COMPORTAMENTO TÉRMICO NO PERÍODO DE VERÃO DE EDIFICAÇÃO EDUCACIONAL LOCALIZADA NA ZONA BIOCLIMÁTICA BRASILEIRA 2[1]

LOURENÇO, W. M., Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), e-mail: creativearquiteto@gmail.com; WOLOSZYN, M., Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), e-mail: arq.maraysa@gmail.com; RUVIARO, R. S., Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), e-mail: raianraruviaroarq@gmail.com; GARLET, L., Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), e-mail: liegegarlet@gmail.com; SANTOS, J. P., Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), e-mail: joaquimpizzutti@hotmail.com

ABSTRACT

Understanding the climatic impacts and the advancement of technology in civil construction provides a reflection on the conditions of thermal comfort in buildings and their own performance. Therefore, this study promotes the analysis of summer thermal flows for a school building located in the City of Santa Maria, Brazilian Bioclimatic Zone 2, proposing solutions to soften the thermal gains. Through computer simulation with the EnergyPlus software and the help of the graphical interface of Sketchup Make and OpenStudio, thermoenergetic simulations of the building were realized and analyzed the most critical environment from the thermal point of view. Flow analysis showed that the greatest heat gains were from transparent and opaque closures. Among the opaque closures, the roof of the building and the west wall stand out. Solutions were proposed to these gains, based on the requirements stipulated by the norms of thermal performance of buildings, which present constructive guidelines for each Bioclimatic Zone. The results found are important for the decision making of the construction professionals, as well as for the reflection of their role as designers.

Keywords: Thermal comfort. Thermal flows. Bioclimatic zone 2. Computational simulation.

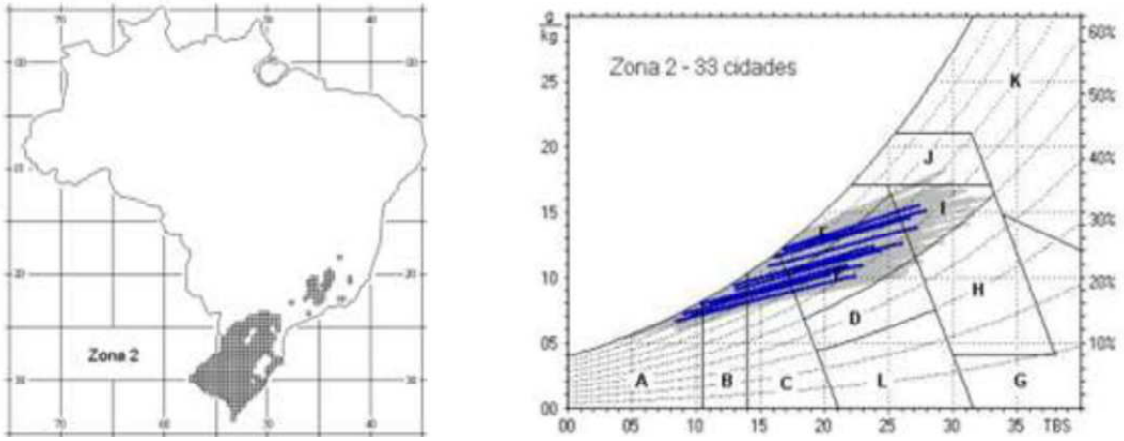
1 INTRODUÇÃO

O desempenho térmico de edificações relaciona-se aos fatores climáticos do entorno e às propriedades dos materiais utilizados na edificação, os últimos controlando os fluxos térmicos entre o exterior e o interior dos ambientes.

A ABNT NBR 15220-3/2005 especifica zonas bioclimáticas que as cidades brasileiras estão inseridas e diretrizes para construção nestas zonas. Neste trabalho, a edificação analisada localiza-se em Santa Maria/RS, Zona Bioclimática Brasileira 2 (ZB2), conforme Figura 1.

[1] LOURENÇO, W. M., *et al.* Comportamento térmico no período de verão de edificação educacional localizada na zona bioclimática brasileira 2. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

Figura 1– Localização da ZB2 no Brasil e Carta Bioclimática da ZB2



Fonte: Adaptado de ABNT, 2005.

Ademais, a ABNT NBR 15575/2013 especifica transmitâncias e capacidades térmicas que orientam os elementos construtivos em determinada zona bioclimática. Os Quadros 1 e 2 elencam diretrizes construtivas para paredes e coberturas na ZB2, as quais são calculadas pela ABNT NBR 15 220/2005.

Quadro 1 - Transmitância térmica e capacidade térmica de paredes externas

	Transmitância térmica **U** (W/m².K)	Capacidade térmica **CT** (kJ/m².K)
Zona 2 (ZB2)	U ≤ 2,5	≥ 130

Fonte: Adaptado de ABNT, 2013.

Quadro 2 - Transmitância térmica e capacidade térmica de coberturas

	Transmitância térmica **U** (W/m².K)	Capacidade térmica **CT** (kJ/m².K)
Zona 2 (ZB2)	U ≤ 2,30	-

Fonte: adaptado de ABNT, 2013.

Para a ZB 2, a ABNT NBR 15220 (2005), determina paredes leves com atraso térmico igual ou inferior a 4,3 horas. Porém, estudos indicam que paredes pesadas apresentam maiores índices de conforto nessa zona (FERREIRA, SOUZA, ASSIS, 2017). O mesmo ocorreu em Matos (2014) e Tondo (2017), em que paredes com maior atraso térmico e baixa transmitância apresentaram melhor desempenho térmico.

Não há exigência na norma em relação à absortância solar. Entretanto, a absortância solar das paredes externas se configura como um dos fatores mais influentes do desempenho térmico da envoltória (Ferreira, Souza e Assis, 2017; Almeida, 2014).

A recomendação para a ZB 2 é cobertura leve e isolada e de transmitância térmica menor ou igual a 2 W/m² K (ABNT, 2005). Esse valor, segundo BOGO (2016), é considerado alto para algumas zonas bioclimáticas, pois aplicando Método das Tabelas de Mahoney (MAHONEY, 1971) foi verificado um rigor climático de calor em cidades onde a recomendação é de transmitância térmica menor ou igual a 2 W/m² K.

2 OBJETIVO

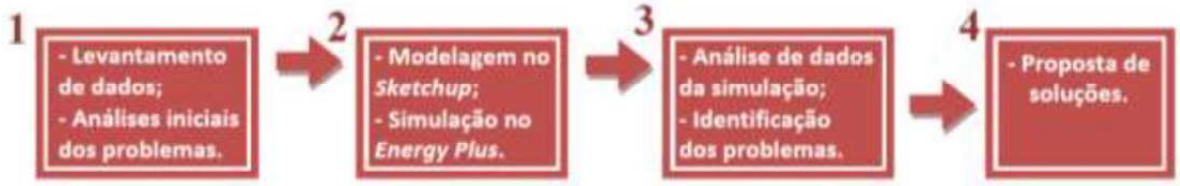
O objetivo deste trabalho é avaliar os fluxos térmicos no período de verão de uma sala de aula de edifício educacional localizado na Zona Bioclimática Brasileira 2.

3 MÉTODO

A avaliação dos fluxos térmicos se dá por meio da simulação computacional nos *softwares EnergyPlus 8.3 e interface gráfica do SketchupMake 15* e *plugin* do *OpenStudio*.

A metodologia é organizada conforme a Figura 2.

Figura 2 - Etapas da pesquisa



Fonte: do autor, 2018.

3.1 Caracterização do objeto de estudo

O edifício estudado, apresenta 3 pavimentos e localiza-se no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, com sua posição indicada pela Figura 3.

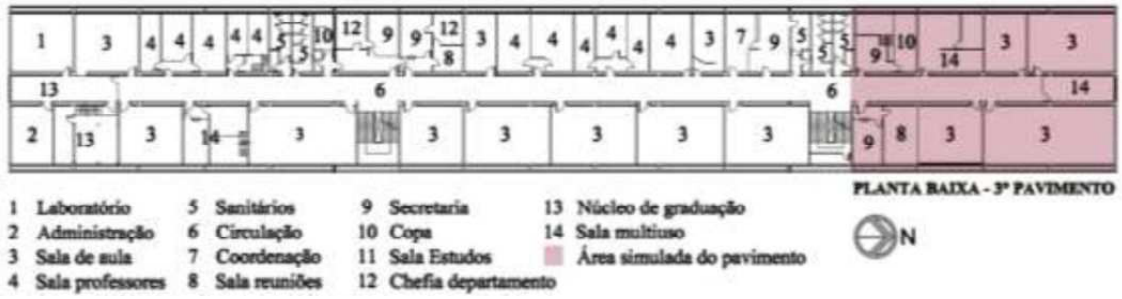
Figura 3 - Localização da edificação estudada



Fonte: Adaptado de Google Mapas, 2018.

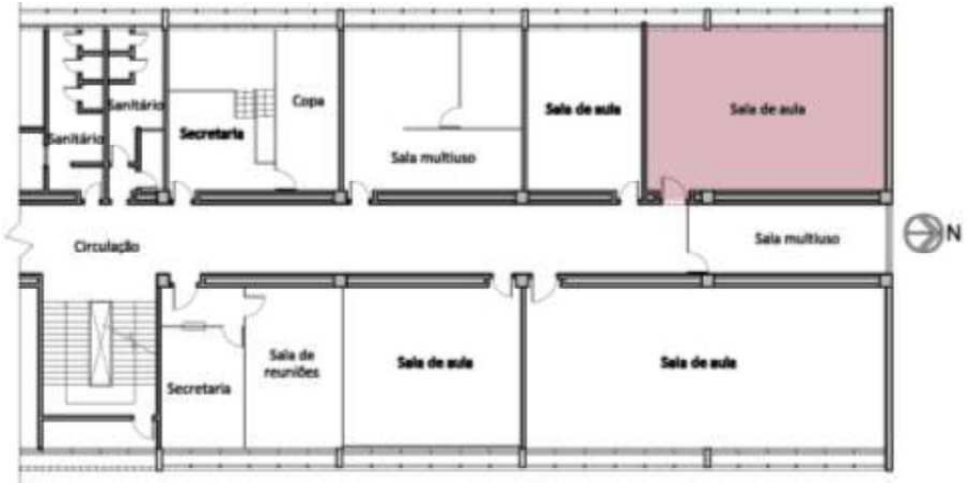
Considerou-se o ambiente mais crítico termicamente para o verão. Assim, a sala analisada está localizada no último pavimento (Figuras 4 e 5), realizando maiores trocas térmicas pela cobertura, e recebendo maior incidência solar nas orientações norte e oeste com vedações transparentes para oeste.

Figura 4 - Planta baixa do 3º pavimento da edificação



Fonte: Do autor, 2018.

Figura 5 – Planta baixa da área simulada, identificando a sala de aula analisada



Fonte: Do autor, 2018.

Analisaram-se os fluxos térmicos da sala de aula, demarcada na Figura 5, conforme planta baixa ampliada na Figura 6.

Figura 6 – Planta baixa da sala de aula analisada



Fonte: Do autor, 2018.

Calcularam-se, conforme a NBR 15.220, as variáveis que interferem no comportamento térmico do edifício: transmitância térmica e capacidade térmica (Tabela 1).

Tabela 1 – Propriedades térmicas dos fechamentos opacos

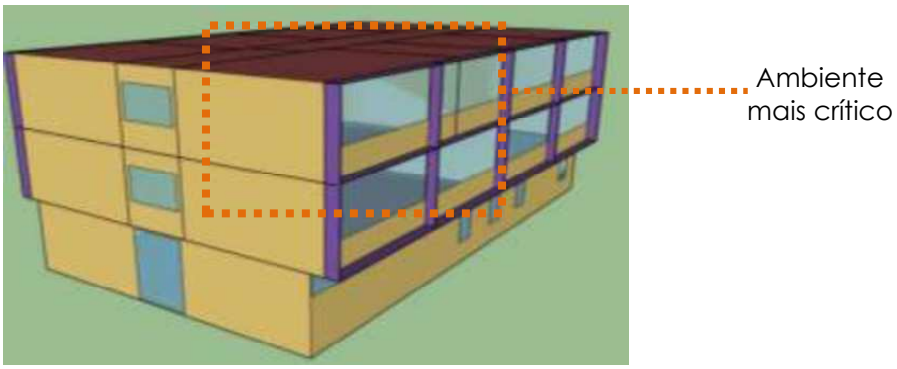
Fechamento	Características	Transmitância Térmica (W/m²K)	Capacidade Térmica (KJ/m².K)
Parede Externa Norte	reboco (1,5cm) + tijolo cerâmico maciço (12x24x5cm) + reboco (1,5cm)	2,240	440,05
Parede Interna Sul	reboco (1,5cm) + tijolo cerâmico maciço de cutelo (12x24x5cm) + reboco(1,5cm)	3,105	247,93
Parede Interna Leste	Parede de concreto (10cm) + ar (35cm) + concreto(25cm).	1,852	770,0
Cobertura	telhas de fibrocimento (a = 0,8)*com espessura de 7mm e laje de concreto de 12cm (com câmara de ar não ventilada entre elas) e forro de PVC de 10mm	2,00	272,82

Fonte: do autor, 2018.

*As telhas apresentam sujidade e coloração escura decorrente das intempéries, sendo atribuída a absortância solar de 0,8, segundo Lamberts et al (2014), que considera tons escuros com absortância entre 0,7 a 0,9.

Para a análise dos fluxos térmicos foi simulada parte da edificação (Figura 5) considerando as características de materiais, atividades e uso, com modelagem expressa na Figura 7.

Figura 7 - Modelagem da área analisada



Fonte: do autor, 2018.

Ponderando que o ambiente em análise é uma sala de aula, e que as pessoas geram grande parte do calor existente no ambiente, optou-se por configurá-lo para a pior situação, ou seja, com ocupação da edificação nos três turnos de funcionamento: 07h30min às 12h00min, 13h30min às 17h30min e 19h00min às 22h30min, nos finais de semana não foi considerada utilização da sala. Para

ocupação do ambiente, considerou-se uma pessoa a cada 1,50 m² de área, valor de acordo com o uso, conforme a NBR 9077 (2001), e a taxa metabólica de cada indivíduo é definida pela atividade desempenhada, em que na condição sentados, quietos, adotou-se 1 met por pessoa (ISO 7730, 2005).

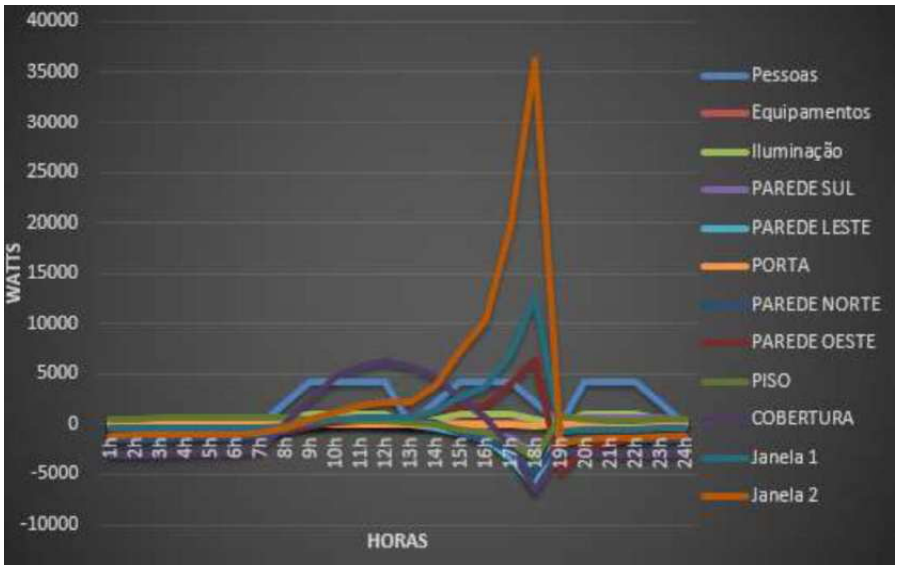
As schedules de ocupação, iluminação e equipamentos seguem o mesmo padrão de funcionamento. Foi considerado 2W/m² de potência de equipamentos, um computador e um retroprojetor na sala (NBR 16401).

A iluminação é composta por 36 lâmpadas do tipo fluorescente de 32W cada. Foi adotada para esse ambiente a taxa mínima de ventilação de 1 renovação de ar por hora (1 ren/h), correspondente a infiltração de ar pelas esquadrias da edificação. Na avaliação, considerou-se o arquivo climático de Santa Maria, representados pelo arquivo TRY para análise do dia 20 de fevereiro – dia típico de verão do índice 2,5% para a cidade de Santa Maria/RS (Flores, 2014).

4 RESULTADOS

Realizada a simulação termoenergética, observam-se os principais ganhos e perdas de calor conforme gráfico da Figura 8. Estes, gerados por pessoas, equipamentos, iluminação, fechamentos opacos (paredes, cobertura, piso) e transparentes.

Figura 8 – Trocas térmicas do ambiente no dia típico de verão



Fonte: do autor, 2018.

Verifica-se que os fechamentos transparentes a oeste (vidros comuns 3mm) são os elementos que mais trocam calor com o meio, apresentando ganhos de calor expressivos, representados pelas linhas da janela 1 e janela 2. A variação entre estes se dá pelo tamanho de cada esquadria. A grande área voltada a oeste sem proteção solar justifica as trocas de calor.

Os fechamentos opacos da fachada oeste também recebem quantidade significativa de calor pela incidência solar no período avaliado. Neste caso, o

pico de ganhos de calor ocorre às 18h e após este horário é reduzido, iniciando-se as perdas de calor às 19h.

A sala recebe calor pela cobertura (segundo elemento com maiores trocas térmicas) pela incidência solar a partir das 7h da manhã, com pico de ganhos às 12h, perdendo calor a partir das 16h em função do efeito estufa criado. A cobertura da edificação é formada por duas câmaras de ar: telha-ar-laje e laje-ar-forro, quando a temperatura interna da sala está mais alta que a externa, o fluxo térmico se inverte.

Os ganhos de calor gerados pelos usuários são constantes nos horários de uso, com capacidade máxima nos turnos de trabalho (manhã, tarde e noite), e nula quando não há usuários (período noturno e horários de intervalos). Os ganhos térmicos pela iluminação e equipamentos dão-se nos mesmos horários, já que as lâmpadas e aparelhos permanecem ligados enquanto há pessoas ocupando o espaço.

4.1 Proposição de Soluções

Após a avaliação dos fluxos térmicos da sala de aula, propuseram-se soluções. Na cobertura, propõe-se criar pontos de ventilação cruzada, e pintar as telhas de fibrocimento com tinta branca (baixa absortância solar) para absorver menos radiação solar. Outra solução é aumentar o isolamento da cobertura colocando EPS abaixo das telhas, ou trocá-las por telhas termo-acústicas, que já possuem este isolamento.

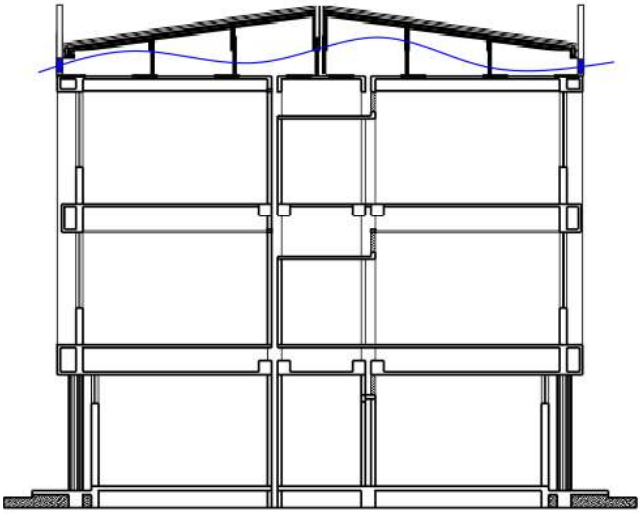
O Quadro 3 e a Figura 10 apresentam os cálculos comparativos entre a cobertura existente e a proposta, tornando evidente o melhor desempenho construtivo do ambiente com as modificações indicadas.

Quadro 3 - Comparativo entre cobertura existente e proposta para minimizar ganhos térmicos

Coberturas	**COBERTURA EXISTENTE**	**PROPOSTA**
Características	Telha de fibrocimento 0,7cm + laje de concreto 12 cm + câmara de ar não ventilada	Telha termoacústica (Chapa de alumínio) + Poliestireno expandido (EPS) + laje de concreto 12cm + câmara de ar ventilada
Resistência Térmica (Rst)	0,499	1,639
Transmitância Térmica (W/m^2K)	2,00	0,61
Capacidade Térmica ($KJ/m^2.K$)	272,82	267,44
Atraso Térmico (Q)	5,74h	12,8h

Fonte: do autor, 2018.

Figura 10 - Corte transversal da proposição de câmara de ar ventilada na cobertura



Fonte: do autor, 2018.

Embora a composição da cobertura existente também apresente transmitância e atraso térmicos dentro dos limites estipulados pelas normas de desempenho NBR 15575/2013 e NBR 15220-3/2005 para a ZB2, a nova proposta de fechamento apresenta menor transmitância térmica e maior atraso térmico. Isto é preferível em ambientes comerciais ou de uso diurno, onde o pico de temperatura interna ocorre num período posterior, normalmente o noturno, quando nem sempre há ocupação. Em casos noturnos de ocupação no inverno, enquanto as temperaturas externas são menores, esta cobertura está irradiando o calor para dentro da edificação.

As paredes externas também são responsáveis por ganhos térmicos significativos no ambiente, assim, propõe-se aumentar o isolamento destas, elevando uma parede de gesso do lado interno, preenchida por lã de vidro. O estudo calculou a capacidade térmica e atraso térmico desta solução (Figura 11).

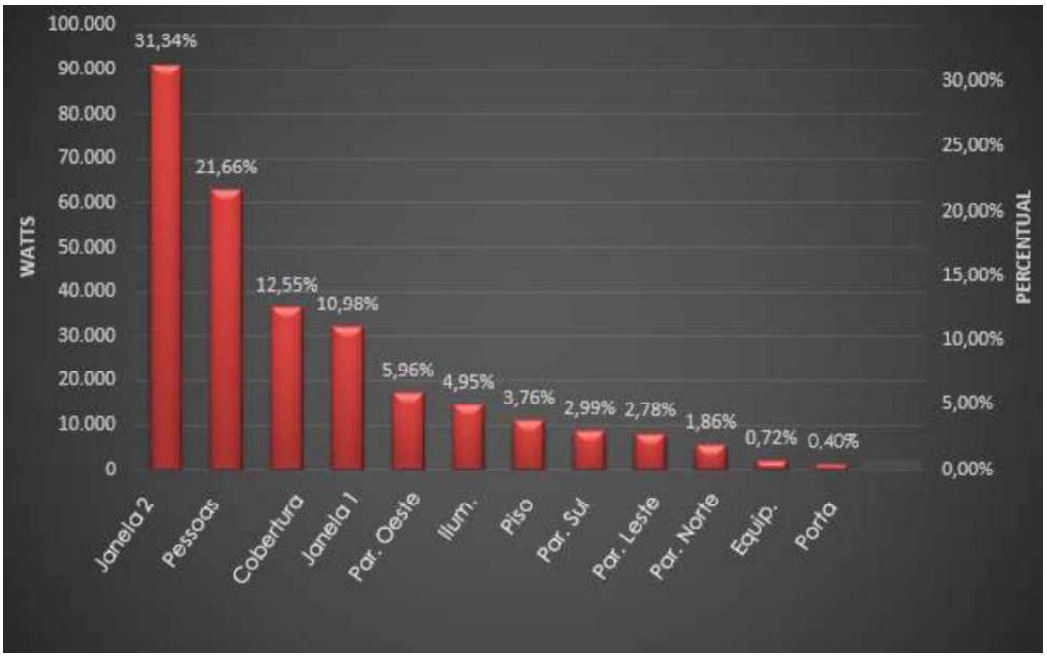
Figura 11 - Cálculo de eficiência da solução



Fonte: do autor, 2018.

A transmitância térmica da parede com isolamento atende as especificações na ZB2 segundo as NBR 15575/2013 e NBR 15220-3/2005, embora sejam normativas para habitações.
Em relação aos ganhos de calor, os fechamentos transparentes são o ponto mais crítico da edificação, representando juntos, 42,32% dos ganhos de calor do ambiente (Figura 12).

Figura 12 - Avaliação de fluxos térmicos por item analisado



Fonte: do autor, 2018.

Para a redução desses ganhos propõem-se brises com aletas móveis no sentido vertical (aberturas a oeste) permitindo a incidência solar no inverno e o bloqueio no verão (NBR 15220-3).

5 CONCLUSÕES

Analisando-se fluxos térmicos de verão, de uma sala de aula localizada na ZB2, observou-se a maior ocorrência de ganhos pelos fechamentos transparentes e cobertura da edificação. A parede oeste é o fechamento opaco que mais recebe calor.

Para a ZB2, deve-se utilizar de sombreamento com proteções solares móveis, uso da baixa absortância solar dos fechamentos opacos, do maior atraso térmico e baixa transmiância térmica, também confirmados pela bibliografia.

Por fim, fica evidente que os profissionais da construção civil devem ter conhecimento do comportamento dos materiais escolhidos para os projetos e sua influência no desempenho e conforto térmico das edificações.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. S. S. **Influência de parâmetros físicos e geométricos no desempenho termoenergético de habitações unifamiliares**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.220-3:** desempenho térmico de edificações. Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, Brasil, 2005. 30 p.

_____. ABNT NBR 15575: **Edificações Habitacionais – Desempenho.** Rio de Janeiro, Brasil, 2013.

_____. ABNT NBR 9077: **Saídas de emergência em edifícios.** Rio de Janeiro, Brasil, 2001.

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 55:** Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, GA, 2013.

BOGO, A. J. Reflexões críticas quanto as limitações do texto das normas brasileiras de desempenho NBR 15220-3 e NBR 15575. **Holos**, v.7, p.290-298, 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 2007.

FERREIRA, C. C., SOUZA, H. A. de, ASSIS, E. S. de. Discussão dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos segundo as normas de desempenho térmico brasileiras. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 183- 200, jan./mar. 2017.

FLORES, M. G. **Geração da base climática de Santa Maria – RS para análise de desempenho térmico e eficiência energética de edificações.** Dissertação submetida ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/RS), para obtenção do grau em Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730:** Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, Geneva International Standards Institution, 2005.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>. Acesso em: 26 mai. 2018.

MAHONEY, C. **Climate and house design.** Department of economic and social affairs. New York. United Nations, 93 p, 1971.

MATOS, Juliana; PEDRINI, Aldomar, TINÔCO, Marcelo; RUCK, Alice. Análise Tipológica De Edifícios Residenciais Verticais A Luz Do RTQ-R. **In:** XV Encontro Nacional de

Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. Anais...Maceió: ENTAC, 2014, p.648-656.

TONDO, G. H. **Influência das estratégias bioclimáticas no desempenho térmico em edifícios escolares.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UDESC, Joinville, 2017.