

A importância do estudo de insolação e ventilação no processo do projeto arquitetônico

The importance of studying insolation and ventilation in the architectural design process

Amanda Caroline Nisz Witiuk, acadêmica, UDESC.

amanda.nisz@gmail.com

Gabriela Fernandes Justus, acadêmica, UDESC.

justusgabi@gmail.com

Laís da Silva Pereira, acadêmica, UDESC.

laisdpereira25@gmail.com

Americo Hiroyuki Hara, doutor, UDESC.

americo.hara@udesc.br

Resumo

Este trabalho tem como objetivo evidenciar a importância de estudos de insolação e ventilação no processo do projeto arquitetônico tendo como pano de fundo um projeto acadêmico na etapa de estudo preliminar. A metodologia consistiu em estudos de insolação por meio da carta solar e do traçado da máscara de sombra de aberturas inclinadas e zenitais, e da verificação da incidência solar em modelos tridimensionais, além de estudos de ventilação. Os resultados destacam as diferenças entre os estudos de insolação por meio da carta solar associada com a máscara de sombra e os modelos tridimensionais, e de ventilação, com modelos tridimensionais físico e digital. Conclui-se que as avaliações em modelos tridimensionais, seja por meio de modelos físicos ou digitais, são imprescindíveis para o projeto de arquitetura.

Palavras-chave: Estudo de insolação; Ventilação natural; Projeto de arquitetura

This work is intended to show the importance of studies of solar incidence and ventilation in the process of architectural design taking into account an academic project in the preliminary stage. The methodology consisted of studies of solar incidence using the solar

chart and shadow mask of inclined and zenith openings, and to verify sun penetration in three-dimensional models, in addition, ventilation studies are presented too. The results highlight the differences between the studies through the solar chart associated with the shade mask and the three-dimensional models, and of ventilation, with physical and digital three-dimensional models. It is concluded that evaluations in three-dimensional models, whether through physical or digital, are essential for architectural design.

Keywords: Solar incidence; Natural ventilation; Design project

1. Introdução

Nos cursos de Arquitetura e Urbanismo, é senso comum a importância de se realizar estudos de insolação, principalmente por meio da carta solar. A carta solar pode ser interpretada como a projeção no plano horizontal das trajetórias solares ao longo da abóbada celeste para o ano todo em uma determinada latitude. As trajetórias solares são apresentadas com linhas de leste a oeste que representam os meses do ano. Nessas trajetórias, são marcadas linhas que indicam as horas. Dessa forma, a carta solar é uma ferramenta que permite o estudo da insolação diária e mensal tendo como ponto de referência o centro da circunferência (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014).

É inegável a importância da carta solar na análise de insolação, principalmente nas etapas iniciais do projeto e no traçado de elementos de proteção solar nas aberturas.

Entretanto, o estudo por meio da carta solar não é suficiente para o entendimento da insolação no espaço tridimensional, uma vez que esta trata de uma representação bidimensional.

Sendo assim, entende-se que é fundamental considerar a atual profusão de aplicativos e instrumentos digitais para complementar a compreensão da insolação no espaço tridimensional e verificar a eficácia dos elementos de proteção solar.

Este trabalho tem como objetivo evidenciar a importância de estudos de insolação e ventilação visando o conforto ambiental no processo do projeto arquitetônico tendo como pano de fundo um projeto acadêmico na etapa de estudo preliminar. A metodologia consistiu em estudos de insolação por meio da carta solar e do traçado da máscara de sombra de aberturas inclinadas e zenitais, e da verificação da incidência solar em modelos tridimensionais. Além disso, também se realizou estudos de ventilação por meio dos modelos físico e digital.

A pesquisa aqui realizada pondera acerca da insolação e da ventilação nos processos que envolvem os estudos preliminares relativos ao conforto ambiental nas etapas iniciais do projeto arquitetônico.

2. Dados do projeto

O Templo Z é um templo ecumênico pensado para receber pessoas que buscam um local de paz em meio a cidade, no qual seus visitantes podem apreciar, ler, meditar ou realizar celebrações religiosas que eventualmente possam acontecer no templo ecumênico. O lote onde templo será implantado fica situado na rua Fernando Machado, no Centro Histórico de Laguna.

O projeto consiste em uma proposta de um centro ecumênico voltado para cultos, meditação, celebrações e palestras. **A Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a planta baixa, a Figura 2 o corte longitudinal e a Figura 3 o corte transversal da proposta arquitetônica. Nas Figuras 1 a 3 também estão indicados os pontos P1 e P2 que serão tratados no item 4.

O edifício é proposto para a cidade de Laguna-SC, com área de 113,19 m². Como o formato do edifício é piramidal, considerou-se que os fechamentos opacos devem atender as recomendações da NBR 15.220 para a cobertura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE

NORMAS TÉCNICAS, 2005). Aqui cabem duas observações: a primeira diz respeito à aplicação da norma, que apesar de apresentar recomendações para edificações habitacionais, é razoável que estas orientações possam ser aplicadas para edifícios de uso institucional, como é o caso deste trabalho; a segunda diz respeito à página da *internet* do Projeteer que não fornece os dados climáticos da cidade de Laguna, o que nos obriga a utilizar os dados disponíveis do município mais próximo, ou seja, Urussanga/SC.

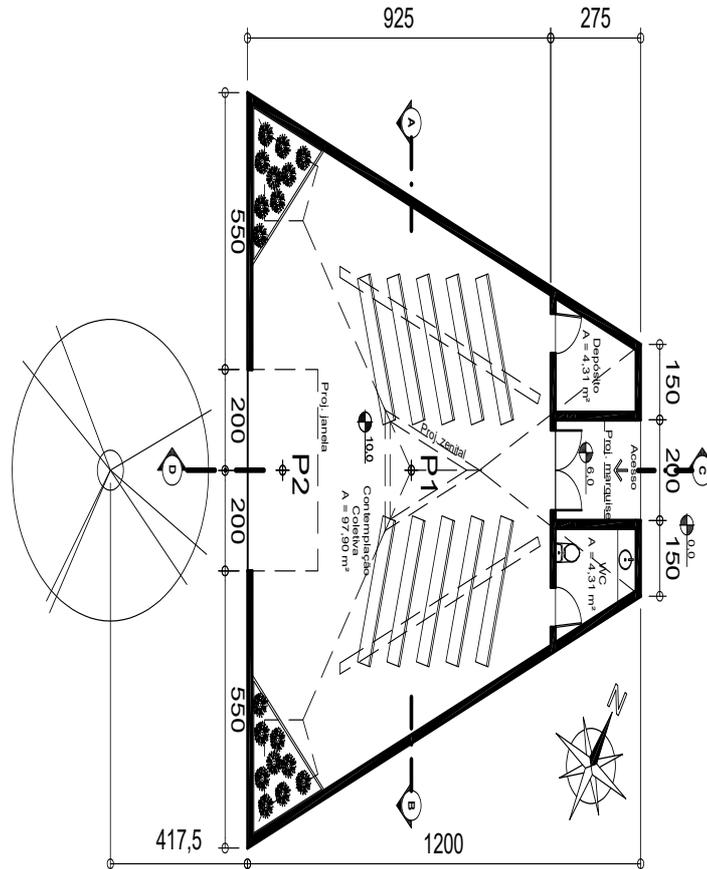


Figura 1. Planta baixa da edificação proposta. Fonte: Elaborado pelos autores.

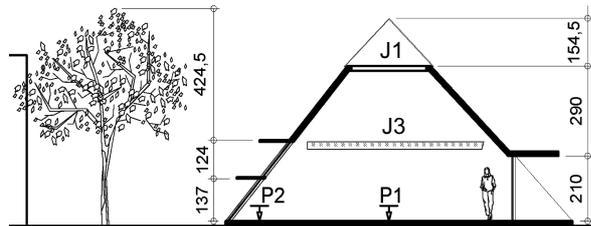


Figura 2. Corte Longitudinal da edificação proposta. Fonte: Elaborado pelos autores.

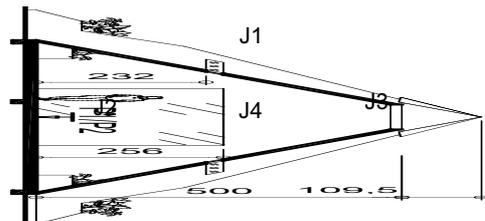


Figura 3. Corte Transversal da edificação proposta. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o projeto em questão, optou-se por utilizar laje pré-moldada preenchida com EPS de 12 cm, cujas características térmicas são indicadas no Quadro 1.

Quadro 1. Características dos fechamentos. Fonte: Projeteer (2019), modificado pelos autores.

Fechamento	Composição	Transmitância térmica	Atraso térmico	Capacidade térmica
Laje	Laje pré-moldada EPS 12 cm	1,8 W/m ² K	2,5 h	132 kJ/m ² K

Para os fechamentos transparentes e translúcidos, a NBR 15.220-4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) recomenda que a relação entre a área das aberturas e a área do piso seja de 15 a 25%. O espaço de contemplação do Templo Z tem 97,90 m² e conta com 5 aberturas totalizando 20,67 m², de modo que a relação de área de abertura e área total do edifício é de 21,11%, dentro do recomendado para a Zona 2, segundo a norma.

Para a cobertura, por decisão projetual, optou-se por uma abertura zenital triangular com 3,45 m². A proposta considera que o pé direito de 5,0 m diminuiria o desconforto térmico pelo calor, pois, o ar quente se concentraria na porção superior e sairia pelas frestas na abertura zenital. Entende-se que nessa etapa, as simulações/estudos de trocas de calor seriam interessantes de serem aplicadas como próximo passo no desenvolvimento do projeto.

Para esta e as demais aberturas, foram selecionados dois tipos de vidros que mais se aproximam às adequações da NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Características dos fechamentos transparentes. Fonte: Projeteer (2019), modificado pelos autores.

Fechamento	Composição	Transmitância Térmica	Fator solar	Transmissão luminosa	Reflexão luminosa
Abertura zenital	Vidro monolítico 6 mm – Cebrace Collite SKN 154	3,139 W/m ² K	0,29	0,552	0,155
Demais aberturas	Vidro monolítico 6 mm – Cebrace Collite SKN 144 II	3,225 W/m ² K	0,267	0,446	0,184

Destaca-se que a ferramenta Projeteer, disponibilizada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), se mostra bastante informativa no que se refere às estratégias climáticas para o desenvolvimento de projetos de edifícios eficientes.

3. Definição das estratégias de projeto para Laguna-SC

Para a análise em questão, utilizou-se o aplicativo disponibilizado por Marsh (2020) para obter-se a carta bioclimática da cidade de Laguna, apresentada na Figura 4.

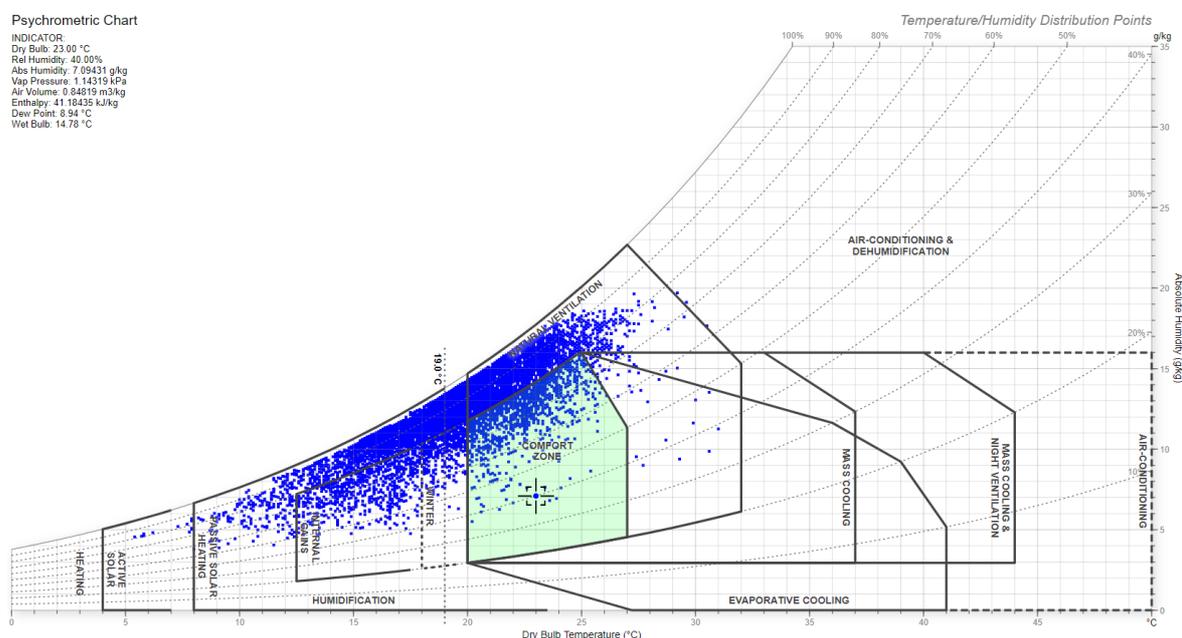


Figura 4. Carta bioclimática de Laguna-SC. Fonte: Marsh (2019), adaptado pelos autores.

A partir da carta bioclimática, nota-se que a maior concentração de pontos se encontra na zona de ventilação natural. Observa-se ainda uma quantidade considerável de pontos nas zonas de aquecimento solar passivo e ganhos internos, além da zona de conforto.

A Figura 5 apresenta a carta psicrométrica de conforto/desconforto em função das temperaturas para a cidade de Laguna. Com ela, observa-se que a maior concentração de pontos está nas áreas de baixas temperaturas, e em quantidade média na região neutra, que é caracterizada pelo conforto. Já na área de temperaturas mais elevadas obtém-se apenas poucos pontos na região ligeiramente quente.

Na região definida para a ventilação natural deve-se adotar estratégias de projeto de forma a amenizar a sensação do calor durante o verão. Existem várias formas de proporcionar esta ventilação, seja por ventilação cruzada ou por diferença de temperatura. É importante ressaltar que as aberturas devem estar voltadas para as áreas de ventos predominantes a barlavento, cuja análise deve ser feita com base na rosa dos ventos de cada lugar específico.

Para este projeto, a rosa de ventos apresentada pelo Projeteer (BRASIL, 2020) não foi considerada, por se tratar de Urussanga. Por meio do programa Ecotect e inserindo o arquivo climático disponibilizado pelo Laboratório de Eficiência Energética da UFSC (Labeec/UFSC), foi possível obter a rosa de ventos de Laguna.

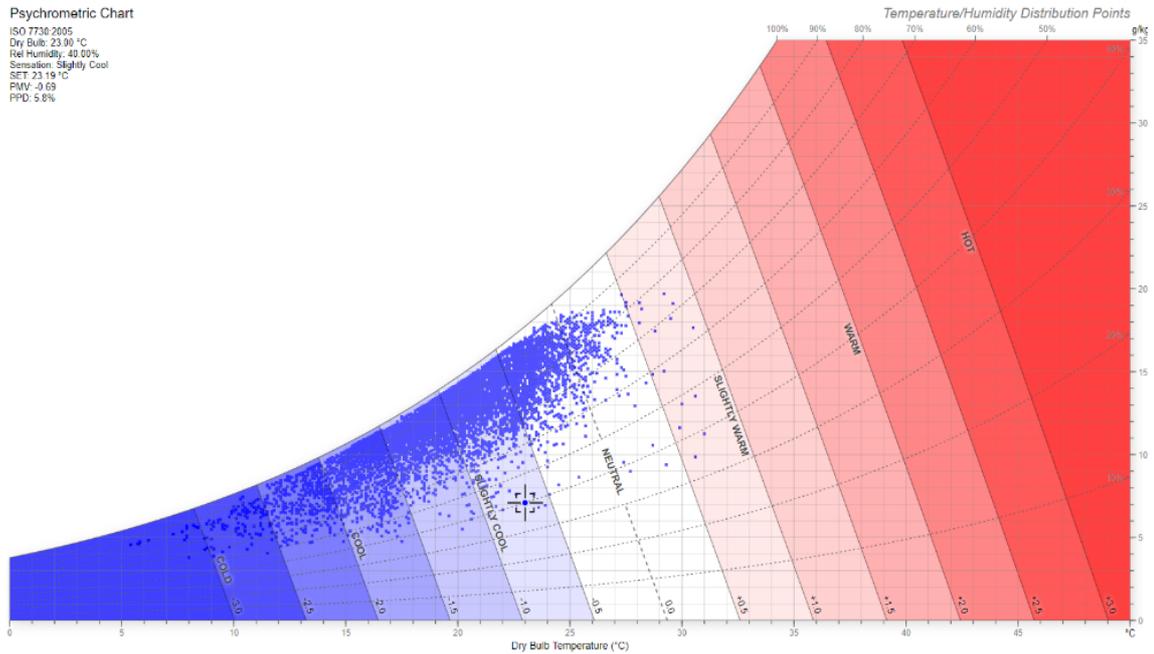


Figura 5. Carta psicrométrica de Conforto/desconforto térmico. Fonte: Marsh (2019), adaptado pelos autores.

Para Laguna, os ventos predominantes são sul, sudeste e nordeste, no entanto como a estratégia recomenda a ventilação nas épocas mais quentes do ano, as aberturas devem estar orientadas à nordeste, que é o vento predominante no verão lagunense (Figura 6).

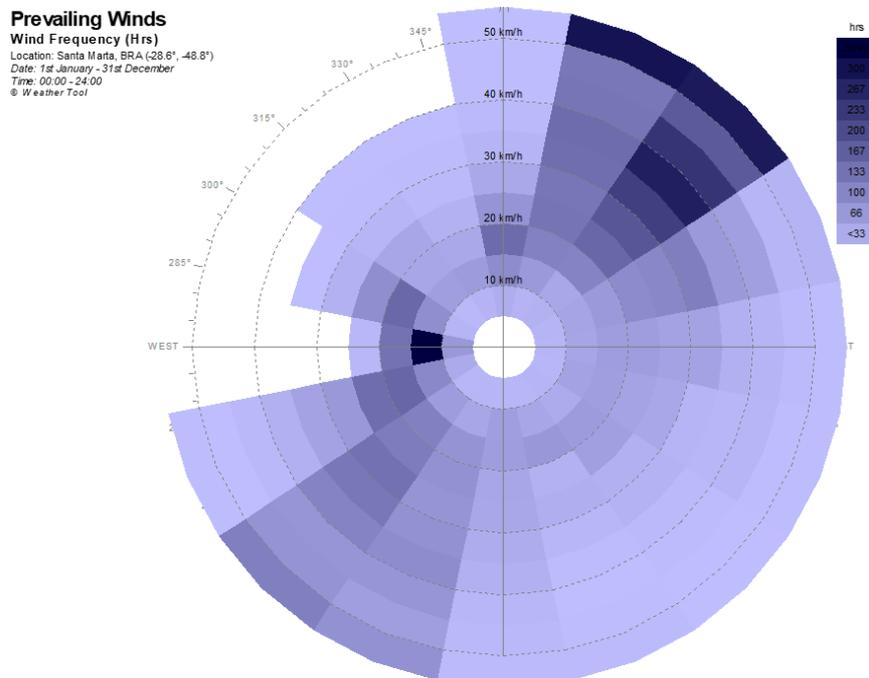


Figura 6. Rosa dos ventos de Laguna/SC. Fonte: Ecotect (Autodesk, 2011), elaborado pelos autores.

A figura 6 apresenta a rosa dos ventos para Laguna e suas respectivas velocidades. Nota-se que há incidência de ventos em todas as direções, com o predomínio nos quadrantes Nordeste e Sudoeste, e as velocidades variando entre 10 km/h (≈ 3 m/s) a 50 km/h (≈ 14 m/s).

Estas soluções de ventilação natural são fundamentais para a eficiência energética da edificação pois, assim, pode-se reduzir o uso de ar condicionado, proporcionando conforto térmico e economia em energia elétrica. Além disso, para Laguna, tal estratégia é bastante viável, considerando a incidência de ventos na maior parte do ano.

Para as áreas de desconforto térmico por frio, as soluções projetuais que podem ser adotadas são o aquecimento solar passivo, que pode ser realizado por meio da incidência solar nas paredes e aberturas orientadas à norte, durante o inverno. Outra opção são paredes com massa térmica elevada para reter calor no interior da edificação, que pode ser feito em alvenaria, elemento construtivo consagrado no Brasil.

4. Estudo da insolação por meio da carta solar e a definição de protetores solares

Tomando-se como ponto de referência P1 (ver Figuras 1 a 3), na altura do piso, traçou-se a máscara de sombra da abertura zenital e das aberturas laterais com o auxílio do transferidor de ângulos, conforme apresentado na Figura 7.

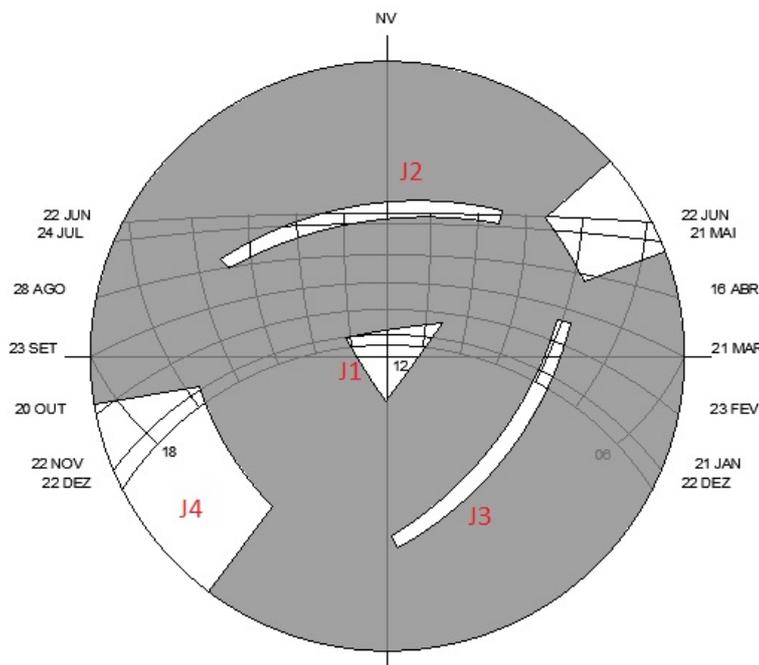


Figura 7. Máscara de sombra para o ponto P1. Fonte: Elaborado pelos autores.

A abertura zenital (J1) permitirá a insolação em P1 durante pelo menos 2 horas entre os meses de novembro a janeiro. Entretanto, isso não significa que a insolação no interior da edificação ocorrerá somente nestes horários e períodos do ano. Haverá insolação ao longo

do dia inteiro, que incidirá em outras regiões do espaço, conforme será visualizado no estudo realizado com o modelo tridimensional.

As aberturas J2 (leste) e J3 (oeste) indicam que há pouca insolação em P1, devido ao seu formato estreito e longitudinal.

A abertura J4 (sudoeste) permitirá a incidência solar no ponto P1 no final da tarde dos meses de verão, novembro a janeiro. Pela porta de vidro que dá acesso ao templo, a insolação em P1 ocorrerá no início da manhã, no período do inverno.

Um estudo minucioso foi realizado na abertura J4. A Figura 8-A apresenta a máscara de sombra no ponto P2, na altura do piso (ver Figuras 1 a 3). A escolha do ponto P2 considerou o centro geométrico da projeção da abertura no plano horizontal. Nota-se que ocorre incidência do sol no período da tarde nos meses de agosto a abril, envolvendo o verão (dezembro a março). Dessa forma, torna-se necessário o uso de algum elemento de proteção solar principalmente para o período do verão.

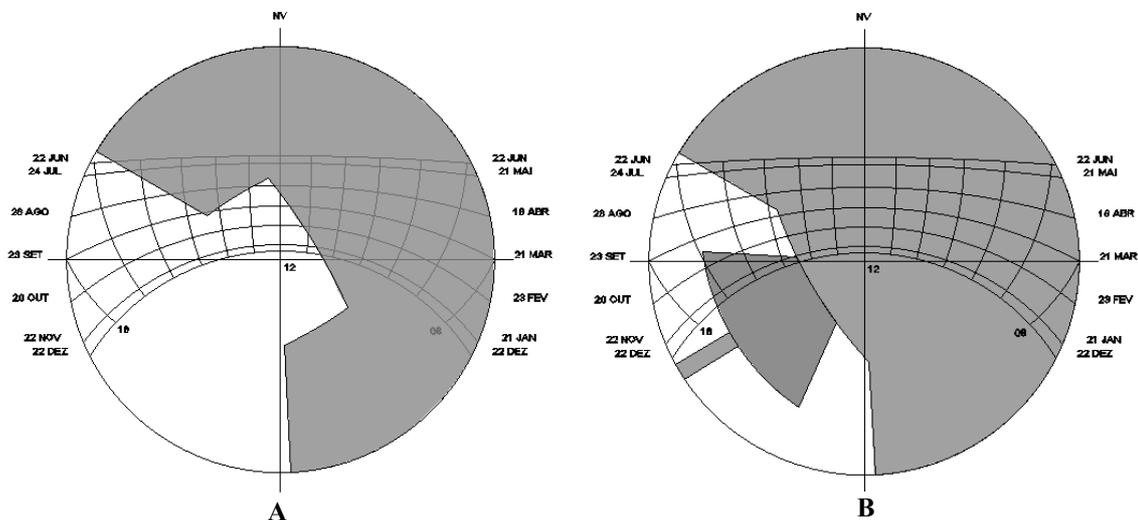


Figura 8. Máscara de sombra da abertura J4 para o ponto P2. Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir das análises, optou-se por utilizar 2 *brises* horizontais e a locação de uma árvore em frente à abertura J4. Os *brises* foram definidos considerando a manutenção e a visualização do exterior que, neste caso, optou-se pela argamassa armada devido às características de resistência para vencer vãos de 4,0 m de comprimento. A largura dos *brises* foi definida pela necessidade de proporcionar a visualização ao exterior.

A proposta de locar uma árvore foi baseada no entendimento de que quanto mais próximo do horizonte, maior será a extensão do protetor horizontal. Ademais, considerando a função do edifício como espaço de contemplação e reflexão, essa relação com a natureza é imprescindível. A definição das dimensões da árvore e sua posição foi determinada medindo-se o ângulo (α) entre o plano horizontal do piso e o topo da árvore, cujo valor foi de 60°. Para que se alcance a angulação definida, é preciso que a árvore esteja a uma distância de aproximadamente 4 metros e atinja altura entre 6 a 7 metros, além disso a árvore em questão deve ser preferencialmente uma árvore de folhas caducas, que perde suas folhagens somente durante o inverno, mantendo a proteção solar no verão. Uma opção seria o Ipê (*Handroanthus*), espécie que não possui uma copa muito densa (PINDORAMA, 2020), evitando que ocorra um bloqueio da iluminação no interior do templo.

A Figura 8-B apresenta a máscara de sombra após o traçado dos dois *brises* e da árvore para o ponto P2.

4.1. Simulação da incidência solar

Para verificar a eficiência dos sistemas de proteção solar propostos, foi desenvolvido um modelo tridimensional para observar incidência solar no interior do edifício por meio dos *softwares* Formit e Sketchup. O estudo considerou o período vespertino do solstício de verão (22/12).

A Figura 9 demonstra que no solstício de verão, situação para a qual se buscava a proteção solar com prioridade, os *brises* horizontais protegeram a edificação da insolação das 11h às 14h. Após esse horário, a árvore atuou como bloqueador da insolação.

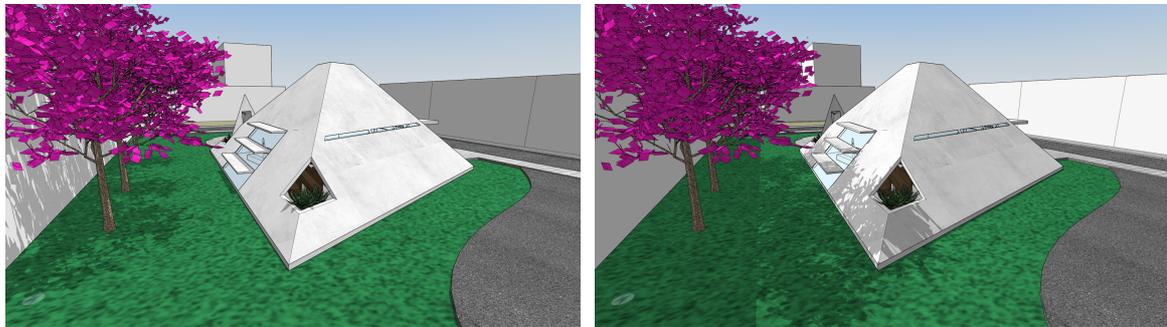


Figura 9. Verificação da proteção solar na fachada sudoeste para os horários das 14 h e 16 h do solstício de verão. Fonte: Elaborado pelos autores.

Após analisar o desempenho dos dispositivos de proteção solar, nota-se que estes se adequaram à necessidade de proteger a janela da fachada posterior nos momentos mais críticos dos dias 22/12, 22/06 e 23/09.

Entretanto, a abertura zenital, não apresentou comportamento desejado, pois permitiu a insolação ao longo do dia. A Figura 10 apresenta um exemplo da ocorrência de insolação às 15h do solstício de verão no interior da edificação. A insolação não incide sobre o ponto P2, mas na parede inclinada do edifício.

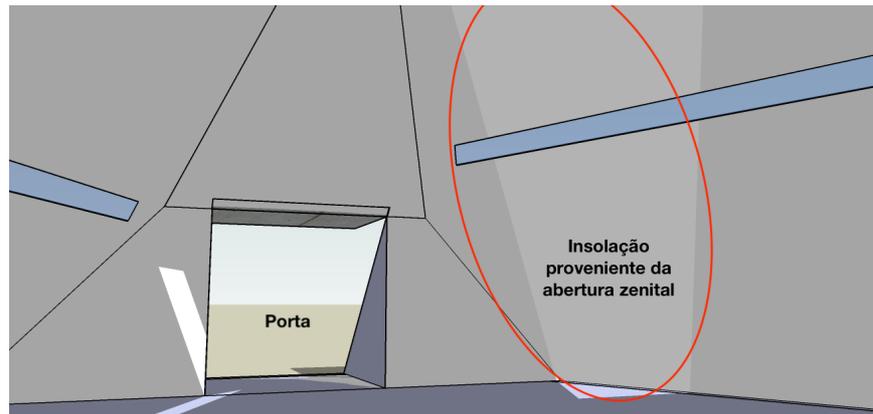


Figura 10. Insolação às 15 h do solstício de verão no interior da edificação. Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, o traçado de elementos de proteção solar por meio da carta solar e do transferidor de ângulos é bastante eficiente, pois permite a visualização da trajetória solar sobre a máscara de sombra. Entretanto, o estudo através da carta solar diz respeito a somente um ponto, não permitindo a visualização holística do fenômeno da insolação e da iluminação, sendo fundamental a verificação da eficácia dos protetores por meio de modelos tridimensionais.

Por exemplo, no estudo da abertura zenital, passa-se a falsa impressão de que haverá insolação somente por duas horas, quando no estudo com o modelo tridimensional, o sol incidirá durante todo o dia.

5. Estudo da ventilação no túnel de vento e no *software* Flow Design

Para o estudo no túnel de vento, inseriu-se a maquete física do projeto de modo a simular a incidência do vento nordeste na edificação. A Figura 11 é uma imagem obtida de um vídeo da simulação.



Figura 11. Simulação do vento nordeste no túnel de vento. Fonte: elaborado pelos os autores.

A partir desta análise, verifica-se que o vento em sua maioria contorna a edificação e incide sobre a pequena abertura da fachada nordeste. Dessa forma, a abertura deverá permitir passagem do vento pelo interior da edificação, pois, através da ventilação cruzada, esse fenômeno ocorre devido à existência de outra abertura na fachada oposta. A ventilação cruzada acontece devido à existência de zonas sujeitas a diferentes pressões do ar, ou seja, na face de incidência do vento existe uma zona de alta pressão e na face oposta, de baixa pressão.

Posteriormente, com intuito de comparar os resultados obtidos, utilizou-se o *software* Flow Design. Este *software* permite que você importe seu modelo e o posicione de acordo com o vento que deseja ser analisado e configure a velocidade do ar. Dessa forma, é possível visualizar os ventos incidentes na edificação e as zonas de pressão. A Figura 12, a seguir, apresenta os resultados obtidos no *software* Flow Design.

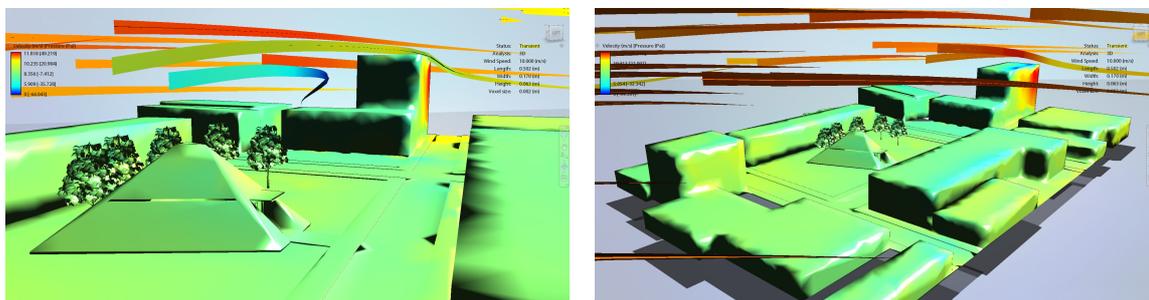


Figura 12. Simulação no programa Flow Design (Autodesk, 2019). Fonte: elaborado pelos autores.

Esta segunda análise confirma os resultados pontuados com o uso do túnel do vento. O vento em sua maioria passa por cima da edificação, por conta das edificações vizinhas. No interior do templo, devido ao pé direito de 5,0 m, a massa de ar quente se acumulará na parte superior, por diferença de temperatura, enquanto o ar frio ingressa pelas aberturas e se concentra próximo ao piso, gerando conforto térmico aos usuários.

Comparando-se as duas ferramentas para estudo de ventilação, nota-se que o túnel de vento em questão apresenta limitações relacionadas com as dimensões do modelo, pois, a fumaça se projeta somente na região superior, dificultando a visualização do vento na fachada. Além disso, deve-se definir as dimensões do modelo físico considerando a orientação dos ventos predominantes, pois qualquer rotação do mesmo poderá impedir seu arranjo dentro do túnel de vento. Para se obter os resultados dos ensaios, estes devem ser registrados em forma de vídeo. No túnel de vento é possível definir a velocidade do ar com auxílio de um anemômetro.

Com o *software* Flow Design, é possível realizar estudos semelhantes, com a facilidade de fazer alterações mais ligeiras quando comparado com o túnel de vento que exige um modelo físico.

6. Conclusões

Este estudo expôs algumas ferramentas que servem de suporte para as decisões projetuais frente aos fenômenos da insolação e da ventilação, aspectos a serem considerados na arquitetura.

Os estudos de insolação por meio da carta solar associada com a máscara de sombra permitem uma análise rápida do comportamento da edificação frente às recomendações da norma. Entretanto, o estudo através da carta solar não permite a visualização real do fenômeno da insolação e da iluminação sendo necessária a verificação em modelos tridimensionais.

Os estudos de ventilação por meio de modelos físicos apresentam alguns aspectos negativos em comparação com a aplicação de *softwares*, principalmente no que diz respeito às dimensões da maquete e, ao tempo e custo para realização das modificações. O *software* Flow Design apresentou resultados semelhantes com os do túnel de vento, sendo uma ferramenta interessante de apoio ao desenvolvimento projetual.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

BARANDIER, Henrique; ALMEIDA, Maria Cristina Tiná Soares de; MORAES, Ricardo (org.). **Planejamento e controle ambiental-urbano e a eficiência energética**. Rio de Janeiro: Eletrobras/procel, 2013.

BITTENCOURT, Leonardo; CÂNDIDO, Christhina. **Ventilação natural em edificações**. Rio de Janeiro: Procel Edifica, 2010.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Projeteee**. Conheça soluções bioclimáticas para projetar edificações energeticamente eficientes. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br>>. Acesso em: 03, fevereiro de 2020.

FROTA, A.F. & SCHIFFER, S.R. (1995): **Manual de Conforto Térmico**, 2a ed., Livraria Nobel S.A., São Paulo.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência energética na arquitetura**. 3°. ed. rev. e aum. [S. l.: s. n.], 2014. 366 p.

LAMBERTS, Roberto; XAVIER, Antônio Augusto de Paula. **Conforto térmico e stress térmico**. Florianópolis: Labeee, 2002.

MARSH, Andrew. **Web Applications**. Esta é uma lista de alguns aplicativos e programas para análise e avaliação de desempenho de edificação que o autor tem trabalhado ao longo de sua carreira como pesquisador. Disponível em: <<http://andrewmarsh.com/software/>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2020.

PINDORAMA FILMES. **Um Pé de Quê? Guia visual de identificação de árvores**. Rio de Janeiro, RJ. Vento Estúdio: 2010. Disponível em: <http://www.umpedeque.com.br/umpedeque.php>. Acesso em 25 de março de 2020.