



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VII ELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES COM DIFERENTES ABSORTÂNCIAS E SEU IMPACTO PARA O CLIMA DE CUIABÁ

Marcelo Felipe Zanella de Arruda (1); Vanessa de Souza Luz (2); Túlio César da Silva Júnior (3) e Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira (4)

(1) Iniciação Científica, Departamento de Física, marcelofza@gmail.com

(2) Iniciação Científica, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, vanessaluz@live.com

(3) Iniciação Científica, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, tuliojuniorcba@gmail.com

(4) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, mcjanp@gmail.com

Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá-MT, 78060-900, Tel.: (65) 3615 8738

RESUMO

A cidade de Cuiabá apresenta um clima com temperaturas elevadas praticamente o ano todo, em decorrência dessa característica combinada com outros fatores, inúmeras edificações não oferecem conforto térmico aos seus usuários. Contudo, a partir dos diversos estudos realizados nas áreas de conforto e tecnologia de materiais, sabe-se que cada material de construção possui uma particularidade na influência térmica da edificação influenciando em seu desempenho térmico. Com posse desses estudos, o projetista pode escolher quais os materiais mais adequados para o clima, porém uma ferramenta de simulação poderia tornar o trabalho mais confiável e facilitar a escolha dos materiais a partir de diversas comparações de sistemas construtivos ainda em fase de projeto. Dessa forma, o objetivo deste artigo é avaliar a influência da absorptância dos materiais de construção no desempenho térmico de uma edificação comercial localizada na cidade de Cuiabá. Para a sua execução foram utilizados os dados obtidos pelo software *EnergyPlus*, na qual foi feita a modelagem da edificação e gerada as simulações. O método utilizado consistiu em realizar comparações entre estes dados obtidos com as reais propriedades dos materiais e com as absorptâncias alteradas, na qual foi possível observar que a influência da absorptância no desempenho térmico da edificação não é tão significativa quando os materiais construtivos apresentam alta resistência térmica; já em sistemas construtivos com baixa resistência, valores baixos de absorptância solar podem contribuir para amenizar o desconforto térmico da edificação.

Palavras-chave: *sistemas construtivos, absorptância solar, EnergyPlus*

ABSTRACT

The city of Cuiabá has a climate with high temperatures all year round. This feature combined with other factors; resulting in many buildings do not provide thermal comfort to its users. However, from several studies in the areas of comfort and material technology, we know that each building material has a special influence on building thermal influence on its thermal performance. With possession of these studies, the designer can choose which materials are most suitable for the climate, but a simulation tool could make work easier and more reliable choice of materials from various comparisons of building systems still under design. Thus, this paper aims to assess the effect of the absorptance of building materials on the thermal performance of a commercial building located in the city of Cuiaba. For its implementation were used data obtained from the *EnergyPlus* software, which was made to model the building and generated simulations. The method used was to make comparisons between the data obtained with the real material properties and the absorptances altered, in which it was possible to observe that the influence of absorptance on the thermal performance of the building is not as significant as the building materials have high thermal resistance; but by building systems with low resistance, low values of solar absorptance can help ease the discomfort of the building.

Keywords: *building system, solar absorptance, EnergyPlus*

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Cuiabá é conhecida nacionalmente por apresentar temperaturas elevadas durante o ano inteiro, possuindo duas estações bem definidas (quente-seco e quente-úmido). Essa característica deve-se basicamente a sua localização geográfica.

A partir do século XX, a cidade passou por um processo de crescimento populacional muito elevado acompanhado por um acelerado crescimento demográfico e um crescimento urbano desordenado, que possui hoje uma população de 551 mil habitantes e uma densidade de 155,83 hab/km² (IBGE 2010).

Este crescimento resultou em uma drástica mudança no perfil local, provocando alterações microclimáticas na região. Essa alteração foi resultado de vários fatores, como a impermeabilização do solo, aumento demasiado do número de automóveis e uma imensa redução das áreas verdes da cidade, elevando assim, a temperatura média anual da cidade.

Esses fatores aliados às técnicas de construções inadequadas para o clima local resultam em edificações cuiabanas termicamente desconfortáveis. Dessa forma, visando amenizar o desconforto térmico, o atendimento às exigências de conforto torna-se fundamental, uma das formas encontradas baseia-se na utilização de materiais que possuem baixos valores de absorvância solar.

Segundo Dornelles (2008), a radiação solar é responsável por importante parcela da carga térmica dos edifícios e seu impacto sobre esta carga depende, principalmente, da absorvância solar do envelope construtivo. Conforme a definição da NBR 15220-2, a absorvância à radiação solar (α) é o “quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície”.

O meio mais eficaz do projetista poder controlar a quantidade de calor que chega até o interior de uma edificação é considerar cuidadosamente o modo como o envelope construtivo tanto absorve quanto reflete a radiação solar (DORNELLES, 2008). Segundo Givoni (1981), superfícies com baixa absorvância solar que refletem a maior parte do calor e da luz do Sol (ou seja, radiação visível e infravermelha) usualmente são lisas e pintadas com cores "claras".

Identificar o comportamento da edificação frente aos condicionantes e se as estratégias adotadas foram adequadas para atender a necessidade da edificação em relação ao clima local são extremamente importantes, pois assim, posteriormente esses estudos poderão ser utilizados como base para a elaboração de novos projetos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da absorvância térmica no desempenho térmico de uma edificação comercial localizada na cidade de Cuiabá, por meio de simulação computacional, em diferentes sistemas construtivos de sua envoltória.

3. MÉTODO

Para execução deste trabalho foram seguidos os seguintes passos:

- a) Modelou-se a edificação em estudo no programa *EnergyPlus* (disponível para *download* gratuito no site <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>, versão utilizada 5.0.
- b) O arquivo climático .epw utilizado nas simulações do software *EnergyPlus* refere-se ao clima de Cuiabá fornecido pelo LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, cujo acesso ao arquivo é permitido pelo endereço: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/downloadaclim.html>.
- c) Foram definidos diferentes sistemas construtivos cujos valores de absorvância foram manipulados para identificar a influência no desempenho térmico da edificação.
- d) Foram realizadas comparações de absorvância em sistemas construtivos que apresentassem características térmicas distintas para que fosse possível identificar uma relação entre a resistência térmica dos materiais e a absorvância dos mesmos.

Em paralelo a esta pesquisa, a edificação estava sendo monitorada durante 15 dias consecutivos em cada estação do ano, nos períodos compreendidos entre os dias 21 de abril e 05 de maio de 2010 (outono), 15 e 30 de julho de 2010 (inverno), 15 a 30 de outubro de 2010 (primavera) e 26 de dezembro de 2010 a 11 de janeiro de 2011 (verão). Dessa forma, os dados reais levantados foram utilizados como referência para a confiabilidade dos resultados obtidos pelo *software* para os mesmos períodos das medições *in loco*.

A edificação estava em processo de construção, não havia ocupação determinada de pessoas, equipamentos funcionando e iluminação artificial; portanto, não foram considerados os ganhos internos na simulação. Em relação a taxa de infiltração, o valor adotado foi de 0,04m³/s.

3.1 Caracterização da área de estudo

A edificação comercial proposta para estudo localiza-se na região leste do município de Cuiabá (latitude 15°35'06''S sul e longitude 56°04'40''O), ver figura 1.

A edificação está implantada em um terreno com área equivalente a 5.000m², composta por dois pavimentos, (figuras 2, 3, 4 e 5) totalizando uma área construída de aproximadamente 3.000 m², compostos por padaria, confeitaria, lanchonete, loja de conveniência, sanitários, estoque, vestiários e sanitários para funcionários, casas de máquinas e ambientes de apoio, restaurante, cozinha, mirante com o moinho e administração, além dos ambientes de apoio.



Figura 1 - Localização da área de estudo

Fonte: Cuiabá. Prefeitura. **Perfil Socioeconômico de Cuiabá – Volume III** – Cuiabá, MT: Central de Texto, 2007. p.64; www.padariado moinho.com.br; e, Google Earth.

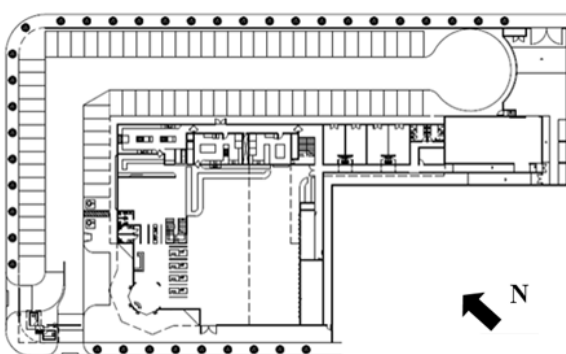


Figura 2 - Pavimento Inferior

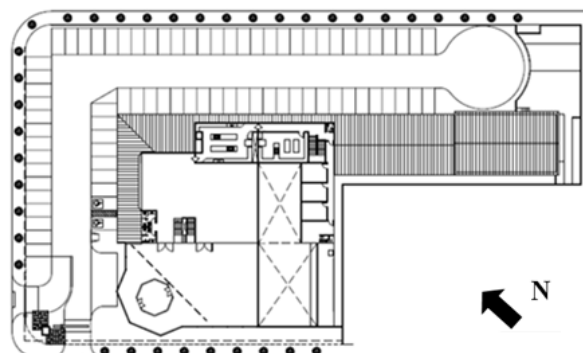


Figura 3 - Pavimento Superior

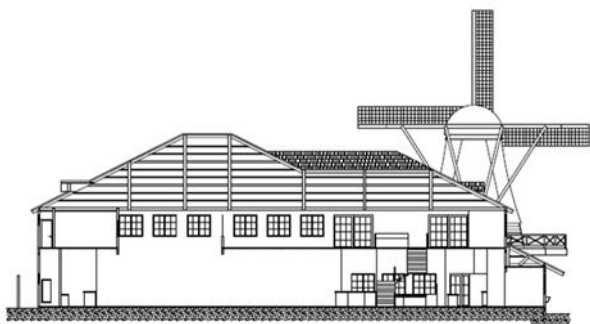


Figura 4 - corte transversal



Figura 5 - corte longitudinal

3.2 Sistemas construtivos analisados

Foram colocados, na primeira composição (tabela 1), materiais que possuem características térmicas isolantes (baixa condutividade térmica), o que foi considerado uma opção adequada para o clima de Cuiabá que provavelmente ofereceria, em condições normais, conforto aos usuários. Buscou-se ainda utilizar esses materiais em conjunto, formando camadas, o que potencializaria a resistência da edificação ao calor, já que o mesmo é o alvo de maior preocupação da população cuiabana. Assim, temos abaixo o arranjo do sistema construtivo da primeira composição.

Tabela 1- Propriedades dos materiais utilizados na simulação – Primeira composição

PROPRIEDADES	TELHADO		PAREDE			JANELAS	PISO
	Telha cerâmica	OSB	Bloco silício-calcário	Teca	PVC	Vidro simples	Concreto
Rugosidade	Meio rugoso	Meio rugoso	Muito rugoso	Liso	Liso	Liso	Rugoso
Espessura (m)	0,04	0,003	0,19	0,025	0,01	0,003	0,1
Condutividade* [W/m-K]	0,7	0,14	0,68	0,23	0,17	0,9	1,75
Densidade* [kg/m³]	1300	650	1600	600	1300	2500	2400
Calor Específico* [J/kg-K]	920	2300	840	1340	1000	840	1000
Absortância Térmica	0,7	0,9	0,9	0,7	0,7	0,06	0,9
Absortância Solar*	0,7	0,9	0,8	0,7	0,7	0,06	0,9
Absortância Visível	0,7	0,9	0,65	0,7	0,7	0,06	0,65

A segunda composição (tabela 2) possui pouca quantidade de materiais. Procurou-se utilizar nesta composição os materiais que, combinados, oferecem pouca resistência térmica (materiais que apresentam alta condutividade térmica) e que normalmente resultam em edificações termicamente desconfortáveis.

Tabela 2- Propriedades dos materiais utilizados na simulação – Segunda composição

PROPRIEDADES	TELHADO	PAREDE	JANELAS	PISO
	Telha de fibrocimento	Bloco cerâmico	Vidro simples	Concreto
Rugosidade	Meio rugoso	Rugoso	Liso	Rugoso
Espessura (m)	0,007	0,1	0,003	0,1
Condutividade* [W/m-K]	1,05	1,75	0,9	1,75
Densidade* [kg/m³]	2000	2400	2500	2400
Calor Específico* [J/kg-K]	920	1000	840	1000
Absortância Térmica	0,7	0,7	0,06	0,9
Absortância Solar*	0,7	0,7	0,06	0,9
Absortância Visível	0,7	0,7	0,06	0,65

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Sabe-se que os resultados obtidos não dependem somente de uma propriedade específica do material, mas também da composição de todas elas. Assim, para entender a influência da absortância dos materiais no desempenho térmico da edificação foi realizada uma pequena análise com a manipulação dos valores dessa característica. Procurou-se analisar o comportamento horário da edificação ao longo do ano, dessa forma abaixo a figura 6 apresenta o comportamento térmico da edificação com base nos resultados obtidos.

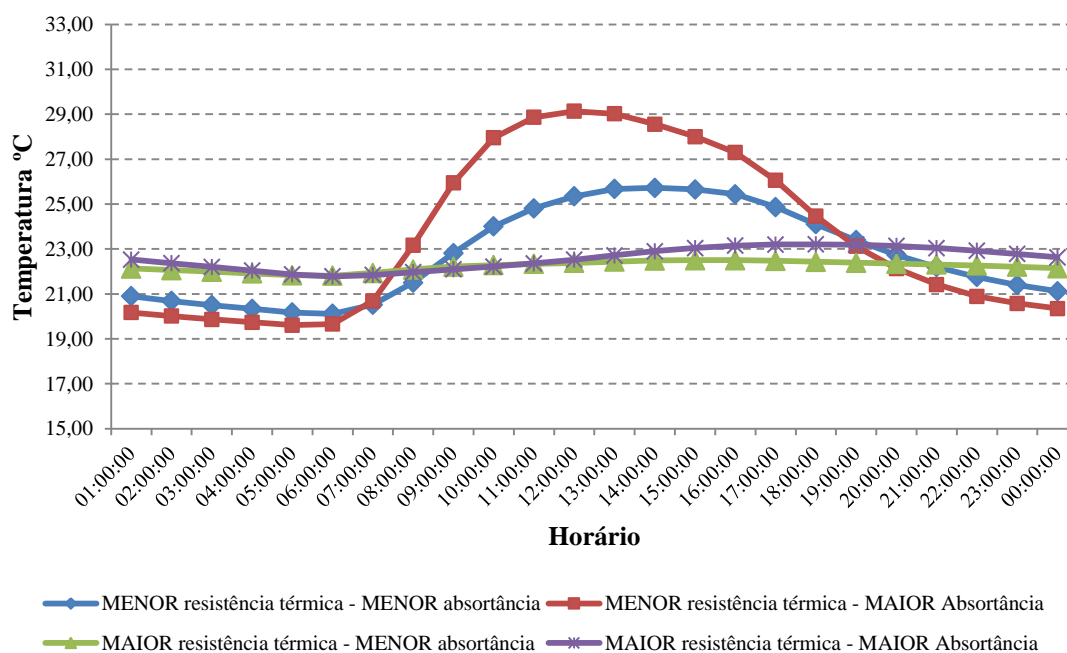


Figura 6 - Temperatura do ar interno ao longo do ano

A análise consistiu em aplicar diferentes absorptâncias em diferentes composições de materiais da envoltória da edificação em estudo e verificar o desempenho térmico da edificação através da temperatura do ar interno. Dessa forma, aplicaram-se valores de menor e maior absorptância para sistemas construtivos que apresentam maior ou menor condutividade térmica.

4.1 Influência da absorptância em diferentes sistemas construtivos

Este tópico abordará a relação da absorptância nos dois tipos de sistemas construtivos conforme as tabelas 1 e 2. Abaixo a figura 7 apresenta o resultado da influência da absorptância térmica do sistema construtivo que oferece maior resistência térmica referente à primeira composição ao longo do ano.

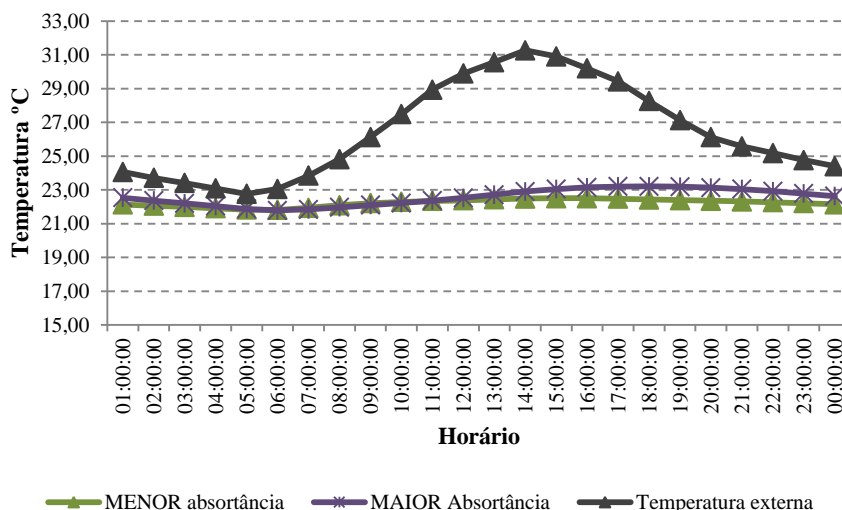


Figura 7 - Sistema construtivo com maior resistência térmica - Primeira composição

Notou-se que a absorptância não influenciou significativamente no desempenho térmico do sistema construtivo com maior resistência. As diferenças de temperatura encontradas não ultrapassaram 1,0°C. Em relação ao comportamento térmico tem-se que o sistema construtivo de maior resistência térmica apresenta um comportamento constante com pequena variação de temperatura durante o dia. Percebe-se ainda que esse sistema construtivo oferece um comportamento térmico satisfatório em relação à temperatura externa, com variação de temperatura entre 21,8°C e 23,21°C e atraso térmico de 06 horas.

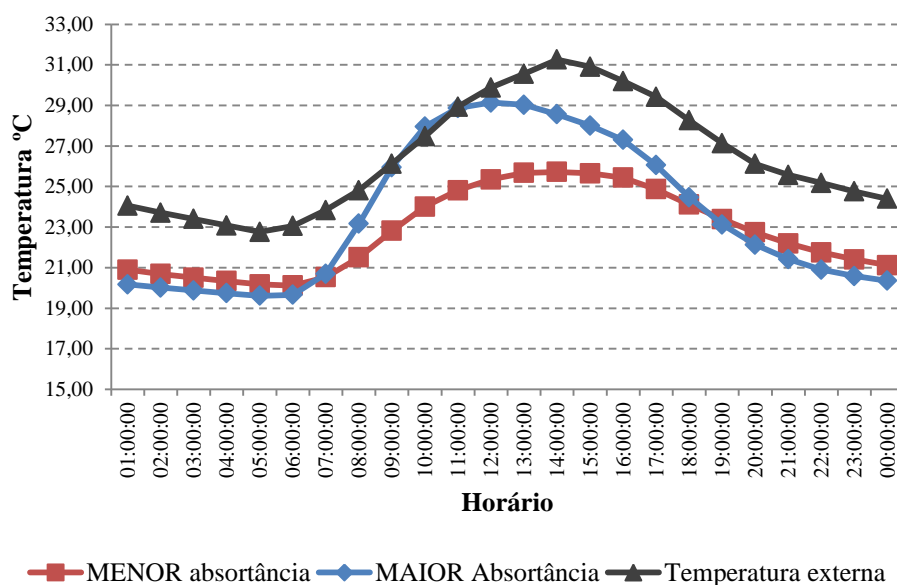


Figura 8 - Sistema construtivo com menor resistência térmica - Segunda composição

A segunda composição apresentou maiores diferenças de temperatura em relação à primeira composição no decorrer do ano. Como pôde ser visto na figura 8, em relação ao comportamento térmico o sistema com menor resistência sofreu grande variação temperatura, apresentando maiores valores durante o período diurno. Com menores valores de absorptância a temperatura interna apresenta o mesmo comportamento da temperatura externa, sem atraso térmico, no entanto, os valores internos apresentam-se menores, com diferenças de 2,59 a 5,54°C.

Valores maiores de absorptância ocasionaram maiores temperaturas internas, alcançando valores próximos às temperaturas externas entre às 08h00 e 13h00. A maior temperatura interna ocorreu às 12h00 e a maior temperatura externa ocorreu às 14h00.

Nota-se que nesse sistema construtivo, a escolha de materiais com baixa absorptância pode trazer melhorias significativas no desempenho térmico da edificação, amenizando o desconforto dos usuários.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos através do *software EnergyPlus* para a edificação cuiabana analisada, em sistemas construtivos que apresentam alta resistência térmica, os índices de absorptância solar não influenciaram significativamente no seu desempenho térmico. O mesmo não ocorreu com sistemas construtivos com baixa resistência. A escolha de materiais baseadas em sua absorptância podem impactar diretamente o conforto térmico da edificação. Sendo assim, valores baixos de absorptância solar nesse mesmo sistema, podem trazer uma melhoria significativa no ambiente, enquanto valores altos podem piorar o desempenho térmico do material e consequentemente, aumentar o consumo de energia com sistemas de resfriamento.

De qualquer forma, os investimentos nos materiais de construção devem visar o conforto térmico e a eficiência energética da edificação sempre levando em consideração o clima local, a forma e envoltória da edificação. Sendo assim, tornam-se necessários maiores estudos a respeito da propriedade dos materiais para entender melhor o comportamento destes nas edificações cuiabanas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA, M. F. Z. **Avaliação do desempenho térmico de edificações: equilíbrio entre a climatização e a eficiência energética.** Monografia (Iniciação Científica) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2 – **Desempenho térmico de edificações** – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações, 2005.

BORDUNI, R. N. **Simulação Computacional para Análise de Eficiência Energética em**

Edificações. 2006. 112f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

DORNELLES, Kelen Almeida. **Absortância solar de superfícies opacas:** métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

GALVÃO, C. E. V.; CANEPPELE, L. B.; LUZ, V. S.; NOGUEIRA, M. C. de J. A. **Emprego do software EnergyPlus quanto ao desempenho térmico comparado a medições in loco em protótipo não habitado.** In: Estudos em conforto ambiental: Contribuições ao estudo de conforto ambiental na Grande Cuiabá-MT. , v. 02, p 151-160. Cuiabá: EdUnic. 2010.

GIVONI, B. **Man, climate and architecture.** London: Applied Science Publishers, 1981.

HAGEL, A. P. L. A. **Análise computacional da demanda energética de climatização de edifício.** Brasília: UNB, 2005.

KRAUSE, C. B. SANTOS, M. J. O. NIEMEYER, M. L. PORTO, M. M. **Bioclimatismo no projeto de Arquitetura: dicas de projeto.** Rio de Janeiro: FAU/UFRJ. 2005.

LAMBERTS, R. MARINOSKI, D. L. **Desempenho Térmico em Edificações.** 5ª Edição. Santa Catarina: Departamento de Engenharia Civil/UFSC. 2007

LUZ, V. S. **Simulação computacional para avaliação dos materiais de construção na influência no desempenho térmico da edificação.** Monografia (Iniciação Científica) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

MENDES, N; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R.; NETO, J. A. B. C. **Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil.** Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p-47-68, out./dez. 2005.

PACHECO, E. J. V.; LUZ, V. S.; JORGE, A. **Análise comparativa das habitações populares: desempenho térmico x sistemas construtivos.** In: Estudos em conforto ambiental: Contribuições ao estudo de conforto ambiental na Grande Cuiabá-MT. , v. 01, p 101-115. Cuiabá: EdUnic. 2009.

SILVA, S. M. S. ALMEIDA, M. G. de. **Avaliação do impacto energético e econômico de diferentes soluções construtivas.** In: Universidade do Minho – Departamento de Engenharia Civil - Campus de Azurém, Guimarães, Portugal nº18, 2003.

XAVIER, A. L. **Estudo de utilização dos softwares EnergyPlus e Desktop Radiance na cidade de Cuiabá-MT.** 2008. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Eletrobrás/CNPq pelo apoio financeiro.