

OS EFEITOS DA RADIAÇÃO SOLAR SOBRE OS FECHAMENTOS TRANSPARENTES EM EDIFÍCIOS COMERCIAIS CLIMATIZADOS ARTIFICIALMENTE EM SANTA MARIA-RS

Giana da Rocha Zófoli⁽¹⁾; Joaquim C. Pizzutti dos Santos⁽¹⁾; Madalena Russi⁽¹⁾; Egon Vettorazzi⁽¹⁾; Roberta M. Doleys Soares⁽¹⁾

(1) Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria RS; gianazofoli@yahoo.com.br; joaquimpizzutti@hotmail.com; madarussi@gmail.com; egon.arquiteto@gmail.com; roberta.doleys@gmail.com

Resumo

Este trabalho analisa a influência da radiação solar que penetra pelos fechamentos transparentes no consumo de energia para climatização de edifícios de escritório na cidade de Santa Maria – RS, situada na Zona Bioclimática 2 Brasileira. Foram realizadas simulações no programa computacional DesignBuilder, em um ambiente típico de escritório, visando avaliar comparativamente os resultados obtidos com o uso de diferentes tipos de vidro (Fator Solar), mediante diferentes percentuais de área da fachada (PAF) e orientações de fachada. Os vidros utilizados têm valores de Fator Solar variando de 0.85, 0.70, 0.56 e 0.29, o percentual de abertura de 20%, 50% e 80%, enquanto a orientação solar variou entre 0°, 90°, 180° e 270°. Foi observado que a maior parte do consumo refere-se a refrigeração do ambiente, devendo-se ter maior cuidado com as fachadas orientadas a Norte, na qual a redução no consumo de energia total é mais acentuada, em torno de 70% com o vidro com baixo Fator Solar (29%) em abertura reduzida (20%) em relação ao vidro com alto Fator Solar (85%) e grande área de abertura (80%). Considerando apenas a variação do PAF de 80% para 20%, para o vidro de baixo Fator Solar a redução do consumo é em torno de 33%, enquanto para o vidro de maior Fator Solar é em torno de 66% para a orientação de maior influência destes fatores (Norte). O trabalho permite relacionar o Fator Solar do fechamento transparente e o PAF com os gastos de energia para climatização do ambiente, considerando diferentes orientações solares.

Palavras-chave: Materiais Transparentes, DesignBuilder, Eficiência Energética.

Abstract

This paper analyzes the influence of the penetration of solar radiation through the transparent closure in consumption of energy for conditioning of the office buildings in the city of Santa Maria-RS, located in the Bioclimatic Brazilian Zone 2. Simulations were conducted in DesignBuilder computer program, in a typical office environment in order to evaluate the comparative results obtained with the use of different types of glass (Solar Factor) by different percentages of area of windows (PAF) and surface guidelines. The glasses used had solar factor ranging from 0.85, 0.70, 0.56 and 0.29, an opening percentage area of 20%, 50% and 80%, while the solar orientation ranged between 0°, 90°, 180° e 270°. It was observed that most of the intake cooling refers to the environment and must be more carefully oriented to the north facades, in which a reduction in the total energy consumption is steeper, about 70% with glass low solar factor (29%) in narrow opening (20%) compared to the glass with a high solar factor (85%) and a large opening area (80%). Considering only the variation of the opening area of 80% to 20% for the glass of low solar factor is the reduced consumption of about 33%, while for most glass solar factor is approximately 66% for the orientation of greater influence of these factors (North). The work allows to relate the Solar Factor lock transparent and PAF with energy costs for cooling the environment, considering different solar orientation.

Keywords: *Transparent Materials, DesignBuilder, Energy Efficiency.*

1. INTRODUÇÃO

A crescente competição internacional e a necessidade de introduzir eficientemente os avanços das tecnologias têm levado as empresas industriais a centrar suas estratégias no desenvolvimento da capacidade inovativa e efficientização dos seus recursos energéticos. Mesmo assim o consumo de energia ainda é elevado na maioria dos países desenvolvidos e cresce a passos largos nos países em desenvolvimento.

No cenário atual o desafio é mudar e substituir o incontrolável comportamento convencional de grandes consumidores visando se racionalizar o uso da energia e encaminhar medidas de utilização mais responsável, além de avaliar seu impacto global no futuro.

Mesmo com o clima pouco favorável ao emprego de fachadas de vidro, observa-se a sua crescente aplicação em construções desde a década de 70, onde os conceitos de conforto térmico eram pouco observados diante o modismo, até as construções recentes.

Os fechamentos transparentes tem grande importância com relação ao consumo energético de edificações, pois causam uma grande perda térmica nas estações frias, e um grande ganho de calor nas estações quentes, resultando, na maioria das vezes, na necessidade de climatização artificial para corrigir esse efeito.

Diante da utilização frequente de grandes áreas de fachadas de vidros, torna-se pertinente o estudo da influência no desempenho energético da edificação do uso de diferentes tipos de vidro, considerando variados percentuais de área de fechamentos transparentes localizados em diferentes orientações da fachada.

1.1 Eficiência energética

De acordo com Lamberts et al (2004), a eficiência energética pode ser definida como o uso racional de energia, de modo a proporcionar condições de conforto ambiental adequadas, reduzindo custos e produzindo ganhos de produtividade.

No Brasil, onde 90% da energia elétrica é produzida através das hidrelétricas, a preocupação com a conservação e uso racional da energia elétrica foi impulsionada pelos “apagões” ocorridos a partir de 2001 (ALVES; PIMENTA; BALTORE, 2005).

A eficiência energética e o conforto ambiental são importantes fatores na concepção projetual na arquitetura quando refere-se a qualidade arquitetônica, aqui definida como um conjunto de características da envoltória da edificação em relação ao aspecto formal, que irão influenciar diretamente no comportamento dos ambientes em relação às condicionantes ambientais.

Atualmente, através do uso da simulação computacional, pode-se avaliar o desempenho térmico, lumínico ou energético de edificações para diferentes alternativas de projeto, sejam elas elaborações do projeto arquitetônico, componentes construtivos, sistemas de iluminação ou sistemas de condicionamento de ar. Com a simulação computacional pode-se estimar o consumo de energia, o custo desse consumo e até mesmo o impacto ambiental provocado pela alternativa de projeto antes mesmo de sua execução.

1.2 Desempenho térmico de fechamentos transparentes

A aplicação de vidro nos edifícios tem conhecido uma grande ampliação nas últimas décadas, com diversas implicações, desempenhando um papel fundamental na construção de edifícios. Os vãos envidraçados têm características muito particulares que favorecem a sua utilização,

mas que incluem, simultaneamente, diversas vantagens e múltiplos inconvenientes.

Os fechamentos transparentes atuais incorporam uma preocupação com relação ao controle do consumo energético e, como decorrência, os recentes avanços tecnológicos buscam tanto o controle da perda de calor no período do frio, como também o bloqueio do calor no verão. As fachadas envidraçadas usualmente constituem a componente frágil da edificação, em termos de ganho e de perda de energia. Por isso é importante que se envide esforços no sentido de se apurar as características de transmissão energética destes materiais.

Uma das funções dos fechamentos exteriores de uma edificação é controlar de forma adequada as interferências do meio externo, visando proporcionar um melhor condicionamento ambiental. As áreas envidraçadas, ao serem utilizadas nesses fechamentos, ocupam um papel importante quando se trata de conforto térmico, pois, ao receberem radiação solar, contribuem consideravelmente para a elevação da temperatura no ambiente interno.

Os materiais transparentes usualmente empregados em fachadas são constituídos por vidros, policarbonatos ou vidros com películas poliméricas, as quais costumam ser aplicadas sobre superfícies envidraçadas já instaladas. Esses materiais devem ser especificados considerando controle da radiação solar, porém esse controle é de atuação limitada. Se uma área transparente for mal dimensionada ou posicionada de forma errada pode causar um calor excessivo no ambiente durante o verão, ou frio excessivo no inverno.

Na arquitetura contemporânea o uso do vidro tem sido amplamente adotado como fechamento exterior. O modismo e a falta de base técnica levaram os projetistas a aumentar as superfícies envidraçadas, sem pensar adequadamente nos efeitos da radiação solar. Este uso sem o devido critério tem se mostrado nas últimas décadas como um dos grandes responsáveis pelo desconforto térmico, principalmente em locais de grande insolação e calor, como é o caso do Brasil.

O mercado oferece vários tipos de materiais transparentes em diversas cores, permitindo uma grande liberdade no projeto. Porém, o que se tem notado é que a estética quase sempre norteia a escolha do material, não sendo considerados mais criteriosamente as características óticas e o comportamento físico desses materiais frente à radiação solar.

A publicação O Vidro Plano (1999) registra o fato que, na maioria dos casos, os arquitetos nacionais somente especificam a cor e as dimensões da modulação da fachada, ficando a especificação correta do elemento transparente sob responsabilidade da empresa fornecedora, dos projetistas da construtora ou de um consultor contratado.

1.3 Objetivo do trabalho

Analizar a influência no consumo de energia de edificações de escritório do uso de diferentes tipos de vidros utilizados em fachadas na cidade de Santa Maria-RS, considerando o percentual de área de fechamento transparente, bem como a orientação solar da fachada.

2. METODOLOGIA

O método utilizado consiste em definir a edificação a ser estudada e realizar simulações computacionais utilizando o programa DesignBuilder, variando dentro de valores estabelecidos os parâmetros de Fator Solar do vidro, área de fechamentos transparentes na fachada e a orientação solar da mesma. Para tal análise, foi modelado um edifício de escritório na região de Santa Maria-RS e utilizados os dados climáticos dessa cidade.

2.1. Descrição da edificação simulada

A escolha do edifício comercial de tipologia predominante se constituiu de características construtivas e funcionais mais representativas em edifícios desse tipo na cidade de Santa Maria-RS, deu-se a partir da pesquisa realizada por Ferreira (2007). Adotou-se, para esta tipologia predominante, o padrão de ocupação, quantidade de usuários e horário de trabalho, de acordo com o funcionamento comum aos prédios de escritórios considerados, assim como o uso de equipamentos, sistema de iluminação e condicionamento de ar.

A edificação simulada é tipicamente comercial, possuindo planta retangular, com dimensões de 16,00m x 18,00m, pé-direito de cada pavimento é 3,00m e altura total de 45,75m. Possui quinze andares, sendo onze pavimentos tipo, com área de 340,60m², sendo que para uma maior agilidade na simulação foram desenhados apenas três pavimentos tipo.

A sala escolhida para a análise de consumo de energia tem apenas uma fachada voltada para o exterior e localiza-se no pavimento intermediário, para não ter influência do piso junto a terra e nem da cobertura exposta à maior radiação solar. O ambiente analisado possui largura de 5,15m e profundidade de 5,85m, com uma única fachada voltada para o exterior.

Figura 1 – Planta baixa do pavimento tipo da edificação comercial escolhida

Fonte: Ferreira (2007)

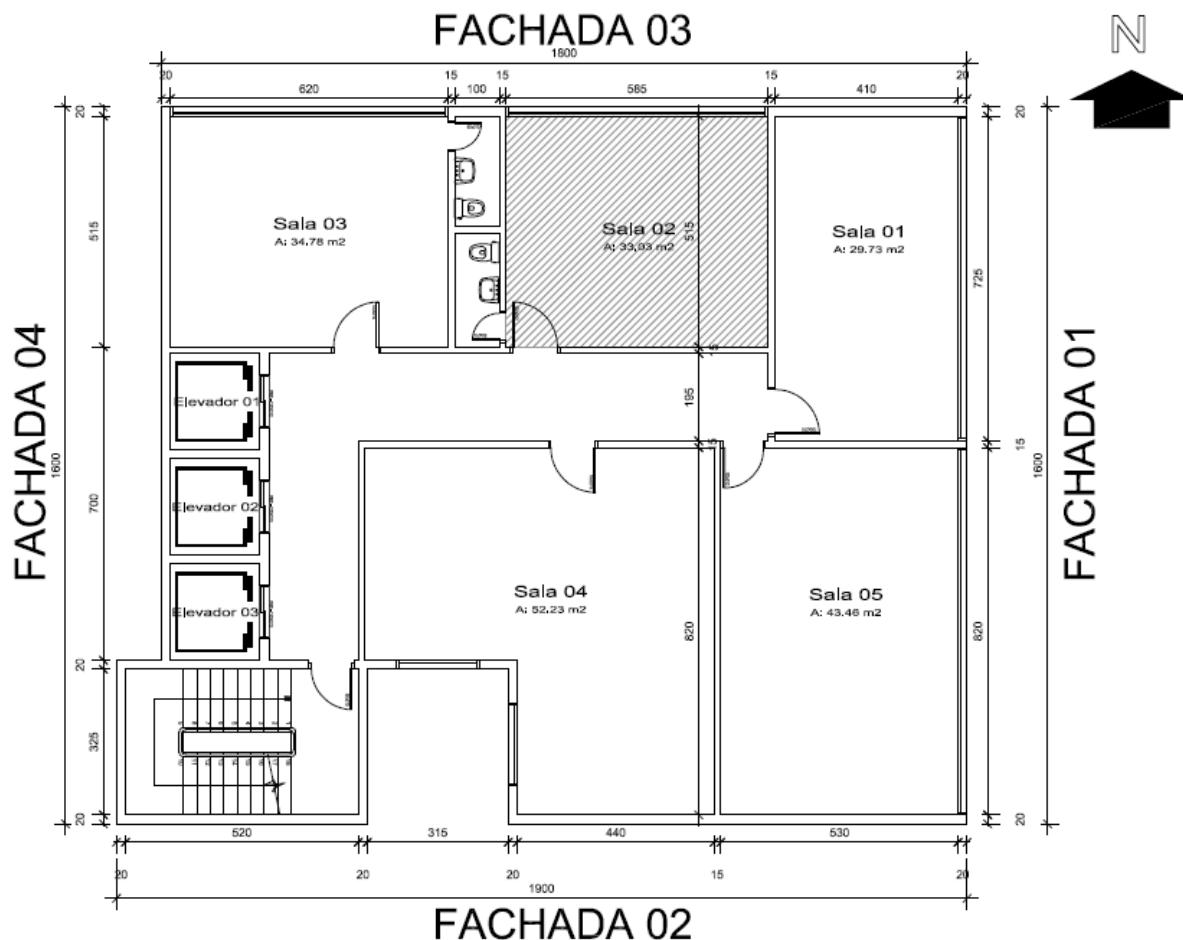


Figura 2 – Imagens da edificação comercial escolhida

Fonte: Ferreira (2007)



Os materiais que compõem as paredes externas e a cobertura da tipologia correspondem aos materiais mais comuns em prédios de escritório. As paredes externas e internas são constituídas de tijolos cerâmicos de 6 furos frisados nas faces com reboco de 2,5cm em ambas as faces. A laje de entre-pisos é formada por laje pré-moldada com capeamento em concreto com 4,0cm, reboco de argamassa com 2,0cm, na parte inferior e piso cerâmico de 1,0cm de espessura, na parte superior. A cobertura é composta por laje pré-moldada com capeamento em concreto com 4,0cm, reboco de argamassa com 2,0cm, na parte inferior e telhas de fibrocimento apoiada em estrutura de madeira. As características construtivas dos materiais dos fechamentos opacos e suas propriedades térmicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos materiais utilizados nos fechamentos opacos na simulação

Elementos	Rugosi-dade	Espessura (m)	Condutividade (W/m.K)	Calor Específico (J/kg.K)	Densidade (kg/m ³)	Absortânci-a Térmica	Absortânci-a Solar
PAREDE EXTERNA							
Argamassa de reboco	Rugoso	0,025	1,15	1000	2000	0,9	0,2
Tijolo cerâmico 6 furos	Rugoso	0,15	0,9	920	840	0,9	0,7
PAREDE INTERNA							
Argamassa de reboco	Rugoso	0,025	1,15	1000	2000	0,9	0,2
Tijolo cerâmico 6 furos	Rugoso	0,15	0,9	920	840	0,9	0,7
LAJE ENTRE-PISOS							
Laje mista	Rugoso	0,1	1,05	920	1087	0,9	0,7
Argamassa de reboco	Rugoso	0,025	1,15	1000	2000	0,9	0,2
Piso cerâmico	Rugoso	0,01	0,9	920	1600	0,9	0,7
LAJE DE COBERTURA							
Laje mista	Rugoso	0,1	1,05	920	1087	0,9	0,7
Argamassa de reboco	Rugoso	0,025	1,15	1000	2000	0,9	0,2
Telha de Fibrocimento	Rugoso	0,05	0,95	840	1900	0,9	0,7

2.2. Parâmetros variáveis na simulação

Foram definidos o Fator Solar do vidro, o percentual de abertura da fachada e a orientação da fachada como parâmetros do fechamento transparente a serem investigados, por se entender que são as principais variáveis deste tipo de fechamento que influenciam no desempenho térmico e energético do edifício. Além disso, o estudo da influência no consumo de energia de um desses parâmetros está associada necessariamente à definição dos outros dois.

2.2.1 Tipos de vidros

Os tipos de vidros utilizados para as simulações foram escolhidos em função da variação dos seus fatores solares. Os vidros escolhidos foram os seguintes: Comum Incolor, Laminado Bronze Claro, Laminado Refletivo Azul Claro e Laminado Refletivo Prata Neutro, cujos respectivos fatores solares são: 0,85, 0,70, 0,56 e 0,29. A Tabela 2 apresenta os valores dos parâmetros de entrada no programa para cada vidro selecionado.

Tabela 2 – Parâmetros dos vidros usados na simulação

CARACTERÍSTICA TIPO DE VIDRO	Vidro Comum Incolor	Vidro Laminado Bronze Claro	Vidro Laminado Refletivo Azul Claro	Vidro Laminado Refletivo Prata Escuro
Fator Solar	0,85	0,70	0,56	0,29
Espessura	5 mm	6 mm	8 mm	8 mm
Transmitância solar a incidência normal	0,81	0,53	0,36	0,08
Refletância solar a incidência normal: interior	0,10	0,08	0,16	0,42
Refletância solar a incidência normal: exterior	0,10	0,08	0,16	0,42
Transmitância visível a incidência normal	0,86	0,53	0,43	0,08
Refletância visível a incidência normal: interior	0,10	0,08	0,16	0,46
Refletância visível a incidência normal: exterior	0,10	0,08	0,16	0,46
Transmitância de infra-vermelho a incidência normal	0,75	0,56	0,29	0,08
Emissividade hemisférica de infra-vermelho: interior	0,84	0,84	0,84	0,84
Emissividade hemisférica de infra-vermelho: exterior	0,84	0,84	0,84	0,84
Condutividade (W/m.K)	1,00	1,00	1,00	1,00

Fonte: SANTOS, 2002

2.2.2 Percentual de abertura da fachada - PAF

Para os diferentes tipos de vidros e orientações de fachada foram ainda considerados percentuais de aberturas na fachada variando de 20%, 50% e 80%, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Dimensões das aberturas simuladas na Sala 02

PAF (%)	Largura (m)	Altura(m)	Área (m ²)
20	4,00	1,00	4,00
50	5,95	1,70	10,12
80	5,93	2,70	16,01

2.2.3 Orientação da fachada envidraçada

Será realizada a simulação da edificação variando a orientação da fachada em relação ao Norte verdadeiro. Esta orientação determinará uma maior ou menor exposição diária das janelas à radiação solar e o ângulo de incidência. O intuito desse procedimento é relacionar o consumo de energia com a orientação da fachada envidraçada. Foram simuladas as seguintes orientações solares da edificação em relação ao Norte verdadeiro: 0° Norte, 90° Leste, 180° Sul e 270° Oeste.

2.3. Simulação computacional

Para a avaliação da influência dos fechamentos transparentes no consumo de energia foram executadas 96 simulações na sala 02, do pavimento intermediário da edificação comercial típica. As simulações foram realizadas no programa DesignBuilder, versão 2.0.4.001, onde através da implementação de dados como geometria, materiais, perfil de ocupação do edifício e dados climáticos da cidade, é possível avaliar o consumo mensal e anual dos sistemas de climatização necessários para refrigeração, aquecimento e a soma total.

Para a realização das simulações foi necessário definir alguns padrões de comportamento do edifício e dos ocupantes (schedules) que serão apresentados a seguir.

2.3.1 Padrão de ocupação

Os horários para o padrão de ocupação do edifício comercial simulado foram considerados para os dias da semana entre segunda e sexta-feira, com tendo uma ocupação mais intensa no período das 9h às 12h e das 14h às 18h. Durante o sábado o expediente é apenas matutino, com ocupação intensa no período das 9h às 12h. Os demais períodos possuem uma ocupação reduzida pela metade, devido ao horário de almoço e aos horários que comumente não há expediente. No domingo, o edifício é considerado sem ocupação.

2.3.2 Padrão de iluminação

Para o padrão de uso de iluminação das salas foi adotado o mesmo padrão de ocupação dos funcionários, das 8h às 18h, mas com uso mais intenso das 9h às 12h e das 14h às 18h. Para iluminar a sala de trabalho com o uso típico de escritório, foi utilizada uma iluminância geral de 500 lux, conforme NBR 5413 (ABNT, 1992), o tipo de luminária utilizada foi de sobrepor, com 3 lâmpadas fluorescentes T5 (16mm de diâmetro) e reator com energia de iluminação de 3,30 W/m²-100 lux.

2.3.3 Padrão de uso do sistema de ar condicionado

O sistema de ar condicionado é formado por um aparelho de ar condicionado em cada escritório (tipo split) com valor do COP (coefficient of performance) de resfriamento e aquecimento de 3,20 – Selo Procel de Economia de Energia A, operando durante o horário médio de uso da edificação (8h às 18h) para manter a temperatura interna a 24°C. Para as temperaturas dos períodos frios, o sistema será acionado com temperaturas inferiores a 18°C, e para as temperaturas dos períodos quentes o sistema será acionado caso ocorram temperaturas acima de 28°C.

2.3.4 Arquivo climático

Utilizou-se o arquivo climático de Santa Maria - RS, com dados horários desenvolvidos por

Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA).

Para a edificação simulada foi inserido no programa *DesignBuilder* os dados de localização geográfica listados na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados de localização geográfica para Santa Maria

Latitude	Longitude	Zona Horária	Altitude
-29,70	-53,70	-3 (GMT)	114 m

Fonte: *SWERA*

3. RESULTADOS

No programa *DesignBuilder* são obtidos diversos tipos de trocas térmicas da edificação, como pelas paredes, piso, teto, ocupantes, equipamentos, além de dados de energia necessária para climatização, sendo esses últimos escolhidos para realizar a análise proposta, sendo considerados os valores de consumo de energia para aquecimento, consumo para resfriamento e o consumo total.

A partir dos valores mensais de consumo de energia foram obtidos os dados anuais os quais são utilizados para analisar as diversas alterações ocorridas no consumo de energia, considerando as alterações do tipo de vidro, da área de abertura e da orientação solar, determinando qual a influência destas variáveis no desempenho termo-energético de edifícios de escritórios em Santa Maria.

O Fator Solar do vidro esta relacionado à possibilidade de bloqueio dos raios solares, representando o percentual de radiação possível de ser admitida ao ambiente, quando incidir sobre o material transparente.

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam, conforme o percentual de abertura da fachada, as curvas de variação do consumo de energia total anual, em relação aos diferentes valores de Fator Solar dos vidros, considerando-se as diversas orientações solares. A Figura 6 apresenta o Consumo de Energia Total Anual em função da orientação solar, do tipo de vidro e do percentual de abertura da fachada.

Figura 3 – Consumo de Energia Total Anual em relação ao tipo de vidro – Fator Solar – 20% de Percentual de Abertura da Fachada

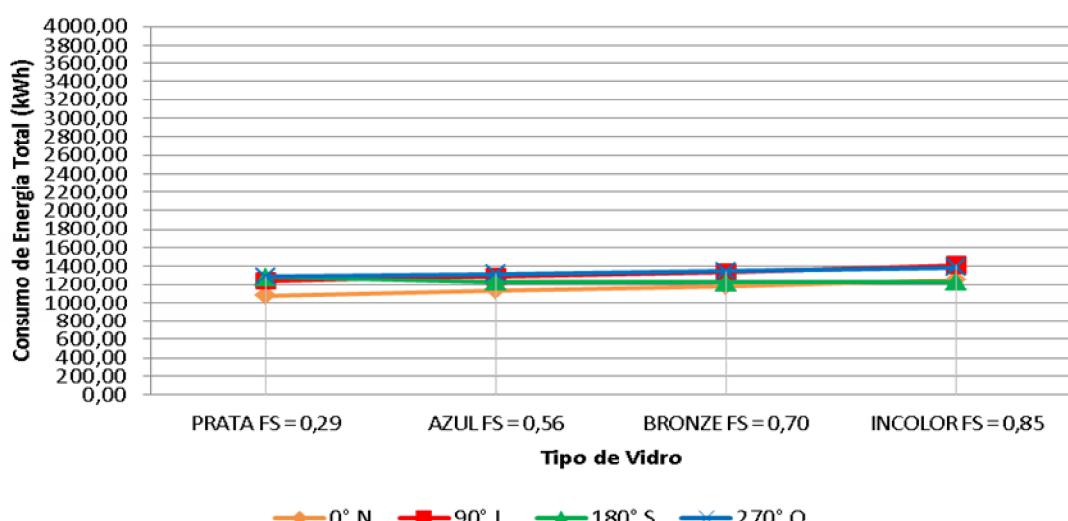


Figura 4 – Consumo de Energia Total Anual em relação ao tipo de vidro – Fator Solar – 50% de Percentual de Abertura da Fachada

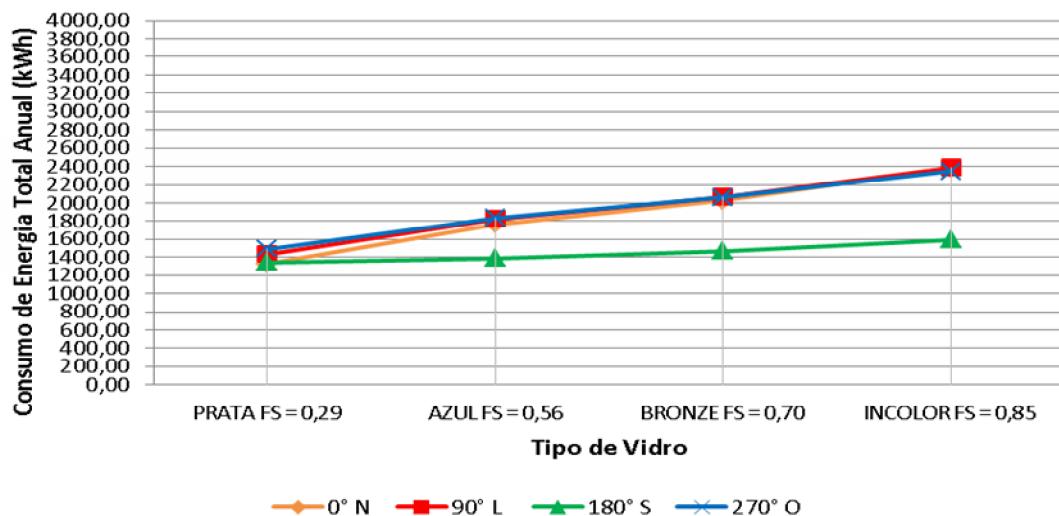


Figura 5 – Consumo de Energia Total Anual em relação ao tipo de vidro – Fator Solar – 80% de Percentual de Abertura da Fachada

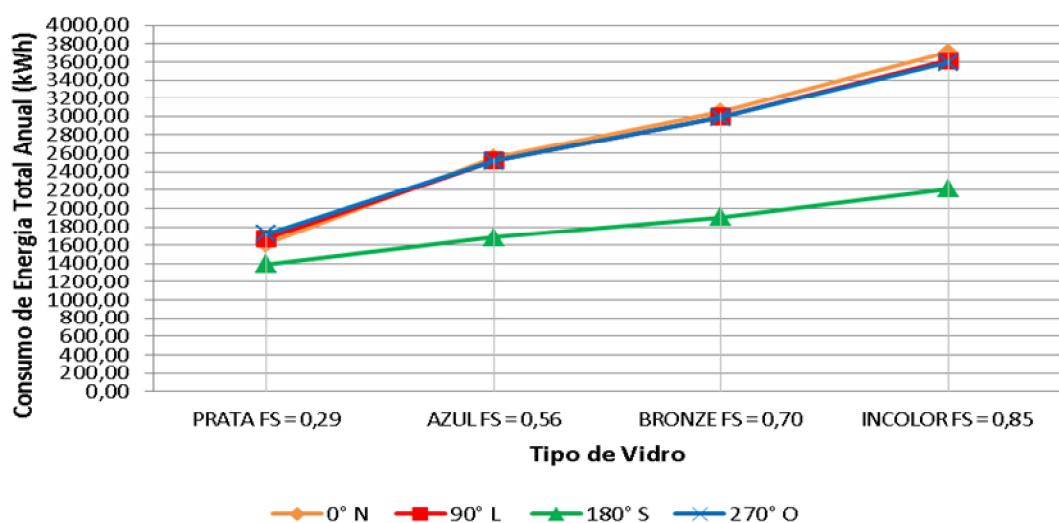
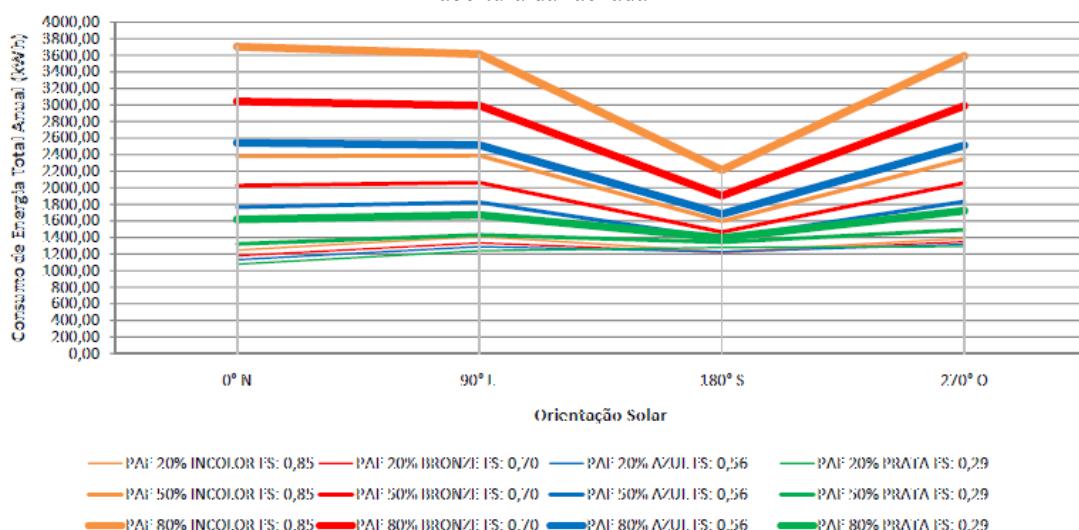


Figura 6 – Consumo de Energia Total Anual em função da orientação solar, do tipo de vidro e do percentual de abertura da fachada



Com relação as Figuras 3, 4, 5 e 6 pode-se fazer as seguintes considerações:

Traçando parâmetros entre os vidros utilizados, observa-se com facilidade que o bloqueio solar se torna um fator de grande relevância na redução do consumo total, o que reforça a necessidade de proteção externa e/ou interna em uma edificação.

A orientação Norte é a que apresenta o maior gasto de energia total anual e a maior influência do tipo de vidro ou da área de abertura na fachada, ou seja, é a orientação que necessita maior cuidado no uso de fechamentos transparentes. A orientação solar Sul, ao contrário, apresenta menor consumo e menor influência da variação dos parâmetros analisados, podendo-se ter menor cuidado na especificação de fechamentos transparentes.

O consumo de energia total é sempre crescente de acordo com o crescimento do percentual de abertura da fachada e com o aumento do fator solar, pois a maior passagem da radiação solar consome mais energia, que será gasta no resfriamento que tem gasto predominante. No gráfico do PAF 20%, o consumo de energia total é praticamente uma linha reta e com todas as orientações apresentando curvas com valores bem próximos. Para este PAF, com orientação Sul, é a única situação em que o aumento do Fator Solar reduz o consumo de energia total, pois reduz o consumo para aquecimento.

Com o PAF 50%, as curvas de consumo total para fachada Norte, Leste e Oeste mantiveram uma superposição com valores mais elevados que o PAF 20%, apresentando comportamento crescente e com maior declividade, com o aumento do Fator Solar. Neste caso, a curva da orientação Sul manteve-se abaixo das outras, apresentando pouca variação do consumo com a alteração do tipo de vidro, distanciando-se das outras com o aumento do Fator Solar.

No gráfico do consumo de energia total para o PAF 80%, observa-se que a ampliação do percentual de abertura eleva também os valores de consumo, assumindo um comportamento crescente com a maior declividade das curvas com o aumento do Fator Solar. Ainda mantendo a superposição das curvas de consumo para as orientações Norte, Leste e Oeste, que se diferenciam ainda mais da curva da orientação Sul, com menor declividade que as anteriores.

4. CONCLUSÕES

Para o clima de Santa Maria-RS, a análise realizada permitiu reforçar a importância do fechamento transparente relacionado à envoltória, que influenciam diretamente sobre os ganhos de calor de uma edificação. Os resultados podem auxiliar nas escolhas a serem realizadas na fase de projeto de um edifício, uma vez que apresentaram a significativa variação do consumo de energia diante dos tamanhos das aberturas e da orientação da fachada.

Foi observado que a especificação de diferentes tipos de vidros representa uma influência importante na demanda de consumo energético de sistemas de ar-condicionado em edificações comerciais, e que esta importância está relacionada ao percentual de área de fechamento transparente, bem como à orientação solar da fachada.

Os resultados das simulações indicaram forte influência dos ganhos térmicos motivados pela incidência de radiação solar, cuja intensidade tem relação direta do tipo de vidro com o percentual de abertura da fachada, e também com a orientação solar da fachada. Aspectos que

são dependentes um dos outros no cálculo de ganhos de calor solar, sendo analisados de forma conjunta neste trabalho.

Para todos os vidros e todos os percentuais de abertura da fachada o resfriamento mantém a tendência de maior consumo energético, mesmo para os vidros de fator solar baixo, o que indica um maior cuidado com os ganhos de calor para a região estudada.

Observou-se que, com o aumento do percentual de abertura da fachada (PAF), aumenta a importância da orientação solar, tal como ocorre com o aumento do fator solar do vidro. Os resultados mostraram também que o PAF 20% não apresenta diferença significativa no consumo de energia com a variação da orientação solar.

Como o maior consumo de energia é definido pelo resfriamento, destaca-se a importância das fachadas orientadas a 0° (Norte), 90° (Leste) e 270° (Oeste), possuir um percentual de abertura da fachada baixo e, preferencialmente, ser usado vidro com baixo fator solar. Tendo como base o mesmo princípio, visando restringir o consumo de energia para resfriamento, grandes painéis de vidro ou elevado percentual de abertura da fachada tem menor impacto na orientação solar 180° (Sul).

O uso de um vidro com baixo fator solar (29%) em uma área de abertura reduzida (20%) ocasiona uma redução acentuada no consumo de energia em relação ao uso de vidro comum incolor (FS= 85%) e grande área de abertura (80%). Esta redução é em torno de 70 % na orientação com maior variação Norte.

Considerando o uso de um mesmo vidro, quando varia a área de abertura de 80 para 20%, a redução do consumo de energia total anual para o vidro de menor fator solar 29% é em torno de 33 %, enquanto para o vidro de maior fator solar 85% é em torno de 66 % para as orientações citadas de maior influência destes fatores (N, NE e NO). Isto demonstra a necessidade de uma maior preocupação com a área de aberturas quando é usado um vidro com maior fator solar.

O tipo de vidro especificado para a envoltória apresenta interferência nas condições de conforto do ambiente, principalmente, ao conjugá-lo à orientação solar. Dentre os valores estudados nas simulações, ficou claro que o vidro Comum Incolor (FS 85%) apresenta maiores consumos ao ser especificado, e que o vidro Laminado Refletivo Prata Escuro (FS 29%) foi o que permitiu resultado com menores consumos totais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5413:** Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 13p.

ALVES, A.; PIMENTA, J.; BALTORE, A. Análise computacional do ganho de calor por fachada de vidro em um edifício público em Brasília. IX CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DE AR. *Anais...* CONBRAVA, 2005.

BRASIL. **Decreto nº 4.059**, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 dezembro 2001. Seção 1, p. 5, v. 138, n. 242.

BRASIL. **Lei nº 10.295**, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 outubro 2001. Seção 1, p. 1, v. 138, n. 200.

FERREIRA, Francéli. **Desempenho térmico em edifícios de escritório na região central do Rio Grande do Sul.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria – RS. 2007

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, O. R. **Eficiência energética na Arquitetura.** 2º edição.

São Paulo: ProLivros, 2004.

O VIDRO PLANO. **Da Massa do Vídraceiro aos Modernos Envidraçamentos.** O Vidro plano, n.316, p.12-7, Abril, 1999.

SANTOS, J. C. P. **Desempenho térmico e visual de elementos transparentes frente à radiação solar.** 2002. 363 p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.