

UTILIZAÇÃO DE ALGORITMOS PARA ESTUDO TÉRMICO DE MORFOLOGIAS ARQUITETÔNICAS BASEADAS EM ELEMENTOS NATURAIS PASSIVOS.

Jonas Lima e Silva

Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais -
PPGEGRN

1) Introdução

Esse estudo apreende a modelagem paramétrica utilizando programas computacionais baseados em editores de algoritmos aplicados a dados construtivos e expostos em mapas digitais, com foco na temática do design paramétrico¹, resultando em uma estética arquitetônica sustentável.

A mesma pretende levantar discussões na aplicação do design paramétrico nos estudos arquitetônicos para propor posteriormente morfologias arquitetônicas ligando a forma da construção com os elementos naturais fundamentados na eficiência energética, surgindo assim a premissa da sustentabilidade arquitetônica.

O uso do design paramétrico na arquitetura é recente mas foi citado pela primeira vez pelo arquiteto italiano Luigi Moretti em um artigo publicado na revista *Moebius* de 1971:

“Os parâmetros e suas relações se tornam [...] o código da nova linguagem arquitetônica, a “estrutura” no sentido original da palavra.” (Moretti, 1971, p. 20)

No começo da década de 2010, arquitetos vanguardistas como *Zaha Hadid*, *Jürgen Mayer* e *Norman Foster* começaram a explorar formas arquitetônicas mais complexas, forçando desenvolvedores e programadores a aperfeiçoar programas computacionais mais adaptados a elaboração de formas e práticas projetivas na arquitetura.

¹ Originalmente desenvolvido nas indústrias aeroespacial e automotiva como uma forma de possibilitar o desenho de curvas complexas; O design paramétrico tem sido usado intensivamente por desenhistas das mais diversas áreas que precisam conceber formas complexas como, por exemplo: jóias, relógios, móveis, sapatos e arquitetura.



Nessa experimentação de formas geradas por algoritmos estabeleceu-se um novo paradigma em elaborar projetos arquitetônicos: A modelagem algorítmica. O design paramétrico – através da modelagem algorítmica - na arquitetura se utiliza de parâmetros e suas (Inter) relações para definir formas complexas impraticáveis para processos clássicos de desenho técnico manual, resultando em uma estética complexa, orgânica e abstrata. Uma linguagem matemática transposta para vários ramos profissionais com aplicações em diversas áreas do conhecimento humano. Celani(2003) define assim:

“... na matemática, parâmetros são valores que podem ser atribuídos a uma determinada variável, permitindo o cálculo de diferentes soluções para um problema.” (2003, p.21);

Seu rebatimento na arquitetura e urbanismo também é definido por Celani (2003) levando a definição a se denominar, Design Paramétrico:

“... parâmetros são utilizados na geração de formas diferentes, porém com as mesmas características fundamentais.” (2003, p. 22).

De difícil execução construtiva, a arquitetura paramétrica exige uma alta especialização de engenharia, de desenho industrial e de prototipagem. Produzindo resultados estéticos complexos a partir da elaboração de algoritmos (conjunto de comandos) escritos por padrões de programação.

A complexidade das formas vai depender exclusivamente da criatividade do arquiteto/programador que está escrevendo o código e atualmente grandes escritórios de arquitetura no mundo se utilizam da arquitetura paramétrica em seus projetos criando construções únicas.

A Disrupção² causada pelo design paramétrico na arquitetura é brutal por causa da mudança visível das estéticas e das variações de processos construtivos.

² Em português, no dicionário, seu significado está associado ao ato de romper, de interromper o curso natural, de gerar uma ruptura. A etimologia da palavra disrupção vem do latim disruptio. “Onis”, ou seja, fratura ou quebra.

“Esse design contemporâneo que transita entre as fronteiras do físico e do digital vem proporcionando a materialização de ideias desenvolvidas em ambientes paramétricos e generativos, com novas interações entre projetistas e ferramentas de projeto. Abrindo assim novos caminhos, proporcionando a capacidade e a possibilidade de desenvolver novas maneiras de projeto e produção.” (ALMEIDA, 2018, P. 12).

Podemos resumir que a lógica da modelagem paramétrica na arquitetura consiste em montar todo o projeto utilizando objetos que possuem atributos pré-definidos e que relacionam-se entre si; Utilizando-se de tecnologia computacional baseada em algoritmos que geram padrões estéticos inéditos e complexos.

Portanto, uma solução projetual para a utilização de formas multifacetadas e deterministas, apelando para estruturas abstratas, curvilíneas e mudanças de ambiente baseados em pura matemática.

2) Objetivo Geral e Específicos

Geral

Esse estudo tem como objetivo geral investigar o uso da modelagem paramétrica como instrumento de auxílio ao desenho arquitetônico sustentável. Procurar-se-à apropriar de técnicas de modelagem paramétrica para simular formas arquitetônicas que melhor atendam a aspectos ambientais como captação de luz e proteção da sombra na abóbada solar. Com vistas ao cumprimento deste objetivo, foram elencados alguns objetivos específicos, a saber:

Específico 1

Realizar leituras sobre a modelagem paramétrica, qualidade ambiental e como a modelagem paramétrica pode auxiliar a qualidade ambiental, apontando diretrizes gerais do uso da modelagem paramétrica no auxílio à qualidade do espaço arquitetônico.

Específico 2

Desenvolver um código de um modelo paramétrico que considere os conceitos de conforto arquitetônico passivo com relação ao sol e testar em uma fração urbana existente.

Específico 3

Trabalhar um plano de massa onde a incidência de luz solar nas densidades edilícias proporcionem agradabilidade térmica passiva. Mais precisamente uma incidência difusa e captação de energia solar nas edificações na parte matutina do dia (horário de maior incidência solar) e um tratamento arquitetônico de sombreamento de incidência solar à tarde (insolação indesejada para o nordeste brasileiro).

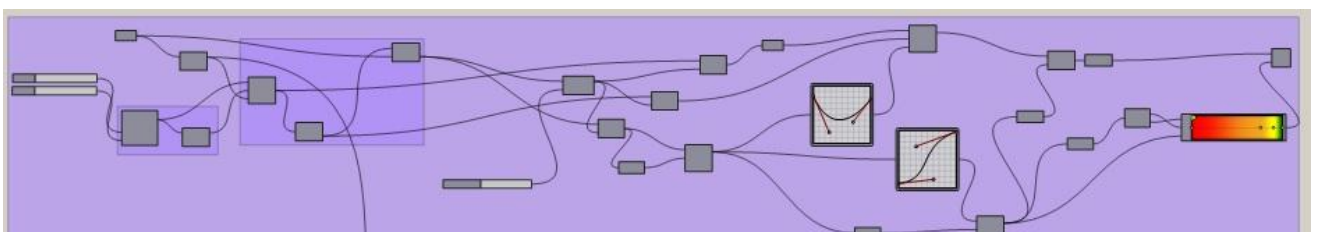
3) Metodologia

Para o desenvolvimento do estudo, foi usado o programa mais utilizado mundialmente para modelagem algorítmica 3D - RHINOCEROS 3D. A escolha foi feita pelo fato de que o referido programa conseguiu desenhar formas complexas no formato NURBS com um grande número de geometrias que podem ser mudadas em conjunto com apenas um comando.

Adicionados a sub-programas internos (*plugin's*) que são instalados dentro do Rhinoceros 3D (*Grasshopper e Ladybug*) onde já possuem comandos específicos com dados climáticos regionalizados das mais importantes cidades do mundo, tudo disponível na internet.

Com base nas características do recorte esse estudo chegou ao cerne desta investigação, onde foi analisado um conjunto fictício de edificações com um determinado plano de massa parametrizado interagindo negativamente e/ou positivamente em relação ao tempo de exposição solar, permitindo assim identificar áreas sombreadas e ensolaradas das edificações e servindo de base para um desenho arquitetônico parametrizado com uma bioarquitetura adaptada aos fatores locais de clima.

Na edição do código foram considerados dois conjuntos de comandos diferentes:

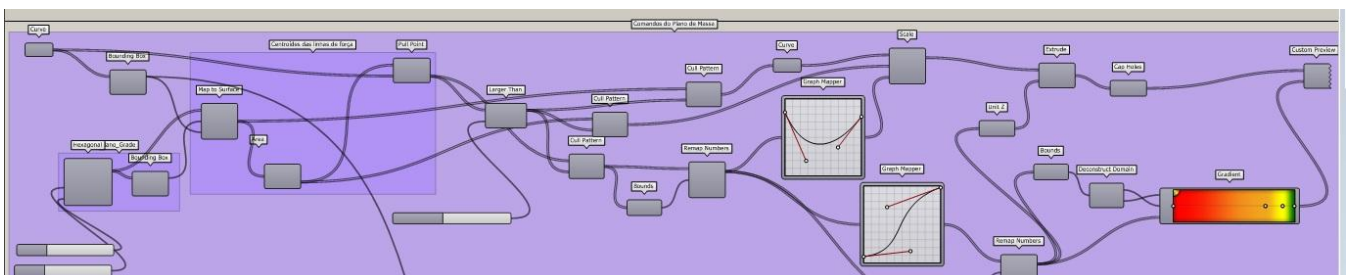




Visão geral do código. Fonte: o autor.

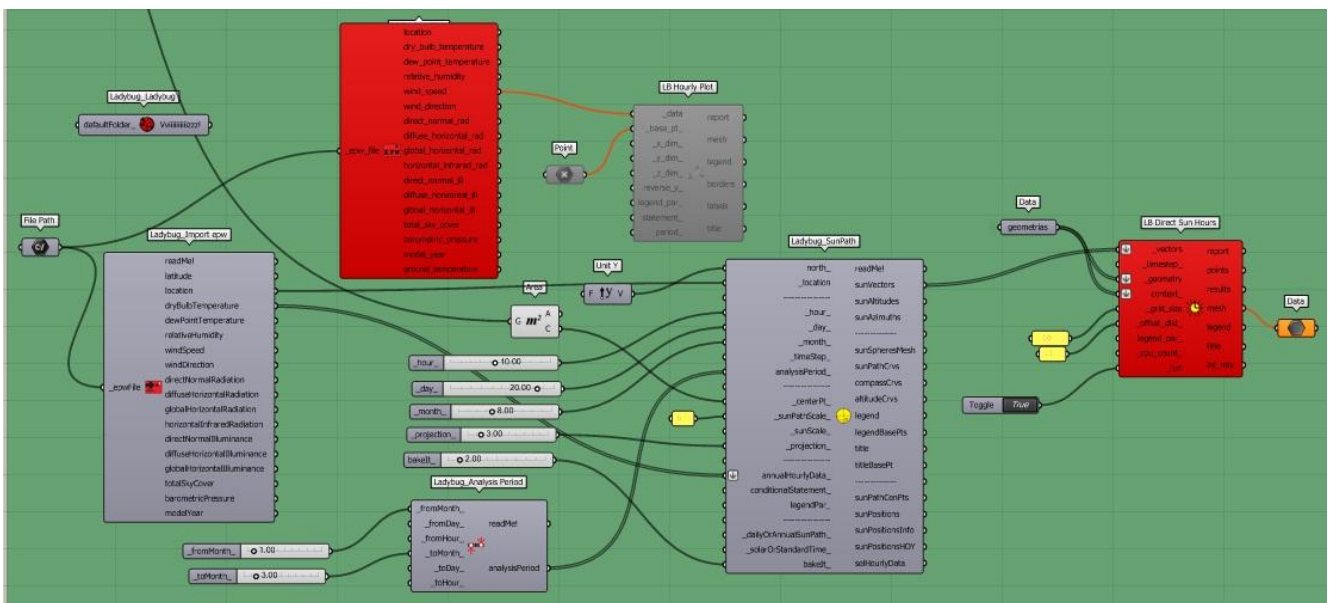
1. O conjunto de comandos que está em roxo é a edição da forma das edificações com lâminas hexagonais homogêneas utilizando-se da funcionalidade do Grasshopper chamada: *Curve Attractor*.

Essa funcionalidade foi escolhida para graduar as alturas das edificações com relação às ruas com a premissa de não se assemelhar com nenhuma tipologia urbana pré-existente. Ele gradua perto da rua edificações baixas com lâminas largas e mais ao centro da quadra com edificações altas e lâminas “finas”; servindo assim de base para a análise a seguir do plugin *Ladybug*.



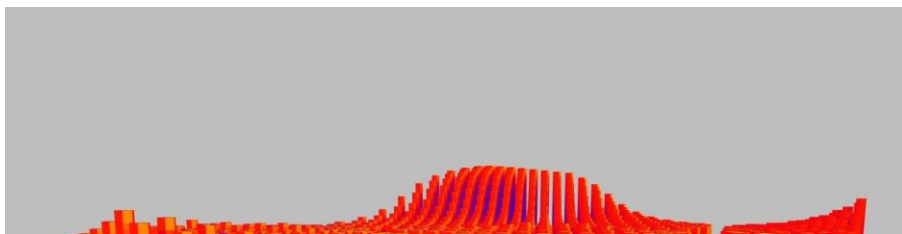
Visão ampliada do código nos comandos de plano de massa. Fonte: o autor

2. O segundo conjunto de comandos que tem o destaque verde na visão geral do código, têm relação às medições climáticas proporcionado pelo plugin do *Grasshopper* chamado *Ladybug*. Esse plugin nos fornece comandos específicos para analisarmos diversos tipos de características naturais com informações locais confiáveis.



Perfil climático do código algorítmico.. Fonte: o autor, 2023.

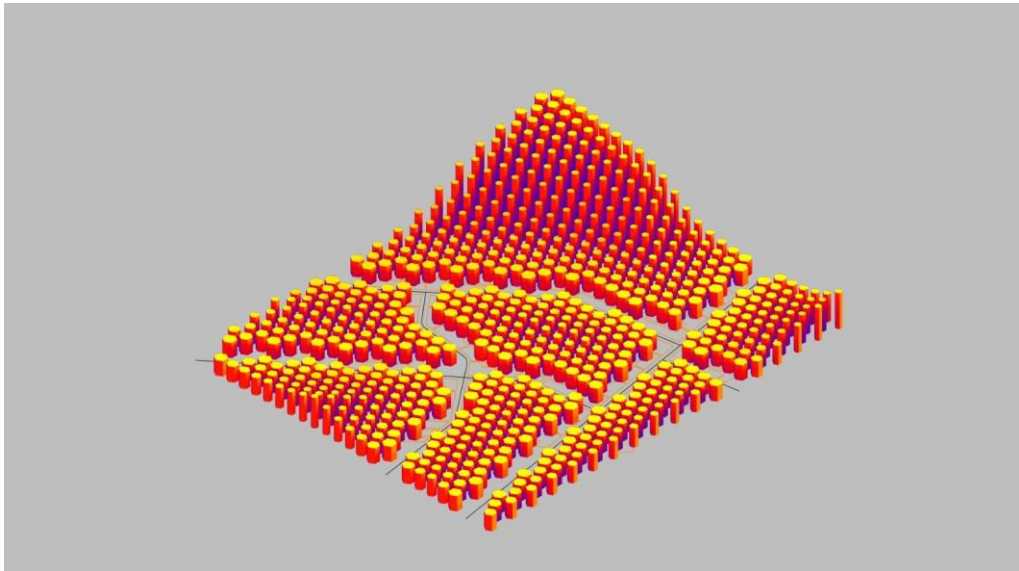
4) Resultados e Discussões



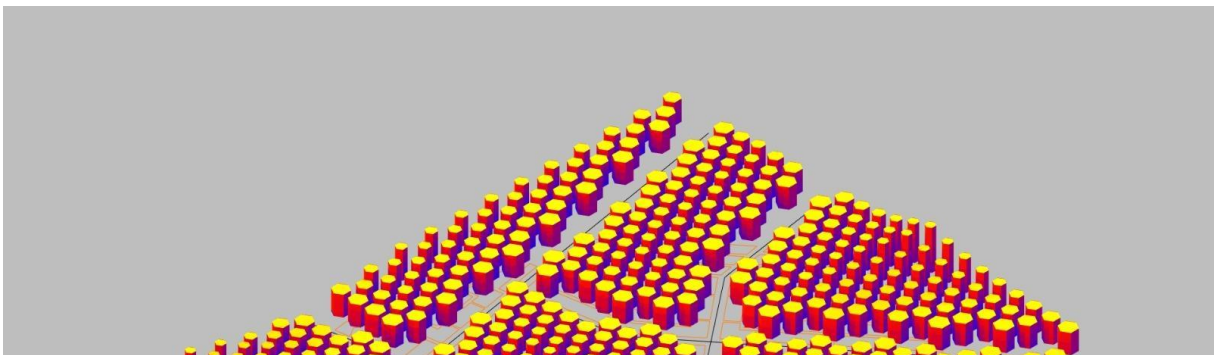


Perspectiva geral resultante do código. Fonte: o autor

O código completo com o plano de massa sugerido e informações climáticas de Recife nos mostrou que para a região nordeste brasileira a incidência solar fica mais amena no centro geométrico das quadras, nos primeiros pavimentos das edificações e em pavimentos mais altos quando as edificações se verticalizam.

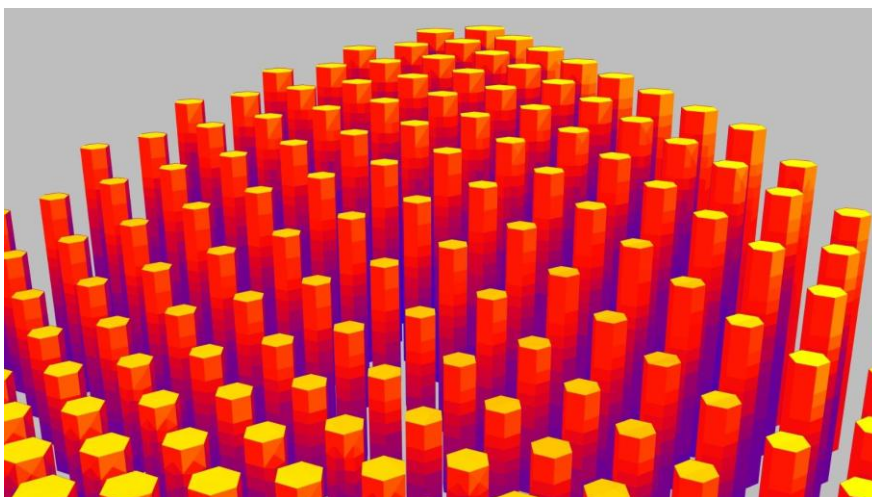


Visão isométrica geral 1. Fonte: o autor



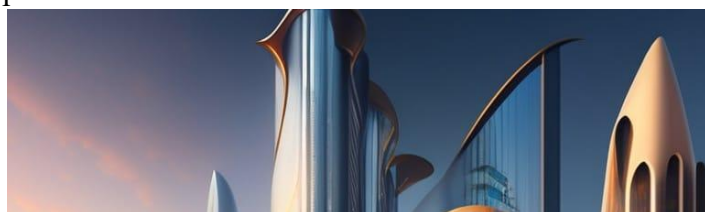
Visão isométrica geral 2. Fonte: o autor

A incidência solar em grandes adensamentos e verticalizações proporcionam micro climas amenos (observados no desenho pela graduação de cores) e podem servir de diretriz para propostas de projetos urbanos com projetos que se adaptam bem a nossa característica específica de clima no nordeste, provado agora através desse ensaio.



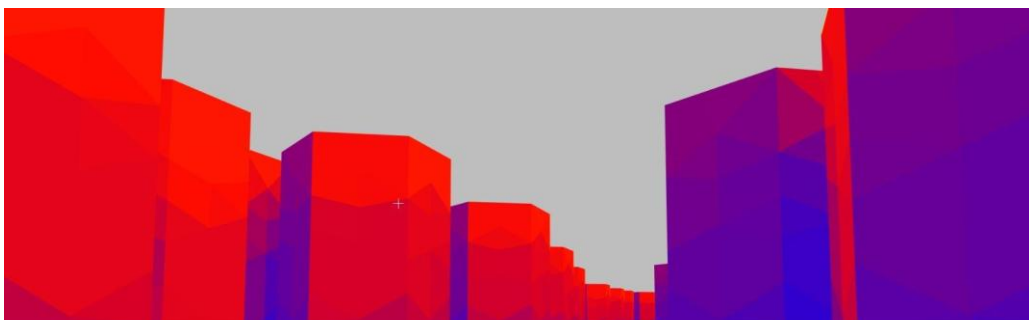
Visão Ampliada do adensamento verticalizado. Fonte: o autor

Podemos então sugerir com o resultado desse estudo, um design arquitetônico paramétrico e edificações inteligentes, em que na sua modelagem projetiva, levem em conta uma arquitetura que poderia ser pensada para aumentar ainda mais os níveis de conforto ambiental apontados nesses estudos de plano de massa.



Imagens geradas por inteligência artificial. Fonte: www.lexica.art

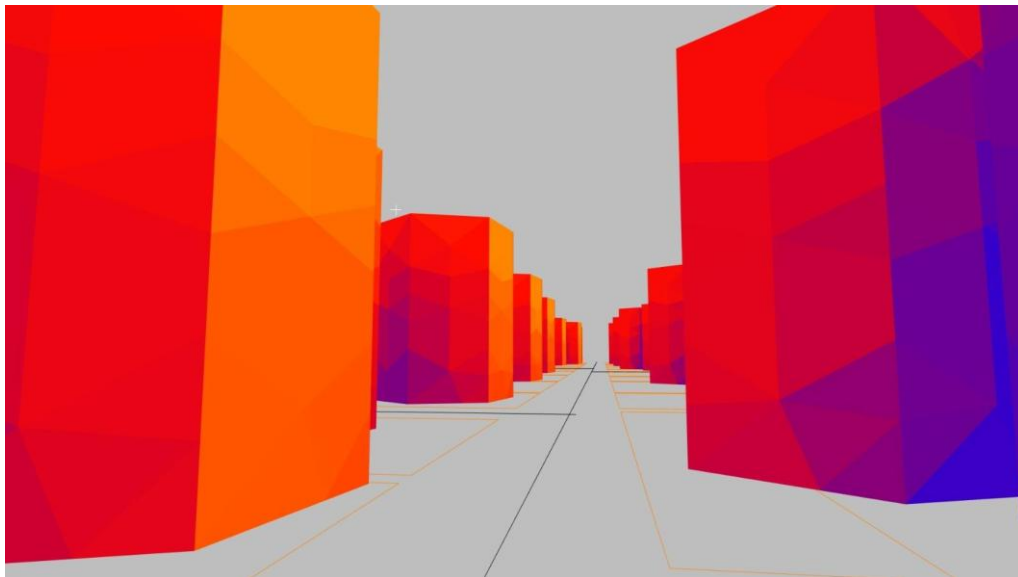
A aplicação do código mostrou claramente onde ficam as fachadas protegidas e frias (na cor roxa) e as fachadas quentes (nas cores vermelho, laranja e amarelo).





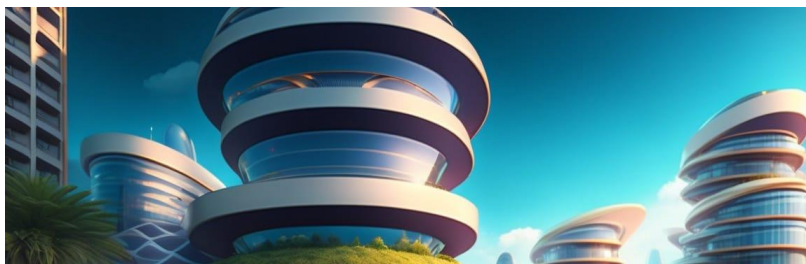
Visão Ampliada do adensamento verticalizado. Fonte: o autor, 2021

Podemos identificar também com mais precisão nas imagens do nível da rua onde a estética de bioarquitetura deve ser trabalhada.

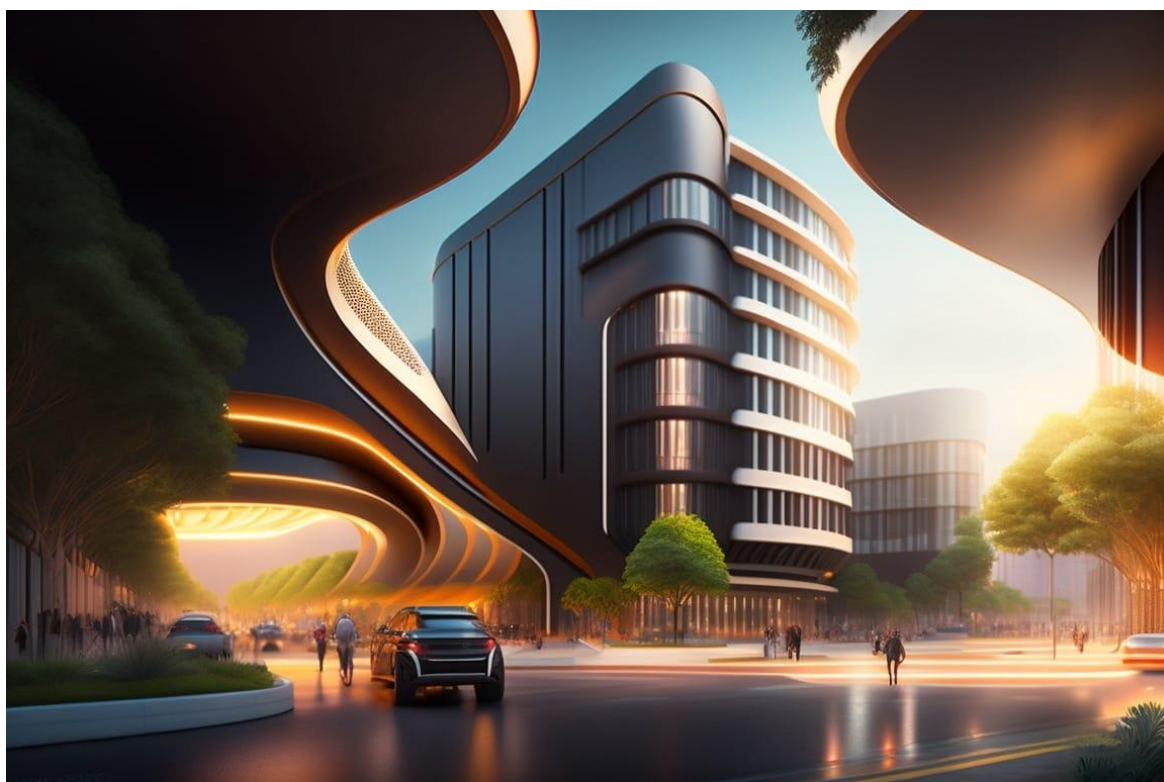


Visão Ampliada do adensamento verticalizado. Fonte: o autor, 2021

Um projeto baseado nesse estudo indicará onde o design arquitetônico deve ser pensado para vazar luz natural nas fachadas verdes e envidraçadas (fachadas frias) e onde deve ser projetado as paredes cegas de concreto e placas solares (fachadas quentes).



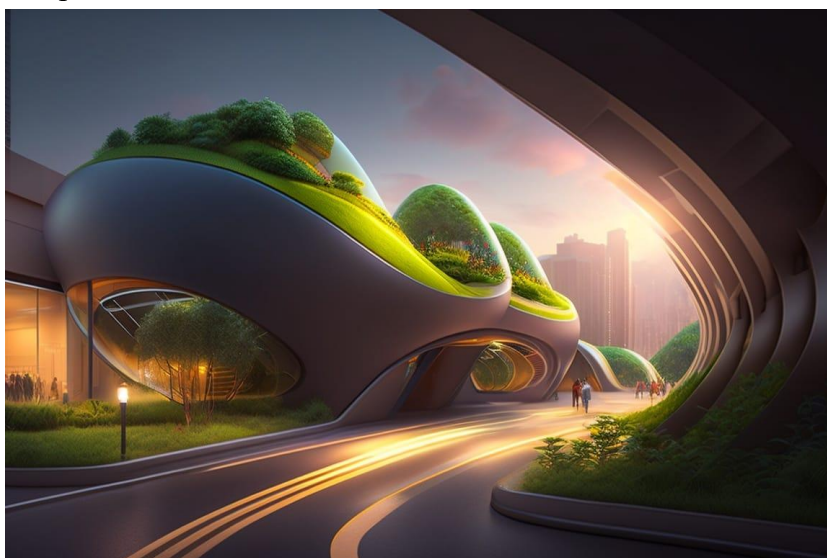
Imagens geradas por inteligência artificial. Fonte: www.lexica.art



Imagens geradas por inteligência artificial. Fonte: www.lexica.art

A interação do design paramétrico arquitetônico com elementos naturais passivos (sol, ventos, chuvas e humidade) poderá trazer a tona edificações mais humanizadas, estéticas arquitetônicas monumentais e confortáveis para o máximo de aproveitamento dos fatores naturais com adensamentos complexos em um número exponencial de habitantes,

possibilitando a sustentabilidade urbana integral com adensamento elevado, ideal para grande metrópoles.



Imagens geradas por inteligência artificial. Fonte: www.lexica.art



Imagens geradas por inteligência artificial. Fonte: www.lexica.art



Imagens geradas por inteligência artificial. Fonte: www.lexica.art

O universo de possibilidades que se abrem com o uso de algoritmos no desenho arquitetônico e urbano é rico, ilimitado e complexo. Abstraindo o fato de que o padrão das edificações nessa simulação (*Lâmina Hexagonal*) é uma primeira forma genérica de propor as análises; O desenho ficará mais perto da realidade quando forem usados dados reais do controle urbano com a forma física das edificações.

A parametrização de planos de massa com relação às ruas e quadras podem ficar mais precisa e completa com programações adicionais de critérios passivos de: Ventos predominantes, relevo, bacias hidrográficas e de massa verde/solo natural.

Podemos então vislumbrarmos um mapa em gêmeo digital CIM em toda cidade adaptada para qualquer clima e relevo; Todo concebido e desenhado com essas diretrizes nas edificações e geridos por inteligências artificiais.

Por fim, usar lotes, quadras e volumes das edificações de um mapa de Gêmeo digital CIM estruturado para modelar de forma paramétrica o arranjo urbano será a forma dos urbanistas atuarem nesse novo contexto da cultura digital vigente. Sendo perfeitamente plausível trazer o uso de algoritmos para a arquitetura sustentável e urbanismo de dados, mesmo porque já possuímos ferramentas para isso.

5) Referências

ALVES, F. M. B. Avaliação da qualidade do espaço público urbano: proposta metodológica (Fundação Calouste Gulbenkian, ed.). (2003).

ALMEIDA, F.A.S. Modelando a informação da cidade: do estado da arte a construção de um conceito de City Information Modelling (CIM). UFPE/ MDU. 2018

ALVES da S. J. F.; FURTADO S. N. O uso do modelo paramétrico para a produção e variabilidade formal em habitações de pequeno porte. Paranoá, [S. l.], n. 26, p. 106–125, 2020. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n26.2020.08.

BARBOSA, A., COSTA, J., PONTES, R. Cidades Inteligentes no contexto da quarta revolução industrial. Cadernos Adenauer, Ano XXI, 2020. ISSN 1519-0951.(2009)

BEIRÃO, J. N.; MENDES, L. T.; CELANI, G. O uso do CIM (city information modeling) para geração de implantação em conjuntos de habitação de interesse social: uma experiência de ensino. Gestão & Tecnologia de Projetos, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 101-112, 2015.

BATTY, M. Urban Modelling: Algorithms, Calibrations, Predictions. Cambridge University Press. London, 1976.

CASTELLS, M. A Sociedade em Rede. São Paulo: Paz e Terra. 1999

CORREA, C. Housing and Urbanisation. Urban Design Research Institute. Thames & Hudson, 2000.

DARODA, R. F. As novas tecnologias e o espaço público da cidade contemporânea. UFRGS/PPGPUR, 2012.

EWING, R., & CLEMENTE, O. Measuring urban design: Metrics for livable places (Island Press, Ed.), (2013).

EWING, R., CLEMENTE, O., HANDY, S., BROWNSON, R. C., & WINSON, E. Measuring Urban Design Qualities Related to Walking. Active Living Research Program, July – 2005.

ELLIN, N. Integral Urbanism. New York; Routledge, 2006.

FARR, D. Urbanismo Sustentável. São Paulo. Ed. Bookman, 2013.

GIROTTI, C. ; MARINS, K. R. DE C. ; LARA, A. H. Análise da morfologia urbana para maximização de geração de energia fotovoltaica no Belenzinho em São Paulo, Revista Ambiente Construído, v. 19, n. 4, p. 111-129, 2019.

GUPTA, Y. P. ; Goyal. S. Flexibility of Manufacturing Systems: Concepts and Measurements. European Journal of Operational Research 43 (2): p. 119–135, 1989.

HARVEY, D. A condição pós-moderna. São Paulo: Loyola, 1992.

JACOBS, J. Morte e vida de grandes cidades. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

LOGAN, J. R.; MOLOTCH, H. L. Urban fortunes Berkeley, Los Angeles, Londres: University of California Press, 2007.

LEACH, N. Parametrics Explained: Next generation building, 2014.

LÉVY, P. As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática. São Paulo: Ed.34, 1993.

_____. Ciberultura. São Paulo: Ed.34. 1999.

LIMA, F.; COSTA, F. R.; ROSA, A. Lógica algorítmico-paramétrica e urbanismo: uma revisão teórica e de modelos computacionais para projetos urbanos: . Gestão & Tecnologia de Projetos, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 84-97, 2020.

MARQUES, J. M. S. F. Urbanismo Paramétrico: Avaliação de qualidades urbanas no projeto paramétrico; Orientadora: Paulo S. Conceição – Cidade do Porto, Portugal, 2019. 100p.

MORETTI, L. Ricerca matemática in architettura e urbanística. Revista Moebius. V.4, Pág. 20-53, 1971.

NEVES, T. B. da S.; LABAKI, L. C. Proposição para um modelo de implementação computacional: indicadores para o verde urbano (IVU). Gestão & Tecnologia de Projetos, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 159-183, 2021. DOI: 10.11606/gtp.v17i1.183799.

OLIVEIRA, F. M. DE. Desenvolvimento de ferramenta BIM para avaliação prescritiva de eficiência energética integrada ao processo de projeto. [S.l.]: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS, 2019.

PINHO, P. Dinâmicas De Transformação E Qualidade Do Ambiente Urbano - O Caso Da Área Metropolitana Do Porto. Estatísticas & Estudos Regionais, 14., 54–61, 1997.

REFFAT, R. M., & Harkness, E. L. Environmental Comfort Criteria: Weighting and Integration. Journal of Performance of Constructed Facilities, 15(3), 104–108, 2002.

ROMERO, M. A. B. Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. (ProEditores Associados, 84, Ed. Retrieved, 2000.

SCHURCH, T. W. Reconsidering Urban Design: thoughts about its definition and status as a field or profession. Journal of Urban Design, v.4, n.1, p.5-28, 1999.

SILVA, C. F., ROMERO, M. A. B. Simulação do Clima Urbano do Distrito Federal: experimentando o Software ENVI-met. Editora do UnB, Brasília, 2020.

VOLTOLINI, Giovani. Design e modelagem algorítmica: Os efeitos de seus conceitos e técnicas em acadêmicos em arquitetura; Orientadora: Regiane Trevisan Pupo – Florianópolis, SC, 2019. 205p.

WALDROP, M. Complexity: the emerging science at the edge of order and chaos, 2.ed, New York: Touchstone, 1993.

WHEELER, S. Planning for sustainability. 2.ed. New York: Routledge, 2013.