

**INFLUÊNCIA DO PERCENTUAL DE ABERTURA DE FACHADA NO FLUXO TÉRMICO E CONSUMO
ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES LOCALIZADAS NA ZONA BIOCLIMÁTICA BRASILEIRA 2**

Liége Garlet – liegegarlet@gmail.com

Roberta Mulazzani Doleys Soares – roberta.doleys@gmail.com

Betina Beatriz Hammes Ostapiuck – betinabo.hz@gmail.com

Greicy Menezes Flores – greicymflores@hotmail.com

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Santo Ângelo, Curso de Arquitetura e Urbanismo,
www.santoangelo.uri.br

F3 - Cálculo, Projeto e Simulação Termo Energética

Resumo. Esta pesquisa tem como objetivo analisar a influência do percentual de abertura de fachada nos fluxos térmicos e no consumo energético de edificações localizadas na Zona Bioclimática Brasileira 2 (ZB 2), variando-se a orientação solar e a tipologia de vidros utilizados nas aberturas. Foi elaborado um protótipo para análise por simulação computacional com o software EnergyPlus, baseado no Case 600 da norma ASHRAE Standard 140 (ASHRAE, 2012) e inseridos os dados da ZB2, correspondente a cidade de Santa Maria/RS. Realizou-se a variação dos percentuais de abertura nas diferentes fachadas do caso base, considerando-se 8%, 12,5% e 25% e também se alterou a tipologia de vidros, utilizando o vidro comum 3mm e o vidro comum 3mm com película insulada. Os resultados revelaram que os menores consumos se concentram nas orientações norte e sul, nas menores aberturas e vidro com película, também se verificou que a orientação solar e o tamanho da janela são os fatores que mais impactam nos ganhos térmicos do ambiente.

Palavras-chave: Consumo energético, Fluxos térmicos, Percentual de abertura em fachada, Zona bioclimática brasileira 2.

1. INTRODUÇÃO

A partir do século XX, com a propagação da Arquitetura moderna, difundiu-se a aplicação de determinados materiais, entre eles o vidro e o ferro, os quais possibilitaram a criação de grandes áreas envidraçadas. Com isso, surgiram alguns efeitos negativos, como o aumento do desconforto térmico por calor ou por frio, sendo necessário supri-lo mediante utilização de equipamentos climatizadores, conseqüentemente gerou-se alto consumo de energia.

Tendo em vista todos os problemas ambientais enfrentados na atualidade, é preciso ter a consciência do quão importante é reduzir o consumo de energia, pois desde a própria geração de energia até o seu consumo, ocorrem diversos desequilíbrios ambientais, em função de que na produção de energia são liberados alguns gases, dentre eles o gás carbônico (CO₂), promovendo impacto direto na camada de ozônio e assim, aumentando a temperatura do planeta.

Pensando em soluções sustentáveis e de baixo impacto, as próprias aberturas, levando em consideração que o tipo de vidro utilizado e a orientação solar podem reduzir ou aumentar o consumo energético (CASTRO, 2004). Campanhoni et al. (2010, p.4) aponta que “o edifício compõe um sistema que mantém complexas relações energéticas com o meio que o rodeia. O equilíbrio entre os ganhos e as perdas energéticas pelo edifício determina suas condições interiores.” Constatase que a aplicação de materiais adequados, tamanho de abertura, e a presença de dispositivos de proteção solar podem proporcionar condições internas mais satisfatórias.

A partir do século XVIII, houve uma maior preocupação com o percentual de aberturas de janelas. Nesta época, em algumas cidades já havia um código de postura municipal que estabelecia medidas exatas para os vãos, referente a um percentual mínimo destinado a abertura nas fachadas, de aproximadamente 20% (MONTEIRO, 2012). Com o passar do tempo, as cidades mais populosas passaram a ter um código de obras, o qual dita alguns aspectos mínimos para construção, dentre eles o percentual mínimo de abertura de acordo com o ambiente, a metragem e a sua utilização.

Segundo Ghisi et al. (2005), quando as dimensões das janelas não são cuidadosamente determinadas elas podem contribuir para aumentar o consumo de energia de edificações de forma significativa, enquanto uma abertura ampla gera uma melhor vista externa e um impacto plástico na forma, esta permite um maior ganho térmico, já uma abertura menor faz com que a temperatura interna se mantenha sem muita amplitude térmica, diminuindo os gastos com o resfriamento e aquecimento das edificações.

Na atualidade estão em vigor normativas para que as edificações atendam a requisitos mínimos para o mínimo de conforto, tais como a NBR 15575, os Regulamentos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações (RTQ-C e RTQ-R) e os códigos de obras municipais. O RTQ-C (INMETRO, 2010) exige um cálculo com base em um valor médio do percentual total de aberturas de todas as fachadas, sobre o percentual de abertura em uma fachada. O RTQ-R (INMETRO, 2012) exige para a zona bioclimática 2, um percentual mínimo de abertura de 8% em relação a área do piso. Enquanto a maioria dos códigos de obras, como é o caso da cidade de Santa Maria/RS, exigem que em ambientes com permanência prolongada, tais como quarto, sala e cozinha integrada, tenham uma abertura mínima de 1/8, sobre a área do piso (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA, 2009).

Em locais de grande insolação como é o caso do Brasil, os vidros são elementos vulneráveis a um ganho alto de calor. Porém, há diferentes tipos de vidros sendo alguns com propriedades de controle de radiação solar, ganho e perda

de temperatura do ambiente e isolamento acústico. Segundo Saldanha (2012, p. 40) “os materiais transparentes usualmente empregados em fachadas são constituídos por vidros e películas poliméricas, as quais costumam ser aplicadas sobre áreas já instaladas. Esses materiais podem representar uma opção em termos de controle da radiação solar, porém, os resultados são limitados.” Verifica-se que as películas podem ser uma alternativa de controle solar, porém sempre deve-se atentar para a orientação solar e o dimensionamento dos fechamentos transparentes a fim de evitar o sobreaquecimento do ambiente ou até mesmo altas perdas térmicas.

De acordo com a ABNT NBR 15575 (ABNT, 2013) sobre desempenho térmico de edificações para a Zona Bioclimática Brasileira 2, as aberturas para ventilação devem ser médias e permitir que entre sol durante o inverno. As vedações externas devem ser de paredes leves e coberturas leves e isoladas. Enquanto as estratégias para o condicionamento térmico para a edificação são para o verão, ventilação cruzada e para o inverno aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas.

Nesse sentido, este trabalho avalia a tipologia de vidros, as orientações solares e os percentuais de aberturas em fachada no impacto das decisões arquitetônicas de projetos para a Zona Bioclimática Brasileira 2.

2. OBJETIVO

Analisar a influência do percentual de abertura de fachada nos fluxos térmicos e no consumo energético de edificações localizadas na Zona Bioclimática Brasileira 2 (ZB 2) variando-se a orientação solar e a tipologia de vidros utilizados.

3. METODOLOGIA

A metodologia do trabalho consistiu na caracterização do objeto de estudo, definição dos parâmetros e dos modelos da simulação computacional, análise dos fluxos térmicos e consumo energético.

3.1 Objeto de estudo

O modelo utilizado nas simulações computacionais tem sua geometria baseada no *Case 600* da norma ASHRAE Standard 140 (ASHRAE, 2012), que corresponde a uma zona térmica retangular com volume de ar interno de 129,6 m³ (largura do ambiente de 8,0m e comprimento de 6,0m com pé-direito de 2,7m) e a fachada principal voltada para o sul, onde há a presença de duas janelas de 3mx2m. O modelo foi escolhido em função de sua área e volume, por se tratar de uma referência para simulações computacionais de análises energéticas do envelope térmico.

Para avaliação dos fluxos térmicos e consumo energético, utilizou-se a metodologia de simulação computacional com o *software EnergyPlus 8.9.0*, e auxílio do *Sketchup Make 17* e *plugin do Euclid 0.9.3* para a interface gráfica.

A modelagem foi embasada no levantamento das características construtivas e dados climáticos para a Zona Bioclimática Brasileira 2 (ZB 2), considerando-se o arquivo climático TRY da cidade de Santa Maria/RS e analisando-se os dados para o dia típico de verão e inverno de percentual 2,5%. O dia típico de verão 2,5%, corresponde a 20 de fevereiro, com temperatura externa máxima às 15h de 33,20°C, e o dia típico de inverno 2,5% é o dia 9 de julho, com temperatura externa mínima de 2,49°C, às 5h (FLORES, 2014).

Neste caso, a edificação não possui usuário e nem potência instalada em equipamentos ou potência instalada de iluminação. O sistema de condicionamento de ar existente é do tipo Split, com configuração pelo parâmetro *HVACTemplate:Zone:PTHP*, considerando-se um sistema eficiente cujo Coeficiente de Performance (COP) é de 3,24 para um *SetPoint* de aquecimento e resfriamento de 22 °C para o ano todo.

Para a configuração dos materiais foram determinados fechamentos opacos de baixa transmitância térmica, para que seu impacto não expressasse tantos ganhos térmicos se comparados aos fechamentos transparentes que são o motivo de análise. Para as paredes, foi definida a transmitância térmica de 0.973 W/m².K e para a cobertura de 0.945 W/m².K. Não houve preocupação com o isolamento do piso, pois este está em contato direto com o solo, que possui temperaturas quase que constantes ao longo do ano, considerando a transmitância térmica do piso de 3.424 W/m².K, característica de um piso comum formado por laje de concreto e revestimento cerâmico.

Para a configuração dos modelos de análise foram simuladas três tipologias para as aberturas, uma delas com as aberturas padrão do *Case 600*, com percentual de abertura de 25% (12 m²), outra atendendo aos parâmetros do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência de Edificações Residenciais (RTQ-R), para a Zona Bioclimática Brasileira 2, que estipula o valor mínimo de 8% (4m²) e a última atendendo ao valor mínimo estipulado pelo Código de Obras da cidade de Santa Maria/RS, de 1/8 da área de piso, ou seja, 12,5% (6m²). Além das variações de percentual de aberturas, foram configurados dois tipos de fechamentos transparentes, sendo o vidro comum 3mm e o vidro comum 3mm com película insulada. As características óticas dos fechamentos transparentes apresentam-se na Tab. 1.

Tabela 1. Características óticas dos fechamentos transparentes

Materiais utilizados		Características óticas		
Vidro	Espessura Total (mm)	Transmitância térmica (W/m².K)	Transmitância a luz visível (%)	Fator solar
Vidro comum	3	8,36	84,6	0,87
Vidro comum + película refletiva	3	1,0	6,3	0,38

Fonte: Material fornecido pela fabricante dos vidros Guardian Sunguard e do comerciante da película.

Os percentuais de abertura de fachada elencados e as tipologias de vidros escolhidos variam-se nas 4 orientações solares (norte, sul, leste e oeste) para a geometria considerada, ou seja, no total foram configurados 24 modelos para as simulações computacionais, conforme a Tab. 2.

Tabela 2. Modelos analisados na simulação computacional

MODELO	COMPOSIÇÃO
MODELO 1	12 m² de abertura a Norte (25%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 2	12 m² de abertura a Sul (25%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 3	12 m² de abertura a Leste (25%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 4	12 m² de abertura a Oeste (25%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 5	12 m² de abertura a Norte (25%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 6	12 m² de abertura a Sul (25%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 7	12 m² de abertura a Leste (25%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 8	12 m² de abertura a Oeste (25%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 9	6 m² de abertura a Norte (12,5%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 10	6 m² de abertura a Sul (12,5%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 11	6 m² de abertura a Leste (12,5%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 12	6 m² de abertura a Oeste (12,5%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 13	6 m² de abertura a Norte (12,5%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 14	6 m² de abertura a Sul (12,5%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 15	6 m² de abertura a Leste (12,5%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 16	6 m² de abertura a Oeste (12,5%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 17	4 m² de abertura a Norte (8%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 18	4 m² de abertura a Sul (8%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 19	4 m² de abertura a Leste (8%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 20	4 m² de abertura a Oeste (8%) + Vidro Comum 3mm
MODELO 21	4 m² de abertura a Norte (8%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 22	4 m² de abertura a Sul (8%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 23	4 m² de abertura a Leste (8%) + Vidro Comum 3mm + película insulada
MODELO 24	4 m² de abertura a Oeste (8%) + Vidro Comum 3mm + película insulada

A configuração dos modelos para a simulação segue o mesmo padrão para as aberturas, alternando a orientação solar e o tipo de vidro, conforme o exemplo da Fig.1, para a orientação leste.

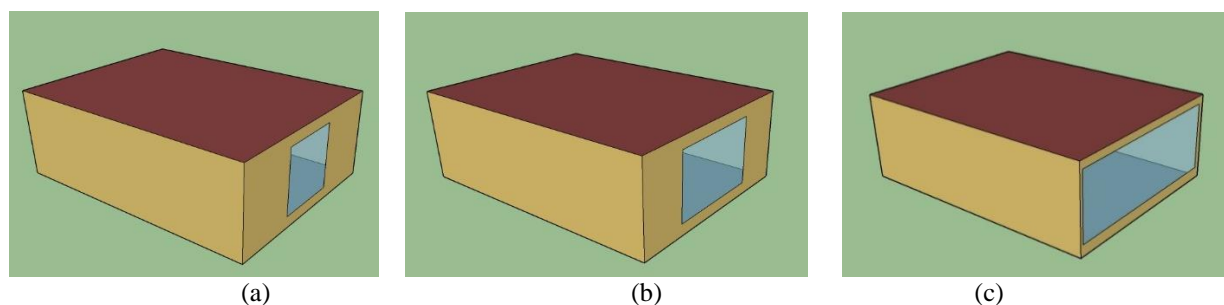


Figura 1. Os modelos representam orientação solar Leste e o percentual de abertura de 8% (a) o percentual de abertura de 12,6% (b) e o percentual de abertura de 25%

4. RESULTADOS

O desempenho dos cenários foi composto separadamente para as análises dos dias típicos de verão e inverno. Nas Fig. 2 a 5, observam-se os fluxos térmicos dos cenários no dia típico de verão, variando-se as orientações solares para o posicionamento das aberturas de 4m² (percentual de 8%), 6m² (percentual de 12,5%) e 12 m² (percentual de 25%) para as tipologias de vidro comum e vidro comum com película insulada.

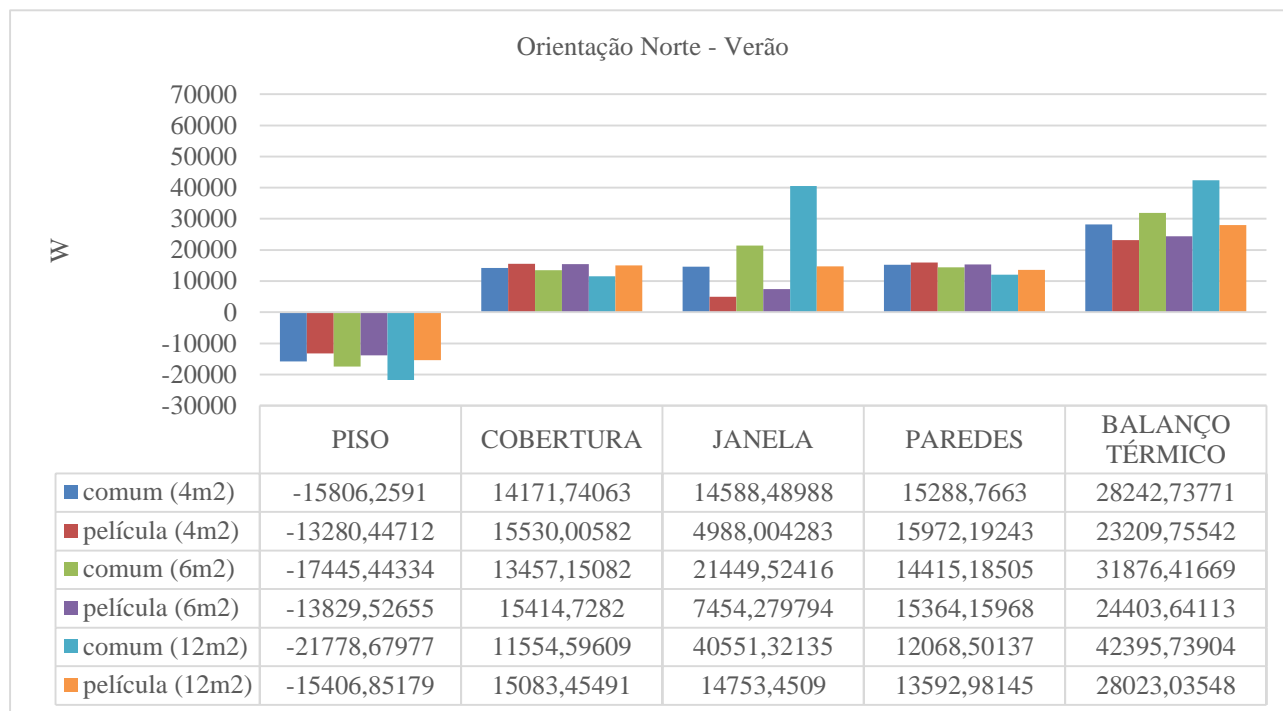


Figura 2. Fluxos térmicos nos modelos com aberturas orientados a Norte para análise no dia típico de verão

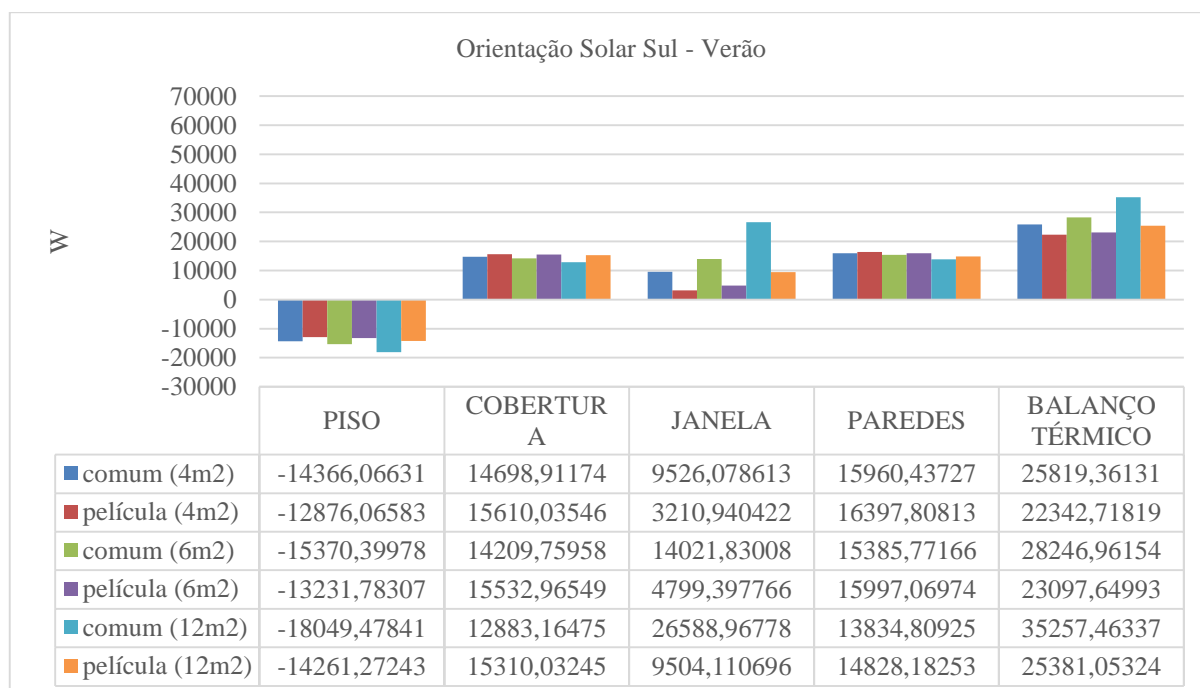


Figura 3. Fluxos térmicos nos modelos com aberturas orientados a Sul para o dia típico de verão

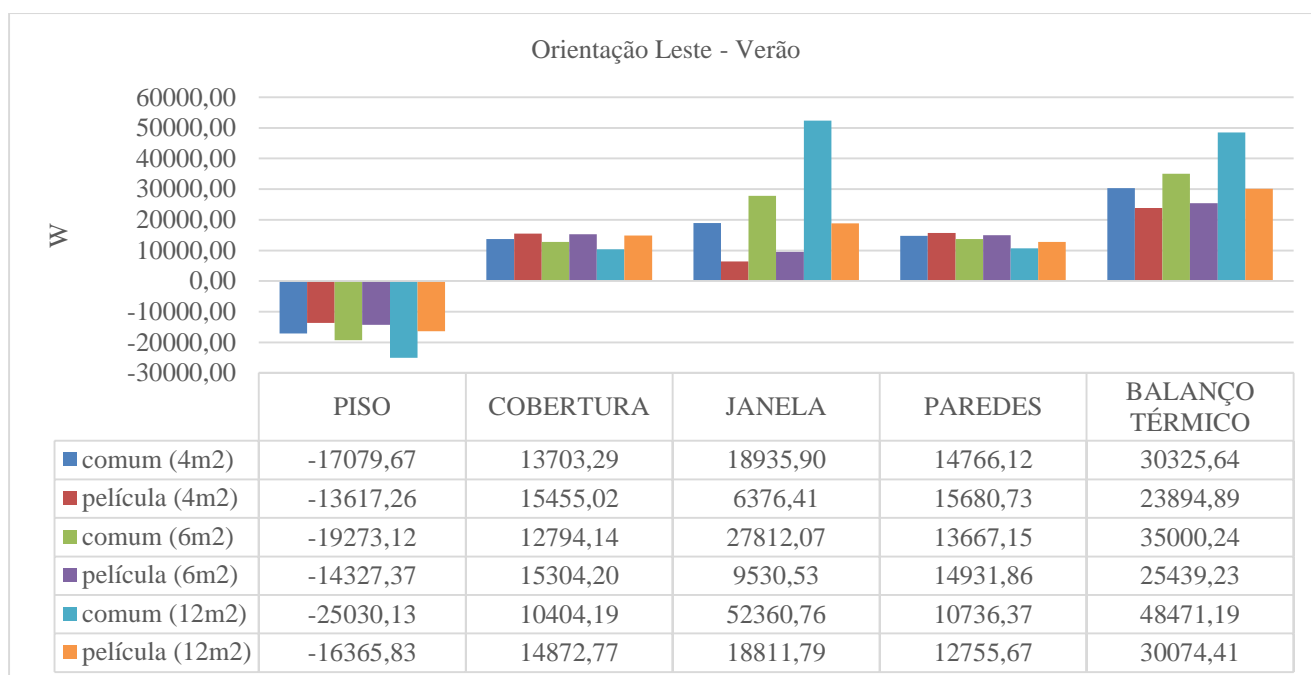


Figura 4. Fluxos térmicos nos modelos com aberturas orientados a Leste para o dia típico de verão

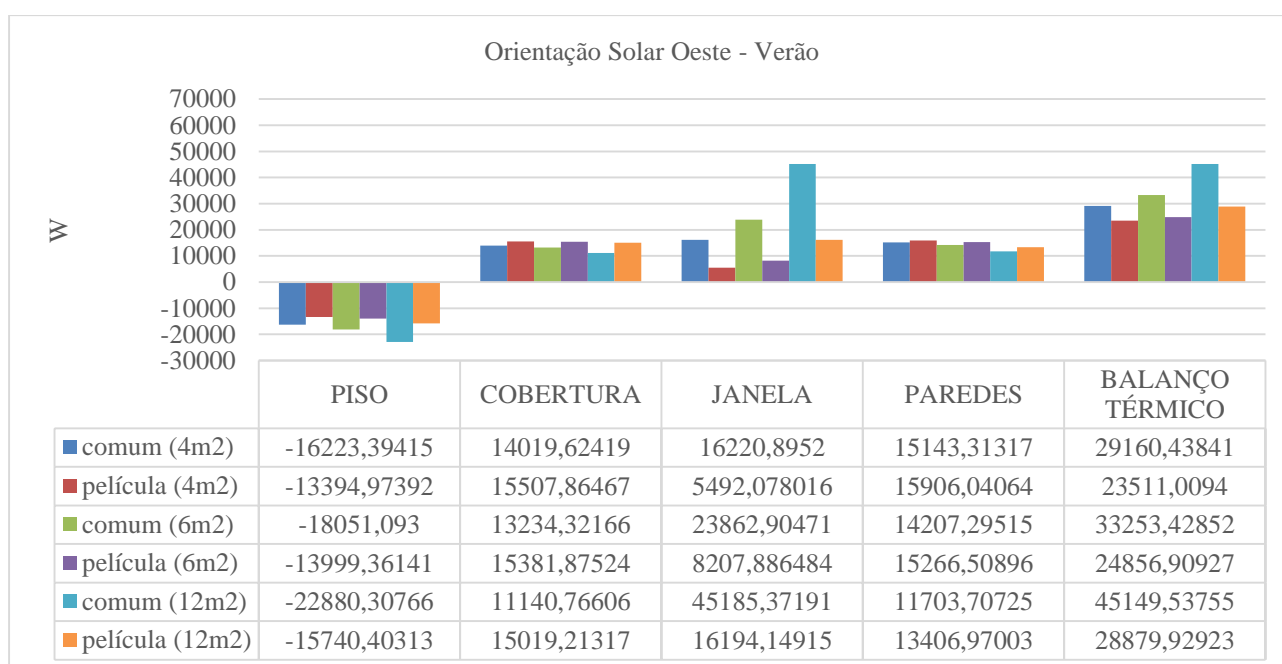


Figura 5. Fluxos térmicos nos modelos com aberturas orientados a Oeste para o dia típico de verão

Para a análise no dia típico de verão realizada, apesar da baixa transmitância térmica utilizada nos fechamentos opacos, estes representam elevados ganhos de calor nos modelos analisados. Com relação as aberturas, objeto de estudo deste trabalho, observa-se que os maiores ganhos de calor ocorrem por meio dos vidros comuns e na orientação leste com percentual de abertura de 25% (12m²). Quando analisadas as outras orientações solares e mesma área, todas as aberturas posicionadas a leste, com vidro comum, apresentam os maiores ganhos de calor, seguidas da orientação oeste. Tem-se os menores ganhos na orientação sul em relação a mesma área nas demais orientações, com menores ganhos de calor na menor área de abertura. Tratando-se de evitar os ganhos térmicos no verão, seria preferível posicionar uma janela a sul, com área de 6 m² (e percentual de 12,5%), do que uma janela a leste ou a oeste com 4 m² de abertura (percentual de 8%). No que se refere a fachada norte, tem-se o mesmo balanço térmico para uma janela de 4m² a norte e uma janela de 6m² a sul, considerando os ganhos (representados pelas paredes, coberturas e janelas) e as perdas (representada pelo piso).

Considerando os vidros comuns que recebem a película insulada, a diferença entre os ganhos de calor se comparadas as orientações solares e mesma área, não apresentam tanta discrepância de resultados como no vidro comum, porém, os

maiores ganhos de calor acontecem na célula com aberturas de 12m² (percentual de 25%) posicionadas a leste e os menores a sul, com abertura de 4m² (percentual de 8%), como ocorrido com as células que utilizam o vidro comum, demonstrando novamente que os ganhos são proporcionais à área de abertura. Tratando-se de evitar os ganhos térmicos no verão, com o uso de película nos vidros, observa-se que não se mantém a mesma relação ocorrida para os vidros comuns, neste caso, as aberturas de 6m² (12,5%) posicionadas a sul apresentam menores ganhos que aberturas de 4m² (8%) em outras orientações solares, apesar de não ser uma diferença significativa, pois a película faz um controle muito semelhante de ganhos em todas as orientações solares.

Nas Fig. 6 e 9, observam-se os fluxos térmicos dos cenários no dia típico de inverno, variando-se as orientações solares para o posicionamento das aberturas de 4m², 6m² e 12 m² para as tipologias de vidros escolhidos.

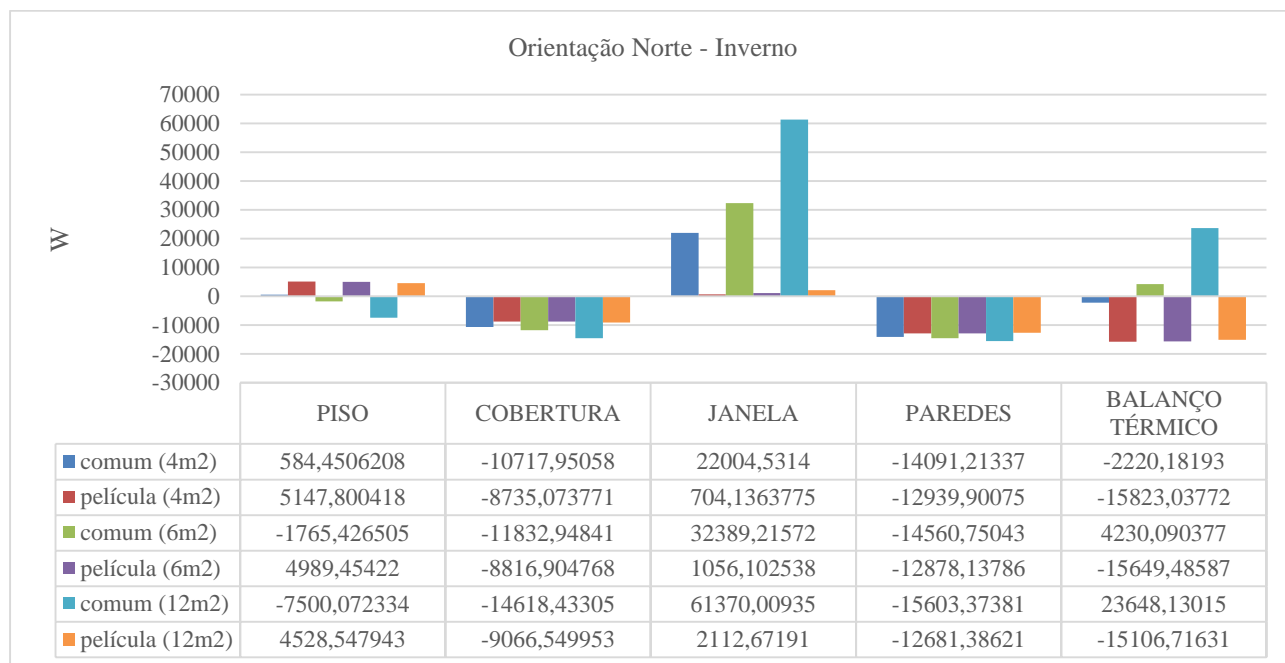


Figura 6. Fluxos térmicos nos modelos com aberturas orientados a Norte para o dia típico de inverno

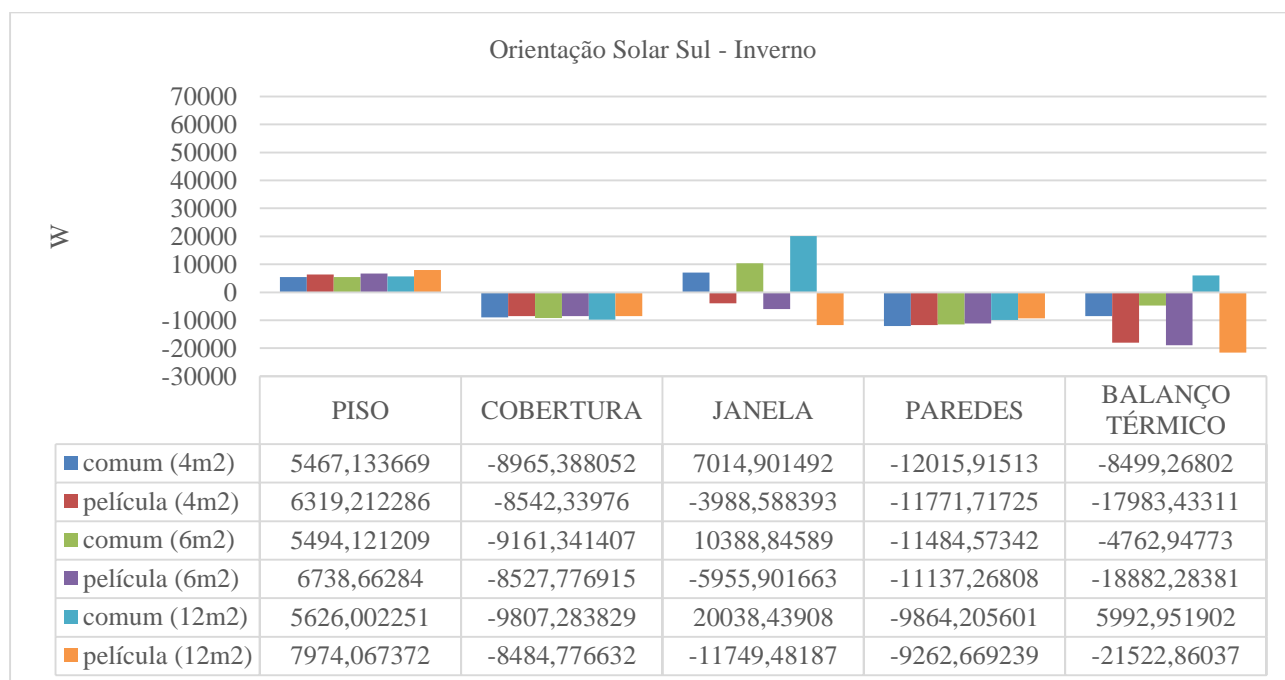


Figura 7. Fluxos térmicos nos modelos com aberturas orientados a Sul para o dia típico de inverno

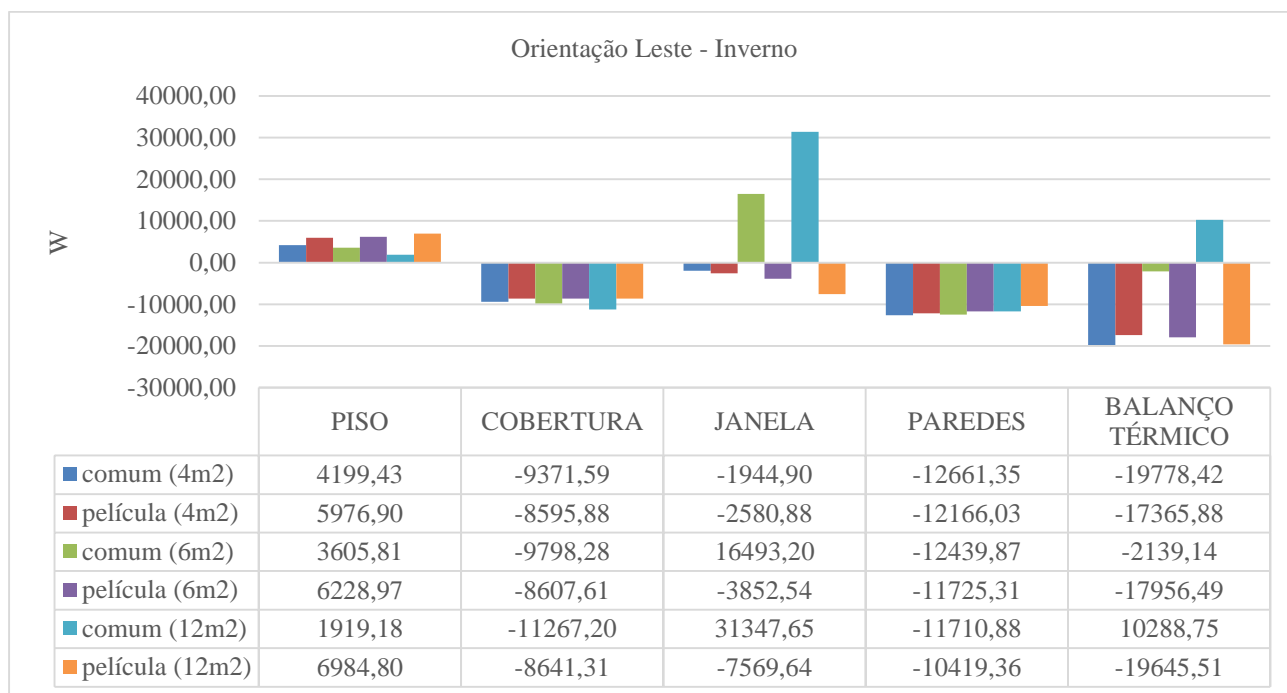


Figura 8. Fluxos térmicos nos modelos com aberturas orientados a Leste para o dia típico de inverno

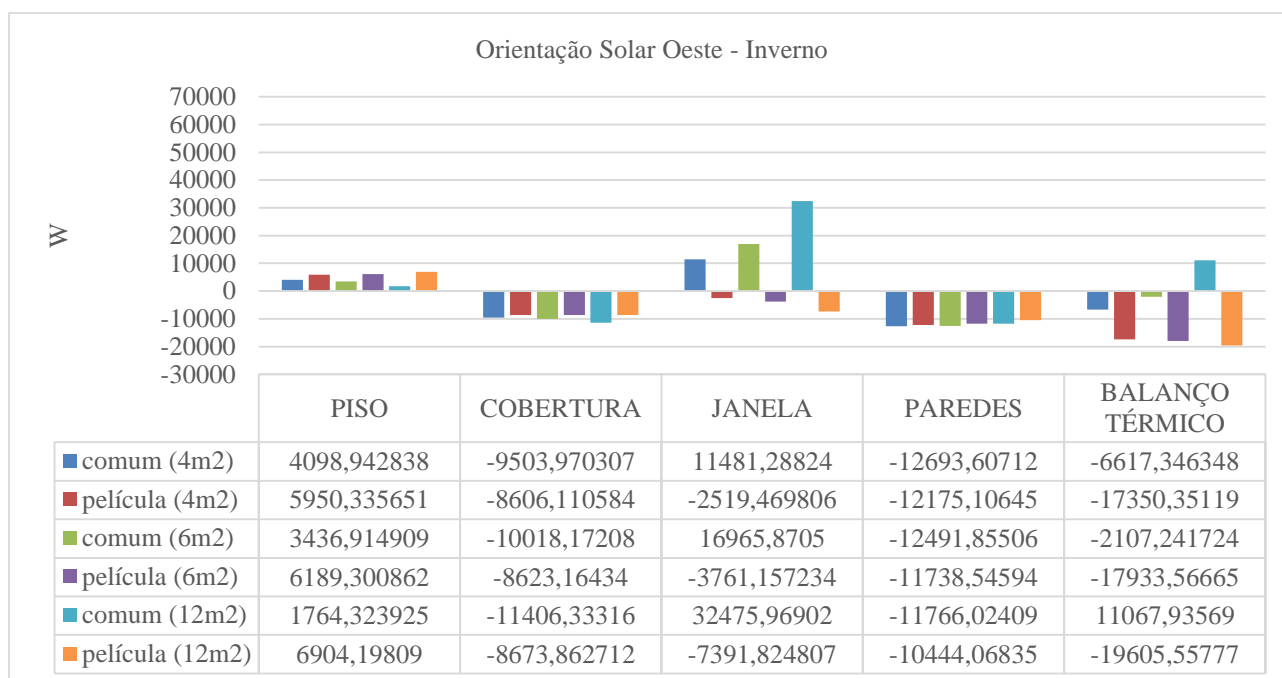


Figura 9. Fluxos térmicos nos modelos com aberturas orientados a Oeste para o dia típico de inverno

Para a análise no dia típico de inverno, observa-se que as perdas de calor são bastante expressivas na edificação, apesar de ela ter um certo isolamento nos fechamentos opacos. Os ganhos de calor, neste caso, são desejáveis e originam-se dos vidros e pelas trocas realizadas com o piso. Da mesma forma que nas análises para o dia típico de verão, os maiores ganhos de calor são resultantes da maior área de abertura e para os vidros comuns.

Analisando-se as células que apresentam apenas os vidros comuns, todas as tipologias com aberturas de 12 m² apresentam um balanço térmico positivo, porém, para as demais áreas, existem mais perdas do que ganhos de calor nas células, com exceção do modelo com aberturas de 6m² a norte.

Para os modelos analisados com o vidro comum mais a película insulada, nota-se que todos os modelos apresentam mais perdas do que ganhos de calor, porém, estas perdas são semelhantes, independente da área ou orientação analisada. As perdas apresentadas nos modelos com a película insulada, são menores que na situação de utilização do vidro comum

para os modelos com aberturas de 4 m² e 6m², ou seja, assim como no verão, elas apresentam melhor comportamento térmico que a utilização somente do vidro comum 3mm.

Relacionando-se os dias típicos de inverno e verão, pode-se afirmar que os modelos que possuem menores áreas de aberturas e utilizam-se de película nos vidros, tem melhor comportamento no balanço térmico de perdas e ganhos. Como no inverno a relação de área de abertura versus a película não expressa diferença, opta-se por analisar o maior benefício na situação de verão, que ocorre na configuração de aberturas a sul para as áreas de 4m² e 6m² ou a norte com abertura de 4m².

Em relação ao consumo energético anual dos modelos em análise, observam-se os resultados conforme a Fig. 10.

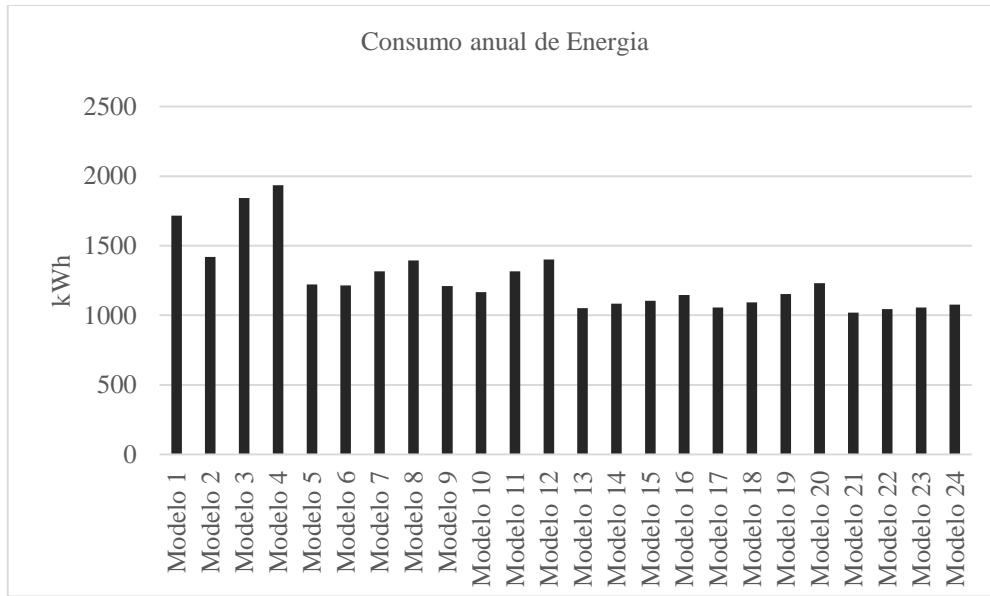


Figura 10. Gráfico do consumo energético anual para os modelos analisados

Os resultados anuais do consumo de energia nos modelos analisados demonstram que quanto maior a área de abertura, maior o consumo energético anual de energia para refrigeração e aquecimento. Assim como, confirmam a relação dos maiores fluxos térmicos ao maior consumo de energia.

Os menores consumos de energia aparecem nos modelos de 21 (abertura de 4m² a norte com película), 22 (abertura 4m² a sul com película), 13 (abertura 6m² a norte com película), 17 (abertura 4m² a norte e vidro comum), 23 (abertura 4m² a leste com película), 14 (abertura 6m² a sul com película) e 18 (abertura 4m² a sul e vidro comum), respectivamente; detectando-se que os menores consumos se concentram nas orientações norte e sul e nas menores aberturas.

Na Fig. 11 observa-se o consumo ao longo das horas do dia para os dias típicos de inverno (9/7) e verão (20/2) para aquecimento e resfriamento, nos modelos 4 e o 8. O modelo 4, de maior consumo, com abertura de 12m² na orientação oeste e vidro comum e o modelo 8, seu equivalente em orientação solar e abertura e utilizando película no vidro.

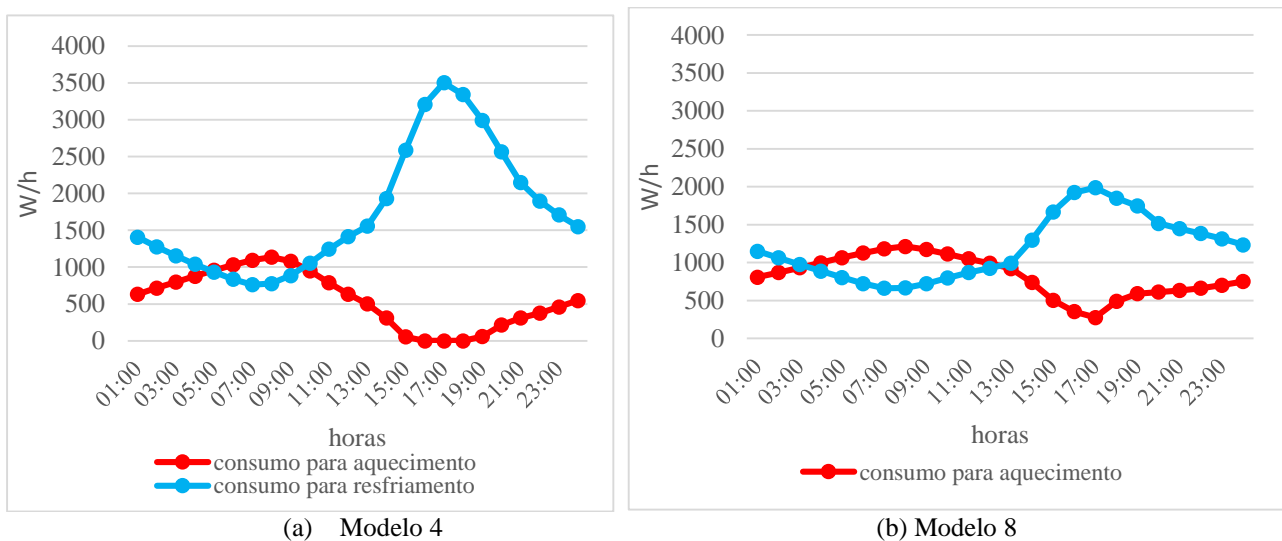


Figura 11. Gráfico do consumo energético diário nos dias típicos de verão e inverno

No modelo 4, ao longo do dia típico de verão, o pico de consumo é às 17h, com aumento de 78,23%, já para o modelo 8, o pico do consumo ocorre às 18h elevando-se em 66,7%. Já no inverno, o pico do consumo energético no modelo 4 é às 8h, com aumento de 76,54% e no modelo 8, às 7h elevando-se em 95,34%.

Observa-se que no verão, a película além de reter, retarda a entrada de calor, entretanto, no inverno, a situação se inverte. Porém, como o consumo de energia é mais elevado no período de verão, justifica-se a aplicação de película nos vidros.

5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar diferentes percentuais de abertura de fachada, variando-se a orientação solar e o tipo de vidro, a fim de verificar a influência nos fluxos térmicos e consumo de energia de um caso base.

Deste modo, verificou-se que no verão os ganhos mais expressivos são provenientes da orientação leste, com o vidro comum e percentual de 25% de abertura, em contraposição tem-se a orientação sul, independentemente do tamanho da janela. Destaca-se que o ganho térmico de uma abertura de percentual 8% a sul é praticamente equivalente ao de uma abertura com percentual de 12,5% e orientada ao norte, ambas com vidro comum.

Para o vidro comum com película, constatou-se que não há discrepâncias significativas nos resultados obtidos se considerar as diferentes orientações e os diferentes tamanhos de aberturas.

Ao analisar a orientação solar mais crítica e com maior percentual de abertura, ou seja, à oeste com percentual de 25%, tem-se uma redução de aproximadamente 64% no ganho de calor no ambiente ao optar pelo vidro com película insulada. Em geral, este tipo de fechamento transparente resultou nos menores ganhos térmicos para qualquer orientação solar e tamanho de janela.

No período de inverno, o ambiente com janela de vidro comum resultou nos maiores ganhos, exceto na orientação leste com a abertura de 8%, ou seja, nestas condições as perdas foram mais representativas. Tem-se balanço térmico positivo em todas as orientações com as aberturas em 25% e vidro comum.

Quanto ao vidro com película, enfatiza-se que houveram perdas térmicas em todos os modelos, com exceção da fachada norte, pois há alta incidência da radiação solar.

Diante disso, o estudo possibilitou mensurar de forma prática a influência do percentual de aberturas em fachada e do tipo de vidro nas condições internas do ambiente, sendo revelado que independentemente do tipo de vidro, a orientação solar e o tamanho da abertura são os fatores que mais impactam nos ganhos térmicos, também analisou-se que o consumo de energia é proporcional ao tamanho da abertura, obtendo os menores consumos nas faces norte e sul nos casos com película incorporada ao vidro, comprovando a importância desses conhecimentos ao escolher os materiais do projeto arquitetônico.

6. REFERÊNCIAS

- ASHRAE. 2012. Método padrão de teste para avaliação de programas de computador de análise de energia de edifícios. ANSI/ASHRAE *Standard* 140 - 2012.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.575: Edificações Habitacionais – Desempenho (2013).
- Campanhoni, A. e Romero, M. B. 2010. Influência da orientação no desempenho dos edifícios em Águas Claras. *In: Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC*. Distrito Federal, 2010.
- Castro, A.P.A.S., L.C. Labaki, R. Michelato e R. Caram. 2004. Desempenho térmico de vidros comuns: Avaliação em protótipos. *In: Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC*. Distrito Federal, 2010.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. Código de obras e edificações do município de Santa Maria. Santa Maria, 2009. Disponível em: http://www.santamaria.rs.gov.br/docs/leis/lm_70_codigo_obras. Acesso em: jun. 2018.
- 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.
- Ghisi E., J.A. Tinker e S.H. Ibrahim. 2005. Área de janela e dimensões de ambientes para iluminação natural e eficiência energética: literatura *versus* simulação computacional. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído 2005.
- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial- INMETRO. Requisitos Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos- RTQ-C. Rio de Janeiro, 2010.
- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial- INMETRO. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais- RTQ-R. Rio de Janeiro, 2012.
- Monteiro, V.S., C.C. Pezzuto, A.A. Mota e L.T.M. Mota. 2012. Estudo do percentual de área de janela em edificações brasileiras durante o século XIX e XX. *Oculum* Ensaios 16, p. 82-95.
- Saldanha, A. M. 2012. Desempenho térmico e eficiência energética em edifício de escritório: Análise do uso de fachadas de vidro diretamente expostas à radiação solar na cidade de Cuiabá-MT. *In: Dissertação submetida ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT/MT)*, para obtenção do grau em Mestre em Engenharia de Edificações e Ambiental, 2012.

Souza, M.A.S. Energia e arquitetura: A importância dos padrões de consumo e produção da sociedade frente ao desafio da sustentabilidade. *In: Encontro Nacional da Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC. Distrito Federal, 2010.*

INFLUENCE OF PERCENTAGE OF FACADE OPENING IN THE ENERGY CONSUMPTION OF BUILDINGS LOCATED IN THE BRAZILIAN BIOCHEMICAL ZONE 2

Abstract. *The objective of this research was to analyze the influence of the percentage of facade opening on thermal flows and the energy consumption of buildings located in the Brazilian Bioclimatic Zone 2 (ZB 2), varying the solar orientation and the type of glass used in the openings. A prototype was developed for computational simulation using EnergyPlus software, based on Case 600 of ASHRAE Standard 140 (ASHRAE, 2012) and ZB2 data, corresponding to the city of Santa Maria / RS. From the base case, the percentages of opening in the different facades were varied, using 8%, 12.5 % and 25%, as well as the glass typology, using common 3mm glass and 3mm common glass with insulated film. The results showed that the lower consumptions are concentrated in the north and south orientations, in the smaller openings and glass with film, it was also verified that the solar orientation and window size are the factors that most impact on the thermal gains of the environment.*

Keywords: Energy consumption, Thermal flows, Facade opening percentage, Brazilian bioclimatic zone 2.