



ANÁLISE DAS PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE BLOCOS DE CONCRETO ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL, VISANDO A OTIMIZAÇÃO DO SEU DESEMPENHO TÉRMICO QUANDO ADOTADO NA ENVOLTÓRIA DE EDIFICAÇÃO NA CIDADE DE SALVADOR-BA¹

SOUZA, Camila Rocha de (1); ARAÚJO, Nicolas de Aquino (2); SOUZA, Sandra Helena Miranda de (3); GONÇALVES, Jardel Pereira (4);

(1) UFBA, e-mail: camilarochaufba@gmail.com; (2) UFBA, e-mail: nicolasaraujo10@gmail.com; (3) UFBA, e-mail: sandra.miranda@ufba.br; (4)UFBA, e-mail: jardelpg@gmail.com;

RESUMO

O desempenho térmico da edificação está diretamente relacionado com as características dos elementos que o constituem e suas interações com as variáveis climáticas. Evidenciando a larga utilização da alvenaria estrutural em blocos de concreto no Brasil, o objetivo deste artigo compreende avaliar a sensibilidade das propriedades termofísicas do bloco de concreto, a fim de apontar sua contribuição no desempenho térmico das edificações. Foram realizadas simulações computacionais no EnergyPlus®, utilizando uma edificação residencial unifamiliar localizada na Cidade de Salvador/BA, cujas vedações verticais são compostas por blocos de concreto. As simulações foram desenvolvidas em duas etapas, na primeira foi considerada a envoltória rebocada em ambas as faces e na segunda sem argamassa de revestimento. As propriedades analisadas foram: espessura(m), densidade(kg/m³), condutividade térmica(W/m.K), rugosidade(adimensional), absorvância(%), emissividade(%) e calor específico(kJ/kg.K). Para cada propriedade, foram realizadas três simulações e adotados três valores: valor padrão, valor menor que o padrão e valor maior que o padrão. As propriedades que mais influenciaram o desempenho térmico da edificação foram a espessura, o calor específico e a absorvância. Destaca-se também a forte influência do revestimento da superfície da alvenaria no desempenho térmico, culminando em uma diferença de até 3,5°C no interior da edificação quando comparada a situação da alvenaria estar ou não revestida.

Palavras-chave: Blocos de concreto. Desempenho térmico de edificação. Simulação computacional.

ABSTRACT

The thermal performance of the building is directly related to the characteristics of the constituent elements and their interactions with climate variables. Demonstrating the wide use of structural masonry concrete blocks in Brazil, the purpose of this article comprises assessing the sensitivity of the thermo-physical properties of the concrete block in order to indicate its contribution to the thermal performance of buildings. Computer simulations were

¹ SOUZA, Camila et al. Análise das propriedades termofísicas de blocos de concreto através de simulação computacional, visando a otimização do seu desempenho térmico quando adotado na envoltória de edificação na cidade de Salvador-BA. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

performed at EnergyPlus® using a single-family residential building located in the city of Salvador / BA, whose vertical seals are made of concrete blocks. The simulations were carried out in two stages, the first envelope was considered towed on both sides and the second uncoated mortar. The studied properties were: thickness (m) Density (kg / m³) Thermal conductivity (W / m · K), roughness (dimensionless), absorptance (%) Emissivity (%) and specific heat (kJ / kg.K). For each property, there were three simulations and adopted three values: default value, lower than the standard and value greater than the default. The properties that most influenced the thermal performance of the building were thickness, the specific heat and absorptance. It is also highlights the strong influence of the masonry surface coating on the thermal performance, resulting in a difference of up to 3.5°C inside the building when compared to situation of the masonry or may not be coated.

Keywords: Concrete blocks. Thermal performance of building. Computer simulation.

1 INTRODUÇÃO

Em torno de 5,5 milhões de moradias precisariam ser construídas em todo o território brasileiro para suprimir o déficit habitacional do país, segundo dados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios (Pnad), de 2008, lançada pelo Ministério das Cidades. A partir deste referencial, foram criados programas habitacionais na tentativa de atenuar este problema social. Frente a este desafio, tornou-se necessária a adoção de sistemas construtivos que garantissem maior rapidez à execução da obra. Dentre estes sistemas, pode ser citada a alvenaria estrutural em blocos de concreto, que apresenta ainda como vantagens a redução no custo final da obra e a redução de resíduos quando comparado a sistemas tradicionais. Dados do governo federal relatam que, entre 2009 e 2016, foram entregues 2,6 milhões de moradias.

Entretanto, além da racionalização, o setor da construção civil vem buscando aprimorar os sistemas construtivos sob a lógica da eficiência energética, onde os mesmos vêm sendo repensados tecnologicamente de modo a potencializar suas funções para alcançar o máximo de desempenho, objetivando a melhoria da qualidade da construção e redução de impactos ao meio ambiente. Dentro deste contexto, evidenciando a larga utilização da alvenaria em blocos de concreto no Brasil, vê-se que seu material constituinte tende a apresentar baixo desempenho térmico, especialmente em clima quente e úmido, por apresentar, devido às suas propriedades termofísicas, índices elevados de ganhos de calor. Este fato pode vir a comprometer a qualidade térmica do ar nos ambientes internos das edificações, gerando desconforto aos seus usuários. No Brasil entrou em vigor, em 2013, a norma ABNT NBR 15575 “Edificações Habitacionais – Desempenho” instrumento normativo constituído de seis partes, que dentre outras exigências, outorga critérios mínimos referentes ao desempenho térmico de habitações.

Estudos realizados por Sacht e Rossignolo (2009) constataram, através de simulação computacional, que a alvenaria em blocos de concreto não atendeu ao nível mínimo de desempenho térmico para a maioria das cidades brasileiras analisadas. Em pesquisa realizada por Sansão et al. (2012), também através de simulação computacional, resultados validaram que as

envoltórias de blocos cerâmicos possuem melhor desempenho térmico que as envoltórias de blocos de concreto, ao proporcionar maior quantidade de horas dentro da zona de conforto térmico, além de proporcionar ganhos de calor inferiores no solstício de verão. Diante deste cenário, o objetivo deste artigo compreende avaliar a sensibilidade das propriedades termofísicas do bloco de concreto, através de simulação computacional, a fim de apontar o limite de contribuição das mesmas no desempenho térmico das edificações, de forma a estabelecer um direcionamento quanto à otimização de suas características térmicas.

2 MÉTODOS

Os dados de entrada (*input*) para a realização das simulações computacionais no software EnergyPlus®, dentre diversas outras definições relativas aos componentes construtivos da edificação, referem-se às propriedades térmicas e físicas dos mesmos, são elas: espessura, densidade, condutividade térmica, rugosidade, absorvância, emissividade e calor específico. É importante sobressaltar que as propriedades absorvância e emissividade referem-se à superfície exposta da vedação.

Na presente pesquisa com foco estabelecido para a análise da sensibilidade das propriedades termofísicas do bloco de concreto no tocante ao desempenho térmico global da edificação, utilizou-se o método que, para cada propriedade a ser analisada, três simulações são realizadas e adotados três valores: o valor padrão da propriedade, o valor menor que o padrão e o valor maior que o padrão. De forma a analisar mediante esta variação a resposta térmica da edificação. As simulações térmicas apresentam como resposta a temperatura interna do ambiente em análise, apresentadas em gráficos.

Para o estudo proposto as simulações foram desenvolvidas em duas etapas, para a primeira etapa as simulações foram configuradas considerando a envoltória (vedação vertical) rebocada em ambas as faces e a segunda com a envoltória sem argamassa de revestimento (ver Quadro 1).

Quadro 1 – Etapas da Simulação

Simulação	
Etapa A	Com argamassa de revestimento
Etapa B	Sem argamassa de revestimento

Fonte: Autores

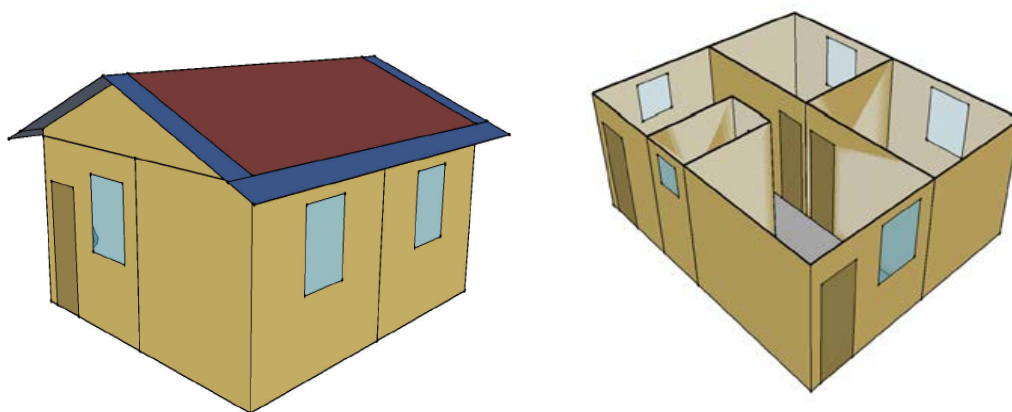
2.1 Caracterização da edificação de referência e características da modelagem da edificação

Definiu-se para as referidas simulações a edificação residencial unifamiliar, em fase de projeto, padrão Caixa Econômica Federal para Habitação de Interesse Social localizada na cidade de Salvador. A edificação tem área

construída de 38,70 m², com dimensões de 6,74m x 5,74m x 2,80m, é composta por dois quartos, sala, um sanitário, cozinha e área de serviço.

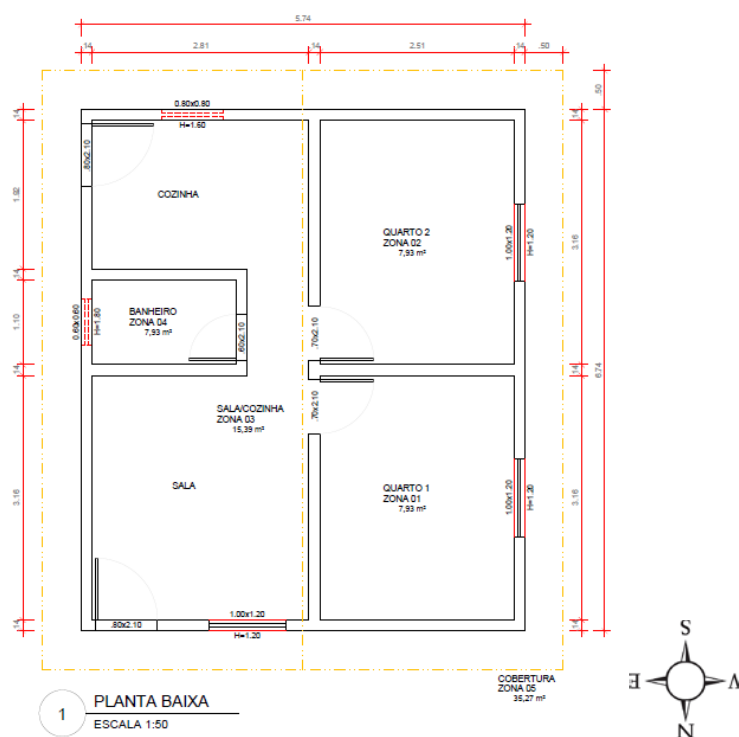
A partir das informações disponibilizadas no site da Caixa, foi realizada a maquete virtual (ver Figura 1 e Figura 2) no *software Google SketchUp*, bem como foi reproduzida a planta baixa da edificação (Figura 3) no *software AutoCad 2012*. Estas peças gráficas serviram de base para os dados requeridos, referentes à geometria da edificação, para simulação computacional no *software EnergyPlus®*.

Figura 1 – Perspectivas da edificação



Fonte: Autores

Figura 2 – Planta baixa da edificação



Fonte: Autores

A edificação foi modelada no programa EnergyPlus® com cinco zonas térmicas, sendo quatro zonas para os ambientes e uma para o ático da cobertura. Foi utilizado o arquivo climático do INMET (2015) da cidade de Salvador (zona bioclimática 8), disponibilizado pelo LabEEE.

Configuração dos componentes construtivos

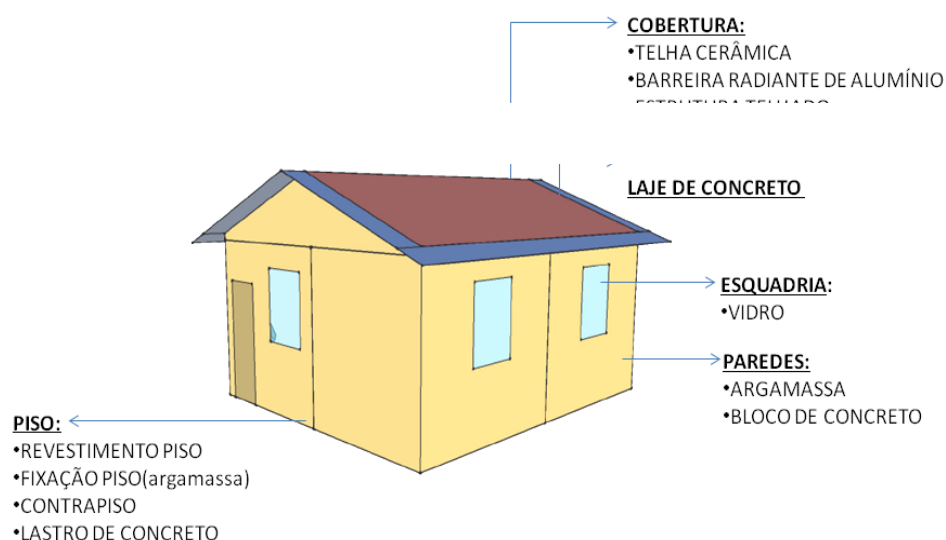
A vedação vertical externa e interna da edificação é composta por blocos de concreto, assentados com argamassa de 1,0cm, e para a etapa A, são rebocados em ambas as faces com argamassa de 2,5cm (propriedades vide quadro 2). O tamanho da abertura das esquadrias para ventilação e iluminação é de 15% em relação à área do ambiente, nos ambientes de permanência prolongada as esquadrias possuem dispositivos de sombreamento externo (venezianas). A cobertura é composta por telha cerâmica clara (baixa absorvância) e barreira radiante de alumínio, a edificação dispõe de laje de concreto, e encontra-se em contato com o solo (Ver Tabela 1 e Figura 3).

Tabela 1 – Especificações componentes construtivos

Componentes Construtivos	Especificações
Vedação Externa e Interna	Alvenaria em Blocos de concreto
Cobertura	Telhas cerâmicas claras ($\alpha=0,3$) Barreira Radiante de Alumínio
Esquadrias	Vidro / Venezianas
Laje	Concreto espessura 10cm
Piso	Em contato com o solo

Fonte: Autores

Figura 3 – Componentes construtivos



Fonte: Autores.

Para as propriedades físicas e térmicas da argamassa de revestimento foram adotados os valores presentes na NBR 15220-1(ABNT, 2003), como pode ser verificado no Quadro 2.

Quadro 2 – Valores adotados argamassa de revestimento

Propriedades	Valor
Rugosidade	Rugoso
Espessura (m)	0,025
Condutividade (W/m.K)	1,15
Densidade (kg/m ³)	2000
Calor específico (J/kg.K)	1,0
Emissividade(%)	0,3
Absortância (%)	0,3

Fonte: Autores

2.2 Propriedades analisadas

Foram analisadas as propriedades físicas do componente construtivo bloco de concreto: espessura(m) e rugosidade(adimensional), e as propriedades térmicas: densidade(kg/m³), condutividade térmica(W/m.K), absortância(%), emissividade(%) e calor específico(kJ/kg.K). Os valores adotados podem ser verificados no quadro 3:

Quadro 3 – Valores adotados propriedades físicas e térmicas do bloco de concreto

Propriedades Termofísicas	Menor Valor	Valor Padrão	Maior Valor
Rugosidade	Suave	Rugoso	Muito Rugoso
Espessura (m)	0,09	0,14	0,19
Condutividade (W/m.K)	1,48	1,75	2,02
Densidade (kg/m ³)	2137	2400	2663
Calor específico (J/kg.K)	0,5	1	1,5
Emissividade(%)	0,7	0,85	0,95
Absortância (%)	0,3	0,5	0,7

Fonte: Autores

Os valores adotados das propriedades físicas e térmicas inerentes ao componente construtivo em análise foram definidos a partir dos critérios abaixo descritos:

- Para a densidade e a condutividade térmica, foi adotado como padrão o valor presente na NBR 15220-1(ABNT, 2003). Para o menor valor foi adotado o presente no Relatório no 282/2014 do Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. E, como parâmetro para adoção do maior valor foi somado ao valor padrão, a diferença entre o valor padrão e o menor valor.

- Quanto à rugosidade, foram adotados parâmetros estabelecidos pelo software Energy Plus para a rugosidade da superfície da alvenaria.
- Espessura: Valores específicos das famílias de blocos de concreto presentes no mercado.
- Absortância e Emissividade: foram adotados valores que representam, respectivamente, a pintura da superfície com cor clara, cor média (padrão), e cor escura.
- Calor específico: Foi adotado o valor padrão especificado na NBR 15220-1 (ABNT, 2003) e para obtenção do menor e maior valor, foi respectivamente subtraído e somado o valor 0,5 do valor padrão.

2.3 Definição das cargas térmicas

Para realização da simulação computacional, um dos parâmetros a ser definido é a carga térmica presente na edificação, determinada pelos padrões de ocupação e iluminação. Para que a simulação pudesse se aproximar ao máximo da realidade de uso, foram adotados alguns procedimentos proposto por Sorgato *et al.*(2012):

Padrão de ocupação

Para cada dormitório da edificação deve ser adotado o padrão de ocupação de duas pessoas, entre as 21h e 7h. A sala de estar da edificação deve ser simulada com um padrão de ocupação de 50%, entre às 14h e 18h e com 100% entre às 18h e 21h.

A taxa metabólica para cada atividade é determinada em função do tipo de atividade desempenhada em cada ambiente. Para a atividade no dormitório (dormindo ou descansando), o valor de calor dissipado de 81 W/pessoa. Para a atividade na sala (sentado ou assistido televisão) o valor considerado é de 108 W/ pessoa.

Padrão de uso da iluminação

Considera-se que os usuários utilizam a iluminação artificial no dormitório nas primeiras horas da manhã, entre 6h e 7h, e no período noturno entre 21h e 23, e na Sala de estar das 17h às 21h.

2.4 Método de simulação segundo a NBR 15575/2013

Para a cidade de Salvador, localizada na ZB 8, conforme determina a NBR 15575-1(ABNT, 2013), não é necessário realizar avaliação de desempenho térmico para inverno. Portanto, as avaliações realizadas foram feitas no dia típico de verão, 21 de dezembro.

Ainda segundo a norma, o desempenho da edificação deve ser avaliado em um ambiente de permanência prolongada (dormitório ou sala de estar) para a condição mais crítica do ponto de vista térmico. O ambiente

selecionado para a análise no verão foi o dormitório com a janela orientada para oeste e a outra parede voltada para norte.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados os resultados - temperatura interna do ar – do ambiente em análise quanto à variação das propriedades termofísicas dos blocos de concreto que compõem a vedação vertical da habitação.

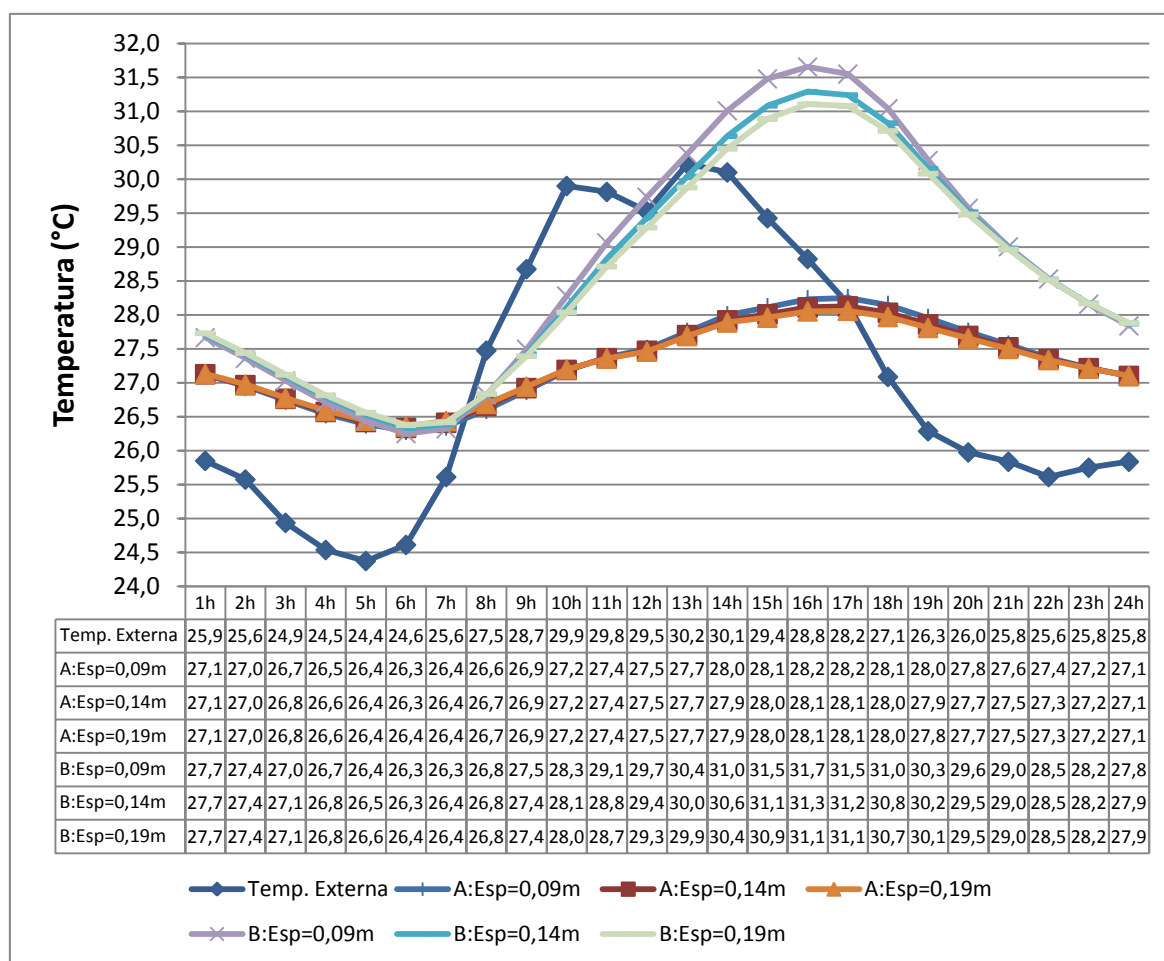
Devido aos resultados da primeira etapa (A), os quais demonstraram que as propriedades que promoveram maior variação da temperatura interna do ambiente quando variados os seus valores foram a absorvância e a emissividade, visto que tais propriedades referem-se à argamassa de revestimento do bloco e não ao bloco de concreto, este fato direcionou o estudo para uma segunda etapa (B), na qual a execução da simulação foi configurada considerando a vedação externa sem argamassa de revestimento, de forma que qualquer variação da temperatura interna do ambiente fosse de fato relacionada exclusivamente ao bloco.

De fato, as simulações B apresentaram as maiores temperaturas do ambiente quando comparadas as simulações A, o que demonstra que não apenas a alvenaria irá influenciar quanto ao desempenho térmico global da edificação, mas em proporção bastante significativa o material que estará revestindo estas vedações, apresentando a temperatura do ambiente analisado uma diferença de até 4,5°C sob a condição das vedações estarem revestidas ou não revestidas.

É importante também ressaltar que a partir dos gráficos apresentados, podem ser feitas diversas análises, que podem abordar desde o sentido do fluxo térmico entre o ambiente interno e o meio exterior e seus intervenientes à quantidade de horas dentro da zona de conforto térmico, quanto a uma maior investigação quanto à influência do revestimento da superfície da vedação no desempenho térmico global da edificação. Porém, a presente pesquisa priorizou a análise da influência das propriedades termofísicas dos blocos de concreto estabelecendo como parâmetro as maiores temperaturas registradas no ambiente, e, portanto, ao reflexo da variação de seus valores no desempenho térmico da edificação.

A seguir são apresentados os resultados das simulações térmicas, em gráficos, e posteriormente a análise dos resultados para cada propriedade:

Gráfico 1 – Variação da Espessura



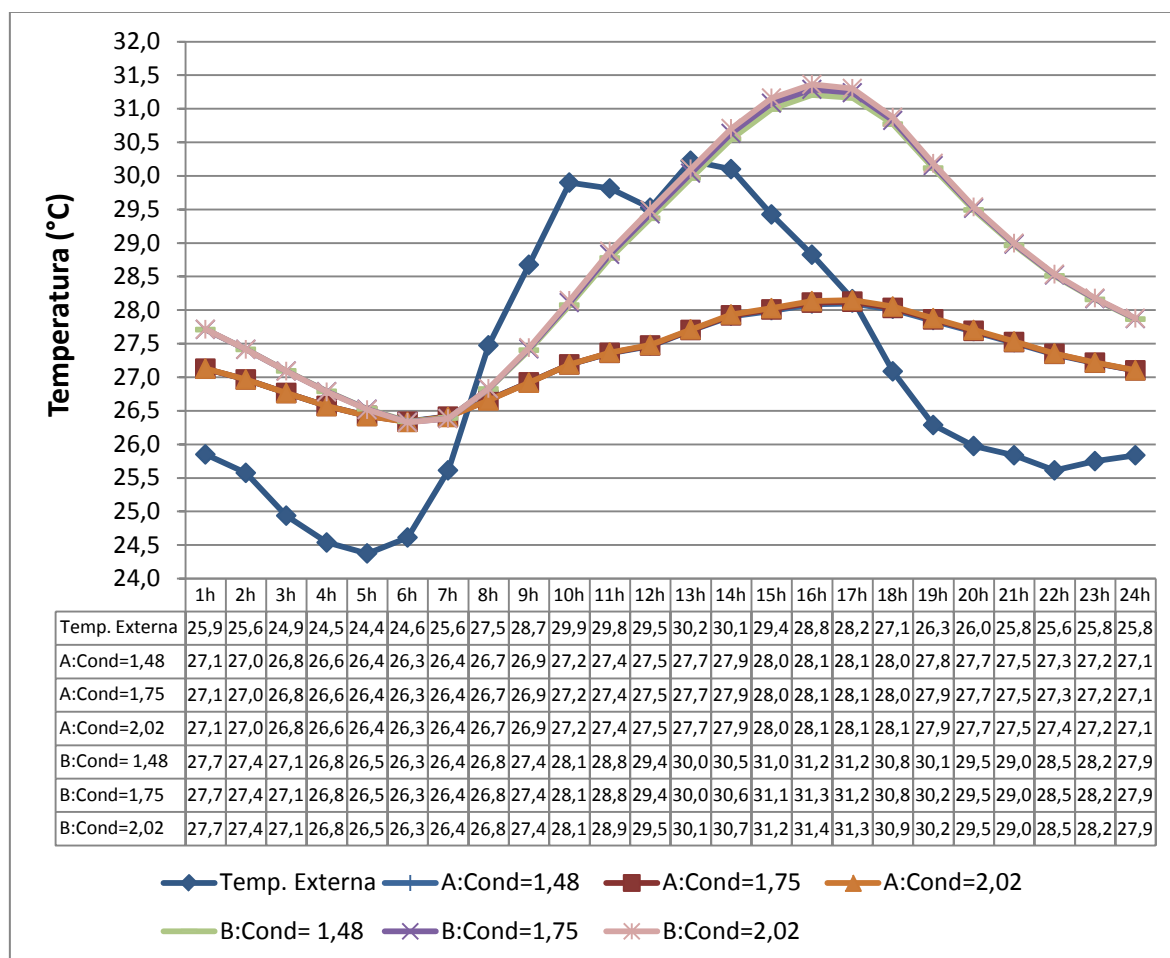
Fonte: Autores

Espessura

Nota-se que quanto maior a espessura do bloco de concreto, considerando as camadas homogêneas e a câmara de ar perpendiculares ao fluxo de calor, menor a densidade de fluxo de calor que irá atravessá-lo passando para o ambiente interno, portanto a temperatura do ambiente tende a ser menor. Isto se explica pelo fato de que quanto maior a espessura, maior a câmara de ar que compõe o bloco de concreto, para os blocos de 9cm, 14cm e 19cm, a espessura da câmara de ar é respectivamente 5cm, 10cm, 15cm. Por ser o ar um ótimo isolante térmico, quanto maior a câmara de ar presente no bloco, maior a resistência térmica do bloco de concreto. Pode ser verificada uma tendência à confirmação do que foi exposto acima na simulação B, esta afirmação pode ser claramente evidenciada ao verificar o aumento da temperatura do ambiente em até 1,5°C quando utilizado o bloco de menor espessura. Entretanto na simulação A esta diferença quase não consegue ser notada, denotando que o revestimento exerce forte

influência neste comportamento. Diante do exposto, nota-se que esta propriedade intrínseca ao bloco de concreto e a sua geometria pode exercer significativa influência no desempenho térmico da edificação quando a superfície da alvenaria não está revestida. Porém, na situação em que se encontra revestida, o revestimento da alvenaria mostra maior influência quanto ao desempenho térmico da edificação analisada.

Gráfico 2 – Variação da Condutividade térmica



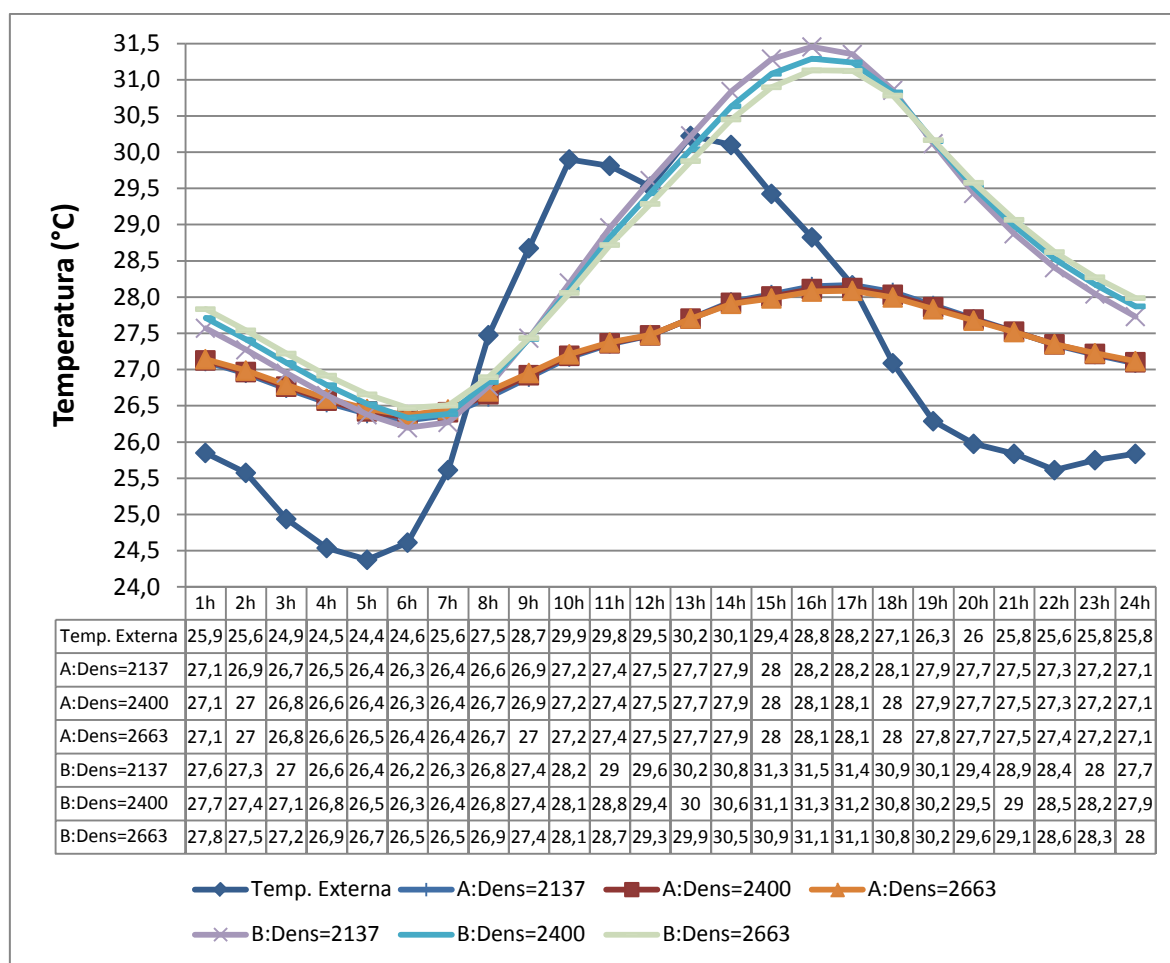
Fonte: Autores

Condutividade

A condutividade térmica de um material representa sua capacidade em conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo. Primeiramente para análise, é necessário identificar o sentido do fluxo de calor, determinado pelo meio de maior temperatura ao meio de menor temperatura. Maior condutividade, e a depender da área e da espessura da parede e da diferença da temperatura entre o interior da edificação e o meio exterior, maior será a taxa de fluxo de calor que atravessará a vedação, e portanto maior tende a ser a temperatura interna do ambiente. Conforme Lamberts et al.(2014) quanto maior for o valor da condutividade térmica, maior será a quantidade de calor transferida entre as superfícies dos

materiais. Esta tendência pode ser verificada no gráfico 2, tanto para as simulações A quanto para a B. Porém, a diferença entre as temperaturas do ambiente quando variados os valores da condutividade foi pequena, menor que $0,5^{\circ}\text{C}$, o que revela influência não muito significativa, neste caso específico, dos valores adotados para a condutividade térmica, quanto ao desempenho térmico da edificação. No entanto, deve ser destacada a forte influência do revestimento da superfície da alvenaria no desempenho térmico, materializando uma diferença de até $3,5^{\circ}\text{C}$ no interior da edificação, quando comparada a situação da alvenaria estar ou não revestida.

Gráfico 3 – Variação da Densidade



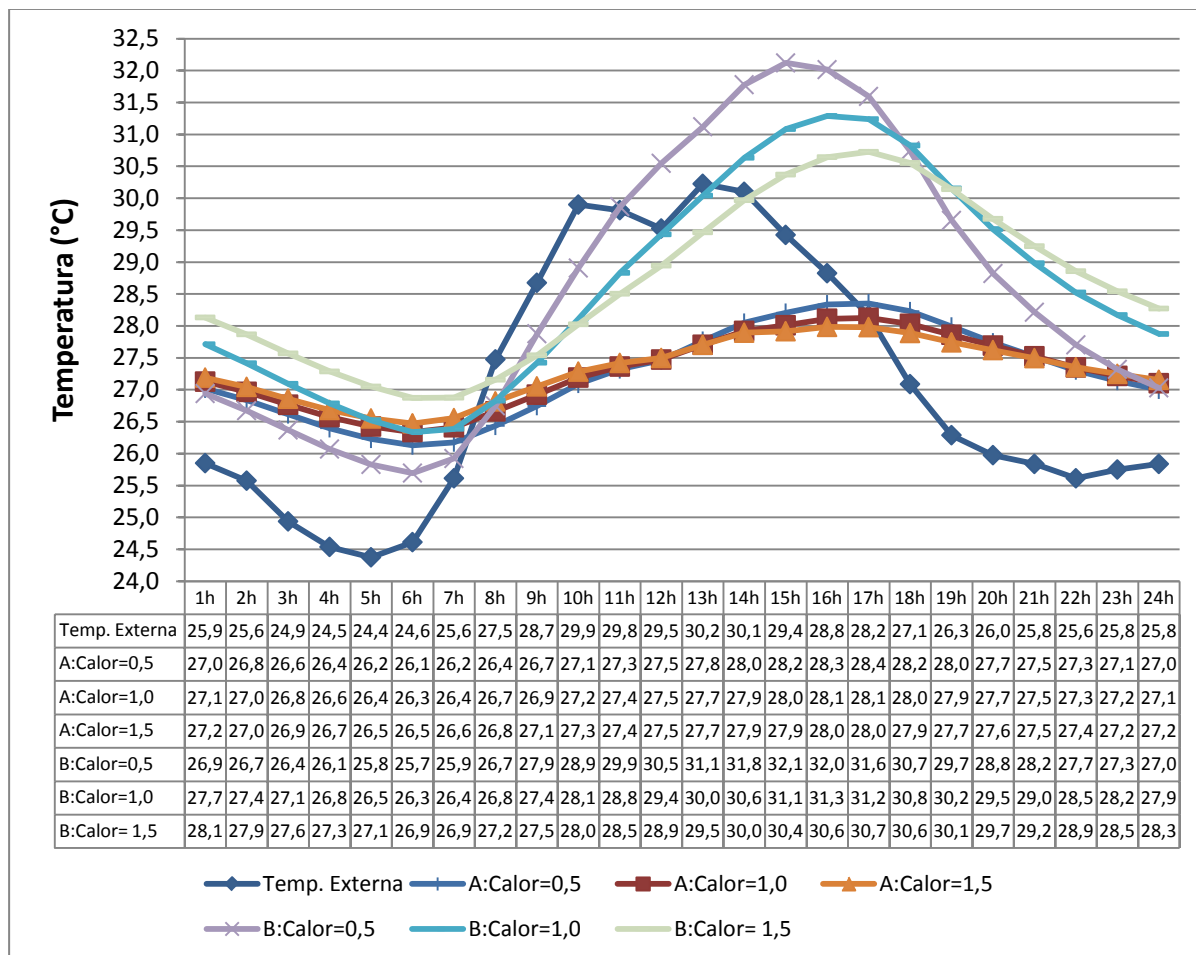
Fonte: Autores

Densidade

De acordo com a NBR 15220-1(ABNT,2005) menor densidade do material, menor condutividade térmica. Porém o que pode ser verificado nas simulações A, e mais notório na B, é um comportamento não linear da temperatura interna do ambiente, a depender do horário e do sentido do fluxo de calor, determinado pela diferença de temperatura entre o meio interno e externo, o menor valor da densidade corresponde a uma menor

temperatura do ambiente e por hora a uma maior temperatura. Tal comportamento é repetido quando adotado o maior valor da propriedade termofísica. Desta forma, não há como estabelecer uma tendência de comportamento, devendo-se o fato à troca de calor entre os meios. O que pode ser mais uma vez destacado, é a forte influência do revestimento da alvenaria no desempenho térmico da edificação em análise.

Gráfico 4 – Variação do Calor específico



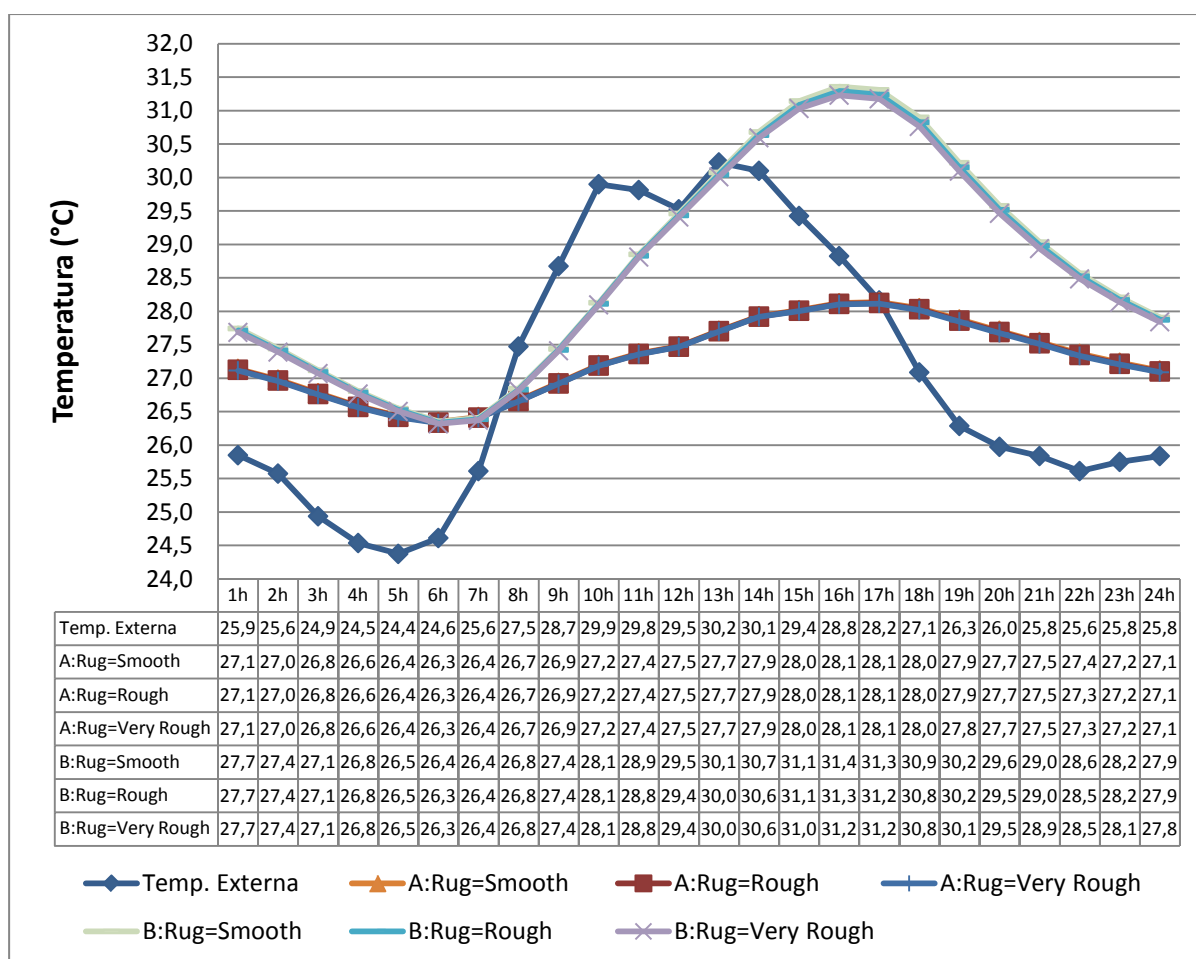
Fonte: Autores

Calor Específico

Segundo definição dada pela NBR 15220-1(ABNT,2003), calor específico é o quociente da capacidade térmica pela massa. A capacidade térmica pode ser definida como a quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, em síntese calor específico é a capacidade de um corpo de armazenar calor. A partir da leitura do gráfico pode-se notar, mais especificamente para as simulações B, que para os três valores adotados, a temperatura do ambiente apresenta comportamentos distintos. No tocante ao atraso térmico (o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de

um componente construtivo) relacionando-o ao tempo transcorrido entre o pico de temperatura máxima externa e a temperatura máxima interna (Gomes, 2015), verifica-se que quanto maior o valor adotado para o calor específico, maior o atraso térmico. O que para a ZB8, de clima quente e úmido, segundo a NBR 15220-3(ABNT, 2005a) as temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem. Porém, ao voltar o foco para o pico de maior temperatura no interior do ambiente, este foi atingido quando adotado o menor valor para o calor específico, revelando uma tendência de quanto menor o calor específico, maior a temperatura do ambiente.

Gráfico 5 – Variação da Rugosidade



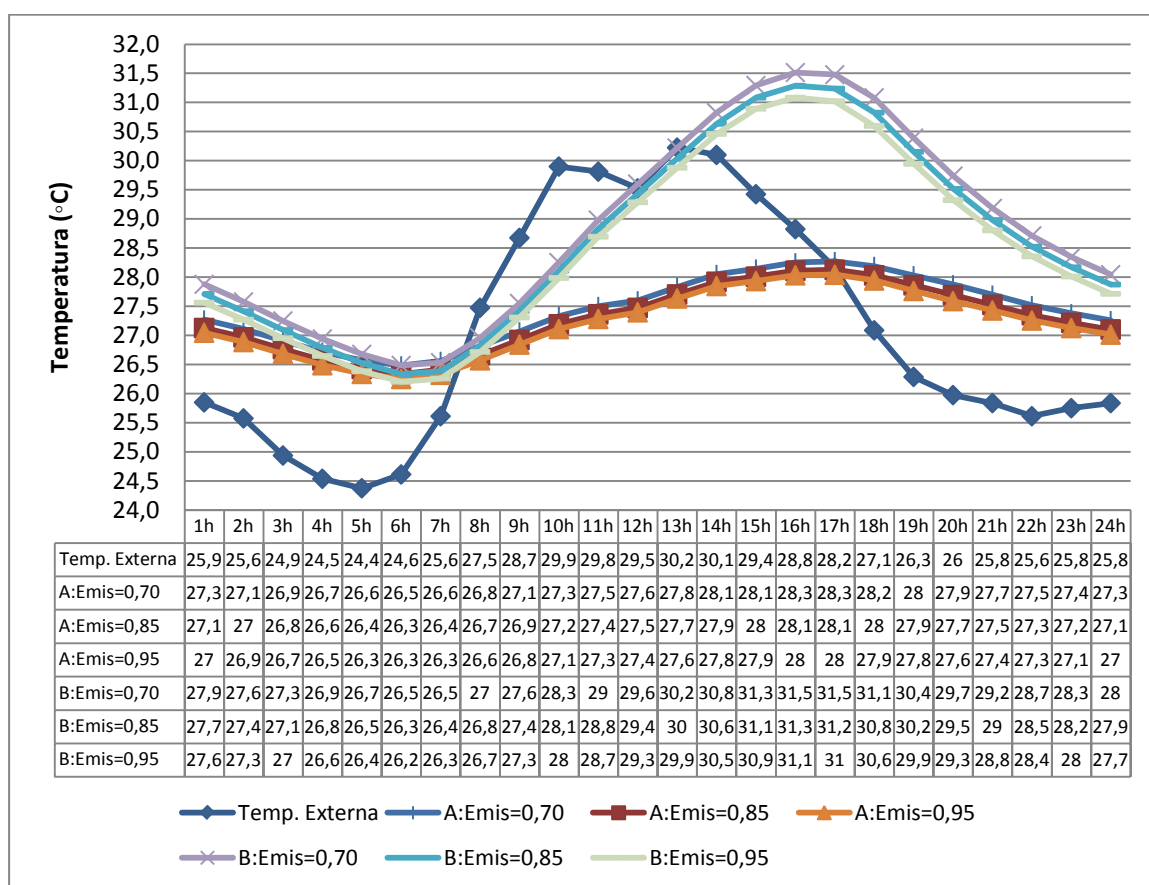
Fonte: Autores

Rugosidade

Não há nenhuma citação na NBR 15220-1(ABNT,2005) relacionando a rugosidade de um componente construtivo ao desempenho térmico da

edificação, porém segundo Coutinho(2005) a troca do calor por convecção é função da velocidade, e densidade do fluido, bem como da forma e da rugosidade da superfície. No caso das vedações os parâmetros mais importantes são a velocidade do ar e o acabamento superficial. Nas simulações, apesar de ínfima a diferença entre temperaturas, a maior temperatura interna do ambiente registrada foi quando o acabamento da superfície da alvenaria, tanto para as simulações A quanto B, ou seja, tanto para a argamassa de revestimento quanto para o bloco de concreto, apresentou a rugosidade suave.

Gráfico 6 – Variação da Emissividade



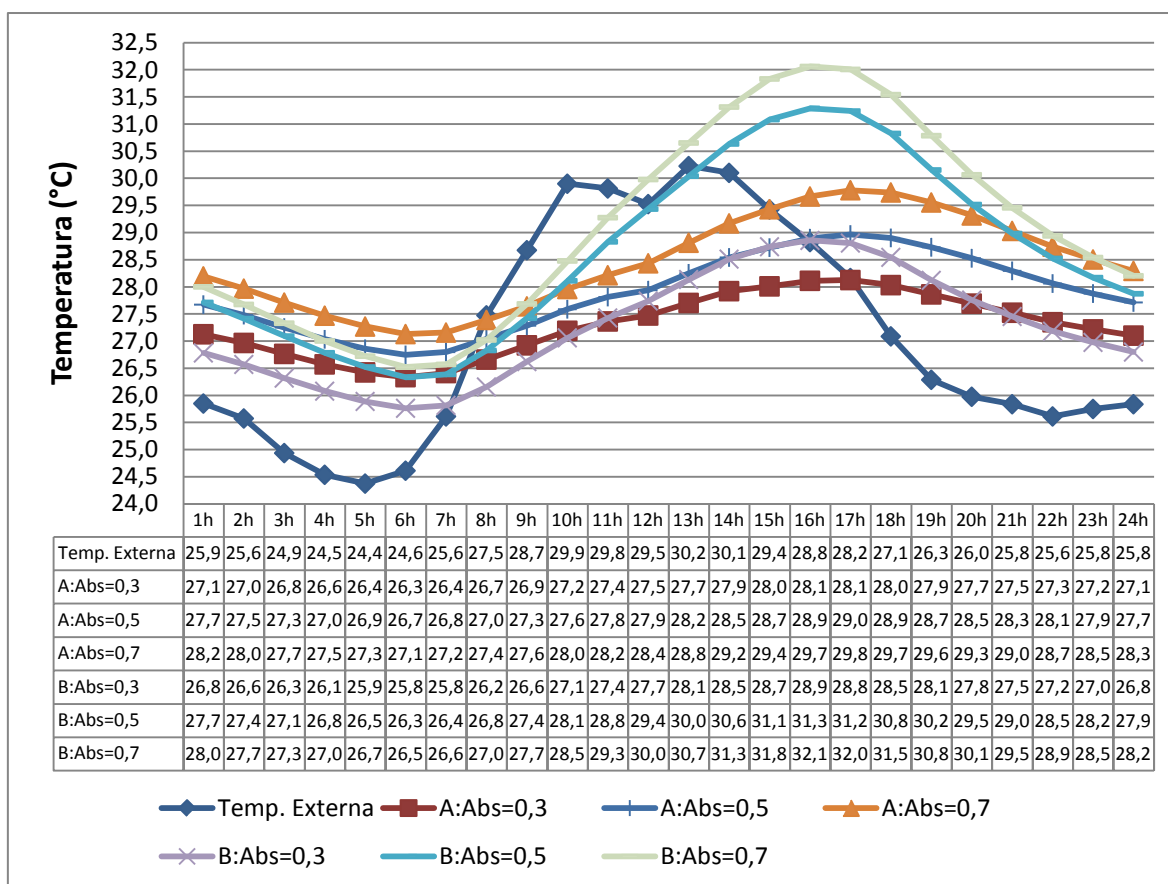
Fonte: Autores

Emissividade

Esta propriedade termofísica rege a emissão da radiação para o ambiente interno, expressa a quantidade de energia térmica emitida por unidade de tempo. É importante destacar que esta propriedade pertence à camada superficial do material emissor (Lamberts et al,2014). Para tanto, primeiramente deve-se saber qual o sentido do fluxo de calor, pois a superfície estará emitindo calor para o meio de menor temperatura. O gráfico 6, para ambas as simulações, denota uma tendência de que menor

emissividade da superfície da argamassa de revestimento ou do bloco de concreto, maior a temperatura do ambiente. Tal fato pode ser justificado pelo sentido do fluxo de calor, quando se pressupõe que o ambiente interno está perdendo calor para o meio externo.

Gráfico 7 – Variação da Absortância



Fonte: Autores

Absortância

Segundo definição disposta na NBR 15220-1(ABNT,2005) a absortância é o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. Esta propriedade é função da cor da superfície externa (tons claros a escuros), sensível à radiação solar direta. Quanto maior a absortância, maior a condução de calor para o ambiente interno, portanto maior a temperatura do ambiente, o que pôde ser comprovado pelo gráfico. Em relação às demais propriedades analisadas, a simulação térmica desta, similar a do calor específico, registrou a maior temperatura, 32,1°C, o que demonstra sua parcela significativa de contribuição no tocante ao desempenho térmico da edificação.

4 CONCLUSÕES

A partir da análise dos resultados, amplia-se um leque para diversas observações. Pondera-se primeiramente para o fato de que as temperaturas do ambiente da edificação registradas através das simulações térmicas, são resultantes de um conjunto de variáveis acerca dos componentes construtivos da edificação, não sendo resultantes da ação exclusiva através das trocas de calor da vedação em análise, mas também da composição dos demais elementos da edificação: da cobertura, das esquadrias, bem como das condições da edificação como estar em contato com o solo, quanto a sua orientação à incidência dos raios solares e a sua geometria.

Todavia, foi estabelecido como parâmetro a influência da variação dos valores adotados das propriedades termofísicas no comportamento térmico do ambiente analisado durante o período do dia típico de verão. De acordo com o método utilizado, este comportamento térmico deve-se exclusivamente a esta variação realizada. Diante do exposto, pode-se chegar a algumas afirmativas quanto às propriedades termofísicas da alvenaria em blocos de concreto, ao analisar as simulações da segunda etapa (B). As propriedades que mais influenciaram o desempenho térmico da edificação, onde se obteve uma maior variação da temperatura interna do recinto quando alterados os seus valores, apontando dessa forma uma tendência de comportamento, foram: espessura, calor específico e absorvância.

Elucida-se ainda para o fato de que as simulações B apresentaram as maiores temperaturas do ambiente analisado quando comparadas as simulações A, o que demonstra que não apenas a alvenaria irá influenciar quanto ao desempenho térmico global da edificação, mas em proporção bastante significativa a condição de estarem revestidas ou não, apresentando uma diferença de temperatura do ambiente analisado de até 4,5°C. O que denota que uma edificação construída em blocos de concreto, localizada na ZBR8, apresenta-se mais confortável termicamente quando revestida a alvenaria vertical externa. Portanto ao se propor a melhoria do desempenho térmico da alvenaria em blocos de concreto, pode ser estabelecido um plano de ataque específico para a otimização destas propriedades termofísicas que mais tenderam a influenciar o desempenho térmico da edificação, bem como escolher adequadamente o material de revestimento da envoltória da habitação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220 – **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 – **Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL - Ministérios das Cidades - Secretaria Nacional de Habitação. **Déficit Habitacional no Brasil 2008**. Brasília, [2008]. Disponível em: <http://www.fjp.gov.br/index.php/indicadores-sociais/deficit-habitacional-no-brasil>. Acesso em 10 fev. 2015.

COUTINHO, A.S. **Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho, 2ª edição** – Editora Universitária/UFPB/PPGEP. João Pessoa, PB, 2005.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 4. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2000. 243p.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura _3ª edição**. São Paulo: Editora: Eletrobras/Procel, 2014.

SACHT, Helenice M.; ROSSIGNOLO, João A. **Habitações térreas e multipavimentos de interesse social: avaliação de desempenho térmico para tipologias com vedações em alvenaria de blocos cerâmicos e de concreto**. Pesquisa em Arquitetura e Construção, UNICAMP. 2009

SANSÃO, Júlia Hallack; AGUILAR, Maria Teresa Paulino; MARQUES, Aline Calazans; **Análise ambiental de alvenarias em blocos: uma discussão baseada na avaliação do ciclo de vida e no desempenho térmico de envoltórias**. ENTAC, 2012.

SORGATO, M. J. et al. **Nota técnica referente à avaliação para a norma de desempenho NBR 15575 em consulta pública**. Universidade Federal de Santa Catarina. LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. 2012.