

Desenho Paramétrico e Performance Associados ao Processo Projetual

Parametric Design and Performance associated with Design Process

➤ Virginia Czarnobay Vannini
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
virvannini@gmail.com

➤ Jarryer Andrade De Martino
UNICAMP, Brasil
jarryer_martino@hotmail.com

➤ Alessandro Lima
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
alessandroplima@gmail.com

➤ Underléa Miotto Bruscato
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
arq.leiab@gmail.com

Abstract

This work describes a design methodology to minimize direct solar incidence in facades, exploring the shape of brise-soleil. The methodology correlates parametric design and evolutionary algorithm, through the integration of computational tools. At first, are established shade's shape variable and restrictions, through the Rhinoceros software and Grasshopper plug-in. Subsequently, the shape is studied to minimize the sunlight incidence through the genetic platform 'Galapagos' and the simulation software 'Ecotect'. The results indicate the relevance between the parametric design and the evolutionary algorithms during the project process, reducing the time in researching for optimized solutions.

Keywords: Design process; Evolutionary algorithm; Parametric design; Brise-soleil

Introdução

A consciência atual frente ao uso inadequado dos recursos naturais aumenta a investigação por novos processos e estratégias arquitetônicas na busca por soluções geometricamente eficientes. O objetivo deste artigo é associar desenho paramétrico, algoritmo evolutivo e performance, como um possível método de otimização do processo projetual.

A otimização geométrica é um problema complexo frente à formulação algorítmica e matemática. "Qualquer ideal é apenas uma situação ótima dentro da conceituação do espaço do problema e a demarcação de condicionantes aplicados." (Pottmann et al., 2007). Diante do processo projetual, a otimização busca soluções mais eficientes (Kolarevic & Malkawi, 2005) para problemas de maximização ou minimização.

Até a década de 60 os processos projetuais buscavam solucionar os problemas de projeto, através de procedimentos heurísticos (Matino, 2012), a partir desse momento, diante de um contexto embasado no desenvolvimento tecnológico com ênfase na manipulação e gerenciamento de informações, percebe-se clara influência nas discussões sobre a sistematização dos processos mentais adotados pelos projetistas. Assim, o pensamento deveria ser externalizado e inteiramente explicado através de uma estruturação lógica do processo, sendo definido previamente os objetivos, as variáveis e os critérios de avaliação (Jones, 1992, p.50). Isso possibilitou a implementação de tal processo em um sistema informatizado, criando sistemas generativos capazes de serem integrados a teorias vindas do campo da inteligência artificial, como os métodos evo-

lutivos, potencializando a utilização do computador no processo projetual, fazendo dessa ferramenta não apenas uma extensão da mente humana, mas um parceiro no processo de projeto com aptidões específicas (Terzidis, 2006).

O uso de métodos evolutivos e princípios paramétricos vem sistematizando (Meredith, 2008) a exploração da forma através de métodos que avaliam a performance de elementos arquitetônicos. Vannini (2012) propõe uma metodologia para otimização de superfícies de fachada fotovoltaica, de modo a maximizar a incidência da radiação solar em edifícios através da integração entre ferramentas computacionais de modelagem paramétrica e algoritmo evolutivo. Entre outros estudos que aplicam o uso de algoritmo evolutivo durante o processo projetual, encontram-se Rapone (2013) e Martino (2013), na busca por soluções geometricamente eficientes sob o ponto de vista energético, seja através de análise: térmica, acústica, luminica, geração de energia, entre outras. Observa-se assim, o potencial inerente na introdução de sistemas generativos e ferramentas computacionais durante o processo projetual, através da exploração e sistematização da forma, podendo gerar um conjunto de alternativas, e conseqüentemente, aumentar a geração de soluções energeticamente otimizadas.

Métodos de projeto baseados em sistemas generativos objetivam gerar uma variedade de soluções em potencial para avaliação, explorando diferentes formas durante o mesmo procedimento. Visto que a forma de elementos de proteção implica diretamente no conforto térmico e no desempenho energético da edificação, esse

estudo visa abordar a eficiência de métodos baseados em sistemas generativos durante o processo de projeto de brises-soleil. A partir de um problema definido, permite-se a geração de famílias de objetos, ou seja, soluções potencialmente viáveis para o problema em questão. As estratégias generativas diferem-se de abordagens tradicionais de projeto, pois o projetista elabora métodos para a produção do objeto, ao invés de projetar diretamente o elemento. Assim, o algoritmo genético opera com uma população de possíveis soluções, através de operações combinatórias, cruzando dados e melhorando a gestão de projetos.

Este artigo foi elaborado em atividade acadêmica de Processos de Fabricação Digital como Ferramenta de Projeto no Programa de Pós-graduação em Design da UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – relacionando algoritmo evolutivo, desenho paramétrico e performance de dispositivos de proteção solar, com o uso de ferramentas computacionais, fabricação digital e a prototipagem rápida, auxiliando o processo de projeto. O desafio foi empregar um algoritmo evolutivo para desenvolver uma estrutura de brise, a fim de auxiliar na compreensão de novos processos e estratégias arquitetônicas buscando soluções geometricamente eficientes. O artigo estrutura-se em quatro partes: algoritmo evolutivo, materiais e métodos, resultados e conclusões.

Algoritmo Evolutivo

O algoritmo evolutivo é uma ferramenta generativa, baseado em um conjunto de métodos de busca, inspirado na evolução biológica (Bentley 1999), proposta por Charles Darwin. Constitui um método de busca e otimização para um determinado problema, através da evolução de populações, codificadas por cromossomos. O cromossomo, ou genótipo, consiste na estrutura de dados que representa umas das possíveis soluções do problema, enquanto o fenótipo é a representação física que passará pela avaliação e processo de seleção de acordo com a sua aptidão. Assim, os cromossomos são submetidos a um processo evolutivo, avaliação, seleção, recombinação e mutação. Após o cumprimento de vários ciclos, a população passa a conter indivíduos mais aptos, expressos pela função-objetivo, em inglês *fitness function* (Fasoulaki, 2007).

Materiais e métodos

Visando explorar estratégias generativas durante o processo projetual, este trabalho aplica uma metodologia de projeto vinculando algoritmo evolutivo, desenho paramétrico e performance de dispositivos de proteção solar. O objeto deste estudo é o retrofit da fachada Norte do Edifício da Escola de Engenharia Nova da UFRGS, que se encontra em processo de restauração (Figura 1). Visando explorar o conforto térmico natural, controle de temperatura com baixo custo energético e possibilidade futura de integração de elementos fotovoltaicos para geração de energia, este estudo propõem elementos de proteção solar – brises soleil – móveis, integrando-se a estrutura existente do edifício, que possui uma modulação no tamanho de 340 cm de largura e 390 cm de altura (Figura 2).



Figura 1: Fotografia da Fachada Norte do Edifício da Escola de Engenharia Nova da UFRGS. Fonte: file:///C:/Users/Virg%C3%ADnia/Desktop/DOCTORADO/ARTIGOS/Sigradi_2014/fotos/1.htm Visitado em 28 ago 2014.

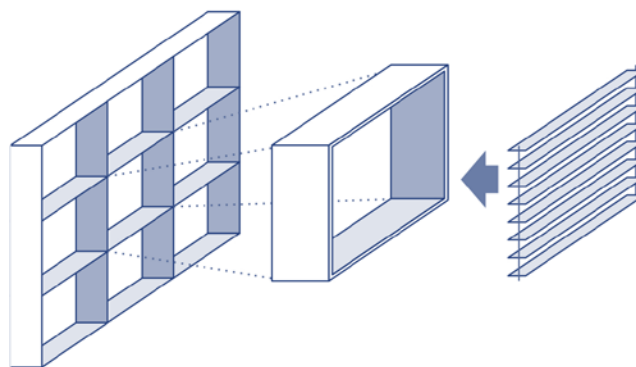


Figura 2: Módulo da estrutura da fachada. Elaborado pelos autores.

O desenvolvimento do experimento teve início com a modelagem paramétrica de um dos módulos da fachada e dos brises no seu interior. Estes são compostos por 15 elementos móveis, espaçados igualmente entre eles (20 cm entre eixos), podendo variar sua dimensão na largura, entre 10 cm a 20 cm, e na sua inclinação, entre 0° e 45°, sob o eixo central. O intervalo das variáveis foi definido visando a possibilidade de movimentação dos elementos conforme o movimento solar e a possibilidade de permeabilidade visual do interior da sala com a área externa.

A ferramenta utilizada para a modelagem geométrica foi o plug-in Grasshopper (editor gráfico de algoritmos) do software Rhinoceros da McNeel, sendo utilizado o componente Galapagos, para a implementação do algoritmo evolutivo, e os recursos do Geco (add-on responsável pela integração com o programa Ecotect Analysis da Autodesk) para a simulação da insolação. O Geco exporta a modelagem tridimensional para o Ecotect Analysis, onde será realizada a simulação da insolação sobre os brises, considerando os dados climáticos do local previamente definido (cidade de Porto Alegre). As informações obtidas na simulação são encaminhadas para o Grasshopper, onde serão avaliadas pelo algoritmo evolutivo (Figura 3).

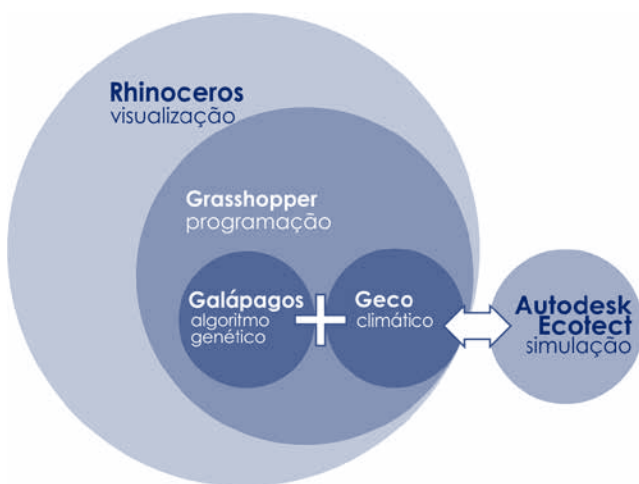


Figura 3: Interação entre os softwares. Elaborado pelos autores.

O algoritmo é responsável pela combinação entre as diferentes possibilidades, que variam conforme a reconfiguração e redefinição das variáveis, promovendo a criação de novas soluções. Em algumas dessas soluções são aplicadas sutis transformações (mutação) a fim de se obter diversidade. Após esse processo, as soluções são avaliadas conforme o grau de satisfação aos critérios que definem as características desejadas no projeto, sendo atribuído um valor (*fitness*) responsável pela classificação de cada solução. Somente as melhores soluções classificadas serão selecionadas para uma nova combinação, sendo repetido esse processo até a obtenção das soluções que melhor satisfaçam simultaneamente todos os critérios. Os critérios correspondem (a) a maior superfície possível para os brises, recebendo a maior incidência solar direta anual, contribuindo não apenas para a proteção das aberturas existentes contra a radiação solar direta, mas também, possibilitando a aplicação de células fotovoltaicas para a geração de energia da própria movimentação do sistema; (b) a menor angulação possível dos elementos protetores, permitindo a integração da área interna com o exterior. Dessa forma, as soluções devem gerar sombreamento sem bloquear a visão do exterior, caracterizando uma situação de conflito e favorável ao algoritmo evolutivo, justamente por se tratar de variáveis conflitantes, permitindo ao algoritmo evolutivo negociá-las até encontrar uma solução balanceada.

A solução inicial adotada, antes de executar o algoritmo evolutivo, considera a disposição das superfícies de proteção solar horizontalmente, tendo como configuração 0° de inclinação e 10 cm de largura para todos os painéis (Figura 4).

O algoritmo evolutivo foi configurado para obter a maximização do *fitness*, cumprindo uma estagnação de 50 gerações sucessivas ou a quantidade de sessenta e cinco gerações (independente da estagnação), a população de cinquenta indivíduos por geração, dos quais 5% foram mantidos de uma geração para outra, e a definição do cruzamento entre os indivíduos com grau de semelhança de 75% (mantendo o grau de familiaridade entre os indivíduos com o objetivo de se preservar as características favoráveis entre as gerações). Os resultados encontrados demonstram formas mais aptas do que o estabelecido inicialmente, convergindo para a variação formal

de cada brise de maneira crescente e decrescente das suas áreas de superfície; resultado não esperado e imaginado pelos projetistas.



Figura 4: Configuração inicial dos brises. Elaborado pelos autores.

Resultados

Os resultados obtidos demonstram variações dimensionais na largura dos dispositivos de proteção solar horizontal, mantendo o espaçamento de 20 cm entre eixos, conforme restrição do modelo. Os resultados mais eficientes apresentaram como solução uma variação na largura dos brises criando um ritmo crescente e decrescente, gerando um efeito de gradação (Figura 5). O ângulo de inclinação obtido ficou na média de 11°, não bloqueando o contato visual com o exterior, conforme intenção projetual. As primeiras dez gerações já estabeleceram um padrão formal que continuou repetindo nas gerações subsequentes, porém, tendo rendimento gradativamente maior, uma vez que o algoritmo evolutivo buscou melhorar o desempenho da solução formal encontrada.

Esse resultado demonstra que o sistema parametrizado e evolutivo adotado como método de projeto contribuiu não apenas para a otimização do resultado, mas também para a obtenção de uma solução inesperada e inusitada para o projeto.



Figura 5: Resultado gerado pelo algoritmo evolutivo. Elaborado pelos autores.

Depois de encontrada a solução com a melhor performance foi possível construir um protótipo para que fosse verificado o efeito obtido através da simulação digital (Figura 6). Neste protótipo foram testados os encaixes, impressos em uma impressora 3D, verificando a fixação nos brises e destes no o módulo estrutural (executados através da cortadora a laser em acrílico e MDF).

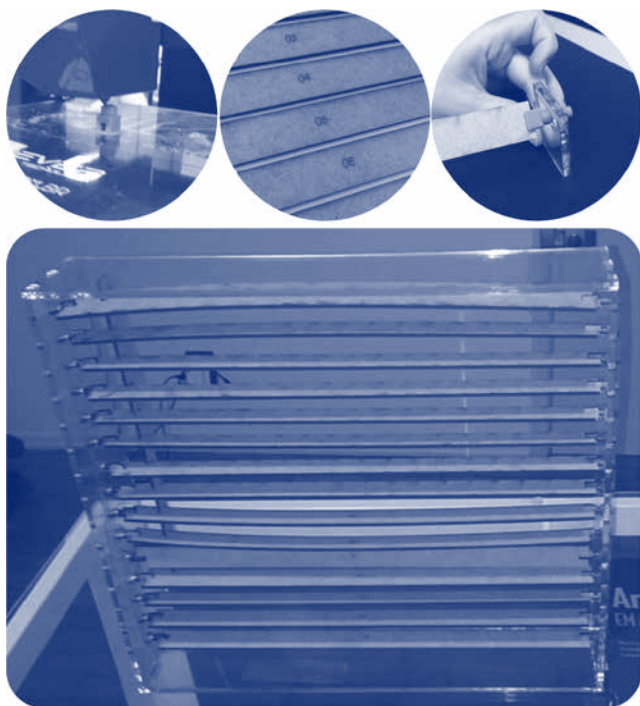


Figura 6: Resultado final prototipado. Elaborado pelos autores.

Conclusão

O experimento poderia ser aprimorado, ampliando o número de variáveis e permitindo assim, a exploração de maior complexidade da forma construída. Além disso, outros experimentos poderiam ser aplicados à metodologia, podendo assim comparar e aferir o desempenho de elementos de proteção solar dispostos em outros eixos, como por exemplo, a disposição no sentido vertical das superfícies. Mas diante do resultado obtido é possível compreender como a utilização de um projeto paramétrico associado a um sistema evolutivo pode contribuir para a obtenção de soluções com

melhor performance, a exemplo do conforto térmico e lumínico dos ambientes, e que poderiam ser enriquecidos com um projeto complementar para a geração de energia fotovoltaica, aperfeiçoando o método de otimização de formas proposto.

Referências

- Bentley, P. J. (1999). *Evolutionary Design by Computers*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Fasoulaki, E. (2007). *Genetic Algorithms in Architecture: a Necessity or a Trend?*. Master of Science in Architecture, Computation Group. Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology.
- Jones, J. C. (1992). *Design methods*. New York: Wiley.
- Kolarevic, B. & Malkawi, A. M. (2005). *Performative Architecture – Beyond Instrumentality*. New York: Spon Press.
- Martino, J. A de. & Celani, G. (2012). O Algoritmo Evolutivo como método projetual. In: XVI Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital: Forma (in) Formação, pp. 570-574. Fortaleza: Sigradi.
- Martino, J. A de. & Celani, G. (2013). O Algoritmo Evolutivo como ferramenta para análise e tomada de decisão na implantação de edifícios em um lote. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Contruído, 3.; Encontro Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 6. Porto Alegre: ANTAC.
- Meredith, M. 2008. *From Control to Design: Parametric/ Algorithmic Architecture*. Barcelona: Actar-D.
- Pottmann, H.; Asperl A.; Hofer, M.; Kilian, A. (2007). *Architectural Geometry*. Bentley Institut Press.
- Rapone, G., Saro, O., & Zemella, G. (2013). Multi-objective optimization of external shading devices for energy efficiency and visual comfort. *Building Simulation Applications BSA*. Bozen-Bolzano University Press. pp.191-198. Retrived from <http://www.unibz.it/it/library/Documents/bupress/publications/fulltext/9788860460585.pdf>
- Terzidis, K. (2006). *Algorithmic architecture*. Amsterdam: Elsevier/ Architectural.
- Vannini, V., Bueno, E. & Turkienicz, B. (2012) Otimização geométrica de superfícies de fachada para uso fotovoltaico. In: XVI Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital: Forma (in) Formação, pp 426-430. Fortaleza: Sigradi.