

AVALIAÇÃO DE COMPORTAMENTO LUMINOSO EM EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL COM FACHADA ENVIDRAÇADA POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Alana Finger Rizzardi (1); Fernando O. Ruttkay Pereira (2); Anderson Claro (3)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, UFSC, alana@labcon.ufsc.br

(2) PhD, Professor do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, feco@arq.ufsc.br

(3) Dr., Professor do Departamento de Arquitetura, ander@arq.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental, Cx Postal 470, Florianópolis-SC, 88040-970, Tel.: (48) 3721 4974

RESUMO

O uso de fachadas envidraçadas em edificações residenciais é cada vez mais frequente, visto que a iluminação natural proporciona diversos benefícios ao usuário do ambiente e está diretamente ligada a processos biológicos, afetando seu bem-estar e aspectos de saúde. Entretanto, grandes fachadas de vidro que permitem a luz natural também são acompanhadas por ganhos solares e desconforto visual. Neste contexto, a presente pesquisa busca avaliar o uso de fachada envidraçada em edificação residencial localizada na cidade de Passo Fundo- RS, Brasil, através de estudo do comportamento da iluminação natural no interior da edificação com o uso de dois diferentes tipos de vidros: vidro simples e vidro duplo de baixa emissividade. Foram utilizados os programas computacionais Rhinoceros para modelagem e Diva-for-Rhino para predição do comportamento luminoso e análise com foco no aproveitamento da luz natural e ofuscamento em diferentes épocas do ano. As simulações realizadas referentes à probabilidade de ofuscamento e valores de iluminâncias indicam que o uso do vidro duplo Low E contribui de forma significativa para o conforto do usuário no ambiente estudado em relação ao vidro simples sem qualquer proteção solar. Ele permite que o usuário encontre-se em situação de conforto em maior parte do tempo e garante a ligação desejável com o exterior. Contudo, o estudo considera questões referentes a limitações que vidros de controle solar têm em relação à distribuição de iluminação, assim como questões de subjetividade de avaliação de ofuscamento e conforto visual.

Palavras-chave: iluminação natural, ofuscamento, simulação computacional.

ABSTRACT

The use of glass facades in residential buildings is becoming increasingly more frequent, whereas natural lighting's many benefits to the user of the ambiance and its direct connections to biological processes, affecting in a positive manner the user's well-being and health aspects. However, wide glass facades that allows natural lighting are also followed by aggressive sunlight and visual discomfort. Within this context, this research aims to evaluate the use of glass façades in a residential building located at the city of Passo Fundo – RS, Brazil, through the study of the behavior of natural lighting in its interior comparing two different types of glass: Glazing Single Pane, and Glazing Double Pane Low Emission. The computer programs Rhinoceros and Diva-for-Rhino were utilized for the prediction of lighting behavior and analysis focusing on the better use of natural light and visual comfort of the user in the different seasons of the year. The simulations that refer to the probability of glare and illuminance levels indicate that the use of Glazing Double Pane Low E contributes considerably to the user's comfort in the studied ambiance, when compared to the Glazing Single Pane without any solar protection. It allows the user to find himself in a comfortable situation at most times and guarantees the desired connection with the exterior. Nonetheless, the research also takes into consideration issues concerning the limitations that solar control glasses may have in regards to lighting distribution, and issues due to the subjectivity in the evaluation of glare and visual comfort.

Keywords: daylight, glare, computer simulation.

1. INTRODUÇÃO

Edificações com grandes áreas envidraçadas vêm se consolidando em diversos locais e diferentes condições bioclimáticas, diante disso surge a dúvida quanto à adequação do uso do vidro às reais necessidades de conforto visual do usuário. Segundo Baker et al. (1998), o uso da luz natural em edifícios oferece senso de orientação, de tempo e das condições meteorológicas ao usuário, além de possibilitar a criação de ambientes internos potencialmente mais confortáveis e atrativos. Entende-se, portanto, que o acesso à iluminação natural nos ambientes deve proporcionar a realização visual das tarefas, como também proporcionar conforto e bem-estar.

É sabido que a iluminação natural tem efeitos positivos sobre a saúde, ritmos circadianos, produtividade, humor, vigilância, além de levar a economias de energia ao mesmo tempo em que fornece vistas ao ar livre. No entanto, grandes fachadas de vidro que permitem a luz natural também são acompanhadas por ganhos solares e desconforto visual (brilho diurno). Frente a este cenário, numerosos estudos estão sendo realizados na última década, tanto em métodos de modelos de previsão da luz natural, bem como avaliação do brilho à luz do dia (TZEMPELIKOS, 2017).

Grande parte das pesquisas realizadas que buscam maneiras para melhor compreender e utilizar a luz natural nas edificações e avaliar seu potencial de aproveitamento são realizadas por meio de simulação computacional, sendo este um dos métodos de grande potencial para analisar o fenômeno da iluminação natural no ambiente construído, uma vez que auxilia no processo de tomada de decisões em diferentes etapas de projeto, fornecendo informações sobre a distribuição de iluminação natural em seu interior.

Pereira (2009) ressalta que a descrição do fenômeno da luz natural é complexa, pois ela muda com a hora do dia, estações do ano, com as nuvens e com o microclima, além de sua relação com o entorno, orientação de fachadas, controle solar e características de transmissividade dos materiais. Para amenizar o problema, as ferramentas de simulação acabam tornando-se indispensáveis para a representação do comportamento do fenômeno; todavia, verifica-se que os procedimentos metodológicos necessários para estabelecer um grau de confiança na resposta dos simuladores carecem de uma criteriosa descrição da fonte de luz natural.

Cabe ao simulador assemelhar o modelo computacional à realidade arquitetônica, assim a ferramenta de simulação permitirá o estudo da distribuição da luz a partir de geometrias que representem a realidade, bem como simular as propriedades dos materiais quanto à reflexão e transmissão da luz. Além disso, com a descrição da fonte de luz natural é possível descrever em detalhe, a partir de medidas dinâmicas de avaliação da luz natural no interior dos ambientes, o comportamento que ocorre entre um edifício e o clima local através de uma base anual de dados, promovendo uma maior aproximação do projeto à realidade local (REINHARDT; MARDALJEVIC; ROGERS, 2006).

As simulações de iluminação natural geradas por um arquivo climático durante um determinado período de tempo permitem antecipar os efeitos da iluminação, identificar momentos com maior incidência direta de luz solar, ofuscamento no campo de visão e verificar se os ocupantes possuem iluminação natural suficiente para desempenhar satisfatoriamente suas tarefas (WEISS; TAMURA; KRÜGER, 2015). O excesso ou falta de iluminação adequada e indicadores de brilho podem ser utilizadas como orientação no processo de otimização de projetos arquitetônicos.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo verificar a influência do uso de vidro simples e vidro duplo low E em fachada envidraçada nos resultados das simulações de predição de níveis de iluminação natural e análise de índices de ofuscamento em diferentes épocas do ano para melhor aproveitamento da luz natural no ambiente.

3. MÉTODO

O método proposto visa caracterizar o comportamento luminoso de um ambiente de sala de estar em edificação residencial com fachada envidraçada, mediante a determinação de parâmetros de análise relacionados ao conforto do usuário, brilho e iluminância. Para tal, emprega simulação computacional do comportamento da luz natural com modelo desenvolvido no programa Diva, plug-in do Rhinoceros 5.0. As simulações foram divididas em três diferentes etapas: a primeira consiste em avaliar em que situações ao longo do ano o usuário sente alguma situação de desconforto (ofuscamento), após identificadas as situações, a segunda etapa é composta por simulação de possíveis reflexos pontuais na posição do usuário sentado no

Para a simulação, os materiais transmissores foram caracterizados por uma transmitância específica, expressa num valor percentual de 0 a 100% e os materiais opacos foram caracterizados por uma refletância específica para cada um dos componentes, também expressa num valor percentual de 0 a 100%. Os valores das propriedades óticas dos materiais foram estabelecidos de acordo com a base de dados existente no programa computacional, descritos na Tabela 1:

Tabela 1: Propriedades óticas dos materiais utilizados na simulação computacional.

	MODELO 01	MODELO 02
REFLETÂNCIA (%)		
Forro em Gesso	80	80
Parede Branca	70	70
Piso	40	40
Porta Branca	50	50
TRANSMITÂNCIA (%)		
Vidro	88	65

A primeira simulação realizada foi a avaliação anual do conforto visual dentro do espaço (Annual Glare), relacionado ao desconforto, dificuldade ou até impossibilidade de visão que ocorre quando há luminância maior no campo de visão que o tolerado pelo olho humano. O parâmetro utilizado neste trabalho para calcular o ofuscamento foi o modelo criado por Wienold e Christoffersen (2005), chamado DGP (Daylight Glare Probability, ou probabilidade de ocorrência de ofuscamento por iluminação natural) que considera informações da luminância da fonte, tamanho, localização e adaptação do observador. Wienold (2009) também determina faixas de valores que classifica o ofuscamento como imperceptível (menor que 35%), perceptível (de 35% a 40%), incômodo (de 40% a 45%) e intolerável (a partir de 45%). Assim, com o auxílio do programa computacional DIVA foram avaliadas as duas situações (MODELO 01 e MODELO 02) no potencial de desconforto visual usando imagens de contraste e probabilidade de ocorrência de ofuscamento por iluminação natural. Os resultados obtidos com a simulação indicam através de cores os índices DGP de acordo com o mês, dia e hora.

Identificadas as datas em que o índice de ofuscamento é mais elevado ao longo do ano, os modelos digitais foram então, submetidos à segunda simulação, Point in time Glare que representa a probabilidade de perturbação por ofuscamento por uma análise estática, ou seja, simulação de reflexos pontuais para avaliação do conforto visual do usuário nas condições simuladas no ponto de vista da câmara em datas e horários estipulados. Foram selecionadas as datas de 12 de Abril às 14hrs e 27 de Maio às 13hrs para simulação pontual no campo visual do usuário sentado no sofá assistindo televisão, em diferentes condições de céu idealizado: Céu limpo e Céu nublado. Além destas datas sinalizadas como situações “críticas”, optou-se por simular também uma situação de verão: 22 de Dezembro às 13hrs, com o intuito de analisar os valores de luminância e comportamento do Sol para comprovar os baixos índices encontrados na simulação anual realizada anteriormente.

Como complemento de ambas as análises foram realizadas simulações dinâmicas baseadas no clima, com o uso de dados climáticos de um período de ano completo para simular as condições do Sol e do céu para várias situações, incluindo autonomia da luz do dia. As simulações dinâmicas produzem séries anuais de iluminâncias e são usadas como indicadores dinâmicos do desempenho da luz natural. A medida dinâmica utilizada no presente estudo é UDI (iluminação útil da luz do dia); dada pela frequência da iluminância em um determinado tempo de acordo com faixas preestabelecidas de 300 a 3.000 lux para iluminâncias uteis de luz natural. O índice permite verificar qual porção do ambiente possui valores úteis (não muito baixos, nem muito altos, que possam causar ofuscamento ou ganho de calor) e qual a porcentagem de ocorrência durante um ano (NABIL; MARDALJEVIC, 2006). A medida dinâmica UDI informa não só sobre os níveis úteis de iluminação diurna, mas também sobre a propensão para níveis excessivos de luz do dia que estão associados com desconforto do ocupante e ganho solar indesejado.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Annual Glare

Através da simulação anual do conforto visual dentro do espaço, foi possível identificar em que situações ao longo do ano o usuário poderá sentir alguma sensação de desconforto. Os resultados obtidos através da simulação anual estão ilustrados nas figuras 2 e 3:

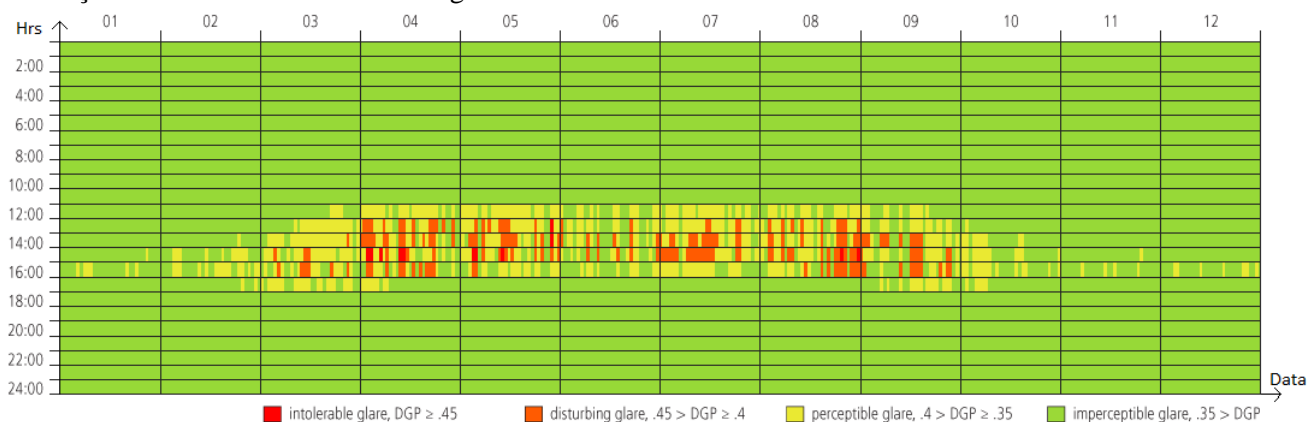


Figura 2 – Annual Glare MODELO 01- Vidro Simples. Fonte: Diva plug-in Rhinoceros.

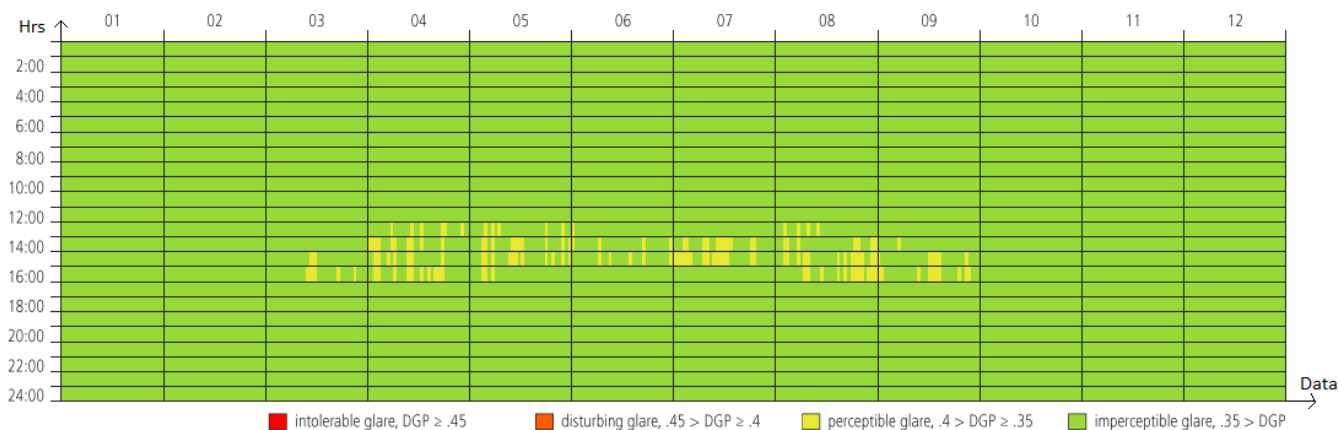


Figura 3 – Annual Glare MODELO 02- Vidro Low e. Fonte: Diva plug-in Rhinoceros.

De acordo com os resultados gerados pelo programa computacional, o Modelo 01 apresenta situações em que o índice de DGP atinge faixas de ofuscamento incômodo (maior que 40% a 45%) e intolerável (a partir de 45%) entre os meses de Março e Setembro, concentrando-se por volta das 12hrs às 16hrs. Já na segunda simulação é visível a redução dos índices de ofuscamento em DGP, totalizando a maioria do tempo em ofuscamento imperceptível e alguns casos pontuais com ofuscamento perceptível.

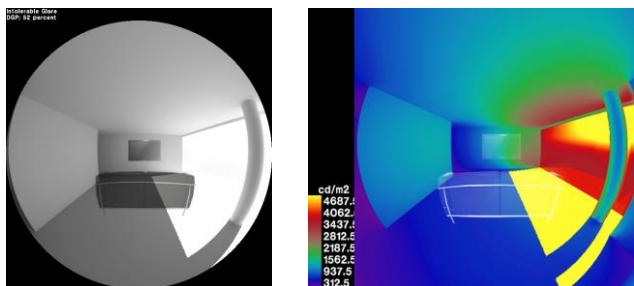
Um aspecto importante na pesquisa é que nos meses mais quentes e de verão, os índices de probabilidade de ocorrência de ofuscamento foram em grande parte imperceptíveis (abaixo de 35%). Esta época é marcada por preocupações com ganhos solares indesejáveis e índices altos de desconforto visual (brilho diurno), entretanto através da simulação foi possível verificar que esta preocupação não se faz necessária no objeto de estudo em questão, fato que se explica em função do posicionamento e altura do sol em relação à edificação e fachada estudada.

4.2. Point in time Glare

Os resultados das simulações estáticas realizadas nas datas 12 de Abril às 14hrs, 27 de Maio às 13hrs e 22 de Dezembro às 13hrs em condições de céu idealizado: Céu limpo e Céu nublado, estão ilustrados a seguir em câmera olho de peixe no ponto de vista do usuário e reproduzidas em cores falsas:

MODELO 01- DIA 12 DE ABRIL 14HRS

Céu Limpo. DGP: Intolerável 52%



Céu Nublado. DGP: Imperceptível 22%

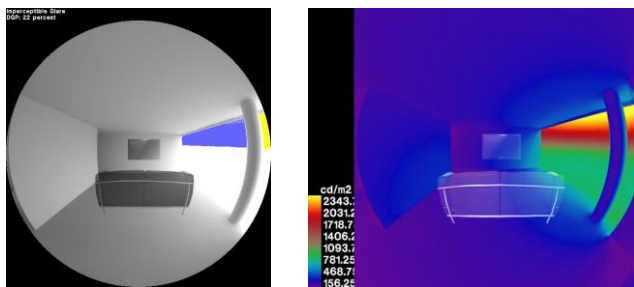
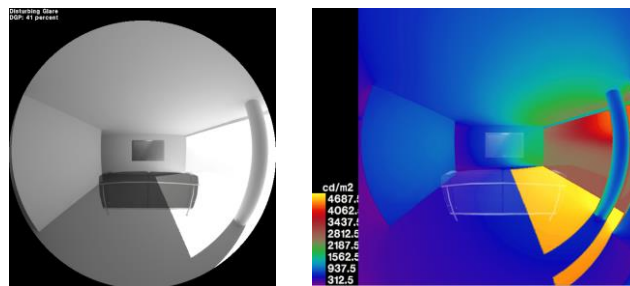


Figura 4 – Simulações dia 12 de abril Modelo 01

MODELO 02- DIA 12 DE ABRIL 14HRS

Céu Limpo. DGP: Incômodo 41%



Céu Nublado. DGP: Imperceptível 20%

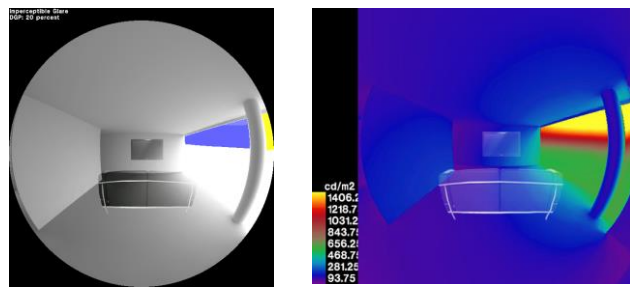


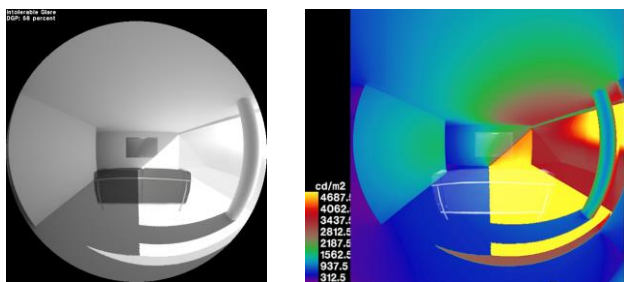
Figura 5 – Simulações dia 12 de abril Modelo 02

O modelo de avaliação de brilho assume o usuário com direções da visão fixas na televisão. Na primeira simulação realizada para o dia 12 de Abril às 14 horas (Figura 4) com céu idealizado: Céu limpo percebe-se a intensidade de brilho perturbando o usuário sentado no sofá. Já na situação de céu nublado, os valores de luminância são mais amenos, tornando o desconforto em função do brilho imperceptível.

As simulações do Modelo 02 (Figura 5) indicam valores de probabilidade de ocorrência de ofuscamento por iluminação natural, muito menores do que no Modelo 01. O valor DGP no céu idealizado como limpo, desceu de 52% para 41% em relação à simulação do modelo anterior. Este valor se afasta da faixa intolerável e se aproxima do perceptível. No céu nublado, a simulação do Modelo 02 assim como o Modelo 01 apresenta valores de luminância mais baixos e não apresentam situação de desconforto ao usuário em função do brilho excessivo.

MODELO 01- DIA 27 DE MAIO 13HRS

Céu Limpo. DGP: Intolerável 58%



Céu Nublado. DGP: Imperceptível 21%

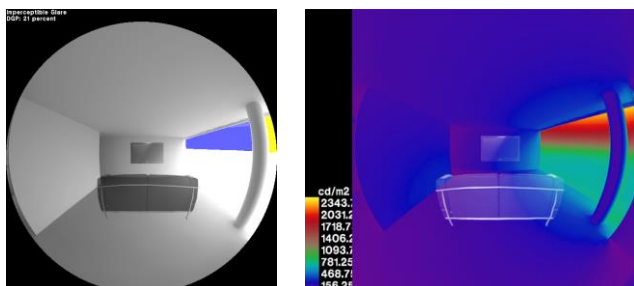
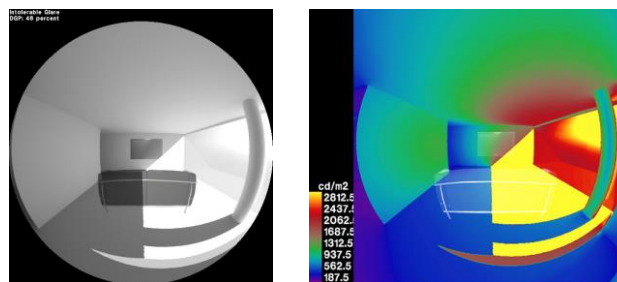


Figura 6 – Simulações dia 27 de maio Modelo 01

MODELO 02- DIA 27 DE MAIO 13HRS

Céu Limpo. DGP: Intolerável 46%



Céu Nublado. DGP: Imperceptível 20%

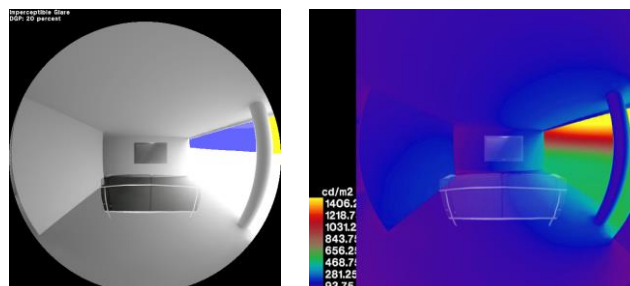


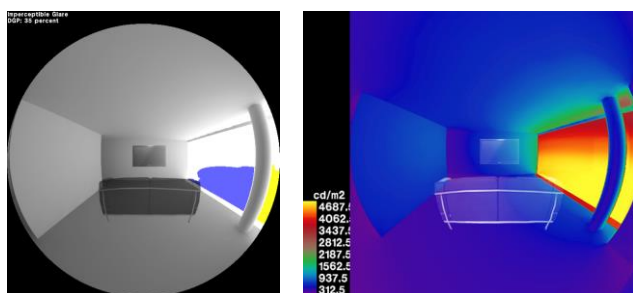
Figura 7 – Simulações dia 27 de maio Modelo 02

A simulação realizada no dia 27 de Maio ilustrada na Figura 6, sob condições de céu limpo às 13 horas, apresenta porcentagem de DGP ainda maior do que na data anterior. Apresenta valor de 58%, classificado como intolerável. É visível que o usuário neste caso, encontra-se em situação de desconforto, necessitando recorrer para meios de proteção e sombreamento como cortinas. Fato que impossibilita a comunicação com o meio externo e cancela o atrativo visual desejável na concepção do projeto arquitetônico. Para a condição de céu nublado, os índices de brilho são consideravelmente baixos e não atrapalham na realização da tarefa do usuário.

Na simulação realizada a partir do Modelo 02 (Figura 7), com céu idealizado como limpo, o nível de DGP baixa para 46%, ainda classificado como intolerável, entretanto apresentando valores de luminância mais baixos. Na condição de céu nublado, assim como no Modelo 01, o Modelo 02 apresenta valores aceitáveis de brilho e probabilidade de ocorrência de ofuscamento por iluminação natural especificado como imperceptível.

MODELO 01- DIA 22 DE DEZEMBRO 13HRS

Céu Limpo. DGP: Imperceptível 35%



Céu Nublado. DGP: Imperceptível 24%

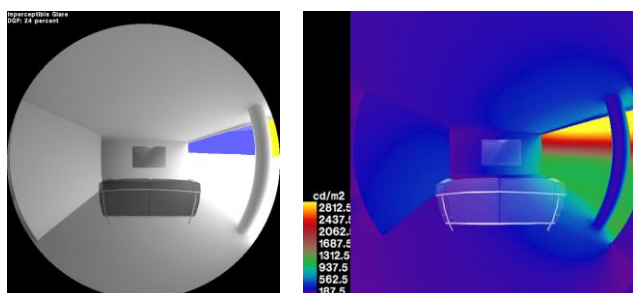
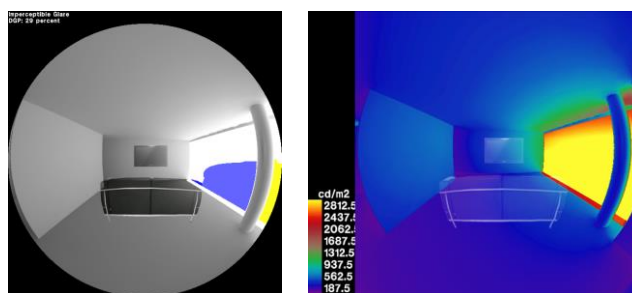


Figura 8 – Simulações dia 22 de dezembro Modelo 01

MODELO 02- DIA 22 DE DEZEMBRO 13HRS

Céu Limpo. DGP: Imperceptível 29%



Céu Nublado. DGP: Imperceptível 22%

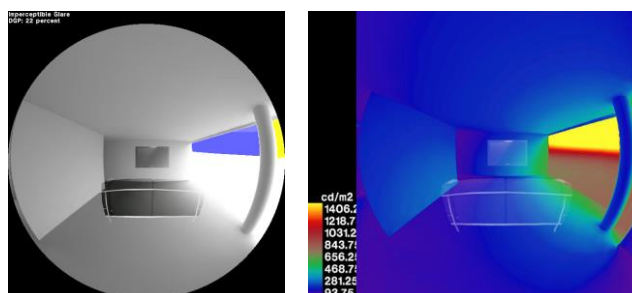


Figura 9 – Simulações dia 22 de dezembro Modelo 02

Frente a estas análises, percebe-se que o período crítico em termos de desconforto e ofuscamento não se localiza nos meses de verão. Através da análise dos níveis de luminância e representação em cores falsas da iluminação natural na data de 22 de Dezembro, foi possível confirmar a hipótese citada anteriormente: Os índices satisfatórios de DGP obtidos nos meses de verão justificam-se pela altura e inclinação solar em relação à fachada da edificação estudada.

De modo geral, entende-se que o desconforto, dificuldade ou até impossibilidade de visão obtida nas imagens geradas pela simulação, ocorrem quando os valores de luminância existentes no campo de visão são altos, maiores do que o tolerado pelo olho do usuário sentado no sofá assistindo televisão. Assim, com o uso de elemento de controle solar no vidro da fachada, foi possível um controle da fonte de luz, gerando menores índices de probabilidade de ocorrência de ofuscamento por iluminação natural.

Através de análise dos resultados obtidos em DGP (Tabela 2) percebe-se uma diminuição significativa dos valores na simulação do Modelo 02.

Tabela 2: Valores de DGP obtidos nas simulações.

		12 de Abril - 14 hrs	27 de Maio-13hrs	22 de Dez- 13 hrs
MODELO 01	Céu Limpo	52%	58%	35%
	Nublado	22%	21%	24%
MODELO 02	Céu Limpo	41%	46%	29%
	Nublado	20%	20%	22%

As simulações realizadas indicam que o uso do vidro duplo Low E contribui de forma significativa para o conforto do usuário no ambiente estudado em relação ao vidro simples sem qualquer proteção solar. Ele permite que o usuário encontre-se em situação de conforto em maior parte do tempo e garante a ligação desejável com o exterior.

4.3. UDI- Usefull Daylight Illuminances

Diferente das simulações realizadas anteriormente, as análises a serem apresentadas a seguir empregam variáveis do céu e condições do Sol baseados no clima do ano todo. Para análise, delineou-se a faixa de 300 a 3.000 lux para iluminâncias úteis de luz natural. O intervalo utilizado foi definido a partir de estudo realizado que compara pesquisas anteriores que tendem a sugerir uma menor tolerância a níveis de iluminação de luz ambiente (MARDALJEVIC,2015). As primeiras pesquisas publicadas em torno do ano de 2005 consideram a faixa de iluminação diurna útil entre 100 e 2.000 lux. O valor de 2.000 lux como limite superior para iluminação de luz diurna útil alcançada foi revisto e alguns anos mais tarde, quando os dados de estudos mais contemporâneos se tornaram disponíveis o valor subiu para 3.000 lux.

Visto que o presente estudo tem como foco avaliar possíveis desconfortos gerados ao usuário sentado vendo televisão, levou-se em consideração que a tecnologia de exibição comumente usada há alguns anos atrás tendiam a ser mais propensas a questões de brilho. As telas utilizadas hoje, são geralmente muito mais tolerantes a níveis mais altos de luz diurna do que as antigas, fato que pode explicar porque os estudos mais recentes geralmente apresentam valores superiores a 2.000 lux como limite superior.

Os resultados das simulações dinâmicas UDI estão expressos nas Figuras 10 e 11:

MODELO 01

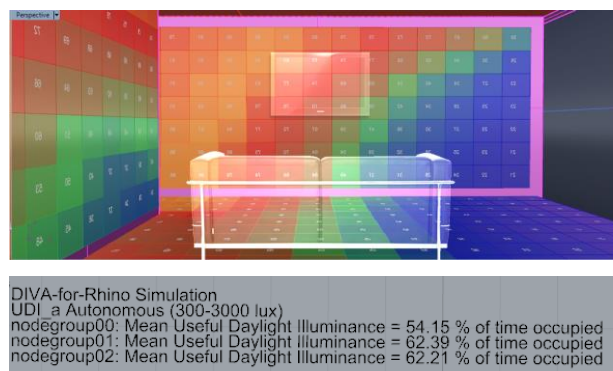


Figura 10 – UDI Modelo 01

MODELO 02

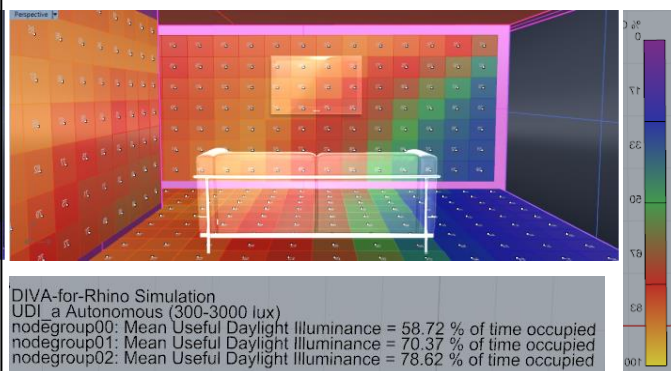


Figura 11 – UDI Modelo 02

Diante das simulações realizadas verifica-se que o melhor desempenho de UDI 300-3.000 lux foi evidenciado para a simulação realizada a partir do Modelo 02, com o uso de Vidro Duplo Low E. Através das imagens, percebe-se com clareza que grande parte da faixa que está fora da porcentagem de aproveitamento se dá por iluminâncias excessivas, a cima dos 3000 lux estabelecidos.

Por depender de condições climáticas, as simulações de incidência anual de iluminância no espaço interno, aproximam-se muito da realidade. As imagens comprovam que as iluminâncias diurnas diminuem rapidamente com o aumento da distância das janelas. Igualmente, as iluminâncias podem variar muito de um ponto ou momento para o outro devido à posição do Sol e / ou condições do céu.

Com a simulação foi possível comparar o potencial avaliativo de avaliação da luz através da sensibilidade às mudanças no vidro da fachada. Os resultados comprovam que a obtenção de uma iluminação natural com qualidade depende também de um sistema de controle solar e/ou sombreamento para evitar possíveis desconfortos relacionados ao ofuscamento, principal causa de desconforto luminoso.

5. CONCLUSÕES

Este estudo avança na avaliação do impacto do uso da iluminação natural no conforto do usuário em edificações residenciais com fachadas envidraçadas. A metodologia empregada permitiu verificar a distribuição da iluminação natural no interior do ambiente estudado, bem como, possibilitou avaliar o desempenho da ferramenta de estudo. A simulação computacional apresentou excelente qualidade visual, facilidade de análises através de gráficos e relatórios, e facilidade na mudança de parâmetros construtivos ao longo das etapas de análise.

Conclui-se que as simulações realizadas a partir do Modelo 02 com o uso do Vidro Duplo Low E apresentaram índices menores de probabilidade de ofuscamento em relação ao Modelo 01 com vidro simples. Além de apresentar grande parte dos valores de iluminância ao longo do ano dentro dos parâmetros aceitáveis de iluminação útil natural.

Entretanto vale ressaltar, que a avaliação da admissão de luz natural através de aberturas com elementos de controle solar não é uma tarefa simples, uma vez que a adição de obstáculos junto à abertura modifica a quantidade e a direção da luz natural transmitida. A adição de elementos de controle solar pode modificar a trajetória da luz natural transmitida, assim como sua quantidade, afetando significativamente a iluminação natural no interior das edificações. Diante a pesquisa realizada é possível afirmar que o vidro de controle solar é capaz de controlar de modo eficaz a entrada de luz no ambiente interno, porém sabe-se que existem algumas limitações referentes a sua distribuição.

É reconhecida também, a complexidade do ofuscamento no processo de avaliação da iluminação natural devido a sua natureza subjetiva e às limitações nas formas de avaliação. A avaliação do conforto visual possui grande carga de subjetividade, não só pelas preferências dos usuários por certo nível de luz, mas também pelas preferências derivadas do conteúdo visual que o ambiente ou a cena vista possa oferecer.

Embora o brilho seja uma resposta subjetiva, as simulações e índices utilizados no decorrer do artigo foram significativos para compreender melhor o espaço estudado e sua relação com o usuário no processo de aproveitamento da iluminação natural através do uso de fachada envidraçada. O método de simulação computacional foi positivo e proporcionou uma maior aproximação do uso do vidro às reais necessidades de conforto visual do usuário. A etapa de avaliações sobre a iluminação é importantíssima na realização e concepção projeto arquitetônico, e sem dúvidas os programas de simulação computacional auxiliam de modo eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, N.; FRANCIOTTI, A.; STEEMERS, K. Daylighting in Architecture: a European Reference Book. James&James Ltda, London, United Kingdom, 1998.
- IESNA. ANSI/IES RP-16-10 Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering. Illuminating Engineering Society of North America: New York, 2005.
- MARDALJEVIC, J. Climate-Based Daylight Modelling And Its Discontents. CIBSE Technical Symposium, London ,UK 16-17 April 2015.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful Daylight Illuminances: a replacement for daylight factors. Science Direct. Energy and Buildings, v. 38, n. 7, p. 905-913, 2006.
- PEREIRA, R. C., Avaliação de Ferramentas de Simulação de Iluminação Natural por meio de Mapeamento Digital de Luminâncias da abóbada celeste e entorno, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- REINHART, C. F.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. Leukos, v. 3, n. 1, p. 7-31, 2006.
- TZEMPELIKOS A., Advances on daylighting and visual comfort research. Editorial Building and Environment. 113, p.1-4, 2017.
- WIENOLD, J. Dynamic daylight glare evaluation. In: Proceedings of Building Simulation. p. 27-30. 2009. Disponível em: <http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2009/BS09_0944_951.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2017.
- WIENOLD, J.; CHRISTOFFERSEN, J. Towards a new daylight glare rating. Lux Europa, Berlin, p. 157-161, 2005.
- WEISS T.; TAMURA C.; KRÜGER E. L. Uso de simulação computacional como suporte a um estudo de iluminação natural em câmara climática. XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Out. 2015.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.