XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

APLICAÇÃO DE UM FLUXO DE TRABALHO PARAMÉTRICO EM PROJETO DE *BRISE-SOLEIL* COM AUXÍLIO DO *SOFTWARE LADYBUG*

Florença Fiedler Pichler Von Tennenberg (1); Marcelo Galafassi (2)
(1) Arquiteta e Urbanista, Flor.pichler@gmail.com
(2) Marcelo Galafassi, Msc, Doutorando UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina, marcelo@galafassi.com.br
Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI - Balneário Camboriú , Santa Catarina - (47) 3261 - 1219

RESUMO
Os softwares de modelagem paramétrica, juntamente com os de análise climática, auxiliam o arquiteto a realizar análises climáticas de geometrias irregulares de maneira mais rápida e precisa em comparação com metodologias tradicionais. Um fluxo de trabalho pode auxiliar na tarefa de simplificar a parte técnica e de compreensão do fenômeno, tornando claras as diferentes possibilidades e apresentando as opções de decisão de maneira mais eficaz. O objetivo deste artigo é aplicar um fluxo de trabalho para dimensionamento de elementos de obstrução solar utilizando softwares paramétricos, em projeto arquitetônico. Os elementos de obstrução solar (brises-soleil) são uma das estratégias mais utilizadas para proteger as aberturas de uma edificação com relação ao ganho de calor. Neste artigo foi utilizado um fluxo de trabalho paramétrico para modelagem de elementos de obstrução solar, utilizando o *software Rhinoceros*, os *plug-ins Grasshopper* e *Ladybug*, de análise climática. Foi escolhida a cidade de Florianópolis e a fachada Norte para ser analisada. Foram elencados requisitos que os brises deveriam atender em relação à entrada de calor no ambiente e, a partir disto, os brises foram modificados para atender a estes requisitos. A aplicação de um fluxo de trabalho dentro de um *software* de análise bioclimática permitiu que se criassem diversas simulações apenas configurando intervalos de valores, permitindo o surgimento de novas soluções.
Palavras-chave: Conforto Ambiental, Modelagem Paramétrica, Projeto Bioclimático.

ABSTRACT
Parametric modeling softwares, along with climate analysis softwares, help architects project irregular geometry climate analyzes faster and more accurately than traditional methodologies. A workflow can help in the task of simplifying the technical and understanding part of the phenomenon, making clear the different possibilities and presenting the decision options more effectively. The objective of this article is to apply a workflow for dimensioning of solar obstruction elements using parametric software in architectural design. The elements of solar obstruction (brises-soleil) are one of the most popular strategies to protect the openings of a building in relation to the heat gain. In this research, a parametric workflow for modeling of solar obstruction elements was used, using Rhinoceros software, the Grasshopper plug-in and Ladybug, for climate analysis. The location of Florianópolis and the North facade were chosen for analysis. Requirements were listed that brises should attend in relation to the input of heat into the environment and from this, brises were modified to meet these requirements. The application of a workflow within a bioclimatic analysis software allowed the creation of several simulations only by setting intervals of values, allowing the emergence of new solutions.
Keywords: 1: Environmental Comfort. 2: Parametric Modeling. 3: Bioclimatic Design.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de Conforto Ambiental é de fundamental importância na concepção de um projeto arquitetônico, pois é por meio dele que se procura obter conforto dentro da edificação, adequando-a ao local onde ela está inserida. De acordo com Watson & Labs (1983), os edifícios são como um envelope protetor em torno do espaço habitado, e os elementos climáticos de seu exterior e interior são colocados em teste a partir das opções de projeto definidas pelo arquiteto.

Uma das estratégias utilizadas para a obtenção de conforto térmico e lumínico em uma edificação são os brises, elementos de obstrução solar que protegem as aberturas com relação ao ganho excessivo de calor por radiação indesejável, com redirecionamento da luz natural. São projetados por meio de cálculos de variáveis e ângulos solares, que são obtidos em cartas solares, representações gráficas do percurso aparente do Sol na abóboda celeste, nos diferentes períodos do dia e do ano (BITTENCOURT, 2004). Ao se posicionar a carta no ponto da edificação a ser analisada o arquiteto é possível visualizar os horários de melhor e pior insolação e estudar as possíveis intervenções em uma fachada.

Para ROUDSARI & PAK (2013), é fundamental que o projeto arquitetônico cumpra as metas estabelecidas em suas decisões de projeto. Essas decisões, por sua vez, necessitam de ensaios, estudos e simulações, que podem ocorrer com a utilização de *softwares* especializados em análises bioclimáticas. Os *softwares* que utilizam a parametrização, aliados àqueles de análise bioclimática, auxiliam o arquiteto a realizar análises climáticas em formas orgânicas e assimétricas, que seriam difíceis de serem realizadas à mão, ou em programas mais conhecidos, como o AutoCAD <www.autodesk.com>.

Durante o processo de projetar, o arquiteto possui inúmeras possibilidades. Por exemplo, ao se projetar elementos de obstrução solar, muitas alternativas aparecem e podem ser analisadas por meio de simulações computacionais.

Na área do conforto ambiental estão sendo cada vez mais empregados *softwares* que simulam situações de projeto. O uso dos *softwares* bioclimáticos torna o processo mais rápido e diminui o tempo utilizado na fase inicial do projeto. Para facilitar esta etapa, o desenvolvimento do que se chama de fluxo de trabalho, pode simplificar a parte técnica e de compreensão do fenômeno, tornando claras as diferentes possibilidades e apresentando as opções de decisão de maneira mais eficaz (BINI & GALAFASSI, 2017).

Para este artigo foi utilizado o fluxo de trabalho desenvolvido por Bini e Galafassi (2017) para criar um elemento de obstrução solar para a cidade de Florianópolis, considerando a orientação Norte. O mesmo foi analisado utilizando o *software* de análise climática *Ladybug* <http://www.food4rhino.com/project/ladybug-Honeybee?ufh>. Conforme utilizado por Martino (2014), foram considerados parâmetros como o ângulo de inclinação, a largura e a quantidade de elementos dispostos ao longo da abertura.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é aplicar um fluxo de trabalho para dimensionamento de elementos de obstrução solar utilizando *softwares* paramétricos, em projeto arquitetônico, de maneira que se demonstre a eficiência dessas ferramentas no processo projetual.

3. MÉTODO

Este artigo foi realizado por meio de uma abordagem descritivo-qualitativa. Foi definido um modelo padrão que pudesse servir como base para a modelagem e para realizar os estudos bioclimáticos. O local de estudo, a criação do modelo e a escolha dos *softwares*, serão descritos a seguir.

3.1. Definição do Local de Estudo

A cidade de Florianópolis, em Santa Catarina, foi escolhida como local de análise por possuir uma situação climática que exige estratégias climáticas distintas: soluções para o período do Verão e para o período do Inverno, de maneira que o envelope construtivo seja concebido para atender a exigência de ambos, simultaneamente. Segundo Lamberts *et al.* (2014), deve-se explorar o máximo possível a ventilação nos períodos de calor, com aberturas amplas e sombreamento para evitar a entrada de radiação indesejada. Nos períodos frios, as aberturas devem permitir a entrada da radiação solar, de maneira a aquecer o ambiente.

Primeiramente, foi importado para o software o arquivo climático da cidade de Florianópolis, adquirido no site <https://energyplus.net/weather>, e a partir do mesmo foi criada a carta solar.

Para este artigo também foi utilizado o *software* SOL-AR, um programa gráfico que permite a obtenção da carta solar de qualquer latitude especificada pelo projetista. É possível também a visualização da

radiação direta normal em todos os períodos do ano. O SOL-AR está disponível para download gratuito no site do Laboratório de eficiência energética em edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LabEEE-UFSC) <www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>.

Por meio deste *software* pode-se tomar decisões sobre a qualidade de radiação incidente desejável para o ambiente, e quais horários serão necessários haver obstrução da radiação solar.

Diante disto, utilizando a ferramenta *analysis period* foram aplicados os parâmetros do dia 10 de Outubro até 20 de Março, das 10:00h às 15:00h. Este foi o período escolhido para ser bloqueado pelo brise devido à quantidade de radiação incidente, utilizando os parâmetros do fluxo de trabalho aplicado. Também foi utilizada a ferramenta *conditional statement,* para mostrar o nível de radiação de todas as horas do período aplicado, conforme a Figura 1 e a Figura 2. Na Figura 1, tem-se o algoritmo criado no plug-in *Grasshopper* <http://www.rhino3d.com/download/grasshopper/1.0/wip> para gerar o diagrama da trajetória solar e radiação incidente em Florianópolis, demonstrado na Figura 2.

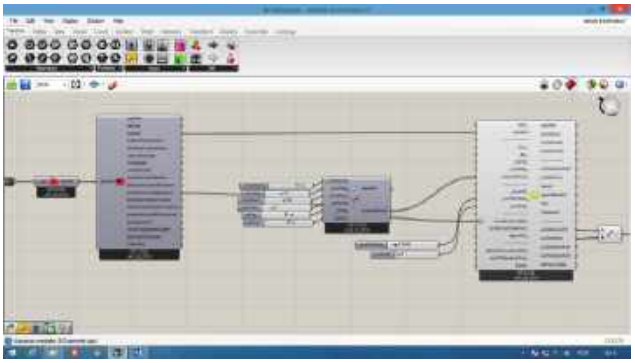


Figura 1: Componentes *analysis period* e *annual hourly data* no *Grasshopper*.
Fonte: Imagem registrada pelo autor.

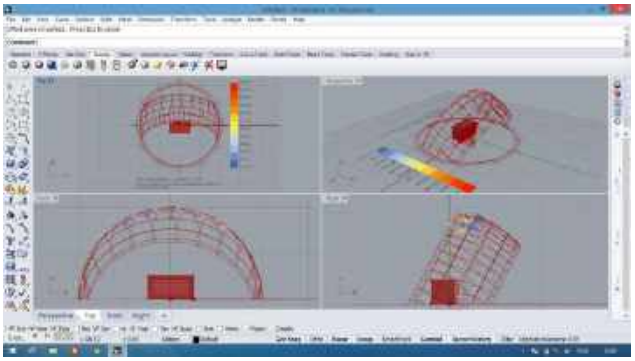


Figura 2 : Componentes *analysis period* e *annual hourly data* aplicados á carta solar de Florianópolis.
Fonte: Imagem registrada pelo autor.

3.2. Escolha dos *softwares*

Nas últimas duas décadas a maneira de construir tem passado por uma renovação principalmente graças a modelagem paramétrica, que permite a engenheiros e arquitetos desenhar e modificar todos os componentes de uma edificação por meio de parâmetros, viabilizando o uso de geometrias complexas na construção civil.

Os *softwares* que utilizam a modelagem paramétrica baseiam-se em uma forma de projetar "não destrutiva", ou seja, sempre que algo é modificado no projeto, o que existia antes não é apagado, sendo sempre possível retornar à forma anterior apenas redefinido os parâmetros.

Para Florio (2009), ao contrário da modelagem CAD tradicional onde as entidades não se relacionam entre si, a modelagem paramétrica permite que os parâmetros sejam alterados rapidamente. Assim, diferentes resultados podem ser comparados entre si apenas alterando as variáveis e as relações entre os elementos, transformando a geometria.

De acordo com Florio (2011), a modelagem paramétrica opera sobre parâmetros que subjazem à construção geométrica da forma. Sendo asssim, ao manipular a localização dos pontos e curvas no espaço, que constituem os elementos geométricos, podemos criar construções com complexidade formal e espacial.

No âmbito deste artigo, o uso de parâmetros permite que os elementos de obstrução solar sejam modificados rapidamente a fim de atender às análises de conforto ambiental. A modelagem paramétrica também permite a criação de formas complexas de elementos de obstrução, de maneira que este elemento atenda à necessidade climática do local e ao mesmo tempo se torne um elemento importante do ponto de vista estético, dando ao arquiteto maior liberdade de criação.

3.2.1. Rhinoceros

O *software Rhinoceros* <https://www.rhino3d.com/download> opera baseado em curvas NURBS (*Non Uniform Rational Basis Spline*), que são modelos matemáticos utilizados para representar curvas e superfícies sem necessariamente apresentarem proporção ou simetria, possibilitando ao projetista a criação de qualquer forma 2D ou 3D.

Este *software* foi criado inicialmente como um plug-in do Auto Cad, e posteriormente com a sua popularização, tornou-se um *software* independente, atualmente é um dos softwares paramétricos mais utilizados tanto por designers quanto por arquitetos e engenheiros.

Neste artigo o *Rhinoceros* foi utilizado como o programa principal, pois ele serve de base para todos os outros *softwares* e *plug-ins*, funcionado como forma de visualização das análises dos demais programas. Ele permite ao usuário visualizar o objeto a ser projetado em topo, perspectiva, frente e lateral ao mesmo tempo.

3.2.2. Grasshopper

O Grasshopper funciona como um *plug-in* do *software Rhinoceros*. Ele é um editor algorítmico integrado com as ferramentas de modelagem do *Rhinoceros*. O programa funciona ao se colocar componentes dentro da área de trabalho (que se parecem com "pilhas" ou "baterias") e se conectam ao próximo componente formando a geometria que pode ser visualizada no *Rhinoceros*.

A principal vantagem deste *plug-in* é que ele oferece novas formas de modificar a geometria 3D, inovando o processo de modelagem. Por meio dele pode-se parametrizar os modelos 3D, gerando a geometria através de funções matemáticas e permitindo que se façam rápidas alterações em geometrias complexas.

Este *software* foi utilizado neste artigo para criar o modelo que será utilizado como base para o estudo bioclimático, para então aplicar um fluxo de trabalho no dimensionamento dos elementos de obstrução solar.

3.2.3. Ladybug

Ladybug é um *plug-in* para o *Grashopper* e permite a análise de radiação, insolação, orientação dos ventos, e de iluminação natural. Nele exporta-se um arquivo com dados climáticos do local a ser estudado, permitindo que o arquiteto modifique a geometria do projeto de acordo com as necessidades climáticas do local.

3.3. Definição de um ambiente modelo

Para efeito de estudo, o ambiente criado foi considerado como sendo uma área de permanência prolongada em uma residência. Foi analisado o período de 10 de Outubro até 20 de Março, quando a radiação é mais intensa na cidade de Florianópolis.

3.4. Fluxo de trabalho paramétrico

A modelagem paramétrica possui uma metodologia singular, que possibilita testar diferentes configurações sem precisar reiniciar totalmente o desenho. Isso ocorre pelo fato de ser trabalhado por meio de parâmetros, com a mesma programação, mas com valores diferentes (FLORIO, 2009).

Desta forma, foi escolhido um fluxo de trabalho parametrizado para a criação dos brises, que pudesse demonstrar a capacidade do *software* ao realizar análises bioclimáticas modificando-se os parâmetros para conseguir o modelo de brise ideal para determinada latitude.

O fluxo de trabalho escolhido foi baseado no estudo de Bini e Galafassi (2017), onde foi desenvolvido um elemento de obstrução solar a partir de modelagem paramétrica. Os autores criaram parâmetros para os elementos de obstrução solar que poderiam ser replicados e facilmente modificados em diferentes situações. Definidos alguns parâmetros, realizou-se o estudo de diferentes opções do elemento de fachada, suas dimensões, formas e escalas, de acordo com o *software* de análise bioclimática.

O primeiro parâmetro desenvolvido foram os eixos x e z, que são a base do elemento; sua largura e altura. Estes parâmetros permitem escolher a quantidade de pontos que formam as aletas dos brises e a distância entre cada uma delas.

Em seguida, os pontos foram conectados nos eixos x e z. Essa linha contínua faz com que, quando o comando de curva de cada uma das linhas for alterado, os pontos se movam juntos. Assim, quando se altera a altura da linha, todos os pontos estão conectados e se alteram no mesmo momento.

3.5. Recursos do *software Ladybug*

O *Ladybug* necesita de um arquivo climático de um local específico para poder realizar as análises. Este arquivo é chamado de *EPW weather file*, que está disponível no site <https://energyplus.net/weather> , e foi inserido no *software* (Figura 3).

O website dispõe de arquivos climáticos do mundo todo, e para isto utiliza 20 fontes de estudos meteorológicos de diferentes países. Os arquivos do Brasil são do Instituto nacional de meteorologia (INMET), elaborados pelo Prof. Maurício Roriz, da UFSCar em São Carlos, São Paulo, em conjunto com a ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações <https://energyplus.net/weather/sources#INMET>.

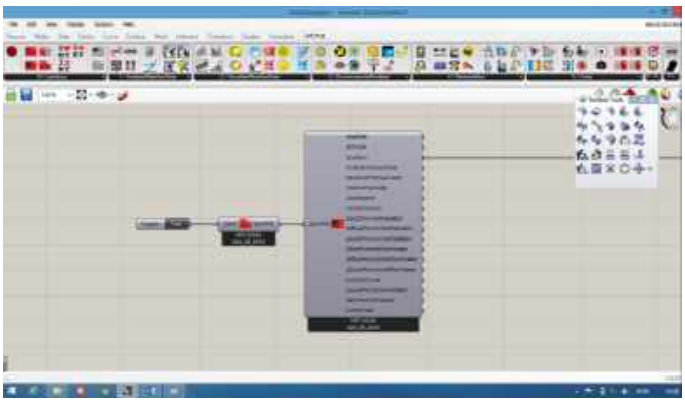
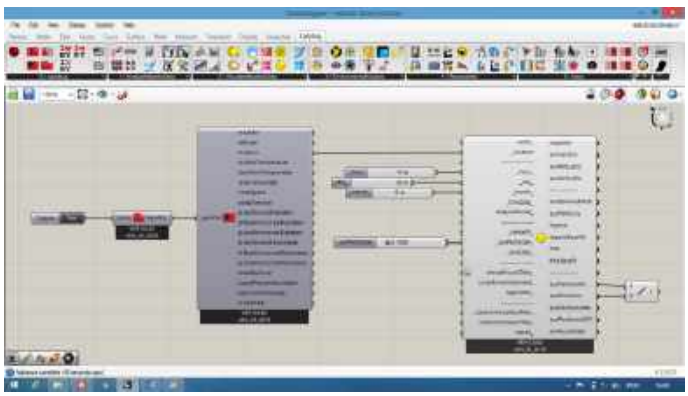


Figura 3: Arquivo em formato EPW, importado no *Ladybug*.
(Fonte: imagem registrada pelo autor).

Com o arquivo climático importado, tem-se acesso a informações como a temperatura de bulbo seco, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento, a direção predominante do vento em diferentes épocas do ano, a radiação solar, o nível de precipitação e a pressão barométrica. Para este artigo foi utilizada a informação sobre a radiação solar.

Após a importação do arquivo climático, iniciou-se a análise criando a carta solar para Florianópolis. Com esta é possível analisar a posição do Sol no céu para qualquer momento do ano. No *Ladybug,* ela é criada a partir do comando *sunpath,* que permite criar parâmetros para os meses, dias, e as horas do ano, permitindo que se modifique, de maneira simples a posição do Sol no céu, como pode ser observado na Figura 4. No caso, configurado para as 14:00 h, no dia 30 do mês 06.



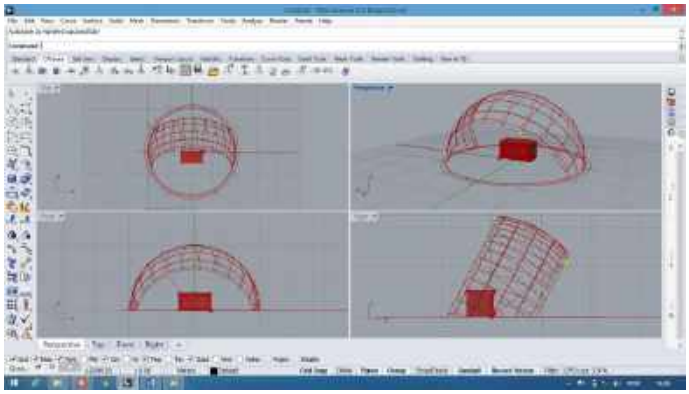


Figura 4: Componente *sunpath*.
(Fonte: imagem registrada pelo autor).

Outra forma de utilizar a carta solar é pelo componente *analysis period,* que permite analisar um período de tempo, ao invés de apenas um momento específico, como mostra a Figura 5. Neste exemplo o componente está programado para mostrar a posição do Sol em todas as horas de Janeiro até Fevereiro, mas também podem ser programados dias e horários específicos, apenas alterando os parâmetros.

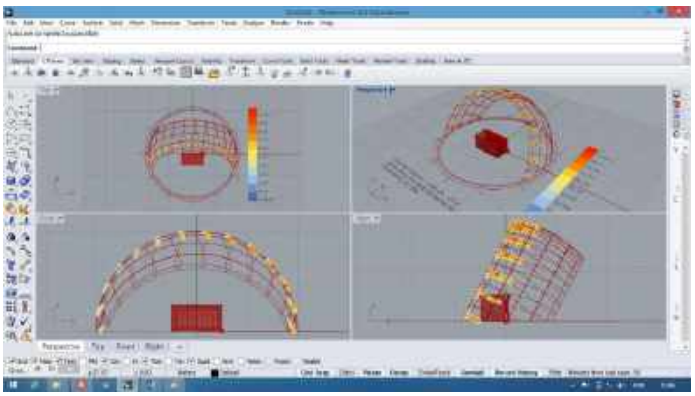


Figura 5: Componente *analysis period*.
(Fonte: imagem registrada pelo autor).

Outro recurso do *software* é a possibilidade de conectar a posição do Sol, no céu, com o ponto a ser estudado, e criar um *solar fan* (ou leque solar, em tradução livre). Este recurso permite interseccionar a localização desejada do Sol com a geometria da edificação (Figura 6).

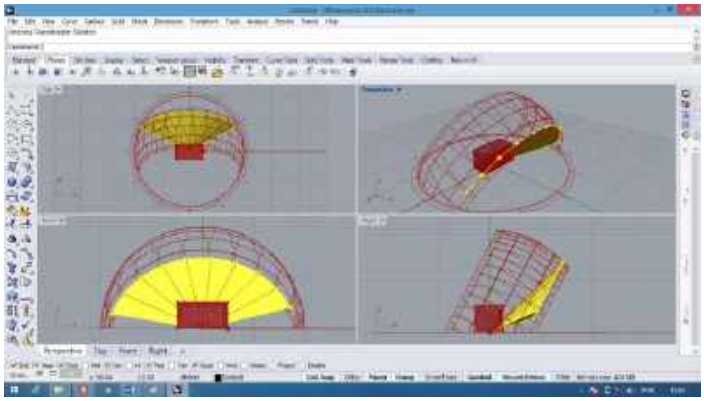


Figura 6: Componente *solar fan*.
(Fonte: imagem registrada pelo autor).

Ainda com o analysis period ligado, utilizou-se a ferramenta conditional statement para aplicar condições específicas. O programa calculou a posição solar que concorda com estas condições estabelecidas: temperatura maior que 25º e a radiação maior que 630 W/m2, como mostra a Figura 7. O programa também calculou por quantas horas no ano estas condições se aplicam.

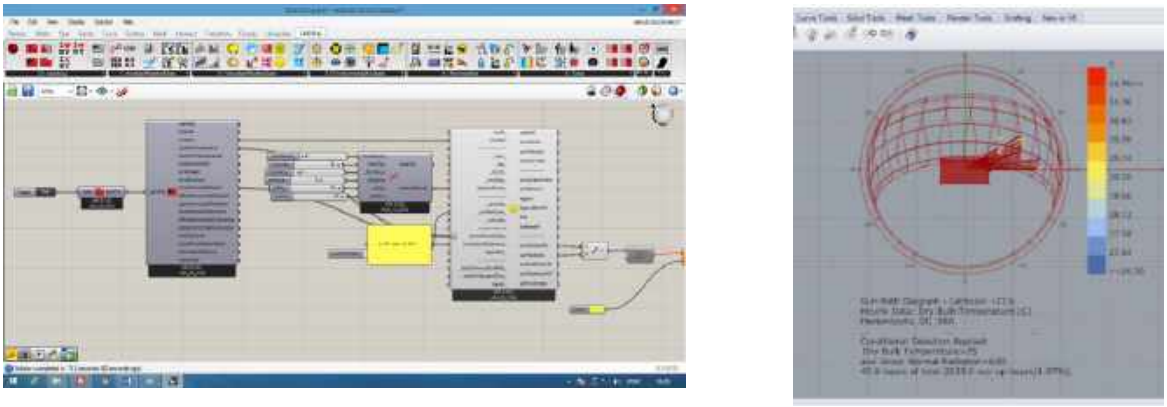


Figura 7: Componente *solar fan*.
(Fonte: imagem registrada pelo autor).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Análise do brise para a cidade de Florianópolis, SC

Com a definição do ambiente modelo e do local de estudo, iniciaram-se as simulações no *software Ladybug*. Foram criadas linhas do ponto do cômodo a ser analisado até a posição do Sol na carta solar gerada pelo *software*. Com isto, têm-se os ângulos solares mostrados de forma gráfica permitindo ao projetista alterar o brise para que ele atenda às necessidades do local e do período escolhido (Figura 8).

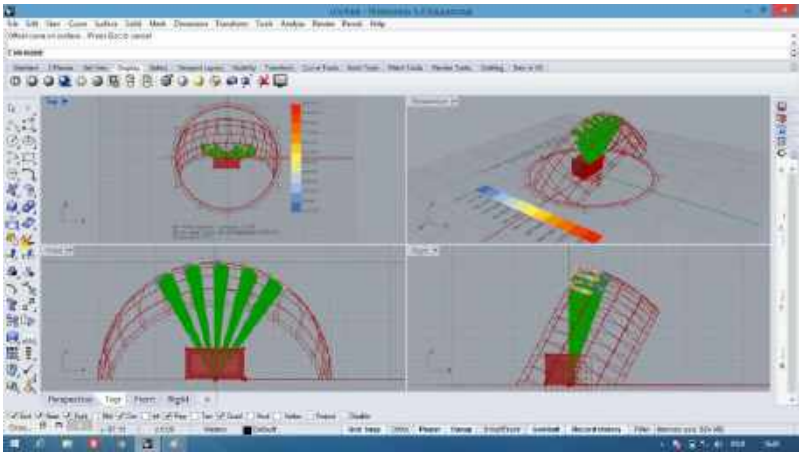


Figura 8: Ângulos solares gerados para o modelo.
(Fonte: imagem registrada pelo autor).

O brise foi modificado apenas alterando-se os parâmetros preestabelecidos no fluxo de trabalho escolhido. Primeiramente, rotacionou-se o brise em 90°, resultando em um brise horizontal (Figura 9).

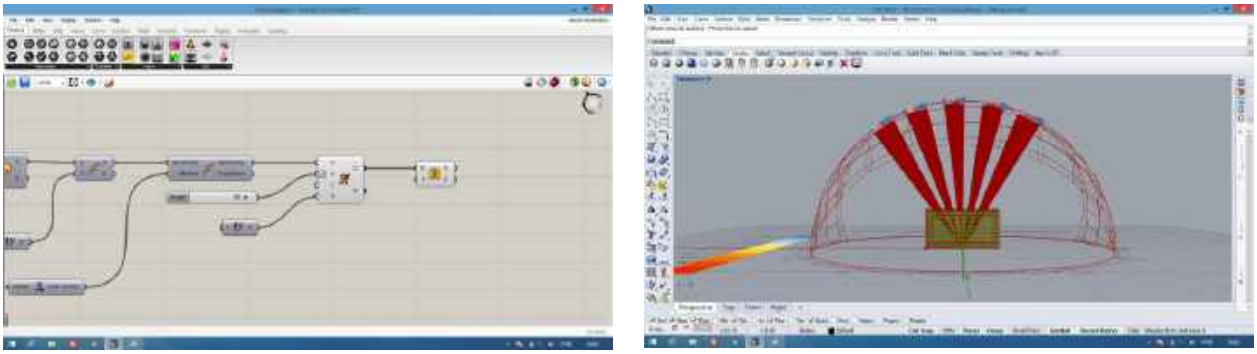


Figura 9: Movimento de rotação do brise.
(Fonte: imagem registrada pelo autor).

Em seguida foram ajustados os parâmetros de profundidade e inclinação para cada aleta do brise, com o intuito de obstruir a insolação indesejada. Cada aleta foi alterada de maneira diferente, resultando em um formato irregular e assimétrico, mas que atende os requisitos pré estabelecidos (Figura 10).

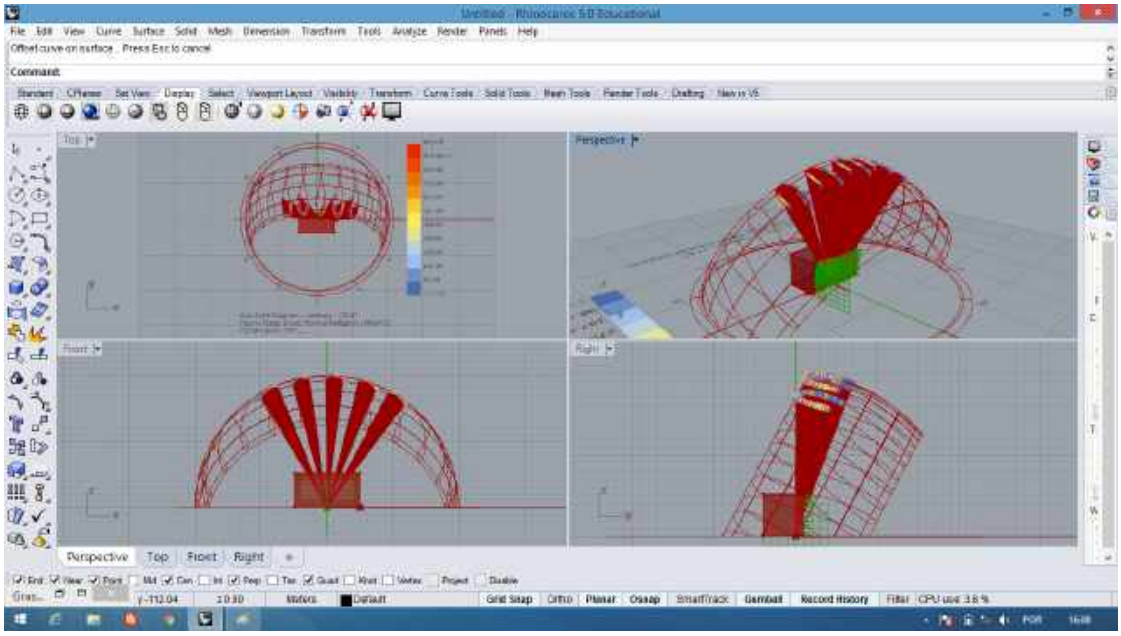


Figura 10: Resultado de configuração dos brises
(Fonte: imagem registrada pelo autor).

5. CONCLUSÕES

Os *softwares* de modelagem paramétrica permitem ao arquiteto otimizar o tempo nas etapas iniciais das decisões de projeto. O uso de um fluxo de trabalho para a criação de elementos de obstrução solar potencializou o processo de criação, pois permitiu que fossem geradas mais soluções para cada elemento, tornando mais eficiente e precisa a decisão escolhida para cada edificação.

Além disso, os *softwares* paramétricos possibilitam a criação de elementos de obstrução mais complexos e de maneira mais rápida do que os métodos tradicionais. No *software*, pode-se criar elementos que atendem aos requisitos do clima do local de estudo, em concordância com formas geométricas mais complexas.

Neste artigo, um fluxo de trabalho foi aplicado na latitude de -27º, na cidade de Florianópolis, Estado de Santa Catarina, criando-se brises para a orientação Norte. A aplicação de um fluxo de trabalho dentro de um *software* de análise bioclimática permitiu que fossem criadas diversas simulações apenas configurando intervalos de valores, permitindo o surgimento de novas soluções, como por exemplo, durante o período de Inverno, quando o aquecimento é desejável, e pode-se alterar os parâmetros para permitir penetração solar.

A partir de um fluxo de trabalho, basta elencar diferentes variáveis para os parâmetros criados, para se conseguir elementos de obstrução solar que atendam aos requisitos necessários para o clima local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AutoCAD. Disponível em: <www.autodesk.com.br/products/autocad/overview> Acesso em 10/01/2018.

BINI, Carolina; GALAFASSI, Marcelo. "Desenvolvimento de um fluxo de trabalho para dimensionamento de elementos de obstrução solar, utilizando os softwares de modelagem paramétrica". In: **XIV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente**

Construído, Balneário Camboriú, 2017. 10 p.

BITTENCOURT, Leonardo. **"Uso das Cartas Solares - Diretrizes para Arquitetos".** 4ª ed. Maceió: EDUFAL, 2004. 109 p.

ENERGY PLUS. Disponível em <https://energyplus.net/weather>. Acessado em 15/12/2017.

FLORIO, Wilson. "Modelagem Paramétrica no Processo de Projeto em Arquitetura". In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - IX WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2009, São Carlos, p. 571 - 582.

FLORIO, Wilson. **Modelagem Paramétrica, Criatividade e Projeto:** Duas Experiências com Estudantes de Arquitetura. 2. ed. São Carlos: Gtp, 2011. 6 v.

Grasshopper. Disponível em: <http://www.rhino3d.com/download/grasshopper/1.0/wip> Acesso em 12/09/2017.

Ladybug. Disponível em: <http://www.food4rhino.com/project/ladybug-Honeybee?ufh> Acessado em 12/02/2016.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. Ruttkay. "**Eficiência Energética na Arquitetura".** 3ª ed. São Paulo: PW, 2014. 382 p.

MARTINO, Jarryer Andrade de. "O algoritmo evolutivo como método no processo de definição de brises". In: **ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO ARQUITETURA, CIDADE E PROJETO: UMA CONSTRUÇÃO COLETIVA**, 03., 2014, São Paulo. **Anais... .** São Paulo: ENPARQ, 2014. p. 01 - 13.

Rhinoceros 5.0. Disponível em: <https://www.rhino3d.com/download> Acesso em 11/11/2017.

ROUDSARI, Sadeghipour; PAK, Michelle. "Ladybug: a parametric environmental plugin for grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design". In: **13º International IBPSA Conference**. 2013.

SOL-AR. Disponível em: <www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar> Acessado em:12/08/2017.

WATSON, Donald; LABS, Kenneth. **"Climatic Building Design - energy-efficient building principles and practice".** New York: McGraw-Hill, 1983. 288 p.