI, Michele; LAMBERTS, Roberto. **Análise do desempenho termoenergético de habitações unifamiliares de interesse social através do método de simulação do regulamento brasileiro.** In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). São Paulo, 2016.

LOUZICH, Kellen Melo Dorileo; CALLEJAS, Ivan Julio Apolonio; DURANTE, Luciane Cleonice; MARTINS, Ana Flavia Souza; ROSSETI, Karyna Andrade Carvalho; MARTINS, Wennder Tharso Oliveira. **Absortância de telhas cerâmicas novas e deterioradas pela exposição às intempéries: impacto no desempenho térmico de edificações.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). São Paulo, Anais..., ANTAC, 2016.

MELO, Ana Paula. **Análise da influência térmica no consumo de energia de edificações comerciais.** Dissertação, f.111 (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. **Análise da influência do desempenho térmico dos fechamentos opacos através do balanço térmico**. In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). Fortaleza, 2008.

MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. **O método do balanço térmico através de simulação computacional no programa EnergyPlus**. Manual do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE). Florianópolis, 2008.

PAOLINI, Riccardo; ZINZI, Michele; POLI, Tiziana; CARNIELO, Emilliano; MAININI, Giovanni Andrea. **Effect of ageing on solar spectral reflectance of roofing membranes: natural exposure in Roma and Milano and the impact of the energy needs of commercial buildings**. Energy and Buildings. Vol.84 – dec. 2014, 333-343 p.

ROCHA, Silva Rocha Diego; ROCHA, Vieira Jansle; GREGORIO, Di Carraro Thais. **Análise da mudança de cobertura e uso da terra, com base em imagens LandSat e LISS III, e o produto EVI/MODIS para o município de Sinop-MT**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSB), João Pessoa-PB, 2015.

RORIZ, Mauricio. **Segunda Proposta de Revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro**. Universidade Federal de Santa Catarina, Laboratório de Eficiência Energética (LABEEE). Florianópolis, 2012.

RORIZ, Victor; DORNELLES, Kelen Almeida; RORIZ, Maurício. **Fatores determinantes da absortância solar de superfícies opacas**. In: IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto. Anais do IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e V Encontro LatinoAmericano sobre Conforto no Ambiente Construído. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

SOARES, Ronaldo Viana; BATISTA, Antônio Carlos; TETTO, Alexandre Franla. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba, 2015.

WERLE, A. P; LOH, K; JOHN, V. M. Pintura à base de cal como alternativa de revestimento frio. **Ambiente Construído**. Vol. 14 – nº3 – jul./set. 2014, 149-157 p.