

Área: Sustentabilidade | Tema: Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental

**SIMULAÇÃO TERMOENERGÉTICA PARA MELHORIA DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS DA
HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL**

**THE IMPACTS OF THERMAL FLOWS IN SUSTAINABILITY: THERMOENERGY SIMULATION AS A
MEAN TO IMPROVE HOUSING OF SOCIAL INTEREST**

Gabriela Meller, Willian Magalhães De Lourenço, Liliane Bonadiman Buligon, Selton Fernandes De Sousa

Lima, Liege Garlet e Joaquim Cesar Pizzutti Dos Santos

RESUMO

O conseqüente impacto social ocasionado por um crescimento da indústria da construção civil, fez surgir o conceito de arquitetura bioclimática e das diversas soluções que podem ser empregadas à edificação. Frente a isso, este estudo promove a análise dos fluxos térmicos de verão para uma habitação de interesse social localizada na Cidade de Santa Maria, Zona Bioclimática Brasileira 2, propondo soluções para amenizar os ganhos térmicos. Por meio do software EnergyPlus e auxílio da interface gráfica do Sketchup Make e OpenStudio, foram realizadas simulações termoenergéticas no ambiente mais crítico do ponto de vista térmico. A análise de fluxos constatou que os maiores ganhos de calor foram oriundos dos fechamentos transparentes e opacos. Dentre os fechamentos opacos, destaca-se a parede oeste, a qual apresentou o maior fluxo de calor. Diante disso, foram propostas soluções com base nas normas de desempenho térmico de edificações, as quais apresentam diretrizes construtivas para cada Zona Bioclimática. Denota-se que com os resultados encontrados é possível estipular como parâmetros de decisões projetuais, assim como reflexões acerca do assunto.

Palavras-Chave: conforto térmico, fluxos térmicos, simulação computacional, desempenho térmico.

ABSTRACT

The consequent social impact caused by the growth of civil construction, gave rise to the concept of bioclimatic architecture and to the diverse solutions that may be used to promote thermal comfort in buildings. Therefore, this study analyzes the thermal flow data on the summer for a housing of social interest in the City of Santa Maria, Brazilian Bioclimatic Zone 2, and proposes a solution to soften the thermal results. Through the EnergyPlus software and the graphical interfaces of Sketchup Make and OpenStudio, thermoenergetic simulations were applied in the most heat-critical environment. Data analysis showed that higher heat values come from transparent and opaque closures. Among the opaque closures, stands out the western wall as the greater heat flow. Therefore, solutions based on building thermal performance standards were proposed, as the constructive guidelines for each Bioclimatic Zone. It is pointed out that with the results can be stipulated as parameters of project actions, as well as reflections on the subject.

Keywords: thermal comfort, thermal flows, computational simulation, thermal performance

Sustentabilidade: Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental

**SIMULAÇÃO TERMOENERGÉTICA PARA MELHORIA DAS CONDIÇÕES
TÉRMICAS DA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL**

**THE IMPACTS OF THERMAL FLOWS IN SUSTAINABILITY: THERMOENERGY
SIMULATION AS A MEAN TO IMPROVE HOUSING OF SOCIAL INTEREST**

RESUMO

O conseqüente impacto social ocasionado por um crescimento da indústria da construção civil, fez surgir o conceito de arquitetura bioclimática e das diversas soluções que podem ser empregadas à edificação. Frente a isso, este estudo promove a análise dos fluxos térmicos de verão para uma habitação de interesse social localizada na Cidade de Santa Maria, Zona Bioclimática Brasileira 2, propondo soluções para amenizar os ganhos térmicos. Por meio do *software EnergyPlus* e auxílio da interface gráfica do *Sketchup Make* e *OpenStudio*, foram realizadas simulações termoenergéticas no ambiente mais crítico do ponto de vista térmico. A análise de fluxos constatou que os maiores ganhos de calor foram oriundos dos fechamentos transparentes e opacos. Dentre os fechamentos opacos, destaca-se a parede oeste, a qual apresentou o maior fluxo de calor. Diante disso, foram propostas soluções com base nas normas de desempenho térmico de edificações, as quais apresentam diretrizes construtivas para cada Zona Bioclimática. Denota-se que com os resultados encontrados é possível estipular como parâmetros de decisões projetuais, assim como reflexões acerca do assunto.

Palavras-chave: conforto térmico, fluxos térmicos, simulação computacional, desempenho térmico.

ABSTRACT

The consequent social impact caused by the growth of civil construction, gave rise to the concept of bioclimatic architecture and to the diverse solutions that may be used to promote thermal comfort in buildings. Therefore, this study analyzes the thermal flow data on the summer for a housing of social interest in the City of Santa Maria, Brazilian Bioclimatic Zone 2, and proposes a solution to soften the thermal results. Through the EnergyPlus software and the graphical interfaces of Sketchup Make and OpenStudio, thermoenergetic simulations were applied in the most heat-critical environment. Data analysis showed that higher heat values come from transparent and opaque closures. Among the opaque closures, stands out the western wall as the greater heat flow. Therefore, solutions based on building thermal performance standards were proposed, as the constructive guidelines for each Bioclimatic Zone. It is pointed out that with the results can be stipulated as parameters of project actions, as well as reflections on the subject.

Keywords: thermal comfort, thermal flows, computational simulation, thermal performance.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o processo de desenvolvimento de grandes centros urbanos e a conseqüente necessidade de implantação de empreendimentos de infraestrutura se deu de forma acelerada e desordenada. Dessa forma, a política de crescimento provocou a alteração da cobertura vegetal original para a implantação de novas construções, aumentando consideravelmente as áreas pavimentadas e provocando alterações no uso do solo. Essas alterações contribuíram para o desequilíbrio entre atmosfera-biosfera nos sistemas urbanos e interferiram nas condições de conforto ambiental, especialmente no conforto térmico.

Segundo a ASHRAE 55 (2017), o conforto térmico é um estado de espírito, que reflete a condição de satisfação do indivíduo com o ambiente térmico. Em resumo, trata-se de manter a temperatura do corpo humano constante, através do equilíbrio do calor produzido pelo corpo com o calor que se perde para o ambiente que o envolve.

As condições de conforto térmico de um ambiente dependem de diversas variáveis que podem influenciar no conforto térmico do indivíduo diante de uma edificação. São esses os mecanismos de equilíbrio térmico, os modos de transferência de calor, a resistência térmica oferecida pela vestimenta, o metabolismo gerado pela atividade e o ambiente, que é influenciado pela temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade relativa do ar.

De forma a atender as condições de conforto térmico, surgiu o conceito de arquitetura bioclimática, cuja ideologia é a de proporcionar ao ser humano melhores condições de vida e saúde, garantindo um perfeito funcionamento do organismo sem submetê-lo à fadiga ou estresse, inclusive térmico. A arquitetura como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis com o conforto térmico humano no interior dos edifícios, independente das condições climáticas externas (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Tendo em vista que as alternativas bioclimáticas, podem ser atribuídas às edificações por meio de diversos recursos de ventilação, iluminação naturais e elementos de proteção solar para o bom condicionamento dos ambientes, de modo que venham a proporcionar um melhor conforto térmico, redução do consumo energético e conseqüentemente dos custos, contribuindo conjuntamente também, com o desenvolvimento econômico e ambiental da região. Dessa forma a eficiência energética faz-se necessária para minimizar o uso de recursos naturais, além de criar uma boa gestão em eficiência energética voltada para as preocupações das comunidades e governos com a escassez de recursos não renováveis e com as problemáticas ambientais provenientes do processo de industrialização. Assim, se deu o desenvolvimento deste trabalho, no qual se propôs a analisar as mais variadas possibilidades da utilização destas variáveis em uma Habitação de Interesse Social (HIS), de maneira que o homem possa conviver confortavelmente, de forma econômica e, também, sem prejudicar ou prejudicando o mínimo possível o meio ambiente.

Entretanto, devido à extensão territorial do Brasil, há diversas características climáticas bastante distintas para cada região do país, cujo aspecto define as condições e estratégias de tipologias construtivas e projetuais, fazendo com que as diretrizes térmicas venham a acompanhar o projeto arquitetônico específico para cada região, contribuindo para qualidade de vida nos ambientes das cidades (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

O Estado do Rio Grande do Sul se caracteriza por apresentar estações bem definidas de verão e inverno, tornando propícias as discussões referentes a arquitetura bioclimática e ao desenvolvimento de estudos relativos às suas características e rigores térmicos. Dessa forma, se tem como delimitação do estudo, o município de Santa Maria- RS, localizado na região central do estado, o qual está inserido na Zona Bioclimática Brasileira 2 (ABNT, 2005b).

Diante disso, este trabalho analisa os fluxos térmicos de uma HIS, localizada no município de Santa Maria-RS, Zona Bioclimática Brasileira 2, avaliada no dia típico de verão

da cidade e buscando evidenciar erros e acertos de projeto frente à relação com o clima, baseando-se na análise dos ambientes mais críticos do projeto do ponto de vista térmico. As análises realizadas considerando o dia típico de verão de percentual 2,5% da cidade de Santa Maria, refere-se ao trabalho de Flores (2014). O dia típico de verão 2,5%, corresponde a 20 de fevereiro, com temperatura externa máxima às 15h de 33,20°C.

A simulação termoenergética permitiu a identificação das ocorrências de fluxos térmicos através dos fechamentos da edificação e, também, foram determinados quais locais deveriam receber maior atenção no projeto, corrigindo e amenizando ganhos ou perdas de calor para tornar o ambiente mais confortável termicamente.

2 METODOLOGIA

Com o intuito de atingir os objetivos do estudo, foi utilizado o método de simulação computacional, através do *software EnergyPlus 8.3* e auxílio da interface gráfica do *Sketchup Make 15* e *plug-in* do *OpenStudio*, para avaliar os fluxos térmicos da edificação.

Os procedimentos metodológicos adotados foram organizados em quatro etapas, sendo a primeira dividida na compilação dos dados necessários para o estudo, como levantamentos in loco, desenho arquitetônico, detalhamentos dos fechamentos, referencial teórico e, a partir disso, foram realizadas as análises iniciais e foram definidos os parâmetros utilizados para a aplicação. Após, a segunda etapa consistiu em a de modelagem da área selecionada no *software* livre *Sketchup Make 15* com auxílio do *plug-in* do *OpenStudio* e simulada pelo *software EnergyPlus* versão 8.3, nesta simulação foram inseridas as informações climáticas, as variáveis de projeto (materiais e fechamentos), de uso e ocupação em função das atividades exercidas na edificação. A terceira etapa tratou da análise dos dados extraídos da simulação para auxiliar na identificação dos problemas. Por fim, a última etapa consistiu em propor soluções frente aos problemas identificados.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo analisado foi uma HIS localizada na cidade de Santa Maria-RS, em uma área de interesse social, no Bairro Diácono João Luiz Pozzobon – Loteamento Paróquia das Dores. A residência possui uma área total de 80 m², sendo composta por dois dormitórios, banheiro, sala e cozinha integrada. A edificação é orientada com os dormitórios com aberturas no sentido norte/leste, banheiro e cozinha na orientação sul e acesso a norte (Figura 1).

Para o estudo foi considerado o ambiente mais crítico do ponto de vista térmico, no qual se baseia no dia típico estabelecido por Flores (2014). O ambiente analisado foi o da sala e cozinha integrados, cujo local apresenta maior influência das trocas térmicas em virtude da orientação solar, nas direções norte e oeste, as quais recebem o maior índice de radiação.

As variáveis que interferem diretamente no comportamento térmico do edifício foram calculadas, ou seja, a transmitância térmica e a capacidade térmica dos fechamentos opacos externos e demais características dos fechamentos utilizados nas simulações termoenergéticas.

As paredes apresentam as seguintes composições:

- (a) Paredes externas: reboco (2,5 cm) + tijolo cerâmico 6 furos (14 cm) + reboco (2,5 cm);
- (b) Paredes internas 1: reboco (2,5 cm) + tijolo cerâmico 6 furos (9 cm) + reboco (2,5 cm).

Os tijolos são cerâmicos maciços, com dimensões 9 x 14 x 24 cm (Figura 2).

A composição da cobertura inclinada é definida por telhas de fibrocimento de espessura de 7 mm e laje de concreto de 10 cm de espessura, apresentando uma câmara de ar não ventilada entre elas. As telhas apresentam aspecto sujo e desgastado pelo tempo,

constatando-se, por esse aspecto, de uma absorvência solar de 0,8. Este valor é justificado através do estudo de Lamberts, Dutra e Pereira (2014), os quais constataram que os materiais de construção são seletivos, quando expostos à radiação de ondas curtas de radiação solar, tem a sua cor como principal fator determinante, em que tons escuros variam sua absorvência entre 0,7 a 0,9.

Figura 1 – Planta baixa da edificação (sem escala)

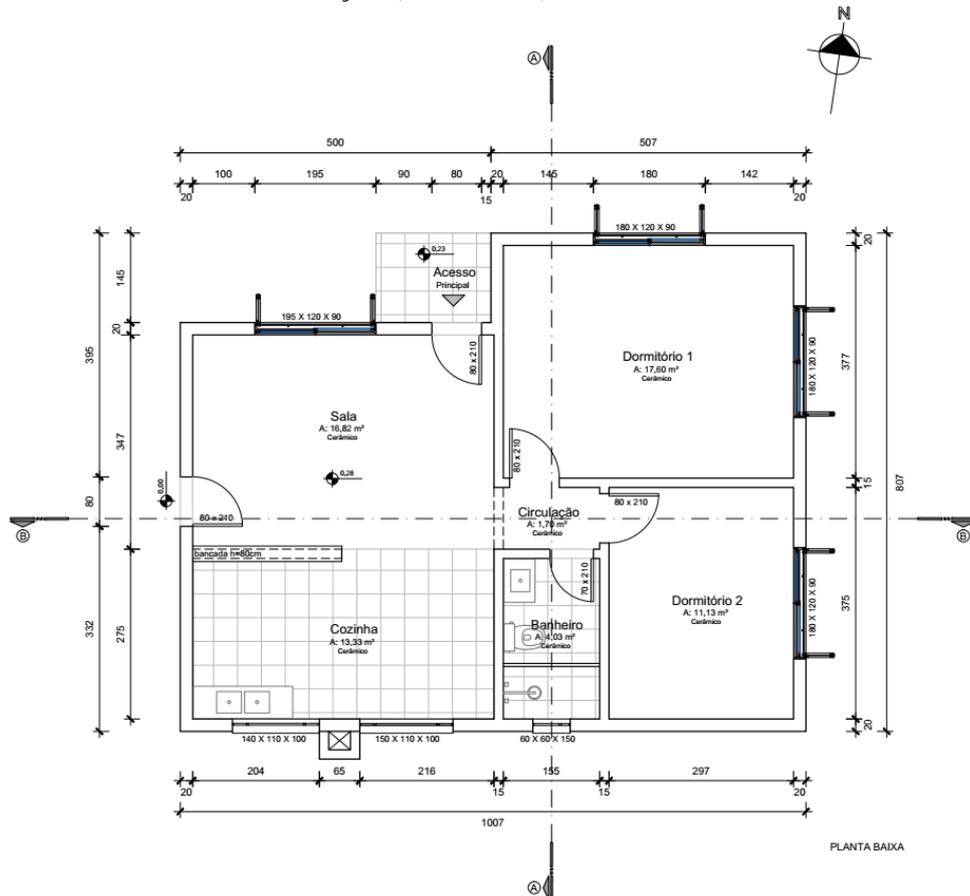
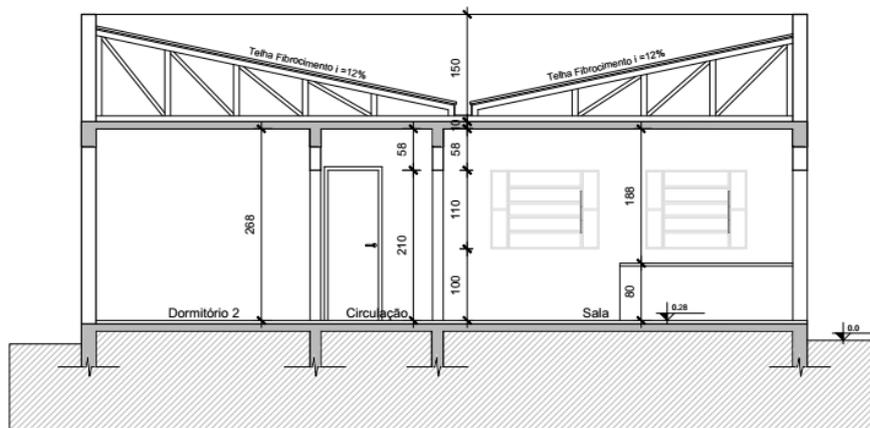


Figura 2 – Corte B-B (sem escala)



O Quadro 1 apresenta os valores das características térmicas dos fechamentos opacos externos, segundo o procedimento da NBR 15220-2 (ABNT, 2005a).

Destaca-se que existe uma grande exposição de fechamentos transparentes (vidros) na orientação noroeste, a qual não apresenta protetores solares, influenciando diretamente no desempenho térmico do edifício. Os vidros que compõem estes fechamentos são vidros comum de 3mm.

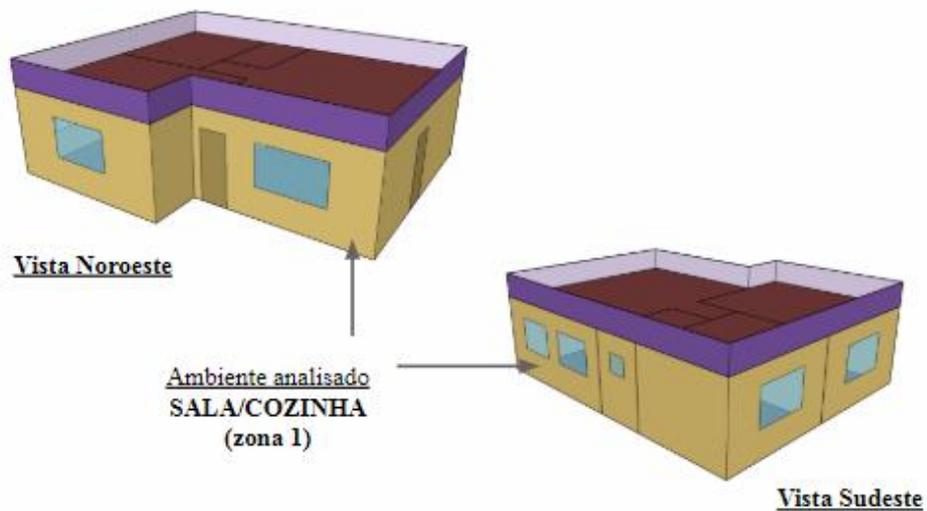
Quadro 1 – Cálculo das trocas térmicas das paredes e cobertura

Fechamento	Transmitância Térmica (W/m²K)	Capacidade Térmica (KJ/m².K)
Parede Externa	2,02	192,00
Parede Interna	2,48	159,00
Cobertura	4,60	11,00

2.2 ANÁLISE DOS FLUXOS TÉRMICOS

Para a análise dos fluxos térmicos foi simulada a HIS com base nas suas características de materiais, atividades e uso. Analisaram-se os fluxos térmicos de um ambiente, a unidade mais crítica do ponto de vista térmico, a qual está localizada na orientação solar noroeste (Figura 3).

Figura 3 – Modelagem da área de análise



Para a análise do fluxo de calor, foram separadas as esquadrias e paredes, organizadas por zonas, conforme apresentam as Figuras 4 (paredes) e 5 (esquadrias).

Figura 4 – Nomeação das paredes

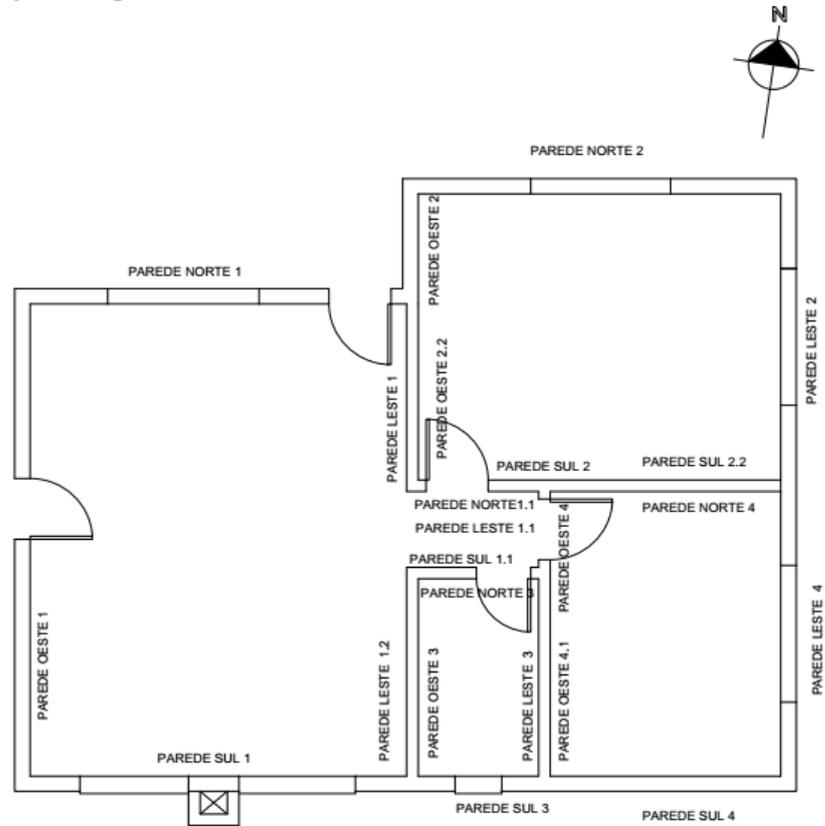
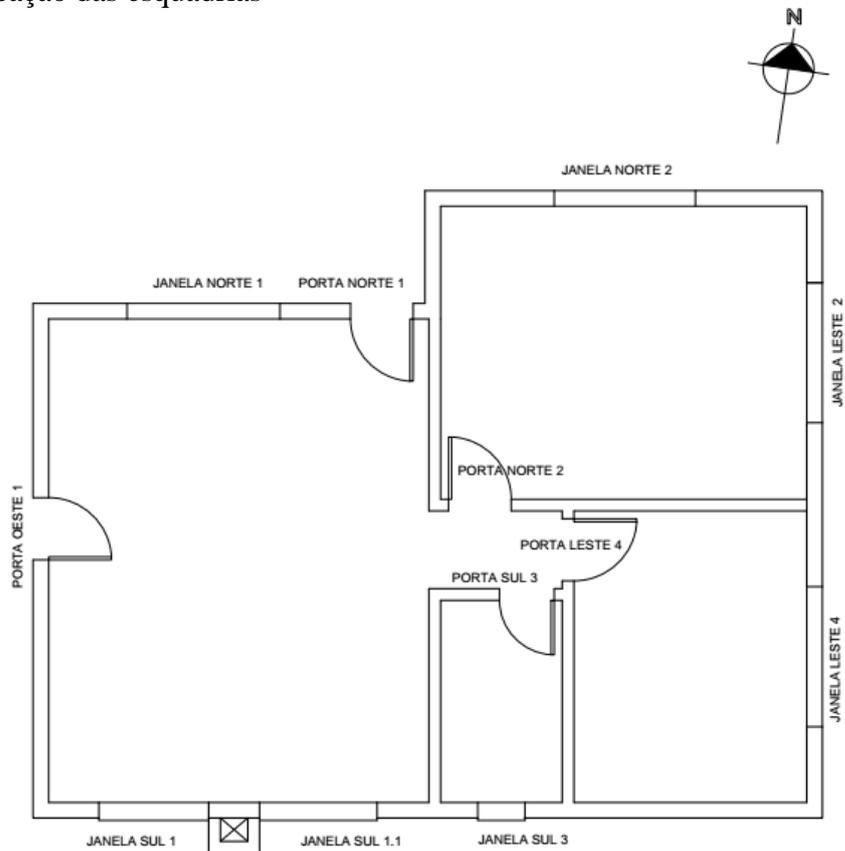


Figura 5 – Nomeação das esquadrias



Também, 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.

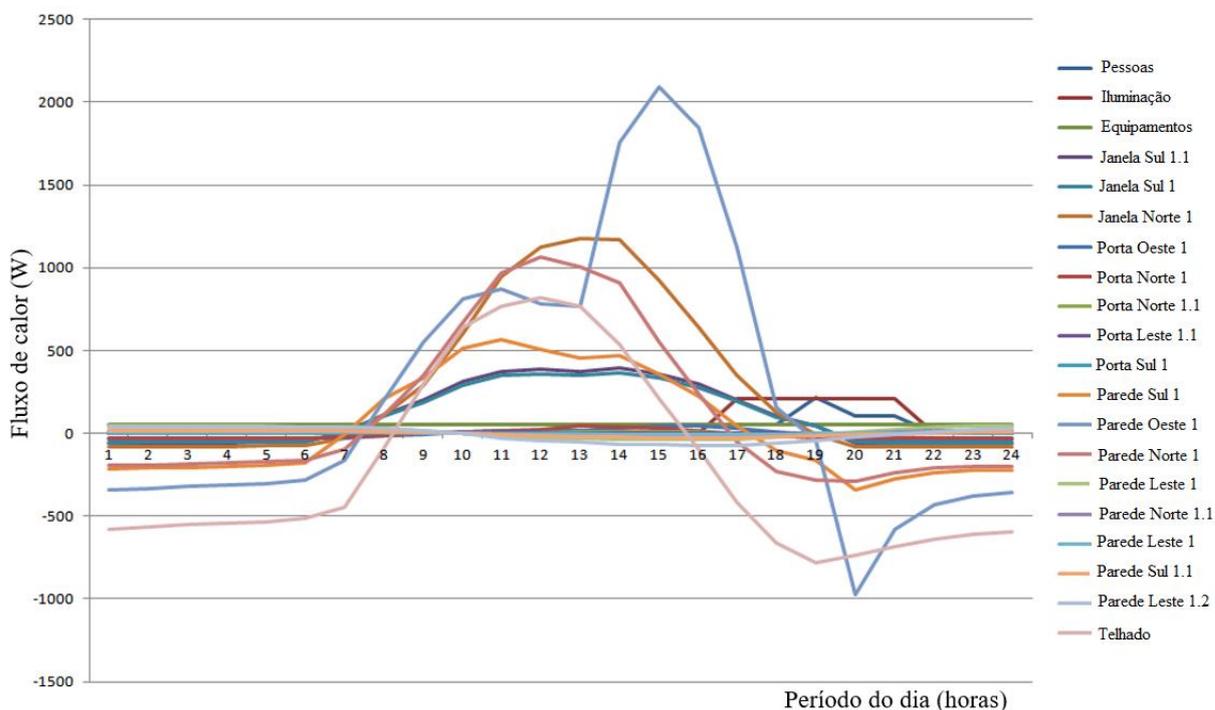
Na avaliação, considerou-se o dia típico de verão do índice 2,5 %, para a cidade de Santa Maria-RS, o qual foi estabelecido por Flores (2014), e corresponde a 20 de fevereiro, com a temperatura máxima do dia de 33,2°C, às 15h.

Quanto ao horário de utilização, foi adotado das 14h00min às 21h00min, cuja iluminação seria ligada das 17h00min às 21h00min. A atividade considerada foi a sentada (1 met.) e ocupação de 4 pessoas, sendo 2 por dormitório, conforme a NBR 9077-2 (ABNT, 2001). O equipamento considerado em utilização no ambiente foi de 1 geladeira (250 W), conforme fabricante comercial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir de simulação computacional realizada no *software Energy Plus*, foi produzida a Figura 6 que correlaciona, de forma geral, a contribuição de perdas e ganhos térmicos com cada componente estudado. Foram consideradas nesta análise: a iluminação, os equipamentos, as pessoas e os fechamentos opacos, tais como portas, janelas e telhado. Desse modo, conforme apresentado na Figura 6, o eixo das abscissas apresenta os períodos do dia (horas) avaliados e o eixo das ordenadas expõe os valores de fluxo de calor (W/m²).

Figura 6 – Fluxo horário de calor para cada componente



Fonte: autores.

De acordo com estes gráficos durante as horas de sol (7h às 18h), o fluxo energético positivo se dá principalmente pelos componentes posicionados ao Norte (Janela Norte 1, Porta Norte 1 e Parede Norte 1.1), a Oeste (Parede Oeste 1), ao Sul (Janelas Sul 1 e 1.1 e Parede Sul 1) e pela cobertura (Telhado). Comparativamente, os componentes citados somados são responsáveis por 88,8% de todos os ganhos térmicos.

As Janelas Sul 1 e 1.1 e Janela Norte 1 participam em 31,7% de todo o fluxo de calor positivo, o que pode ser explicado pela grande área de componentes translúcidos que possuem. Ademais, a janela voltada ao norte tem participação majoritária nos ganhos térmicos (54,9% do total de contribuição das janelas).

As Paredes Sul 1, Oeste 1 e Norte 1, entretanto, contribuem em 47,7% para o fluxo de calor positivo. As composições dos fechamentos opacos, relacionados à suas orientações favorecem tal ganho. Tendo em vista a inércia térmica da parede oeste (Parede Oeste 1), a taxa de calor se torna bem mais alta após as 13h – às 15h é observado o pico de mais de 2000 W/m². Por esse motivo, a Parede Oeste 1 é o componente que mais contribui para o aquecimento, com 25,5% de todo o fluxo térmico positivo.

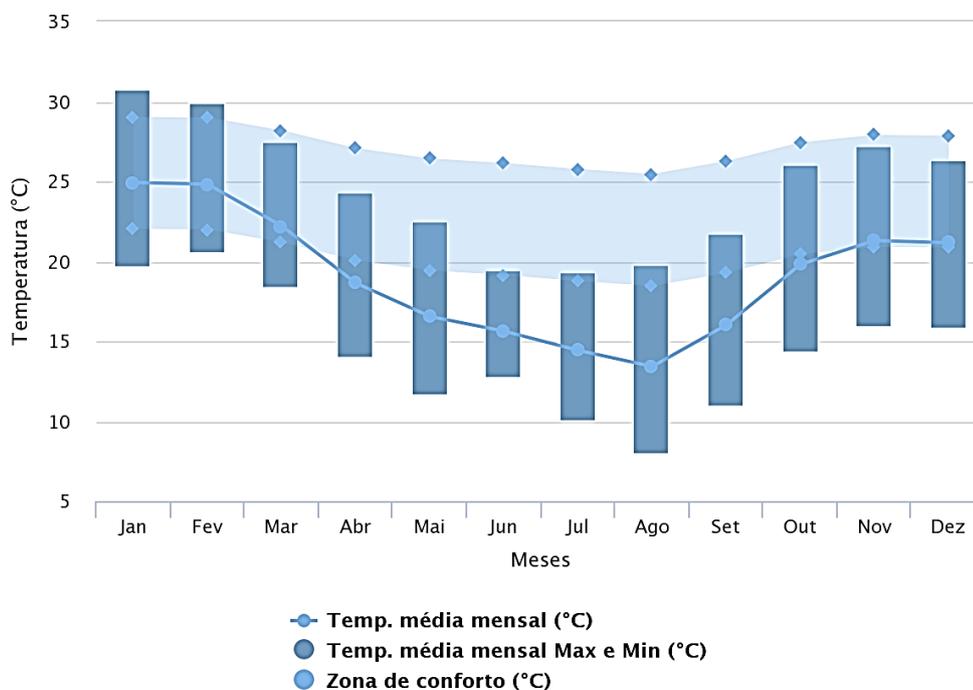
Ainda, tem-se que o telhado também exerce influência sobre os ganhos térmicos na residência. Este componente é responsável por 9,4% de todo o aquecimento e isso pode ser percebido por conta do material utilizado possuir propriedades térmicas pouco isolantes e pela configuração do telhado não permitir circulação de ar sob sua estrutura.

Do mesmo modo, analisa-se na Figura 6 que, após as 18h, o fluxo térmico positivo é de responsabilidade principal do calor produzido pela iluminação, equipamentos e metabolismo das pessoas.

3.1 PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES

Na Figura 7, é apresentada a relação entre a zona de conforto térmico para cada mês do ano e as temperaturas médias mensais. Conhecer o comportamento da temperatura é fundamental para o projeto bioclimático, pois ela vai determinar o tipo de envoltória, o tamanho das aberturas, os tipos de proteção, entre outros fatores relacionados.

Figura 7 – Temperatura e zona de conforto em Santa Maria – RS



Fonte: INMET (2016).

A integração das estratégias bioclimáticas garante a eficiência do sistema, ou seja, a otimização do benefício térmico depende da combinação das soluções propostas. Dessa

forma, podem ser destacadas, por sua eficiência: a ventilação natural, o sombreamento e a inércia térmica para o resfriamento.

A ventilação natural promove a renovação do ar, o resfriamento psicofisiológico e o resfriamento convectivo. Dentre os tipos de ventilação natural, destacam-se a ventilação por efeito chaminé (criação de correntes de convecção que facilitam a subida do ar quente e descida do ar frio) e a ventilação cruzada (remoção do calor devido à troca acelerada por convecção). Assim, ambos os sistemas passivos dependem do posicionamento de aberturas que aproveitem as pressões de vento impostas sobre a edificação.

O sombreamento, por sua vez, reduz os ganhos solares sem o prejuízo da iluminação natural proveniente das aberturas. Para isso, podem ser adotados brises horizontais que, se posicionados nas janelas ao norte podem reduzir a incidência direta e amenizar os fluxos térmicos nos ambientes.

A inércia térmica para o resfriamento contempla o projeto de fechamentos para a redução do armazenamento de calor e envolve os principais parâmetros físicos que afetam o conforto térmico – resistência térmica, transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico. Esta estratégia bioclimática proporciona a redução das amplitudes térmicas internas, absorvendo calor durante o verão e retardando sua transferência para o interior da edificação.

Assim, após a avaliação dos fluxos térmicos do ambiente mais crítico do ponto de vista térmico da edificação analisada, é necessário propor soluções para os problemas encontrados, cujas intervenções estão apresentadas a seguir, separadas por categoria (ambiente, paredes, janelas e telhado).

3.1.1 Ambiente

- Ventilação cruzada: o posicionamento de aberturas que permitam a passagem de ventilação em mais de uma direção que, conseqüentemente, reduz a sensação de calor;

- Resfriamento evaporativo: a alocação de vegetação ou mesmo um elemento com água no percurso do vento contribui para o aumento da umidade do ar. Denota-se que em virtude de a parede oeste receber grande parte do fluxo de calor e também por não apresentarem aberturas, indica-se o plantio de vegetação arbórea ao lado desta parede, a fim de reduzir esta transmissão.

- Ventilação vertical: a execução de aberturas próximas ao telhado contribui na retirada do ar quente por meio da criação de um fluxo de ar ascendente.

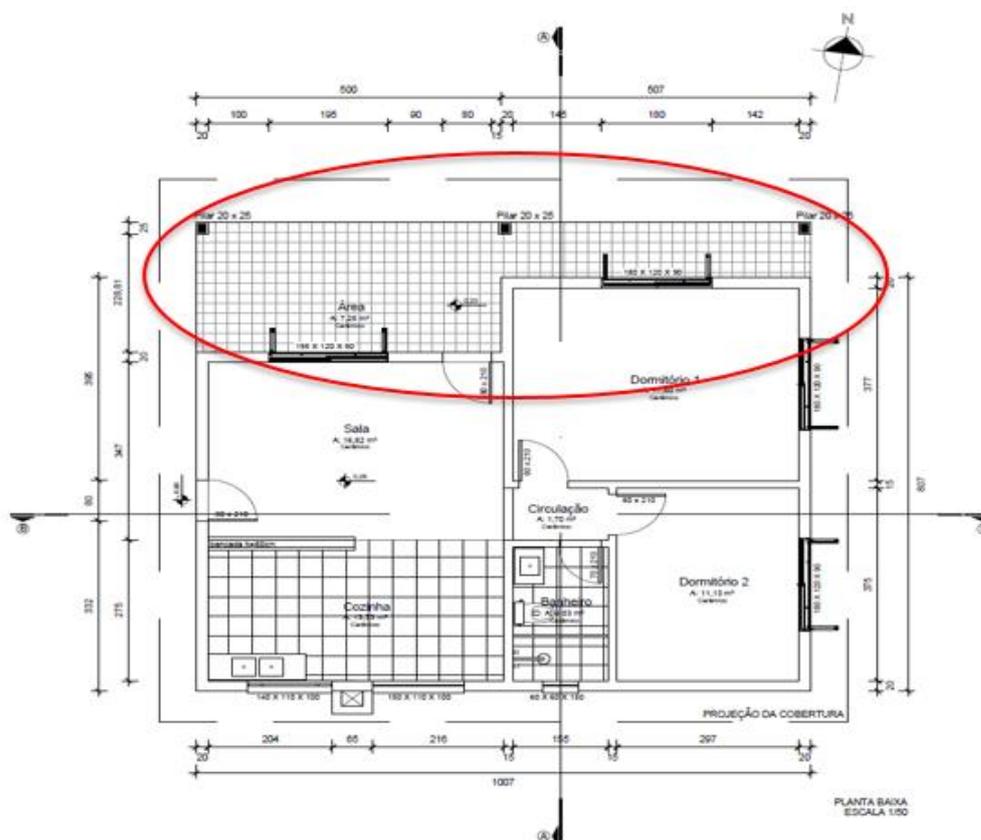
3.1.2 Paredes

- Pintura clara: diminui a absorção de calor;

- Isolamento térmico: é possível evitar ganhos de calor através de condução, com a colocação de uma camada de gesso com espaço de ar entre a parede, por exemplo. Esta configuração reflete em uma melhora de transmitância térmica;

- Sombreamento: ao sombrear as aberturas ao norte, reduz-se os ganhos de calor nas janelas e paredes, propôs-se a execução de uma varanda, solucionando os ganhos de calor na parede noroeste (13,6% do fluxo térmico total) e também nas janelas ao noroeste (17,4% do fluxo térmico total) (Figura 8).

Figura 8 – Proposta de execução de varanda na área noroeste (sem escala)



Fonte: autores.

3.1.3 Janelas

- Brises: a colocação de brises horizontais móveis nas janelas ao norte contribui para a diminuição da incidência direta dos raios de sol, caso a adoção de varanda não for utilizada;
- Cortinas: o uso de cortinas com tecido denso também ameniza os ganhos diretos de calor por radiação;
- Vidros: o uso de vidros que diminuam o ganho de radiação solar direta, como por exemplo vidro verde, e vidro refletivo nas janelas, evitando ganho por radiação direta.

3.1.4 Telhado

- Pintura clara: diminui a absorção de calor;
- Isolamento térmico: a adição de um material isolante abaixo do telhado atenuaria os ganhos e também as perdas de calor providas da cobertura, tem-se como proposta a adição de um isopor acima da laje do telhado;
- Ventilação controlada: poderia ser aberta no verão, permitindo a passagem do ar quente, e fechada no inverno para o seu aprisionamento.

4 CONCLUSÃO

Denota-se neste estudo, que analisa os fluxos térmicos de uma habitação de interesse social inserida na Zona Bioclimática Brasileira 2, que a maior ocorrência dos fluxos se deu por meio dos fechamentos transparente e opacos da edificação. Evidenciou-se também, que a parede oeste foi o fechamento opaco que apresentou o maior fluxo de calor.

Por tratar-se da avaliação de um objeto de estudo implantado na Zona Bioclimática 2, em que há estações bem definidas de verão e inverno, houve a necessidade da escolha de soluções de projeto que proporcionassem conforto principalmente no verão, porém destaca-se que algumas soluções também influenciaram na diminuição dos fluxos térmicos no inverno, como o isolamento dos fechamentos opacos, uso de sombreamento com brises móveis, adição de material isolante na cobertura e ventilação controlada do telhado.

Por fim, corroborou-se na afirmação de que os profissionais da construção civil devem demonstrar preocupação com a escolha de materiais e fechamentos utilizados nas construções, uma vez que estes estão intrinsecamente ligados ao conforto térmico dos usuários e, da mesma forma, ter o conhecimento de normas específicas de desempenho térmico de edificações, para projetar seguindo as diretrizes da Zona Bioclimática em que está inserido o projeto.

Vale ressaltar também, a importância na tomada de decisão do projeto arquitetônico residencial, para que os materiais e fechamentos consumam menos energia possível, visando-se sempre que possível a sustentabilidade, promovendo o desenvolvimento ambiental e econômico do meio, sendo necessária para vir a minimizar o uso de recursos naturais e custos da produção, além de melhorar o desempenho das edificações.

REFERÊNCIAS

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077-2**: Saída de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2001.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, G.A., 2017.

FLORES, M. G. **Geração da base climática de Santa Maria – RS para análise de desempenho térmico e eficiência energética de edificações**. 2014. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do conforto térmico**. 5ª Edição – São Paulo: Studio Nobel, 2001.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Arquivos Climáticos INMET 2016**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>> Acesso em: 05 de junho de 2018.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3 ed. Eletrobrás/Procel, Rio de Janeiro, 2014.