

ELEMENTOS DE FACHADA COM CARACTERÍSTICAS FRACTAIS: PROCESSO DE PROJETO PARAMÉTRICO E SEU CONSEQÜENTE COMPORTAMENTO À LUZ DO DIA

FACADE ELEMENTS WITH FRACTAL CHARACTERISTICS: PARAMETRIC DESIGN PROCESS AND ITS CONSEQUENT BEHAVIOR IN DAYLIGHT

Pedro Oscar Pizzetti Mariano¹, Alice Theresinha Cybis Pereira², Gabriela Pinho Mallmann³

RESUMO:

Esta pesquisa trata do desenvolvimento de um processo paramétrico para a aplicação de padrões geométricos fractais em elementos arquitetônicos de fachada. Tendo como objetivo desenvolver e avaliar um processo de projeto que possibilite gerar componentes de fachada com características da geometria fractal linear, organizá-los conforme a radiação incidente e verificar a complexidade de sua composição por meio da dimensão fractal. Para isso um processo paramétrico e generativo foi construído em uma ferramenta de programação visual e plug-ins, seguindo um modelo de performance adaptado. Como resultado é possível identificar e verificar o comportamento da luz do dia nos ambientes internos, consequente da escolha do padrão fractal linear da composição organizada a partir da radiação e do entorno urbano utilizado. Na sequência, com base nos resultados, foi desenvolvida uma correlação entre as composições e o entorno urbano, demonstrando que a utilização dos controladores possibilita que a luz do dia no interior seja controlada pelo projetista, distribuindo a luz independente da verticalização do entorno urbano.

PALAVRAS-CHAVE: Geometria fractal; Processo paramétrico; Processo generativo; Elementos de fachada; Simulação.

ABSTRACT:

This research deals with the development of a parametric process for the application of fractal geometric patterns in architectural façade elements. Aiming to develop and evaluate a design process that makes it possible to generate facade components with characteristics of linear fractal geometry, organize them according to the incident radiation and verify the complexity of their composition through the fractal dimension. For this, a parametric and generative process was built in a visual programming tool and plug-ins, following an adapted performance model. As a result, it is possible to identify and verify the behavior of daylight in indoor environments, resulting from the choice of the linear fractal pattern of the composition organized from the radiation and the urban environment used. Subsequently, based on the results, a correlation was developed between the compositions and the urban environment, demonstrating that the use of controllers allows the interior daylight to be controlled by the designer, distributing light regardless of the verticalization of the urban environment.

KEYWORDS: Fractal geometry; Parametric process; Generative process; Facade elements; Simulation.

¹Universidade Federal de Santa Catarina

²Universidade Federal de Santa Catarina

³Universidade Federal de Santa Catarina

Fonte de Financiamento:
CAPES: número do processo
DS 1654352

Conflito de Interesse:
Declara não haver.

Submetido em: 30/04/2021
Aceito em: 07/08/2021

How to cite this article:

MARIANO, P. O. P.; PEREIRA, A. T. C.; MALLMAN, G. P. Elementos de fachada com características fractais: processo de projeto paramétrico e seu consequente comportamento à luz do dia. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. São Carlos, v17, n2, 2022. <https://doi.org/10.11606/gtp.v17i2.185169>



INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de formas geométricas meramente abstratas ou elaboradas intuitivamente, segundo Salingeros (2003) e Salingeros e Mehaffy (2007) podem não representar com consistência as necessidades que a arquitetura busca alcançar. À vista disso, os autores refletem que o objetivo central da arquitetura é adaptar a forma, a fim de criar um projeto de acordo com os princípios da ergonomia física, necessidades sensoriais, psicológicas, funcionais, orçamentárias, legislativas e ambientais.

Segundo Salingeros e Mehaffy (2007) gradativamente pode-se notar a pouca conexão entre os valores tradicionais da cidade e suas atuais construções. As geometrias e formas complexas foram sendo substituídas por formas sólidas e simples, fazendo com que o significado e o valor histórico que ligavam a edificação às emoções dos indivíduos se perdesse. A inserção de formas simples e a substituição de padrões tradicionais complexos pode ser atribuída a um conceito denominado fundamentalismo geométrico, modelo que surgiu durante o período moderno. Dessa forma, afirma-se que ao desprezar as escalas menores do projeto, perde-se sua conexão com seus ocupantes, tendo sua utilidade, neste caso, reduzida à ocupação do edifício.

Uma oportunidade para reaproximar a construção, a estrutura e a geometria com a ornamentação e a escala do usuário, é a utilização de características da natureza durante o processo de projeto. Por conseguinte, pode-se verificar esta conexão entre geometria, matemática, tecnologia e a natureza na utilização de componentes e regras fractais. Assim, há a possibilidade para a inserção dos padrões fractais na utilização do design computacional, o qual permite mudanças no modo como a arquitetura é concebida (SALINGAROS e MEHAFFY, 2007; MENGES, 2012). Contudo, recriar formas complexas da natureza pode se tornar uma tarefa difícil caso sejam aplicadas formas e métodos euclidianos e processos manuais. Para isso, é possível potencializar o emprego da geometria fractal ou das características por meio do uso de algoritmos e ferramentas computacionais (RIAM e ASAYAMA, 2016).

Processos paramétricos e generativos têm potencial para abranger conceitos e partidos arquitetônicos inovadores inspirados em padrões naturais. A utilização de tais processos propicia a inserção de padrões e regras geométricas complexas, permitindo que seus consequentes resultados sejam verificados por simulações (MENGES, 2012; MONTENEGRO, 1991).

Em torno disso, Osama, Sherif e Ezzeldin (2014) relatam que os conhecimentos gerados por estes programas possibilitam interpretar e copiar as formas complexas da natureza por meio de padrões geométricos fractais. As propriedades destas geometrias estão sendo utilizadas por arquitetos e designers, principalmente para desenvolver elementos de proteção solar, estéticos e decorativos para fachada, criando assim uma “pele” para a construção.

As características geométricas das janelas de um edifício desempenham um papel significativo no fornecimento e distribuição da luz natural. Ramesh e Ramachandriah (2020) expõem que é possível desenvolver geometrias inovadoras para janelas por meio da utilização e exploração da geometria fractal. Os autores descrevem que o uso dessa geometria permite distribuir a luz do dia para maiores profundidades do ambiente, reduzindo o ganho de calor e ofuscamento quando comparada com uma janela de padrão usual.

Com o aumento das áreas envidraçadas nas construções, os elementos de controle solar passaram a ter papel fundamental nas edificações, destacando-se em locais onde é necessária uma admissão seletiva da luz solar. Assim, ferramentas computacionais que permitem alterações parametricamente ajustáveis e possibilitam pré-visualizações dos resultados, estão se tornando progressivamente importantes nas tomadas de decisões de projeto. (CARTANA, PEREIRA e BERTE, 2016). O emprego de diferentes respostas tecnológicas nas fachadas das

construções é a primeira forma de ação responsável pela performance do edifício, e de sua otimização na redução da energia elétrica. Desta forma, as diferentes características inseridas neste componente, como geometria, materiais e tecnologia são capazes de influenciar diretamente nos resultados da iluminação natural e da composição visual do projeto (MALIK, 2017).

Atualmente, edifícios simples podem ser compostos de inúmeras proteções ou composições geométricas que se combinam em várias escalas para criar uma estrutura habitável ou funcional. A partir da década de 1990, um método específico para examinar matematicamente a forma de um edifício - fachada ou plantas baixas- começou a ser desenvolvido. Tal método, a abordagem de contagem de caixas ("box-counting"), se baseia em dimensões fractais - medidas da complexidade característica de uma imagem, objeto ou conjunto (OSTWALD; VAUGHAN, 2018).

Driscoll (2020) relata que a geometria fractal aplicada a arquitetura pode oferecer uma relação quantitativa e qualitativa entre a natureza, o ambiente construído e a mecânica computacional. Essa correlação, como uma solução para propostas arquitetônicas, pode ser alcançada, segundo o autor, com a utilização de processos generativos e controladores paramétricos. Isto posto, para Riam e Asayama (2016) o uso de dispositivos digitais influencia diversos profissionais, favorecendo, dentre outros aspectos, o desenvolvimento de elementos de proteção solar com desenhos diferenciados e partidos formais abstratos e complexos.

Este artigo investiga um processo paramétrico e generativo com o objetivo de desenvolver, organizar e avaliar composições de fachada criadas a partir de elementos com características da geometria fractal linear, e verificar a consequente distribuição da luz do dia no seu ambiente interno. Para isso, inicialmente uma revisão sistemática de literatura foi realizada para melhor entendimento acerca de conhecimentos específicos necessários para a compreensão da proposta. Whittmore e Knafl (2005) descrevem a revisão integrativa como um método que busca compreender determinado fenômeno ou problema de pesquisa por meio de uma revisão bibliográfica que combina diferentes procedimentos. A fim de entender e aplicar o processo paramétrico e generativo computacional foram pesquisados os seguintes conceitos: características fractais; processos digitais de projeto; simulações; e comportamento da luz do dia. Na sequência foram desenvolvidas as diferentes etapas do processo paramétrico por intermédio do Grasshopper, uma plataforma de programação visual, seguindo etapas já consolidadas em trabalhos como Mariano (2018), Mariano et al. (2020) e Mariano e Pereira (2020). Tal estrutura possibilita que o processo digital desenvolva elementos de fachada, potencialize esses componentes, organize-os em uma composição e avalie a consequente distribuição da luz do dia. Por fim, foi desenvolvido um processo de validação para verificar a utilização dos elementos de fachada e comparar seus resultados.

A GEOMETRIA FRACTAL E SUA APLICAÇÃO NA ARQUITETURA

Diferentes padrões geométricos são aplicados e observados desde as primeiras construções humanas. Em situações cujo projetista necessita se inspirar em elementos naturais para criar partidos, formas e estruturas, a geometria e os padrões fractais podem ser um potencializador para esta tarefa (HARRIS, 2007; RIAM e ASAYAMA, 2016; DRISCOLL, 2020). Neste sentido, os padrões fractais permitem assimilar padrões naturais e reproduzi-los. Mandelbrot (1977) afirma que um fractal possui quatro características principais: autossimilaridade; complexidade infinita; irregularidade ou rugosidade; e uma dimensão não inteira. Segundo Mandelbrot (1977) a autossimilaridade, também nomeada como auto semelhança, é identificada quando parte da figura ou o seu contorno é replicado em escalas menores, ou maiores. A complexidade infinita corresponde as iterações necessárias para originar elementos sem um limitador, sendo capaz de gerar geometrias com proporções ínfimas. A

terceira característica, a irregularidade, refere-se à rugosidade às extremidades irregulares, interrompidas ou fragmentadas, em qualquer escala observada.

A última característica, a dimensão fractal, ou dimensão D , é um dos aspectos que impulsionaram o uso da geometria fractal na composição dos elementos de fachada, visto que a utilização das características dos fractais pode trazer respostas psicológicas positivas dos lugares que nos cercam. Com base em estudos científicos como os de Wise e Rosenberg (1986) e Hargerhall, Purcell e Taylor (2004), autores como Taylor (2006) e Joye (2007) comentam as razões que relacionam os fractais com as interpretações humanas positivas. Essas razões compreendem processos biológicos como: ordenação cerebral, pulso cardíaco, orientação espacial da visão e também padrões evolutivos, sendo eles: interpretação dos lugares, instintos e manifestações artísticas.

Os fractais estão presentes na arquitetura em seu contexto geral ou em diferentes detalhes e volumes singulares. Para Coburn et al. (2019) e Abboushi et al. (2019) a representação dos fractais em geometrias e desenhos arquitetônicos está relacionada com a busca por reproduzir as formas naturais, além de tal padrão sugerir uma avaliação estética positiva da percepção humana.

Segundo Joye (2007) é possível analisar e verificar padrões fractais em diferentes representações arquitetônicas como em plantas baixas, volumes tridimensionais, detalhes e elementos compositivos, em construções mediáveis, barrocas, hindus, em catedrais, e também em projetos de Frank Lloyd Wright e Louis Sullivan. Neste sentido, Sala (2003) e Ramzy (2015) propõem outros exemplos como: o templo chinês de Kaiyuan Si Pagoda's; o vilarejo de Ba-ili, localizado no sul do Zâmbia; o Castel del Monte, no sul da Itália; na arquitetura soviética, com arquiteto e artista Kazimir Malevich; no projeto de um hotel de Antonio Gaudí para Nova Iorque; nos projetos Palmer House, Robie House, e o Marin County Civic Center de Frank Lloyd; entre outros.

Conforme Ostwald (2001) as características fractais foram mencionadas e utilizadas de modo racional pela primeira vez pelo arquiteto Peter Eisenman em 1978, com a casa 11^a elaborada para a competição "Venice Housing". Cabe destacar que exemplos da aplicação e utilização da geometria fractal no campo da arquitetura, tais quais os apresentados anteriormente, demonstram que seu uso, consciente ou inconsciente, é um padrão empregado por arquitetos e designers na concepção de seus volumes e partidos em diferentes locais e épocas.

FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS PARAMÉTRICAS E GENERATIVAS

A utilização de processos paramétricos e generativos está relacionada ao uso de padrões fractais, pois, de acordo com Menges (2012), estes reproduzem algumas das principais funções da evolução, como a hereditariedade, reprodução, recombinação genética, mutação e seleção natural.

Ainda, nos modelos paramétricos é possível fixar atributos em suas propriedades e alterá-los para que o modelo digital se reconfigure acompanhando estas modificações. Essas ferramentas são passíveis de diferentes variações, prevendo e reconfigurando mudanças dentro do projeto. Atualmente os programas computacionais trabalham em plataformas de visualização tridimensionais fornecendo uma amostra imediata ao projetista (HERNANDEZ, 2004).

Driscoll (2020) também descreve que a aplicação de processos generativos ou algoritmos genéticos pode ampliar o contexto criativo de composições. Ou seja, tais ferramentas combinadas com parâmetros parametricamente ajustáveis permitem que o processo generativo forneça e modifique características refinando uma determinada composição ou desenho arquitetônico.

Os processos generativos são aqueles que utilizam alguma automação e códigos de criação, potencializando a produtividade no campo da arquitetura. Essas programações podem ser criadas a partir de editores integrados a ferramentas de modelagem virtual, permitindo que profissionais, sem um profundo conhecimento de programação, desenvolvam códigos de maneira simplificada. O que difere o uso de modelos generativos dos tridimensionais tradicionais é a capacidade de alterar, modificar e potencializar a geometria a partir de regras e modelos de seleção natural (ISSA, 2013).

MÉTRICAS DA LUZ DO DIA.

As aberturas que permitem a entrada da luz são elementos arquitetônicos vulneráveis às mudanças da iluminação natural ao longo do dia e de suma importância nas construções. Em razão delas admitem-se diferentes fatores - luz, vento, poluição, calor etc. - capazes de desencadear uma série de ações de controle e admissão. Uma estratégia para selecionar condicionantes naturais externas por aberturas é o emprego de elementos de sombreamento que controlam a entrada da radiação solar por meio de sua geometria, angulação e refletância. Mediante o uso destes elementos, é possível selecionar a luz que incide sobre fachadas, distribuí-la para os locais mais distantes da abertura e reduzir o nível de ofuscamento. (FELLIPPE, 2016).

Para Mardaljevic, Heschong e Lee (2009) as condições da luz natural são dinâmicas e estão associadas à distribuição espacial e temporal, sendo, portanto, compostas por duas variáveis: a iluminação proveniente do sol (*daylight*) e a do céu (*skylight*). Reinhart, Mardaljevic e Rogers (2006) sugerem que os índices resultantes do uso de simulações dinâmicas possibilitam identificar de forma relevante o comportamento da luz natural, permitindo avaliar um ambiente ou enquadrá-lo em certificação.

A IES LM-83-12 (2013) descreve dois critérios aprovados pela instituição para avaliar a luz solar em simulações dinâmicas: o sDA e o ASE. O primeiro critério, o sDA (*spacial daylight autonomy*) é descrito como a porcentagem do espaço que atinge a iluminância de 300 lux em 50% das horas que recebem luz natural do dia durante um ano. O segundo critério o ASE (*annual sunlight exposure*) identifica áreas de desconforto devido à luz diurna. Estes locais, por sua vez, são definidos pela porcentagem do ambiente que excede 1000 lux em mais de 250 horas por ano.

Outro índice o *Useful Daylight Illuminance* (UDI) é um indicativo dinâmico que fornece o entendimento dos níveis de iluminação do ambiente e também se refere aos níveis de iluminâncias reduzidos ou exagerados. Este índice identifica espaços que possuam uma faixa útil que compreende valores entre 100 e 2000 lux. (REINHART, MARDALJEVIC e ROGERS, 2006).

Para analisar a radiação solar, foi empregado o coeficiente de admissão da radiação solar incidente (CARS), expresso em porcentagem. Este coeficiente pode ser calculado com base na medição da radiação incidente dinâmica em dois planos, o primeiro onde a radiação incide sem nenhuma obstrução, e o segundo que recebe somente a parte não bloqueada desta radiação. (CARTANA, PEREIRA e BERTÉ, 2016).

DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO PARAMÉTRICO E GENERATIVO

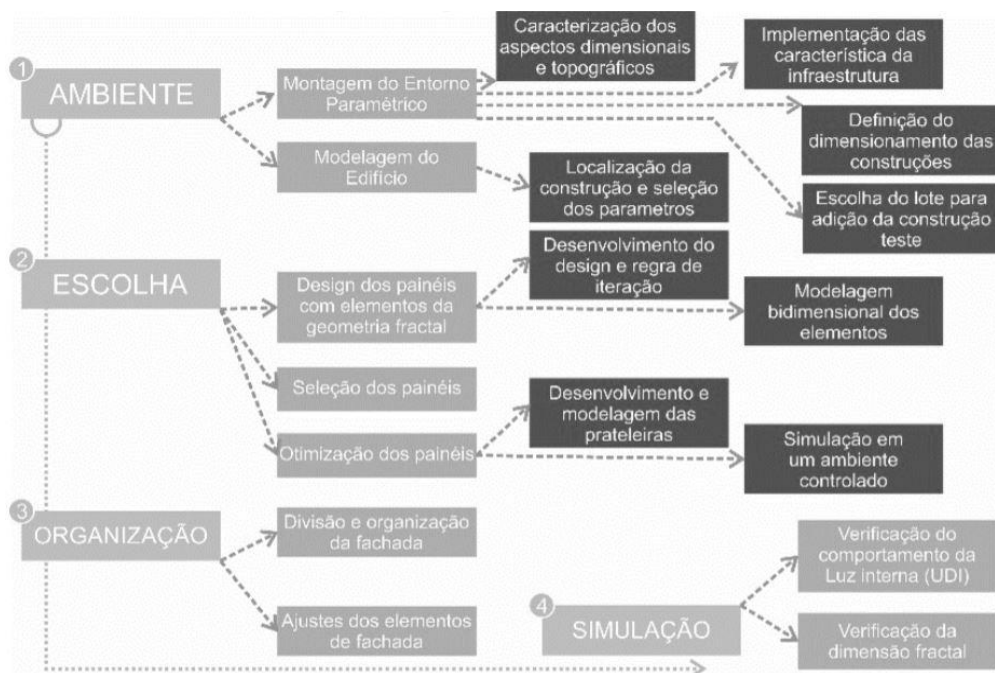
A elaboração do processo e de cada uma de suas partes foi executada no software de programação visual Grasshopper, na plataforma Rhinoceros 3D, a qual fornece uma gama de operações e comandos matemáticos e geométricos, podendo alterar o modelo digital construído (KOLAREVIC, 2005). Para as simulações o plug-in escolhido foi o DIVA-for-Rhino, considerando a compatibilidade com a ferramenta de modelagem Rhinoceros 3D, e a facilidade em utilizar a mesma interface de modelagem para fazer as simulações, evitando que o arquivo tenha que ser transportado para outro programa. (EMAMI, KHODADADI e VON BUELOW, 2014).

Visto que a programação pode ser enquadrada na área de engenharia de softwares, o método escolhido para o desenvolvimento do processo foi encontrado dentro de um modelo de software evolucionário, o Modelo Iterativo e Incremental (MII). Segundo Silva e Videira (2001) o modelo é aperfeiçoado com o decorrer de sua programação. Assim, são desenhadas partes da programação, sem a utilização de um processo formal de desenvolvimento.

O processo completo é dividido em quatro grandes etapas já descritas em trabalhos como Mariano (2018), Mariano et al. (2020) e Mariano e Pereira (2020), sendo: Ambiente, Escolha, Organização e Simulação. Estes quatro passos definem uma base geral para o processo, criando um traçado de ações que resultam na formação e avaliação dos elementos de fachada com características fractais. Tais etapas podem ser visualizadas no esquema da figura 1.

Figura 1 – As quatro etapas utilizadas para a construção da programação: Ambiente, Escolha, Organização e Simulação

Fonte: Os autores.



A primeira etapa do processo é dividida em outras duas partes: a montagem do ambiente e a construção do edifício. Ambas contêm uma série de ações que resultam em um ambiente tridimensional com nove quadras parametrizadas, edificações de entorno, infraestrutura e um espaço para inserção da construção, e na sequência, para realização de testes dos elementos de fachada.

Na primeira parte, um ambiente tridimensional é desenvolvido para simular uma área de entorno urbano parametricamente alterável. Como resultado, tem-se um conjunto com nove

quadras ortogonais onde é possível manipular a topografia, o número de lotes por quadra, a infraestrutura urbana e as alturas dos edifícios do entorno. Em seguida, na segunda parte desta etapa, é modelada e inserida uma construção para receber as composições dos elementos de fachada. No modelo do edifício é possível alterar parâmetros tais como: largura da testada; comprimento; altura dos pavimentos; largura das lajes; e número de andares. A figura 2 apresenta dois entornos urbanos resultantes da etapa ambiente.

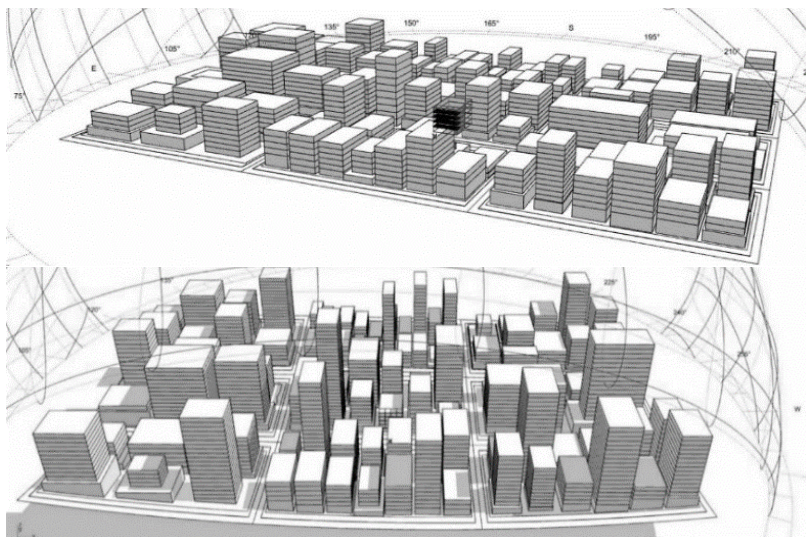


Figura 2 – Entorno urbano paramétrico em duas formações distintas: inicialmente com baixa altura e sem relevo e na sequência com construções verticalizadas e relevo.

Fonte: Os autores.

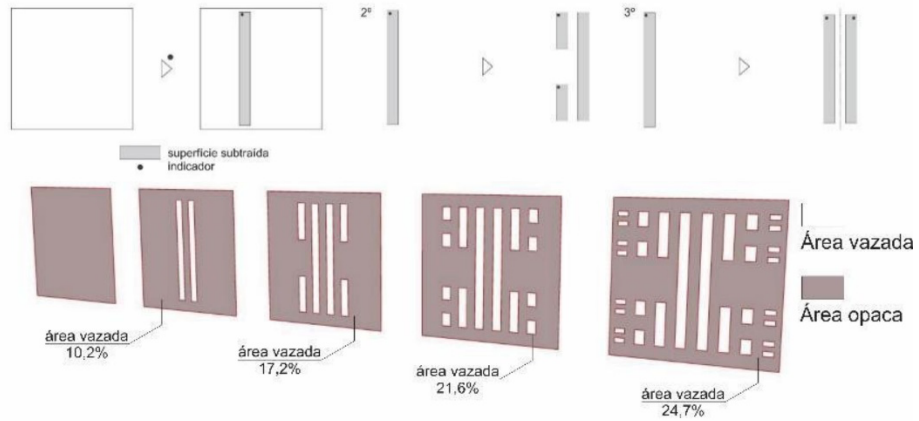
Na sequência foram desenvolvidos os elementos com características fractais que compõem a fachada principal do edifício modelado. Esta etapa do processo é dividida em três partes: o design dos painéis com elementos da geometria fractal; a análise e seleção destes painéis e suas respectivas iterações; e a otimização dos principais componentes.

Na primeira etapa da confecção e modelagem dos painéis com características fractais são desenvolvidos os desenhos, a regra de iteração e a modelagem bidimensional. Para tanto foram utilizadas dez regras de fractais Lineares: Square of Gasket; Jerusalem Cross; Tapete de Sierpinski; Conjunto de Cantor; Triângulo de Sierpinski; Curva de Minkowski; Curva de Peano; Curva de Dragão; Fractal Tree; e Ilha de Koch (MARIANO, 2018).

As dez regras foram aplicadas em elementos de fachada de dimensões 3m x 3m e iteradas quatro vezes, gerando ao total 10 grupos com 5 elementos. Cada grupo de painéis possui o seu primeiro elemento de fachada totalmente opaco, sem nenhuma subtração, e à medida que sofre as iterações, cada regra subtrai uma determinada área. O plug-in Hoopsnack foi utilizado para a sequência de iterações dos fractais. Como exemplo da construção destes padrões temos a figura 3 que apresenta a regra de um fractal (conjunto de Cantor) e o seu resultado em um dos elementos de fachada até a quarta iteração (MARIANO, 2018).

Figura 3 – Regra para o fractal: Conjunto de cantor.

Fonte: Os autores.



Os painéis modelados foram submetidos a diferentes testes cujo objetivo era identificar os resultados do comportamento da luz do dia de cada grupo. Esta avaliação analisou as diferentes iterações buscando por elementos de fachada que a cada iteração permitiam um acréscimo da quantidade de luz do dia que incide na parte interna da arquitetura. Assim, para analisar os resultados da iluminação em cada elemento de fachada, um ambiente virtual foi modelado com 6 m de profundidade por 6 m de largura e 3 m de altura. Este ambiente foi considerado térreo e teve seu posicionamento direcionado para os eixos cardeais Norte e Sul. As fachadas foram ajustadas para uma composição de 8 painéis de 1,5m por 1,5 m.

Os índices utilizados para verificar o comportamento da luz do dia no ambiente seguiram os parâmetros da tabela 1. As simulações foram executadas no DIVA, como *plugin* para Grasshopper, e três índices mensurados: “*Useful Daylight Illuminance*”, “*Spacial daylight autonomy*” e “*Annual sunlight exposure*”. Nas simulações dinâmicas o arquivo climático utilizado foi o BRA_FLORIANOPOLIS838990_SWERA, da Florianópolis, SC, Brasil. As composições foram avaliadas duas vezes em diferentes posições. Na primeira posição, inserindo elementos na fachada voltados para a orientação Norte, e após, foram ajustados para orientação Sul. Ao todo foram feitas 100 simulações, em conjuntos de dez.

Tabela 1 - Parâmetros avançados de configuração de radiação utilizados nos parâmetros do componente DIVA.

Fonte: Os autores.

Parâmetros	Aa	Ab	Ad	Ar	As	Dr	Ds	Lr	Lw	Dp	Dt	St
Variáveis	0,1	6	1024	256	256	2	0.2	12	,004	2048	,05	,01

Os painéis que apresentaram melhor desempenho luminoso, por meio da seleção da luz do dia em diferentes proporções em cada iteração, foram os elementos: Tapete de Sierpinski, Curva de Minkowski, Curva de Dragão e Conjunto de Cantor. Estes elementos possuem diferentes seleções da luz do dia em cada uma das iterações (MARIANO, 2018).

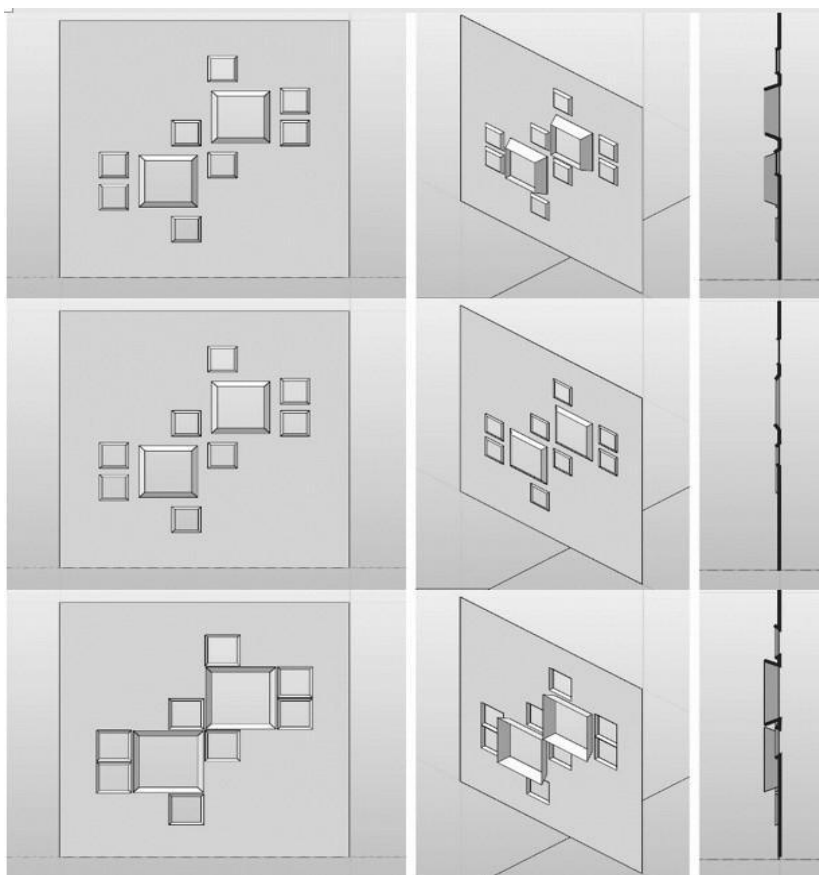


Figura 4 – Diferentes vistas das possíveis modificações da espessura do elemento de fachada (ângulo de abertura fechado ou aberto e espessura prolongada ou curta).

Fonte: Os autores.

A primeira parte trata da modelagem e angulação das diferentes abas que complementam os elementos de fachada. Neste sentido, as alterações compreendem o ângulo de abertura das abas e o seu respectivo comprimento. Esses complementos são otimizados por meio do componente generativo, o Galápagos, que busca potencializar a luz do dia melhorando os índices de UDI e o CARS.

Para utilizar o componente Galápagos foi necessária a modelagem de um ambiente de simulação semelhante ao do passo anterior. Para tanto, a fachada Norte foi dividida em uma malha de três por seis (18 elementos iguais de um metro por um metro). As simulações, mais vez, foram realizadas por meio do DIVA, com arquivo climático BRA_FLORIANOPOLIS838990_SWERA, e os parâmetros da tabela 1.

A fim de equalizar os valores do UDI e CARS, de modo a otimizar os resultados, as recorrentes respostas - obtidas a partir das simulações - foram transformadas em valores numéricos. Neste processo, o resultado das simulações foi alterado para um número racional entre 0 e 1,0. Como o Galápagos pode avaliar somente uma resposta quantitativa, os dois valores resultantes tiveram de se equivaler, atribuindo uma porcentagem de 50% para cada um. A tabela 2 apresenta as simulações e a escolha do elemento de fachada com melhores resultados para: Tapete de Sierpinski, Conjunto de Cantor, Curva de Minkowski e Curva de Dragão.

Tabela 2 -. Resultado da otimização dos painéis.

Fonte: Os autores.

TAPETE DE SIERPINSKI	ÂNGº	ESC.	Cars	UDI	Cars	UDI	FINAL
INT_01_N	333	0,31	8,57	58,1	0,155	0,775	0,465
INT_02_N	362	0,31	12,63	74,4	0,229	0,992	0,611
INT_03_N	331	0,30	21,07	74,7	0,230	0,996	0,613
INT_04_N	360	0,34	23,87	74,9	0,230	0,998	0,614
CONJUNTO DE CANTOR							
INT_01_N	378	0,02	7,37	57,15	0,134	0,762	0,448
INT_02_N	368	0,003	12,30	74,86	0,223	0,998	0,610
INT_03_N	336	0,018	12,62	74,80	0,229	0,997	0,613
INT_04_N	341	0,048	10,74	74,90	0,195	0,998	0,595
CURVA DE MINKOWSKI							
INT_01_N	0,1	1,11	6,52	45,32	0,118	0,604	0,322
INT_02_N	0,19	1,04	12,24	74,96	0,222	0,999	0,611
INT_03_N	0,10	0,92	16,02	74,59	0,291	0,994	0,642
INT_04_N	0,11	0,81	14,08	74,50	0,256	0,993	0,628
CURVA DE DRAGÃO							
INT_01_N	0,99	0,31	4,64	40,25	0,084	0,536	0,310
INT_02_N	1,00	0,32	10,00	70,38	0,181	0,938	0,559
INT_03_N	0,89	0,40	11,99	74,45	0,218	0,992	0,605
INT_04_N	0,77	0,43	11,98	74,90	0,217	0,998	0,606

Na terceira etapa do processo acontece a união das duas etapas anteriores, com a divisão da fachada do edifício modelado para os testes e a inserção, e controle destes elementos. Primeiramente, o local a ser completado pelos painéis é dividido por uma matriz, permitindo o ajuste da quantidade e tamanho dos elementos de fachada. Este método é semelhante ao utilizado por Rian Sassone e Asayana (2020) para criar composições fractais a partir de uma estrutura tridimensional. Para a pesquisa optou-se por subdividir cada andar em 64 elementos de fachada com 1,13 m de largura por 1,125 m de altura.

Assim, estes espaços são adaptados para receber as cinco iterações de um tipo de elemento de fachada fractal desenvolvido nas etapas anteriores. Os elementos de controle são atualizados para ocupar uma das posições da matriz de cada andar, ajustando automaticamente seu tamanho e posicionando-o a partir da leitura da radiação que incide na fachada.

Na análise da incidência de radiação sobre a fachada, utilizou-se novamente o DIVA, avaliando, neste caso, a radiação média incidente em cada andar. Os painéis, por sua vez, são organizados pela divisão de suas diferentes iterações conforme a radiação incidente na fachada, posicionando aqueles com mais iterações nos quadrantes onde os índices de radiação são menores, e os com menos iterações nas divisões com maior incidência de radiação.

Após a organização dos painéis, as principais curvas que os compõem são mapeadas e extraídas. Esta seleção é feita para contemplar a contagem da dimensão fractal pelo método do "box-counting", descrito por Mandelbrot (1977) e Ostwald e Vaughan (2018), que permite identificar a dimensão D, característica que identifica se uma composição apresenta características fractais ou não. O mapeamento das curvas que compõem os elementos de fachada é automático e atualizado a cada categoria de fractal utilizado ou composição desenvolvida.

VERIFICAÇÃO DO PROCESSO PARAMÉTRICO E GENERATIVO

Para a validação do processo e averiguação do comportamento da luz do dia nos ambientes internos, foi planejada uma sequência de ações que permite comparar os diferentes resultados.

A primeira etapa consiste em investigar como a luz se comporta na parte interna da edificação. Para examinar o comportamento da iluminação foram empregadas simulações dinâmicas, permitindo a análise individual de cada andar e a demonstração do comportamento da iluminação pelo UDI. Com as simulações é possível ajustar a composição e, na sequência, simular o comportamento da iluminação até o momento em que o índice seja considerado adequado ao projetista. À vista disso, busca-se alcançar resultados satisfatórios referentes à luz do dia enquanto a composição apresenta uma dimensão D próxima de valores entre 1,3 e 1,7. Tal intervalo foi escolhido pois alguns estudos o descrevem como passível de proporcionar respostas positivas para a percepção humana, segundo Spehar et al. (2003), Taylor (2006) e Joye (2007) os valores ficam entre 1,3 e 1,5 e para Abboushi et al (2019) entre o intervalo numérico de 1,5 a 1,7.

Para isso, inicialmente um entorno genérico de baixa altura é ajustado e, em seguida, é simulada a radiação incidente sob a construção modelo. Na sequência é escolhido um dos quatro painéis fractais desenvolvidos para compor a fachada a partir da radiação incidente. Após este processo, os demais elementos de fachada têm suas composições ajustadas para o mesmo posicionamento.

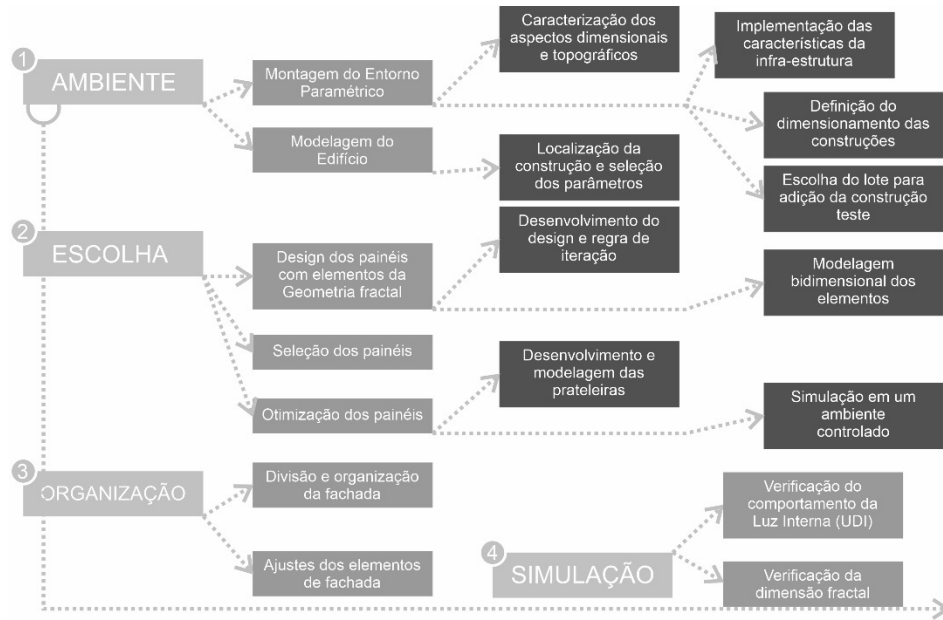
Em seguida, inicia-se o *box-counting* e verifica-se a dimensão fractal gerada de cada composição para um mesmo intervalo dos controladores. Tendo os resultados da dimensão fractal, é simulado o comportamento interno da iluminação por meio do UDI para cada tipo de arranjo de painéis.

Com os diferentes resultados obtidos, tanto da dimensão fractal quanto de UDI, é escolhido o tipo de elemento de fachada que apresenta as melhores respostas para cada índice. Para dimensão fractal procura-se um valor dentro do intervalo 1.3 e 1.7 e para UDI uma porcentagem superior a 70% do tempo no ambiente.

Na sequência o entorno é modificado, sendo composto por construções com mais pavimentos e relevo acidentado. Usando do mesmo tipo de fractal escolhido na etapa anterior, e ajustando os diferentes intervalos que compõem a organização dos elementos de fachada, pretende-se obter um resultado da iluminação da luz do dia e da dimensão fractal semelhante ao alcançado anteriormente. A figura 3 esquematiza as etapas descritas para a verificação do processo.

Figura 5 – Sequência de passos para validação do processo.

Fonte: Os autores.



A adoção do processo paramétrico possibilitou a criação de componentes, componentes, arranjos e simulações, capazes de desenvolver, potencializar e organizar diferentes elementos geométricos com características de fractais lineares. Durante a etapa de verificação do processo, os quatro diferentes tipos de painéis foram organizados com o mesmo arranjo compositivo, o que permitiu verificar quais dos quatro padrões fractais apresentam os índices da dimensão fractal mais próximos ao intervalo de 1,3D a 1,7D. Os resultados destas organizações podem ser observados pela tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da dimensão fractal.

Tabela 3 - Resultados da dimensão fractal.

Tipo de Fractal	Curva de Minkowski	Conjunto de Cantor	Curva de Dragão	Tapete de Sierpinski
D. Fractal	1,08D	1,12D	1,14D	1,25D

Fonte: Os autores.

O intervalo numérico, utilizado para esta primeira organização, foi ajustado para buscar uma dimensão fractal superior a 1,3D e para proporcionar a contemplação visual do entorno a partir do ambiente interno. Contudo, o preenchimento dos espaços pelo *box-counting* ainda não foi suficiente para alcançar uma dimensão superior a 1,3D.

A partir dos resultados das dimensões dos fractais, foram iniciadas as simulações que demonstram o comportamento da iluminação interna através do UDI. No entanto, durante os testes os painéis desenvolvidos com o Tapete de Sierpinski precisaram ser descartados, pois os elementos desenvolvidos com este fractal geraram uma geometria que demandava uma alta capacidade de processamento e o hardware utilizado no computador da pesquisa mostrou-se insuficiente, ainda que tenham sido reduzidos ao máximo os parâmetros de simulação das pilhas do DIVA. Porém, mesmo com o descarte deste elemento de fachada, os testes para comprovação do processo ainda são válidos, visto que os outros três permitem continuar as demais análises.

Os resultados dos UDIs médios demonstraram que a categoria de elemento de fachada que apresentou os melhores índices foi o Conjunto de Cantor em virtude de os valores serem superiores aos demais, como demonstrado pela tabela 4.

Fractal	Curva de Minkwski	Conjunto de Cantor	Curva de Dragão
Dimensão D	1,08D	1,12D	1,14D
UDI 1 andar	76,92%	80,42%	79,10%
UDI 2 andar	76,75%	79,90%	77,71%
UDI 3 andar	76,12%	80,23%	77,65%
UDI 4 andar	77,10%	81,64%	79,84%

Tabela 4 - Resultados UDI médio para cada andar e tipo de fractal.

Fonte: Os autores.

Esta medição permitiu identificar que não há relação direta entre a dimensão fractal e o comportamento da luz natural, como demonstrado anteriormente pela tabela 9. Para os três painéis utilizados nas simulações, identificou-se que com o aumento da dimensão fractal, aumenta-se a quantidade de luz natural no ambiente interno, visto que enquanto buscava-se alcançar os índices da dimensão fractal de 1.3D, observou-se um ganho na quantidade de luz natural. Contudo, esta relação não é absoluta, pois o elemento de fachada que apresentava o valor mais elevado da dimensão fractal (Curva de Dragão) não demonstrou os maiores índices de UDI. O fator que contribui para a não conexão dos resultados pode estar relacionado com a construção da composição através de diferentes etapas independentes, como: a organização dos elementos; seu design; e características individuais.

Analisando os resultados dos UDIs optou-se pelos elementos desenvolvidos por meio do Conjunto de Cantor para a validação do processo. Com os elementos produzidos por esse fractal, o objetivo era alcançar resultados semelhantes aos identificados nesta análise, mas utilizando um entorno provido de menos iluminação natural, conseqüente de um relevo acidentado e construções perimetrais mais altas.

A seguinte simulação (para teste) utilizou a mesma janela de intervalos, mas com um entorno acidentado e com as construções em maior altura. Esta análise dos UDIs resultou em um decréscimo na quantidade de luz natural. Após esta verificação, uma nova janela de intervalos foi continuamente ajustada, até alcançar resultados próximos aos medidos anteriormente.

Ao comparar os resultados das duas organizações dos elementos de fachada, nota-se que o processo paramétrico possibilita criar composições que podem se adaptar a diferentes entornos, criando arranjos que se adequam às distintas intenções de projeto. Na pesquisa optou-se pela iluminação natural interna com intuito de alcançar o índice do UDI superior a 70% para um entorno baixo e alto. Com relação à organização dos elementos, o objetivo era alcançar uma dimensão fractal próxima ao intervalo de 1,3D e 1,7D. Tal intervalo é descrito por Spehar et al. (2003), Abboushi et al (2019), Taylor (2006) e Joye (2007) como significativamente mais interessante visualmente do que outros padrões.

A partir da comparação dos resultados dos UDIs, identificou-se que eles apresentam valores semelhantes, mesmo tendo condicionantes de insolação distintas. Demonstrando, assim, que os controladores que ajustam a posição dos elementos de fachada permitiram organizar os elementos de forma a efetuar diferentes alterações na composição, condicionando os resultados da luz do dia semelhantes. Os resultados podem ser visualizados pela tabela 5 e figura 6.

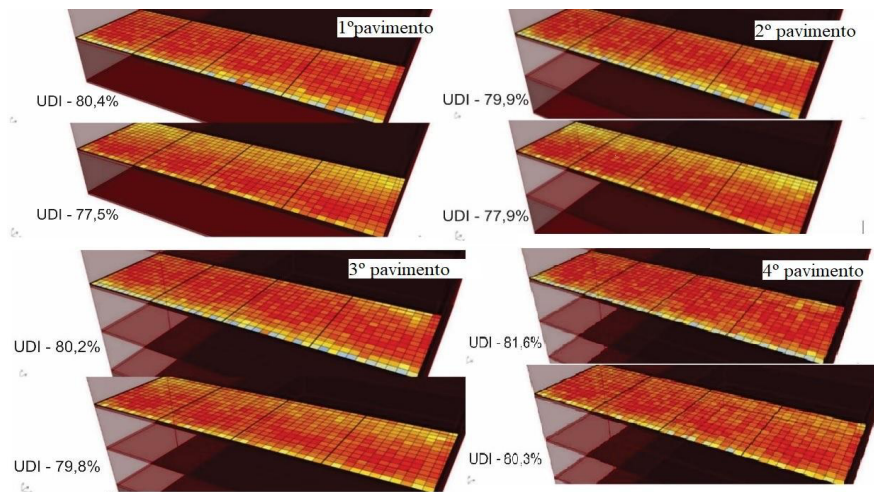
UDI	1° Pavimento	2° Pavimento	3° Pavimento	4° Pavimento
Entorno Baixo.	80,42%	79,90%	80,23%	81,64%
Entorno Alto.	72,50%	72,18%	73,37%	75,15%
Entorno Alto (2° composição)	77,51%	77,94%	79,89%	80,31%

Tabela 5 - Resultado do UDI com novo intervalo de valores para a composição dos elementos de fachada para um entorno alto e relevo acidentado.

Fonte: Os autores.

Figura 6 – Resultado UDI para o Conjunto de Cantor do 1º ao 4º pavimento para um entorno provido de luz natural, seguido do resultado deste mesmo fractal para um entorno alto com relevo acidentado.

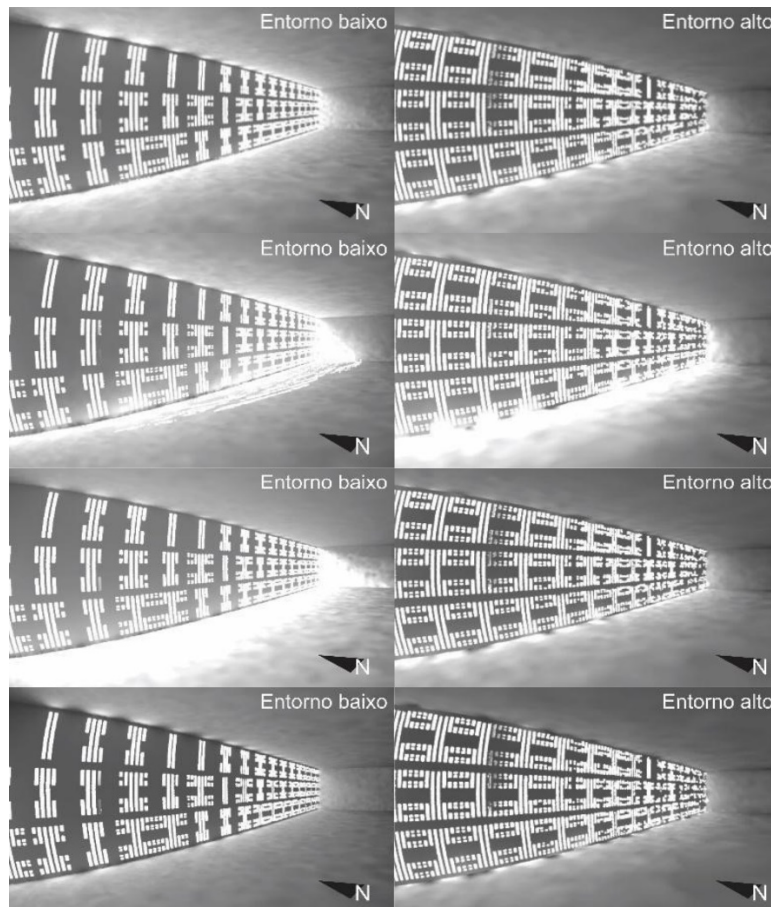
Fonte: Os autores.



Para a visualização dos diferentes resultados da iluminação da luz do dia, doze imagens diferentes foram feitas com a mesma hora e dia e para cada mês do ano, podendo assim, avaliar o resultado da distribuição interna da luz do dia para os dois arranjos. O resultado desta comparação pode ser observado pela figura 7.

Figura 7 – Comparação interna 1º andar, Conjunto de Cantor, para às 15:00 no dia 21 em março, junho, setembro e dezembro.

Fonte: Os autores.



CONCLUSÕES

A adoção do processo paramétrico possibilitou a criação de elementos, arranjos e simulações, capazes de desenvolver, potencializar e organizar diferentes elementos geométricos com características de fractais lineares. Os componentes criados por este processo podem receber diferentes atribuições quando utilizados em fachadas, tornando-se um instrumento de identidade e composição, bem como elemento de sombreamento e distribuição da luz do dia interna. O processo demonstrou ser um instrumento capaz de criar diferentes resultados por meio de modificações ao longo da sua estruturação; pelas composições cabíveis de serem desenvolvidas e por alterações na organização dos painéis em consequência das simulações.

A partir do desenvolvimento do processo pode-se concluir que as etapas descritas nesse artigo e em Mariano (2020) têm potencial de desenvolver elementos de fachada por meio da manipulação de padrões da geometria fractal linear. Além de permitir ao projetista o controle da distribuição da luz do dia, assim como, do resultado formal da composição.

Com relação aos ganhos de luz, não é possível afirmar que a utilização da geometria fractal é superior ou vantajosa em relação a outros padrões geométricos, porque os resultados, provenientes de seus usos, estão de acordo com o design baseado na regra fractal escolhida, com os diferentes elementos envolvidos (espessura, estruturas, entre outros) e com o modo como a composição é organizada.

Em respeito a avaliação da distribuição interna da luz do dia é possível concluir que as diferentes iterações dos painéis possibilitam o desenvolvimento de composições que podem ser controladas pelo projetista para alcançar os índices alvo.

Este controle potencializa os possíveis resultados alcançados pelo projetista. Em razão de que a utilização de padrões que possibilitam sua simulação sem a necessidade de migração para outro programa e a rápida alteração devido aos componentes paramétricos, permite que um número extenso de possibilidades seja avaliado, ao fazer com que o projetista se concentre em aspectos formais e seus resultados, ao invés de demandar tempo para a modelagem e organização manual da forma.

Além das conclusões a respeito da pesquisa, também se foram constatadas limitações em diferentes etapas relacionadas com a capacidade de processamento do hardware utilizado para fazer as simulações. Durante a utilização do processo generativo o tempo das simulações limitou-se a algumas categorias de fractais e na quantidade de famílias geradas pelo plug-in, impossibilitando o aprofundamento de alguns dados. Esta limitação também fez com que um dos padrões não pudesse ser avaliado em relação ao seu consequente comportamento da luz natural.

Referências Bibliográficas

ABBOUSHI, Belal; ELZEYADI, Ihab; TAYLOR, Richard; SERENO, Margaret. Fractals in architecture: the visual interest, preference, and mood response to projected fractal light patterns in interior spaces. **Journal of Environmental Psychology**, [S.L.], v. 61, n. 1, p. 57-70, fev. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2018.12.005>.

CARTANA, Rafael Prado; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; BERTÉ, Eduardo João. Avaliação de desempenho térmico e lumínico de elementos de controle solar projetados através de modelagem paramétrica. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Entac 2016, São Paulo, v. [1], n. [1], p.1-16, set. 2016.

COBURN, Alexander et al. Psychological responses to natural patterns in architecture. **Journal of Environmental Psychology**, v. 62, p. 133-145, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2019.02.007>.

DRISCOLL, John Charles. Fractal Patterns as Fitness Criteria in Genetic Algorithms Applied as a Design Tool in Architecture. **Nexus Network Journal: Architecture and Mathematics**, S.I., v. 23, n. 1, p. 21-37, 27 maio 2020.

Elementos de fachada com características fractais: processo de projeto paramétrico e seu consequente comportamento à luz do dia

EMAMI, Niloufar; KHODADADI, Anahita; VON BUELOW, Peter. Design of a Shading Screen Inspired by Persian Geometric Patterns: An Integrated Structural and Daylighting Performance Evaluation. *Iass-slte 2014*, Brasília, p.1-11, set. 2014.

FELLIPPE, Alexandre Reis. Desempenho Luminoso e Energético de Vidros de Controle Solar e Dispositivos de Sombreamento. 2016. 193f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil –PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2016.

HAGERHALL, Caroline M; PURCELL, Terry; TAYLOR, Richard. Fractal dimension of landscape silhouette outlines as a predictor of landscape preference. *Journal Of Environmental Psychology*, [s.l.], v. 24, n. 2, p.247-255, jun. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvp.2003.12.004>.

HARRIS, James. Integrated Function Systems and Organic Architecture from Wright to Mondrian. *Nexus Network Journal*, [s.l.], p.93-101, 2007. Birkhäuser Basel. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-7643-8519-4_6.

HERNANDEZ, C. R. B. Parametric Gaudi. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 8, SIGRADI 2004, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, Brasil: UNISINOS, 2004, p. 213-215.

IES LM-83-12, Illuminating Engineering Society. IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE): SKU: LM-83-12.: Illuminating Engineering Society of North America, 2013. 14 p.

ISSA, Rajaa. *Essential Mathematics: for computational design*. 3. ed.: Robert Mcneel & Associates, 2013. 79 p.

JOYE, Yannick. Fractal Architecture Could Be Good for You. *Nexus Network Journal*, v. 9, n. 2, p.311-320, out. 2007. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00004-007-0045-y>.

KOLAREVIC, B. *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*.: Taylor & Francis Group, 2005. 320 p.

MALIK, Richa. INTELLIGENT BUILDING FACADES. *International Journal of Civil Engineering And Technology (IJCIET)*, v. 8, n. 5, p.1340-1346, maio 2017.

MANDELBROT, Benoit B. *The Fractal Geometry of Nature*. Nova Iorque: W. H. Freeman And Company, 1977. 480 p.

MARDALJEVIC, J; HESCHONG, L; LEE, e. Daylight metrics and energy savings. *Lighting Research & Technology*, [s.l.], v. 41, n. 3, p.261-283, set. 2009. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/1477153509339703>.

MARIANO, P. O. P. PROCESSO DE PROJETO PARAMÉTRICO DE ELEMENTOS DE FACHADA COM CARACTERÍSTICAS DA GEOMETRIA FRACTAL CONSIDERANDO SEU COMPORTAMENTO LUMÍNICO. 2018. 189 f. **Dissertação** (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Projeto e Tecnologia do Ambiente Construído, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

MARIANO, P. O. P. et al. Autonomous parametric process for daylight simulation applied to the proposal of a daylighting of buildings performance tool: transformative design. In: SIGRADI XXIV, 19., 2020, Medellín. **Proceedings**. Medellín: Sigradi, 2020. p. 534-539.

MARIANO, P. O. P.; PEREIRA, A. T. C.; Autonomous parametric process for daylight simulation applied to the proposal of a daylighting of buildings performance tool: transformative design. In: SIGRADI XXIV, 19., 2020, Medellín. **Proceedings**. Medellín: Sigradi, 2020. p. 534-539.

MENGES, Achim. Biomimetic design processes in architecture: morphogenetic and evolutionary computational design. **Bioinspiration & Biomimetics**, v. 7, n. 1, p.1-11, 16 fev. 2012. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-3182/7/1/015003>.

MONTENEGRO, Gildo A. *Geometria descritiva*. São Paulo: E. Blucher, 1991. 177 p.

OXMAN, Rivka. 'Digital Design Thinking': In *The New Design Is The New Pedagogy*. Caadria 11, Kumamoto, Japão, v. [1], p.37-46, 2006.

OXMAN, Rivka. Digital architecture as a challenge for design pedagogy: theory, knowledge, models and medium. **Design Studies**, v. 29, n. 2, p.99-120, mar. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2007.12.003>.

OSAMA, Amal; SHERIF, Lobna; EZZELDIN, Sherif. Fractal Geometry In Architecture: From Formative Idea To Superficial Skin Design. **Archdesign**, Istanbul, Turkey, v. 14, n. [1], p.39-49, abr. 2014.

OSTWALD, Michael J.. "Fractal Architecture": Late Twentieth Century Connections Between Architecture and Fractal Geometry. **Nexus Network Journal**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.73-84, abr. 2001. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s00004-000-0006-1>.

OSTWALD, Michael J.; VAUGHAN, Josephine. Fractal Dimensions in Architecture: measuring the characteristic complexity of buildings. **Handbook Of The Mathematics Of The Arts And Sciences**, [S.L.], p. 1-17, jun. 2018. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-70658-0_12-1.

RAMESH, K. Geetha; RAMACHANDRAIAH, A.. A Fractal Approach for Optimization of Daylighting by Exploring the Window Geometry. **IJARET: International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology**, S.l., v. 2, n. 11, p. 36-47, abr. 2020.

RAMZY, Nelly Shafik. The Dual Language of Geometry in Gothic Architecture: The Symbolic Message of Euclidian Geometry versus the Visual Dialogue of Fractal Geometry. **Peregrinations: Journal of Medieval Art and Architecture**, Sinai University, v. 5, n. 2, p.135-172, 2015.

REINHART, Christoph F.; MARDALJEVIC, John; ROGERS, Zack. Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design. **Leukos**, [s.l.], v. 3, n. 1, p.7-31, jul. 2006.

RIAM, Iasef Md; ASAYAMA, Shuichi. Computational Design of a nature-inspired architectural structure using the concepts of self-similar and random fractals. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 66, p.43-58, jun. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.010>.

RIAN, Iasef Md; SASSONE, Mario; ASAYAMA, Shuichi. From fractal geometry to architecture: designing a grid-shell-like structure using the takagi-landsberg surface. **Computer-Aided Design**, [S.L.], v. 98, n. 1, p. 40-53, maio 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cad.2018.01.004>.

SALINGAROS, N. A. (2003). The sensory value of ornament. *Communication & Cognition*, 36 (3-4), 331-351.

SALINGAROS, Nikos A.; MEHAFFY, Michel W.. A Theory of Architecture. [s.l.]: Intercollegiate Studies Institute, 2007. 278 p.

SILVA, Alberto Manuel Rodrigues da; VIDEIRA, Carlos Alberto Escaleira. UML - Metodologias e Ferramentas CASE: Linguagem de Modelação UML, Metodologias e Ferramentas CASE na Concepção e Desenvolvimento de Software. Portugal: Edições Centro Atlântico, 2001. 578 p.

SPEHAR, Branka et al. Universal aesthetic of fractals. **Computers & Graphics**, v. 27, n. 5, p.813-820, out. 2003. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0097-8493\(03\)00154-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0097-8493(03)00154-7).

TAYLOR, R.p.. Reduction of Physiological Stress Using Fractal Art and Architecture. **Leonardo**, [s.l.], v. 39, n. 3, p.245-251, jun. 2006. MIT Press - Journals. <http://dx.doi.org/10.1162/leon.2006.39.3.245>.

WHITTEMORE, Robin; KNAFL, Kathleen. METHODOLOGICAL ISSUES IN NURSING RESEARCH: The integrative review: updated methodology. **Journal Of Advanced Nursing**, [s.l.], v. 52, n. 5, p.546-553, 2005.

WISE, James A. ROSENBERG, Erika. The Effects of Interior Treatments on Performance Stress in Three Types of Mental Tasks. Technical Report, Space Human Factors Office. NASA-ARC, fevereiro de 1986.

Pedro Oscar Pizzetti Mariano
pedro.pm@hotmail.com

Alice Theresinha Cybis Pereira
acybi@gmail.com

Gabriela Pinho Mallmann
gabrielapinhomallmann@gmail.com