

## **1. Informações Gerais**

- 1.1. Título do trabalho de pesquisa: “Superfícies de contato, processos de transmutação de terrenos residuais do BRT Transcarioca”
- 1.2. Autora: Isadora de Moura Tebaldi  
Orientação: Gonçalo Castro Henriques e Andrés Martin Passaro
- 1.3. Informações pessoais:  
E-mail: isadoratebaldi@gmail.com  
Telefone: +55 (21) 99705 0706  
Endereço: Rua Geraldo Martins, n189, apto 1504, Jardim-Icaraí, Niterói, RJ, 24220380, Brasil
- 1.4. Dados institucionais: Pesquisa desenvolvida como Trabalho Final de Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- 1.5. Data de Conclusão: 03/12/2018
- 1.6. Categoria: 1
- 1.7. Área temática: Científico – tecnológico

## **2. Resumo (200 palavras)**

As infraestruturas de transporte são importantes elementos na estruturação urbana, mas, quando o seu planejamento é ineficaz, elas rasgam o tecido das cidades criando vazios urbanos (Pereira, 2011). Devido a fatores políticos e econômicos, estes vazios urbanos se tornam desocupados, esquecidos e degradados, apesar de terem potencial para novas atividades (Solà-Morales, 2002). Para explorar esse potencial, este trabalho desenvolve uma metodologia para conseguir soluções urbanas personalizadas, abrangentes e exequíveis.

Para isso, é desenvolvido um sistema generativo computacional, através de uma metodologia em 4 etapas: 1) Análise do entorno e identificação de locais de atuação; 2) Classificação do entorno de acordo com parâmetros baseados em uma “gramática visual”; 3) Criação de um algoritmo que associa as propriedades do espaço à transformação geométrica para gerar soluções: nomeadamente operações transformativas em espaços públicos, operações aditivas em espaços semipúblicos e operações subtrativas em espaços semiprivados; 4) Avaliação e desenvolvimento de soluções, de acordo com critérios de sombreamento, hierarquia espacial e densidade volumétrica.

O código criado utiliza algoritmos genéticos, para desenvolver aproximadamente 50 soluções volumétricas. Os resultados mostram o potencial da metodologia computacional utilizada para produzir soluções urbanas extensivas, relacionando uma quantidade considerável de informação – um dos desafios identificados na 4ª revolução industrial (Schwab, 2018).

**3. Palavras-chave (5):** sistemas generativos; Terrain Vague; vazios urbanos; urbanismo paramétrico; algoritmos genéticos.

## **4. Objetivos gerais e específicos**

As propostas para os vazios urbanos são escassas, considerando a sua diversidade, complexidade e a presença de tais espaços nas cidades. Apesar de existirem estudos conceituais, há poucos estudos propondo soluções de design para estes espaços. Com isso,

este trabalho não tem a intenção de solucionar os vazios urbanos, mas contribuir para o desenvolvimento de uma metodologia de design para atuar na paisagem urbana.

Desenvolvemos um sistema generativo, utilizando ferramentas computacionais, objetivando conseguir soluções personalizadas para um conjunto de vazios urbanos. Dada a escala e o número de vazios urbanos e suas particularidades, um método de resolução individual, projetando terreno por terreno, consome tempo e recursos. Como não existe uma metodologia sistêmica para resolver este problema, este trabalho desenvolveu uma para um recorte urbano atravessado pela via expressa de ônibus (BRT) Transcarioca, na periferia da cidade do Rio de Janeiro. A Transcarioca foi analisada ao longo de um trecho de 8km, identificando vazios urbanos nesse recorte e recorrendo a uma “gramática visual” (Bradley, 2010) para resumir suas características.

Para alimentar e testar o sistema generativo, foi escolhida uma escala de vazios urbanos perceptível ao habitante, os espaços residuais, sendo terrenos que foram destruídos, sem serem reconstituídos (Borde, 2013 apud Ferrara, 2000), que neste trabalho designamos como terrenos residuais.

## **5. Metodologia utilizada**

A metodologia está organizada em quatro etapas:

### **Etapa 01: Análise**

A primeira etapa se concentrou na macro escala, entendendo os padrões do entorno, para identificar e enumerar áreas que influenciavam o ambiente e com potencial de intervenção. Através de registros da cidade, foram identificados 90 casos e que foram agrupados de acordo com suas características e relações com o entorno (praças, sob infraestruturas, terrenos residuais, muros, estruturas ociosas, trevos e passarelas).

### **Etapa 02: Classificação**

Na segunda etapa, foi escolhido o grupo com mais exemplos (50 casos de terrenos residuais) que foi classificado detalhadamente para testar o desenvolvimento do sistema generativo. Para tal, foi desenvolvida uma “gramática visual” derivada da representação icônica do livro *Phylogenesis* (Zaera-Polo, 2003). Neste livro, o autor identifica a geração formal de suas propostas de design de acordo com uma “gramática visual” que as classifica em diferentes espécies. Embora os métodos aqui utilizados sejam análogos ao do livro, no sentido que existe uma lógica evolutiva, neste caso procuramos implementar este método utilizando processos computacionais.

Considerando que os elementos de uma linguagem visual, assim como todas as linguagens, são organizadas por uma gramática (Bradley, 2010), o termo “gramática visual” refere-se à estrutura dos elementos visuais de uma linguagem. Neste trabalho, o vocabulário consiste em elementos visuais de linhas e formas, formando ícones para representar parâmetros urbanos e facilitar a comunicação da metodologia.

Estipulamos 6 categorias e 16 subcategorias. Cada categoria correspondeu a uma variável urbana comum a todos os casos estudados; sendo que utilizamos um ícone para ilustrar cada subcategoria dessa variável.

**Categoria a. Tipo de espaço:** Externo ou Interno.

Separa os casos em públicos (praças), semipúblicos (espaços privados acessíveis ao público, como lojas e restaurantes) e semiprivados (espaços com caráter de privado, abertos ao público, mas com entrada controlada, como cinemas e teatros);

**Categoria b. Tipo de camada:** Simples Externa, Composta Externa, Simples Interna ou Composta Interna.

Divisão dos casos por quantidade de pavimento;

**Categoria c. Orientação predominante:** Unidirecional, Bidirecional ou Tridirecional.

Divisão por quantidade de acessos;

**Categoria d. Eixo predominante:** Horizontal ou Vertical.

Divisão por eixo dominante;

**Categoria e. Operação geométrica:** Transformação, Adição ou Subtração.

Divisão por operação geométrica correspondente ao tipo de espaço (públicos, semipúblicos e semiprivados);

**Categoria f. Relação contextual:** Independente ou Dependente.

Divisão por distância das estações do BRT.

A classificação é representada de três maneiras e cada caso possui a sua própria cor. O primeiro é o mapa quantitativo (visualização quantitativa e em porcentagem de cada categoria; é lido no sentido horário e suas subcategorias são conectadas por linhas), o segundo é o mapa geográfico (visualização contextual dos casos com seu respectivo resumo de classificação; alguns casos possuem relação com os edifícios do livro *Phylogenesis*) e o terceiro é o mapa qualitativo (visualização ramificada da classificação; é apresentado junto com a terceira etapa).

### **Etapa 03: Geração**

Na terceira etapa, definimos um algoritmo que opera com as categorias para gerar soluções geométricas para os 50 casos selecionados. O objetivo deste agrupamento foi automatizar o processo de design para os vazios urbanos que possuam problemas similares, embora em contextos específicos. As operações geométricas são baseadas na pesquisa de Di Mari e Yoo (2017) e foi utilizada a programação visual (Grasshopper) no desenvolvimento desses processos. No sistema, são definidas três operações geométricas de acordo com três tipos de espaço:

1) espaços públicos, abordando a transformação do solo a ser utilizado como praça urbana, de acordo com áreas verdes e asfaltadas. O sistema estabelece uma grid inicial com faixas de largura mínima de 3m, sempre orientadas para a avenida do BRT. Cada faixa pode obter uma das 4 frequências estabelecidas, de acordo com estudos de uso e insolação;

2) espaços semipúblicos, endereçados pela adição de geometrias correspondendo a um volume total. O sistema determina uma grid inicial de 3mx3m orientada para a avenida do BRT, que é replicada quando existem pavimentos superiores. A formação das geometrias é feita a partir da união das células da grid e é otimizada através de estudos da sombra, do comprimento do pavimento, da densidade volumétrica e dos espaços livres;

3) espaços semiprivados, em que partindo de um volume inicial, subtraem-se diferentes geometrias. Existem dois tipos de geometrias subtraídas que são sempre perpendiculares aos acessos do terreno. A primeira corresponde à divisão e ao reajuste do volume inicial, sendo aplicada em casos de um pavimento, e a segunda é constituída por cubos e é aplicada em casos com mais pavimentos. O sistema avalia a posição das subtrações de acordo com a densidade da operação, sombra e espaços abertos.

#### **Etapa 04: Avaliação e Seleção**

Na quarta e última etapa, são avaliados os resultados e suas soluções derivadas obtidos na fase anterior. Por se tratar de um processo iterativo, a geração de soluções se torna um processo cíclico, em loops, e por isso utilizamos algoritmos genéticos para melhorar os resultados nesse processo iterativo (Fisher, 2000). Primeiramente, são estudados conceitos de Chiang (2017) e Alexander (2013) para definir três critérios. O primeiro critério (Sombra - S) analisa a área total de sombra gerada pelos volumes nos espaços abertos do terreno de cada caso (na região do Rio de Janeiro, a sombra é um recurso inestimável). O segundo critério (Hierarquia de Espaços Livres - HEL) compara os volumes gerados e os espaços abertos e livres resultantes. O terceiro critério (Compacidade - C) mede a linearidade volumétrica das propostas. Depois de gerar soluções, o arquiteto, como um geneticista, avalia-as de acordo com os requisitos de cada caso. Para influenciar a evolução dos resultados de forma interativa, utilizou-se o plug-in Biomorpher, que permitiu intermediar algoritmos genéticos de desenvolvimento quantitativo com critérios qualitativos, interferindo na seleção dos resultados, em cada geração, e considerando a análise multicriterial (Harding, 2018).

Quando se trata do processo de transformação, os resultados obtidos foram muito similares, pelo algoritmo apenas trabalhar com a geração e transformação de faixas, sendo a mudança mais notável a alteração da largura. A cada ciclo de famílias, notou-se pequenas variações dos critérios, sendo o menos expressivo o critério de Sombra, sinalizando para o futuro melhoramento do algoritmo, com a introdução do sombreamento feito pelas árvores. Os outros critérios foram mais significativos e decisivos na seleção das superfícies, optando-se por valores medianos que não tornasse a geometria muito ou pouco deformada.

Os resultados dos processos de adição e subtração foram igualmente satisfatórios, em que cada família gerada resultava em soluções diferentes entre si, propondo interessantes e distintas espacialidades. Assim como na transformação, os critérios não apresentaram grandes variações, indicando para uma futura calibragem do algoritmo de análise. A volumetria selecionada de cada processo priorizou maior sombra nos espaços livres, maior proporção entre área construída e área livre projetada e menor sinuosidade volumétrica.

Como primeira abordagem, os resultados foram significativos, embora o algoritmo precisa ser melhorado. Como modelo exploratório, uma proposta de cada operação geométrica foi selecionada, com o objetivo de ilustrar brevemente seus usos. Esse experimento propôs e testou uma metodologia para melhorar os resultados.

#### **6. Resultados ou conclusões mais relevantes**

Foi criado e desenvolvido um sistema generativo, propondo uma metodologia que visa contribuir para os estudos de vazios urbanos, apresentando múltiplas soluções de intervenção. Foram analisados e mapeados 90 casos. É proposta uma “gramática visual” com 6 categorias e 16 subcategorias que codificam as variáveis urbanas para gerar soluções de ocupação. O algoritmo desenvolvido associa três operações geométricas com três tipos de espaços: transformação em espaços públicos, adição em espaços semipúblicos, e subtração em espaços semiprivados. Associado a este processo, foi desenvolvido um método recursivo para gerar soluções, que podem ser aprimoradas em ciclos. Os volumes foram selecionados de acordo com 3 critérios: Sombra, Hierarquia de

Espaço Livre e Compacidade das propostas. Finalmente, com esta metodologia, foi produzida uma família de soluções para os 50 casos.

Ao definir regras geométricas, o sistema generativo produziu soluções volumétricas imprevistas e inesperadas, ampliando as possibilidades de projeto. Tal acontece por dois motivos. O primeiro é porque a demanda inclui um fator de aleatoriedade, presente nas disposições e escalas dos elementos de transformação, adição e subtração. A segunda é a restrição desses elementos, permitindo a interação com o algoritmo genético por meio de restrições quantitativas (Sombra, Hierarquia de Espaços Livres e Compacidade) e qualitativas (composição volumétrica) que o designer escolhe.

A metodologia proposta e os resultados obtidos demonstram a viabilidade do sistema generativo desenvolvido. Esta pesquisa é uma prova de conceito. A esse respeito, os critérios e valores não foram uma preocupação em si mesmo, nem foram o objetivo principal da pesquisa. Pelo contrário, foi favorecido o desenvolvimento de um sistema evolutivo para gerar famílias de solução, que funciona para definir soluções exploratórias para os vazios urbanos, e que pode ser melhorado no futuro.

## 7. Referências bibliográficas

- Alexander, C., Ishikawa, S., Silverstein, M., Jacobson, M., Fiksdahl-king, I. e Angel, S. (2013). *A Pattern Language*. Porto Alegre: Bookman.
- Borde, A. (2013). *Percorrendo os Vazios Urbanos*. Em: X Encontro Nacional da ANPUR (Associação Nacional de Planejamento Urbano e Regional). Belo Horizonte, 2003.
- Bradley, S. (2010). *Visual Grammar: How To Communicate Without Words*. Disponível em <https://vanseodesign.com/web-design/visual-grammar/>
- Chiang, Y., Sullivan, W., e Larsen, L. (2017). *Measuring Neighborhood Walkable Environments: A Comparison of Three Approaches*. Int. J. Environ. Res. Public Health, 14, 593.
- Di Mari, A. e Yoo, N. (2017) *Operative Design: A Catalogue of Spatial Verbs*. Amsterdam: BIS Publishers.
- Ferrara, L. D'A. (2000). *Significados Urbanos*. São Paulo: HUCITEC/Edusp. P181.
- Fischer, T. e HERR, C. (2000). *Teaching Generative Design*. Em International Conference on Generative Art.
- Harding, J. e Brandt-Olsen, C. (2018). *Biomorpher: Interactive evolution for parametric design*. International Journal of Architectural Computing, 16, 144-163.
- Pereira, J. (2011). *Espaços Residuais Urbanos. Os “Baixios” de Viadutos*. Tese de mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. UK: Penguin random house.
- Solà-Morales, I. (2002). *Terrain Vague In Territorios*. Barcelona: Gustavo Gili, p. 181-193
- Zaera-polo, A. e Moussavi, F. (2003) *Phylogenesis: FOA's art, Foreign Office Architects*. Barcelona: ACTAR.