

OTIMIZAÇÃO DO DESENHO PARAMÉTRICO URBANO À EXPOSIÇÃO SOLAR

AMANDA REINALDO ^{1,2*}, MARIA CAROLINA BRESSAN COPETTI ^{2,2*},
DANIELLA RECHE ^{2,3*}, VINÍCIUS CESAR CADENA LINCZUK ^{2,4*}

1 Introdução

Pensar o desenho urbano em tempos atuais, frente à perspectiva do desenvolvimento sustentável das cidades corresponde em adotar processos também atuais para a solução de problemas considerados complexos. Diante do número elevado de variáveis entre parâmetros da edificação e normatizações urbanísticas, a adoção de ferramentas computacionais que viabilizam a busca por soluções otimizadas passa a ser uma nova abordagem para discussão da cidade contemporânea. Inúmeras são as experiências do emprego de algoritmos generativos em estudos de morfologia urbana, estipulados objetivos e restrições, que conduzem em um processo de aprendizado iterativo, ampliando soluções potenciais, análise, discussão e intervenção. A presente pesquisa oferece continuidade a um estudo anterior, contribuindo para a construção de um grupo de pesquisa e para formação acadêmica na graduação e na pós-graduação. O estudo foca em ampliar a pesquisa sobre as potencialidades da otimização paramétrica na área da morfologia urbana, investigando o parcelamento sob condições favoráveis de exposição solar às edificações verticais.

2 Objetivos

A pesquisa objetivou investigar como diferentes parcelamentos do solo urbano interferem na melhoria das condições favoráveis de exposição solar às edificações verticais. O artigo teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a temática, sistematizar referências e avaliar o potencial de ferramentas de parametrização aplicadas ao desenho urbano, com foco nas condições de exposição solar das edificações verticais.

1 Graduanda do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Erechim, amanda.reinaldo@estudante.uffs.edu.br.

2 Graduanda do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Erechim, maria.copetti@estudante.uffs.edu.br.

3 Doutora em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Erechim, Colaborador.

4 Doutor em Arquitetura, Universidade Federal da Fronteira Sul, *campus* Erechim, Orientador.

3 Metodologia

A pesquisa adotou o levantamento bibliográfico com a aproximação teórica sobre a temática, sistematização das referências para futuras consultas e avaliação do potencial das ferramentas de parametrização.

4 Resultados e Discussão

Historicamente, as cidades médias têm replicado um modelo de crescimento urbano disperso, fragmentado e com forte expansão horizontal, muitas vezes guiadas pela força do mercado imobiliário, que frequentemente impulsiona a criação de loteamentos periféricos, que afastam a população dos centros, aumentando o custo da infraestrutura. As cidades sustentáveis buscam um adensamento inteligente e uso misto, com a criação de núcleos com serviços variados, reduzindo a necessidade de grandes deslocamentos.

No que tange à legislação, o zoneamento tradicional muitas vezes permite altos coeficientes de aproveitamento e taxas de ocupação que, quando aplicados sem critério ambiental, geram sombreamento excessivo e impedem a qualidade de ventilação natural. Diante desse cenário, projetar utilizando apenas as restrições e dimensões mínimas estabelecidas pelas legislações urbanísticas atuais, como os Códigos de Obras e Planos Diretores, não é o suficiente para garantir o melhor desempenho e conforto térmico da edificação (Almeida & Silva, 2024), demonstrando que as legislações urbanísticas devem evoluir para não apenas ditar limites de lotes, mas integrar parâmetros de sustentabilidade.

No ano de 2019 o Plano Diretor da cidade de Erechim/RS, recebeu uma grande alteração em seus índices urbanísticos. Antes da alteração o número máximo era de 15 pavimentos e passou para 30 pavimentos em algumas áreas que correspondem ao polígono central e a avenida principal da cidade. Essas mudanças trarão nos próximos anos impactos às edificações existentes com a projeção de sombra e consequente redução de radiação solar em fachadas, diante do aumento expressivo do número de pavimentos permitidos. No ano de 2026, está prevista nova alteração, com nova ampliação de índices urbanísticos.

Quando a investigação do parcelamento do solo se volta para a otimização da exposição solar em edificações verticais, há uma ruptura nas ideias de um zoneamento tradicional, integrando princípios sustentáveis e ferramentas paramétricas desde a escala urbana até a escala do edifício. Assim, para que as edificações verticais sejam energeticamente eficientes, o traçado da cidade e a divisão dos lotes são determinantes. Segundo Silva Júnior (2016), baseando-se

em princípios bioclimáticos para o desenho urbano, o parcelamento do solo ideal deve prever lotes que sejam mais largos do que compridos, permitindo maior flexibilidade na implantação das estruturas. Além disso, o alinhamento das edificações não deve ser rígido, e edifícios mais altos devem ser intercalados com edificações de gabarito menor, para que possam ser evitadas as chamadas “barreiras urbanas” contínuas, um problema que é recorrente em locais com índices urbanísticos de ocupação do solo aplicados em capacidade máxima e sem critérios ambientais, bloqueando a circulação dos ventos e piorando o microclima.

A compreensão precisa da geometria da insolação e suas trajetórias é imprescindível para o sucesso energético do ambiente construído (Cartana e Pereira, 2016). De acordo com Silva Junior (2016), para garantir que o parcelamento do solo resulte em condições favoráveis de exposição solar, o uso do Urbanismo Paramétrico é fortemente indicado. Ferramentas algorítmicas permitem que os legisladores e planejadores testem centenas de cenários alterando taxas de ocupação, recuos e coeficientes de aproveitamento em modelos 3D.

Para que isso seja possível, os estudos se apoiam em um robusto ecossistema de softwares e plug-ins, que convergem a modelagem algorítmica, a simulação ambiental e motores de inteligência artificial em busca da solução mais eficiente para as edificações e cidades.

A tabela a seguir sistematiza as principais ferramentas utilizadas, divididas de acordo com suas categorias de uso e características fundamentais no suporte ao projeto sustentável:

Ferramenta (Software/Plug-in)	Categoria
Rhinoceros 3D + Grasshopper	Modelagem Paramétrica e Programação Visual
Ladybug e Honeybee/Archsim	Simulação Ambiental e Termoeenergética
Galapagos e Octopus	Otimização via Algoritmos Evolutivos/Genéticos
CityEngine e Modelur	Urbanismo Paramétrico e Planejamento Urbano

As pesquisas demonstram a aplicação prática dessas metodologias em diferentes contextos do território brasileiro. O estudo de Cartana e Pereira (2016), por exemplo, utilizou a modelagem paramétrica e algoritmos evolutivos para desenvolver e simular o desempenho de elementos de sombreamento e controle solar na cidade de Florianópolis (SC). Em outra frente, Santana (2016) focou na escala arquitetônica, aplicando a otimização baseada em simulação para melhorar o desempenho termo energético (focado nos graus-hora de aquecimento e resfriamento) em habitações no município de São Paulo (SP). Por fim, ampliando a aplicação das ferramentas computacionais para a escala urbana, Silva Junior (2016) utilizou o urbanismo

paramétrico e softwares de geração de cenários em 3D para projetar a reconfiguração do zoneamento e do uso do solo no bairro de Bento Ferreira, em Vitória (ES). Linczuk (2020), em sua tese, buscou contribuir para o campo de pesquisa de edificações de baixo consumo energético em clima temperado aplicando uma técnica de otimização multiobjetivo, utilizando recursos computacionais para simulação. Os resultados demonstraram o potencial das ferramentas utilizadas para o aprimoramento da concepção do projeto arquitetônico. Ferramentas semelhantes podem oferecer à concepção do projeto do espaço urbano resultados também importantes.

De acordo com Santana (2016), apesar da Otimização Baseada em Simulação (OBS) demonstrar um enorme potencial para a concepção de projetos, o seu uso ainda é fortemente concentrado na pesquisa acadêmica, não sendo amplamente utilizado na indústria da construção civil. Contudo, no cenário internacional, essa abordagem teve um crescimento exponencial a partir dos anos 2000, impulsionado pela evolução dos computadores.

A literatura internacional reflete essa expansão por meio de experimentações em diversos contextos. De acordo com Cartana e Pereira (2016), destacam-se as aplicações de otimização e controle solar em cidades com climas extremos. A preocupação com o clima tropical também é evidenciada no estudo de A'yun (2024), focado na otimização paramétrica de arranha-céus na cidade de Surabaya, na Indonésia. Quando se amplia a visão para a escala urbana, Silva Junior (2016) destaca o desenvolvimento de masterplans paramétricos de grande impacto mundial, como o plano de Kartal-Pendik (do escritório Zaha Hadid Architects) na Turquia, e o plano de Qing Long Hu na China, onde os projetos evidenciam como o urbanismo paramétrico apresenta contribuições práticas valiosas ao conectar múltiplas bases de dados para o planejamento da cidade contemporânea.

5 Conclusão

A parametrização do parcelamento do solo representa uma mudança de paradigma essencial para a sustentabilidade e o conforto térmico urbano, atuando como um sistema generativo e preditivo em vez de um desenho estático.

Apesar de seu vasto potencial, a adoção destas metodologias esbarra em restrições práticas que mantêm o seu uso fortemente concentrado na pesquisa acadêmica e distante da indústria da construção civil. As principais barreiras são o elevado custo computacional e o longo tempo de processamento exigidos pelas simulações dinâmicas unidas aos algoritmos

evolutivos, aliados a uma longa curva de aprendizado necessária para que os arquitetos dominem lógicas matemáticas e linguagens de programação visual. Entretanto, a superação desses desafios tecnológicos e educacionais mostra-se fundamental para conectar as decisões de uso do solo ao desempenho climático, viabilizando o desenvolvimento de cidades compactas, inteligentes e verdadeiramente eficientes por meio do urbanismo paramétrico.

Referências Bibliográficas

- A'YUN, Q.. Building Mass Optimization to Reduce Solar Radiation in High Rise Building by Using Parametric Approach. DIMENSI: Journal of Architecture and Built Environment, Surabaya, v. 51, n. 1, p. 28-38, jul. 2024.
- BIRCK, M. B.; AMORIM, C. N. D.. Condicionantes solares como princípio orientador da forma urbana: estudo de caso contextualizado no Distrito Federal. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 591–609, 2020.
- CARTANA, R. P.; PEREIRA, F. O. R.. Elementos de controle solar desenvolvidos com modelagem paramétrica e algoritmos evolutivos. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, v. 7, n. 3, p. 133-144, 2017.
- LINCZUK, V. C. C. Otimização multiobjetivo do projeto de edificações residenciais para obtenção de baixo consumo energético na Região Sul do Brasil / Rio de Janeiro, 2020. 341 f.
- OLIVEIRA, B. P. de; PIRES, J. de F.. Integração entre modelagem paramétrica, simulação térmica e geometria complexa para a otimização do desempenho das edificações. ANAP, v. 1, n. 3, p. 902-916, 2023.
- SANTANA, L. O.. Otimização multiobjetivo da geometria de edificações residenciais energeticamente eficientes por meio de algoritmos genéticos. 2016. 81 f. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, MG, 2016
- SANTANA, L.O; GUIMARÃES, Í.B.B; CARLO, J.C. Parametrização aplicada ao desempenho energético de edificações. V!RUS, São Carlos, n. 11, 2015.
- SILVA JUNIOR, E. R.. Urbanismo Paramétrico: Experimentos para uma cidade compacta e sustentável. In: CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS (SIGraDi), 20., 2016, Buenos Aires. Proceedings. Buenos Aires: SIGraDi, 2016. p. 520-527.

Palavras-chave: Conforto ambiental; Desenho paramétrico; Espaço urbano; Otimização.

Nº de Registro no sistema Prisma: PES-2025-0437

Financiamento

