

A LEITURA DA GRAMÁTICA DA FORMA DO CONJUNTO HABITACIONAL CAMPINAS F DA CDHU EM CAMPINAS

Shape Grammar Reading of Social Housing Campinas F of CDHU in Campinas

Marcelo de Moraes¹, Lucas Gabriel Marinho dos Santos²,
Sílvia Aparecida Mikami Gonçalves Pina²

RESUMO A gramática da forma constitui uma importante ferramenta que pode dar suporte para futuros estudos e melhor qualidade em conjuntos habitacionais, especialmente quanto a implantação e inserção urbana. A utilização de sistemas generativos de projeto pode aperfeiçoar uma série de rotinas de projeto, potencializando seu uso com outras ferramentas de informática. Este trabalho apresenta os resultados de um estudo exploratório com uso de sistema generativo de projeto em processo de simulação e imersão, por meio do qual se pode avaliar o desenvolvimento e as alterações do projeto de implantação de conjunto habitacional social, ocasionadas pela variação das regras nos algoritmos criados. Inicialmente, se realizou a leitura Analítica da Gramática da Forma de um Conjunto Habitacional específico e, posteriormente, simulou-se em ferramenta computacional a Gramática da Forma Paramétrica, para futuros estudos de melhorias em conjuntos habitacionais similares. Tal ferramenta visa desenvolver soluções inovadoras em tecnologia da informação e comunicação aplicadas à construção e arquitetura. Os resultados demonstram a potencialidade do uso da Gramática da Forma, permitindo a inserção de novos parâmetros a cada momento, criando a perspectiva de flexibilidade na concepção e gerando diversas possibilidades que podem ser analisadas e comparadas durante o processo de tomada de decisão do projeto.

PALAVRAS-CHAVE Habitação de interesse social, projeto de implantação habitacional, gramática da forma.

ABSTRACT The shape grammar is an important tool that can support future research and better quality housing, especially as to deployment and urban integration. The use of generative design systems can improve a number of project routines, thus increasing its use with other informatics tools. This paper presents the results of an exploratory study using generative design system for simulation and immersion process through which one can assess the development and changes of the deployment project for social housing, caused by the variation of the rules in the created algorithms. Initially the Analytical Reading Grammar Form of a specific housing complex was carried out and, subsequently, a computational tool Parametric Shape Grammar was simulated for future studies of similar improvements in housing. This tool aims at developing innovative solutions in information and communication technology applied to construction and architecture. The results demonstrate the potential use of Shape Grammar, allowing the insertion of new parameters at each time, thus creating the prospect of flexibility in designing, therefore generating several possibilities that can be analyzed and compared during project decision making process.

KEYWORDS Social housing, housing deployment design, shape grammar.

¹Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

²Faculdade de Engenharia Civil (FEC), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, Brasil

How to cite this article:

MORAIS, M.; SANTOS, L. G. M.; PINA, S. A. M. G. A leitura da gramática da forma do conjunto habitacional Campinas F da CDHU em Campinas. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 23-36, jul./dez. 2014. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v9i1.74345>

Fonte de Financiamento:

CAPES e CNPq.

Conflito de interesse:

Declararam não haver.

Submetido em: 10 fev., 2014

Revisado em: 06 out., 2014

INTRODUÇÃO

A grande demanda habitacional no Brasil tem sido respondida por meio de programas de habitação de interesse social, tendo como destaque recente o Programa Minha Casa Minha Vida, através do qual tem sido construída uma quantidade relevante de unidades habitacionais. Contudo, a grande maioria dessas moradias tem se apresentado sob um mesmo padrão, expresso na forma de grandes conjuntos habitacionais, altamente adensados, distantes das centralidades que podem dar suporte aos seus moradores, num padrão constante de monotonia, repetição e precariedade. Infelizmente, a produção em grande escala da habitação social vem reeditando um cenário muito semelhante ao realizado pelo extinto Banco Nacional de Habitação - BNH, de 1964 a 1986. Os efeitos daquela política habitacional resultaram nos principais problemas urbanos da segregação socioespacial das cidades de hoje, insatisfazendo não só os próprios moradores dos conjuntos, mas também a construção sustentável do espaço urbano. Instalados sem qualquer infraestrutura que promova o acesso à cidade, os conjuntos habitacionais construídos sob a égide do PMCMV têm ocorrido pela multiplicação de uma mesma tipologia habitacional que pouco agrega qualidade arquitetônica, onde está ausente também a qualidade urbana com respeito ao ambiente local, além de não incorporar os equipamentos urbanos de uso coletivo nas definições do projeto. No Estado de São Paulo, a produção estatal de habitação social realizada pela CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano têm adotado o mesmo modelo de repetição de unidades, geralmente blocos de prédios no formato “H”, para a implantação de seus conjuntos habitacionais.

Os aspectos negativos decorrentes da adoção desse modelo têm sido apresentados em diversos estudos que avaliaram alguns conjuntos habitacionais sociais, demonstrando que grande parte dos problemas apresentados nesses projetos, principalmente no que diz respeito à satisfação de seus usuários e à qualidade ambiental urbana, relaciona-se primordialmente aos aspectos da implantação (KOWALTOWSKI et al., 2006). Também é destacada a ausência de um planejamento integrado entre os projetos de conjuntos habitacionais sociais e suas áreas públicas (MONTEIRO, 2007; PINA; BARROS, 2010).

Por outro lado, dentre as novas possibilidades do uso da informática no processo de projeto, salienta-se a utilização de um repertório criado por regras próprias da arquitetura, através de seus elementos, os quais criariam uma gramática específica. Sistemas generativos podem ser compreendidos como métodos indiretos de projeto baseados em algoritmos ou regras, que permitem a criação de diversas soluções alternativas, as quais podem ser criadas e avaliadas na busca da otimização da solução. Existem diferentes tipos de processos generativos com aplicações diversas na área da arquitetura, como é o caso do uso das Gramáticas da Forma, algoritmos genéticos, *cellular-automata* e fractais.

Dessa maneira, visando explorar as potencialidades de um sistema generativo para análise, discussão e proposição de propostas de implantação de conjuntos habitacionais de interesse social, apresentam-se alguns resultados de um estudo exploratório¹. Para tanto, adotou-se o sistema generativo Gramática da Forma – *Shape Grammar* - voltado ao estudo de conjuntos habitacionais realizados pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo na cidade de Campinas,

¹ O estudo inicial deu-se por meio de uma pesquisa de iniciação científica realizada na UNICAMP e vinculada à Rede Cooperativa de Pesquisa em Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicadas à Construção de Habitação de Interesse Social (FINEP TICHIS).

em especial o Conjunto Habitacional Campinas F, situado no Jardim Nova Aparecida.

Inicialmente, foram identificados os algoritmos para a repetição da solução formal existente, por meio de análise detalhada do projeto de implantação do conjunto habitacional. Em seguida, foram desenvolvidos alguns parâmetros projetuais no sentido de proporcionar melhor qualidade ambiental, visando atender às solicitações dos usuários. Desta forma, o algoritmo original sofreu transformação para incluir novas configurações de orientação solar, bem como redimensionamento de áreas de estacionamentos e de lazer. A gramática da forma extraída e modificada expressa sua capacidade de importante ferramenta de suporte para futuros estudos de melhorias da qualidade e produtividade do segmento da habitação de interesse social. A partir da discussão dos resultados obtidos ao longo da pesquisa, percebe-se a potencialidade na utilização dos Sistemas Generativos no desenvolvimento de projeto que permitem a inserção de novos parâmetros a cada momento, criando a perspectiva de flexibilidade na concepção, gerando diversas possibilidades que podem ser analisadas e comparadas entre si durante o processo de tomada de decisão no projeto.

A gama de resultados provenientes do uso dessas novas tecnologias pode permitir a integração e a avaliação de desempenho e múltiplas necessidades que podem ser incorporadas ao longo do desenvolvimento dos algoritmos, demonstrando assim a sua grande potencialidade de aplicação.

SISTEMAS GENERATIVOS DE PROJETO

Para Mitchell (1975, p. 127), o projeto é um processo que busca a solução de problemas, podendo ser realizado de diversas formas, mentalmente ou mesmo através do computador, dentre elas os croquis. Porém, o autor afirma que embora exista um número crescente de pesquisas desenvolvidas sobre o uso do Computador no auxílio ao projeto, poucas se valem da potencialidade criativa proporcionada pelo meio digital. Uma das novas possibilidades do uso da informática proposta por Mitchell (2008) é a utilização de um repertório criado por regras próprias da arquitetura, através de seus elementos, os quais criariam uma gramática específica; assim, o papel do arquiteto seria organizar esta gramática e suas regras, possibilitando a automação do processo de projeto.

Os métodos de projetos generativos auxiliados por computador (*computational design* ou *design methods movement*) começaram a ser desenvolvidos a partir das décadas de 1950 e 60, tendo como uma das principais características o fato de serem métodos de projeto indiretos, nos quais o projetista não se preocupa com um problema específico, mas sim com a inserção de parâmetros, regras e critérios para que o computador possa solucionar problemas análogos em contextos diferentes (CELANI, 2008). Tais métodos digitais podem gerar uma grande quantidade de resultados, e enriquecer o processo de projeto; podem, ainda, ser considerados verdadeiros “gatilhos” no processo de projeto, ampliando e modificando a visão dos profissionais envolvidos em relação ao projeto (SINGH; GU, 2011).

Na abordagem de Fischer e Herr (2001, p. 3) os autores comparam a abordagem de projeto de modo tradicional, no qual o projetista trabalharia diretamente sobre o produto final, com o uso de sistemas generativos. Neste último, o contato entre o produto e o autor seria realizado através de um sistema generativo, analógico ou digital, manipulado pelo projetista; isso passaria a alterar as características do produto durante o processo projetual. Ainda segundo os autores, a utilização dos sistemas generativos

em plataformas digitais pode potencializar o seu uso e os resultados obtidos através da automatização permitem a multiplicação de soluções de forma massiva permitindo diversas soluções de projeto (FISCHER; HERR, 2001, p. 3).

Existem diversos Sistemas Generativos, como a Gramática da Forma, Cellular Automata, Algoritmos Genéticos e fractais, aplicáveis em diferentes situações e adequados a diferentes contextos. Os Sistemas Generativos de projeto introduzem uma nova abordagem ao processo criativo, o *goal oriented design*. Com este conceito a pesquisa projetual é orientada a priori para objetivos preestabelecidos, ao contrário da metodologia tradicional na qual se avalia o desempenho do edifício e, a posteriori, tenta-se melhorar o seu desempenho ao introduzir, de modo empírico, alterações (SANTOS, 2009). Delanda (2002) afirma ainda que as simulações evolutivas podem ser utilizadas por diversos artistas que usam *softwares* para gerar as formas, opostamente ao simples desenhos. A utilização de sistemas generativos como os algoritmos genéticos, segundo o autor, deve ultrapassar a busca incansável da forma, aventurar-se em diversas áreas como a biologia, a termodinâmica, a matemática e outras áreas da ciência explorando todos os recursos necessários que possam incrementar o uso dessa nova tecnologia. Esta é uma nova abordagem sobre o papel do arquiteto na criação, um processo de criação contínuo que ultrapassa a geometria euclidiana.

De acordo com Celani (2008) os primeiros estudos sobre sistemas generativos ocorrem no mesmo período de desenvolvimento da inteligência artificial, da informática e da pesquisa operacional. Todos estes se desenvolveram como estratégias para a resolução de problemas, e podem ser utilizados em três situações distintas, a saber:

- para a **Otimização de soluções de problemas**: quando os critérios para a solução estão claramente definidos, porém não há método direto para se descobrir a solução. Uma alternativa é gerar e testar as possibilidades, até encontrar a solução que melhor contemple os critérios estabelecidos;
- na **Geração de família de objetos**: em situações em que é necessário criar variedade, consiste em produzir um número de soluções análogas, mas com algumas diferenças. Este é um tipo de problema comum na área do design industrial, e na arquitetura pode ser utilizado para a criação e produção de peças pré-fabricadas;
- e, finalmente, na **Exploração de problemas de projeto**: quando os critérios de solução não estão bem definidos. Para isso é importante procurar distintas possibilidades e, em seguida, aferir quais seriam os prós e contras de cada solução. Busca-se assim encontrar uma solução satisfatória para o problema proposto (CELANI, 2008).

Iniciativas de pesquisadores como Patrick Schumacher² que, em 2008, com o manifesto *Parametricist* ressuscitou a questão dos sistemas generativos digitais aplicados à arquitetura, demonstram ainda a necessidade de uma nomenclatura específica para o termo. Esse fato pode ser visto como uma resposta ao surgimento do Grasshopper e do Generative components, que facilitaram o processo de design paramétrico (HOLLAND, 2011). Dentre os diversos tipos de Sistemas Generativos existentes optou-se pela aplicação da Gramática da Forma no desenvolvimento da pesquisa devido a suas características específicas e sua adequação ao contexto do trabalho.

² Patrick Schumacher é diretor do escritório da Arquiteta Zaha Hadid e durante a 11ª Bienal de Veneza em 2008 apresentou o manifesto *Parametricist - "Parametricism as Style"* que tratava de questões sobre um novo estilo que vinha amadurecendo na vanguarda da arquitetura nos últimos 10 anos. O manifesto tinha como característica ser uma nova abordagem para a arquitetura baseada em técnicas computacionais avançadas (SCHUMACHER, 2008).

GRAMÁTICA DA FORMA

A Gramática da Forma (*shape grammar*) é considerada um formalismo (CELANI; CYPRIANO; VAZ, 2006) por ter como uma de suas características a valorização do aspecto geométrico, os resultados obtidos com a experiência visual e a estética reforçando a forma e o conteúdo. Inicialmente, a Gramática da Forma foi desenvolvida para pintura e escultura, no início de 1970, por George Stiny e James Gips. Tal gramática consiste na aplicação de um sistema de geração de formas baseado em regras, e tem suas origens no sistema de produção do matemático Emil Post (1943) e na gramática generativa do linguista Noam Chomsky. O artista inicialmente criaria as regras de composição com formas geométricas, combinando-as de diversas maneiras, criando assim uma obra de arte. Esse sistema é particularmente adequado para a geração de formas e estilos (SINGH; GU, 2011) e tem sido utilizado em áreas ligadas às artes visuais: na pintura, na escultura, na arquitetura, no ensino do *design*, em projetos de engenharia e *design* de produtos (GIPS, 1999). O seu desenvolvimento e utilização pode ser feito de duas formas diferentes: simular a gramática manualmente ou desenvolver um programa de computador. Sua utilização pode ter como fim tanto a análise de projetos existentes, como o desenvolvimento de uma nova linguagem de projeto (SINGH; GU, 2011) e seu processo de projeto se define basicamente em modificações (adição, subtração, realocação) de elementos finitos e na definição ou alteração das relações existentes entre esses elementos a partir de regras.

Basicamente, as Gramáticas da forma podem ser classificadas de diversas formas distintas segundo sua utilização, como: analítica, paramétrica, pré-definida (*set grammar*), com marcadores de cor (CELANI; CYPRIANO; VAZ, 2006). No contexto desse trabalho, foram utilizados dois tipos:

- **gramática da forma analítica**, utilizada para interpretar um conjunto de regras existentes de um determinado projeto ou obra (no caso específico o Conjunto Habitacional Campinas F) e aplicá-las posteriormente seguindo seus padrões analisados; e
- **gramática da forma paramétrica**, implementada em ferramenta computacional, constituída para a utilização de um conjunto de regras que foram aplicadas recursivamente sobre uma forma inicial (lote definido por quatro pontos). Definindo sua forma inicial, aplicaram-se mecanismos de transformações como rotação, translação divisão, rotação e reflexão (que geraram novos cenários de implantação). A Gramática da Forma pode ser considerada como um sistema generativo paramétrico quando uma determinada regra aplicada posteriormente afeta um conjunto de sub-regras criados anteriormente e influenciando em todo o conjunto. Com um número finito de entradas, esse conjunto pode gerar um número indefinido de soluções (SANTOS, 2009, p. 29-30).

Segundo Kinght e Stiny (2001) a primeira utilização da gramática da forma para a arquitetura foi realizada por Stiny e Mitchell (1980) no plano das vilas palladianas. O resultado dos projetos gerados pela gramática incluem projetos de Palladio originais e novos, além dos hipotéticos que representavam o estilo de Palladio. Já o primeiro estudo tridimensional analítico da gramática da forma aplicado a arquitetura foi realizado por Koning e Eizenberg (1981), que reproduziram as casas da pradaria de Frank Lloyd Wright (KINGHT; STINY, 2001).

Outro exemplo interessante de utilização da Gramática da Forma na arquitetura foi realizado por Duarte (2007), o qual consiste na análise e geração de modelos semelhantes ao projetado por Álvaro Siza, em Évora, na

Quinta da Malagueira. Em um primeiro momento, o arquiteto desenvolveu uma gramática da forma analítica para determinadas residências projetadas pelo arquiteto Siza. Em um segundo momento, transpôs as regras de composição e as características principais do projeto como orientação solar, posicionamento das zonas da casa, dentre outros. Após essa fase, as regras foram implementadas em um programa de computador. Interessante destacar que numa entrevista com Álvaro Siza, ele não conseguiu identificar quais seriam as casas criadas por ele e as geradas de forma automatizada pelo programa desenvolvido por Duarte (2007).

Destacam-se também os estudos realizados na Universidade Técnica de Lisboa para a geração de Planos Urbanos Flexíveis (BEIRÃO; DUARTE, 2005) nos quais, transpondo-se regras e vocábulos para projetos urbanos, comprovava-se que o uso da Gramática da Forma pode evoluir desde a concepção de uma simples residência até o projeto de parcelamento de uma gleba. A pesquisa compreendeu desde o processo da leitura do terreno, a definição da complexidade espacial do projeto, a geometria básica da malha urbana que seria gerada, a definição das unidades habitacionais até as regras que definiriam a qualificação espacial dos conjuntos.

Segundo Stiny e Gips (1972), são necessários quatro componentes básicos para o desenvolvimento de uma Gramática da Forma: um conjunto finito de formas, um conjunto finito de relações espaciais, um conjunto finito de regras e uma forma inicial. Finalizada a definição desses elementos inicia-se uma iteração, ou seja, a aplicação sucessiva de regras sobre a forma inicial selecionada, até que se obtenha a composição desejada (CELANI, 2008).

MÉTODO DE PESQUISA

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizado um estudo de campo de caráter exploratório, com a finalidade de analisar os resultados obtidos com o processo de simulação e imersão no Conjunto Habitacional Campinas-F, localizado na cidade de Campinas - SP. Buscou-se analisar o desenvolvimento, o processo de criação e a evolução dos algoritmos gerados através da Gramática da Forma.

O projeto foi realizado em três etapas: a primeira compreendeu a familiarização com o tema, através de uma revisão bibliográfica sobre Sistemas Generativos de Projeto e Gramática da Forma, o que proporcionou a base teórica para o experimento prático realizado. Na segunda etapa, realizou-se a leitura analítica da Gramática da Forma do conjunto. Os dados foram manipulados de forma analógica e extraídos dos arquivos em formato digital (.dwg), e modelos geométricos (.rvt), que permitiram a obtenção de medidas precisas de seus elementos. O passo seguinte determinou as regras de implantação com base na Gramática da Forma analítica realizada. Para a implementação da Gramática Paramétrica foram utilizadas as versões 0.8.0052 e 0.8.0066 do Grasshopper, *plugin* de edição gráfica generativa para o Rhinoceros 4.0 da McNeel North. Os resultados obtidos a partir dos algoritmos foram analisados e, em seguida, foram estabelecidos os primeiros pré-testes comparados ao objeto de estudo: o Conjunto Habitacional Campinas F. Pretendia-se identificar as alterações na forma para que se aproximassem em um primeiro momento da forma inicial do conjunto habitacional do estudo e, posteriormente, propor alterações que poderiam trazer melhor qualidade na implantação original do conjunto, explorando o conceito de *goal oriented design* (SANTOS, 2009).

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

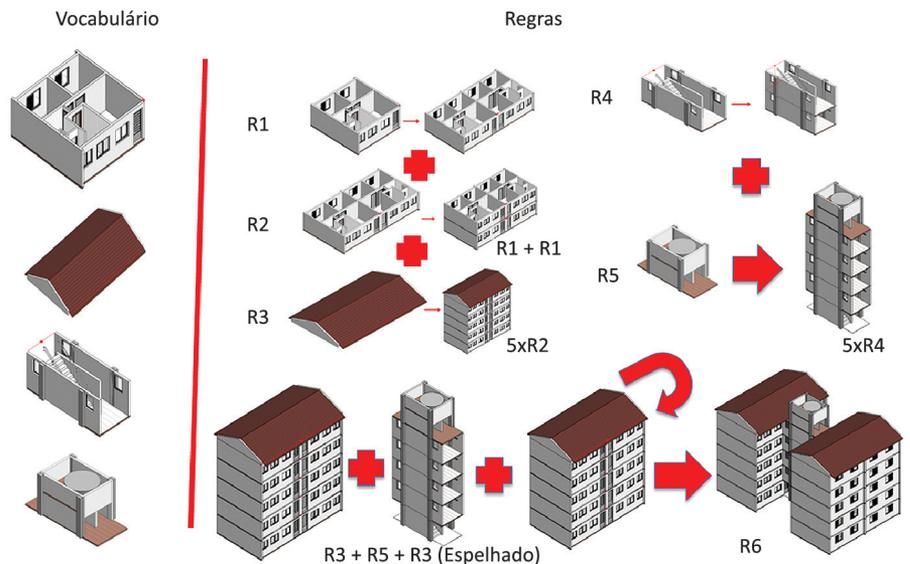
A leitura inicial da implantação do Conjunto Habitacional Campinas F consistiu no estudo das suas áreas, diferenciando-as de acordo com o seu uso. A partir da análise total da gleba, foram delineadas algumas estratégias para o desenvolvimento da Gramática da Forma, antecipando alguns dos possíveis problemas e dificuldades que seriam enfrentados na construção do algoritmo desenvolvido na terceira etapa da pesquisa. Um conjunto de símbolos foi adotado para a representação simplificada dos processos compositivos e do seu vocabulário de formas, como pode ser observado na Figura 1. Através deste, iniciou-se a análise da Gramática da Forma Analítica do CHIS. É claro, o vocabulário inicial de um bloco formado pelos principais componentes, observadas as regras de adição e espelhamento, dão origem ao bloco final.

Assim como o Campinas F, verifica-se que ainda é recorrente a construção de conjuntos habitacionais com tipologias idênticas ou parecidas e uso recorrente de prédios em formato de “H” em terrenos cedidos ou doados pelos municípios, em áreas periféricas. Caracterizam-se pelo pouco desenvolvimento tecnológico nas construções, péssima qualidade construtiva, em conjuntos monofuncionais, tornando-se muitas vezes “imensas, distantes e desagradáveis cidades-dormitórios” (FERREIRA, 2012).

Através dessa análise comprova-se a simplicidade formal do conjunto, devido à repetição de elementos. Inicialmente, identificou-se o vocabulário para a formação da tipologia VI-22 F (Figura 1) e, posteriormente, analisaram-se as regras das relações espaciais do conjunto (Figura 2) que determinam a relação entre a unidade e os blocos e, finalmente, a relação destes com a quadra e o entorno. Observa-se ainda na Figura 2, a relação dos prédios com a quadra central que determina o eixo de espelhamento das unidades. Os recuos e os estacionamentos são restrições que se repetem em todo o conjunto, independente da forma da quadra e da relação entre os blocos, uma vez que a implantação das áreas de estacionamento sempre estão localizadas nas laterais da quadra, ocupando toda sua extensão; já a localização do Centro Comunitário (CAC) e quadra esportiva não se alteram.

Deste modo, percebe-se que no Conjunto Habitacional Campinas F, assim como em outros Conjuntos Habitacionais no Brasil durante as últimas décadas, soluções urbanísticas, arquitetônicas e construtivas repetitivas

Figura 1. Representação da Gramática da Forma Analítica da Tipologia Habitacional do CHIS Campinas F. Fonte: Elaborado pelos autores.



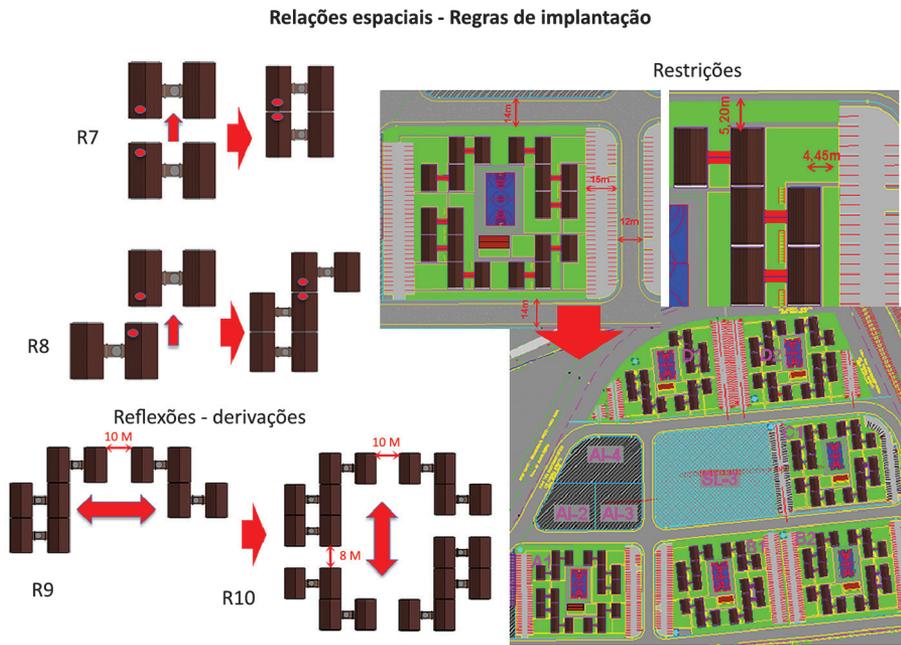


Figura 2. Representação da Gramática da Forma Analítica da Implantação do Campinas F. Fonte: Elaborado pelos autores.

têm sido adotadas. Como resultado, são criados espaços monótonos, sem identidade com os futuros usuários e, em muitos casos, afastados da área urbana consolidada, sem mesmo a mínima infraestrutura, pois na busca pela redução de custos da habitação os parâmetros de qualidade e dimensões mínimas são frequentemente desprezados (KOWALTOWSKI et al., 2006; PINA; BARROS, 2010).

Após a definição do vocabulário, das regras de composição, das relações espaciais e da forma inicial (que marca o início da iteração das regras) chegou-se à Gramática da Forma analítica do Conjunto Habitacional da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU). Em seguida, iniciou-se a implementação e manipulação desta gramática de forma paramétrica no ambiente computacional.

MANIPULAÇÕES DA GRAMÁTICA DA FORMA

Como a Gramática da Forma consiste em um sistema generativo de alta interação com usuário (SINGH; GU, 2011) em que são necessários testes ao longo do processo para validação e reavaliação dos itens fundamentais, já abordados anteriormente, os resultados da segunda etapa do estudo de campo foram alterados durante grande parte do processo de implementação e manipulação da Gramática Paramétrica do conjunto. Para isso, foram criados no total, três algoritmos distintos no Grasshopper.

Segundo Vaz (2009), a obtenção de resultados na implantação de parâmetros e condicionantes de projeto por meio da gramática da forma deve-se desenvolver um processo contínuo que inclui o teste da mesma, com a finalidade de reduzir o universo de instâncias que são coesas ao conjunto de composições analisadas. Define-se assim, o vocabulário e as regras da gramática que é apenas o início de um longo processo que deve incluir testes sucessivos.

Para que se configurasse como paramétrica, esta Gramática da Forma deveria apresentar maior conectividade e relação entre os diferentes elementos que a constituem, com a possibilidade de controle dos parâmetros estipulados para projeto. Assim, o primeiro passo para a sua construção

foi a definição da sua forma inicial, ou seja, a geometria a partir da qual seriam executadas as diversas modificações e aplicadas as regras. Para todos os algoritmos, a forma inicial utilizada foi um quadrilátero definido por quatro pontos que representam os vértices da quadra. A geometria obtida pode ser tanto um quadrilátero quanto um triângulo, conforme exista ou não sobreposição de pontos (com as mesmas coordenadas em x, y e z). Do algoritmo foram extraídas diversas informações numéricas a respeito dessa geometria inicial, tais como a sua área (em m²), seu centro geométrico, as médias de suas dimensões em x e y e distância do centro geométrico até as arestas (SANTOS, 2012). Embora o primeiro algoritmo apresente maior número de elementos inseridos em relação ao segundo algoritmo, é ainda pouco flexível e não aplica regras condicionais como evidenciado no esquema da Figura 3.

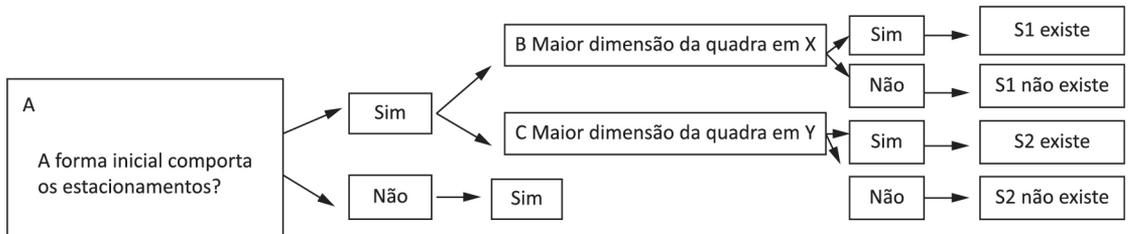


Figura 3. Esquema condicional para determinar a inserção de elementos. Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 4 pode ser observada a mesma geometria inicial submetida aos dois algoritmos para efeito de comparação. A diferença nos resultados obtidos se deve às rotinas *Visual Basic* (VB) inseridas no segundo algoritmo, incorporando regras e restrições implementadas, seguindo o esquema condicional apresentado na Figura 3.

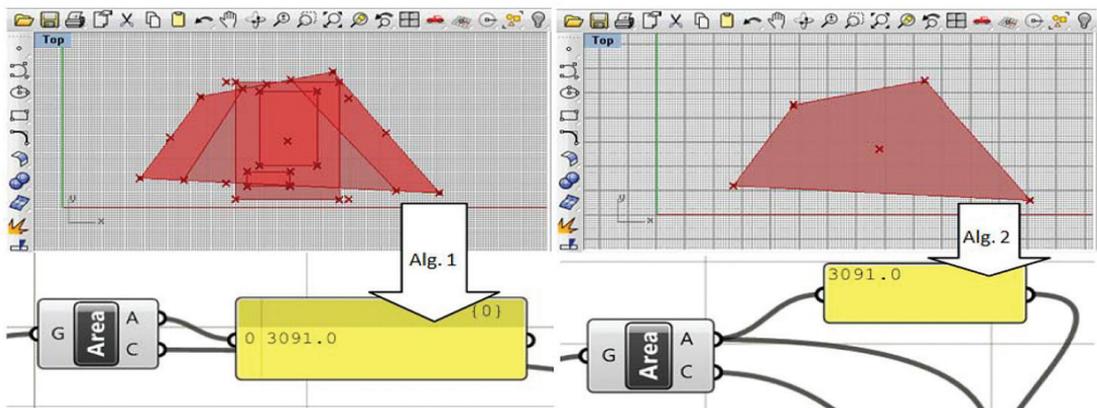


Figura 4. Representação do esquema condicional relacionado ao tamanho da área da quadra para determinar a inserção de elementos. Fonte: Elaborado pelos autores.

O primeiro algoritmo, representado na Figura 4, demonstra que a implementação das regras ocorre de forma parcial e desconexa, sem que as regras consigam interagir entre si, e tem como resultado uma série de objetos que não atendem às necessidades mínimas de flexibilidade para a sua utilização no desenvolvimento de implantação de CHIS. No segundo algoritmo (Figura 4), a restrição condicional que define se a forma inicial comporta o estacionamento foi determinante para que o programa não inserisse elementos (quadra, CAC e estacionamento) no terreno, deixando-o vazio.

Na Figura 5, com algumas alterações das dimensões da forma inicial, observa-se com o uso do algoritmo 2 que as condicionantes criadas em VBA permitiram a inserção mais lógica dos dados pelo usuário. Posteriormente, o algoritmo2 direcionou o desenvolvimento do algoritmo 3 com a inserção dos blocos com sua volumetria (SANTOS, 2012).

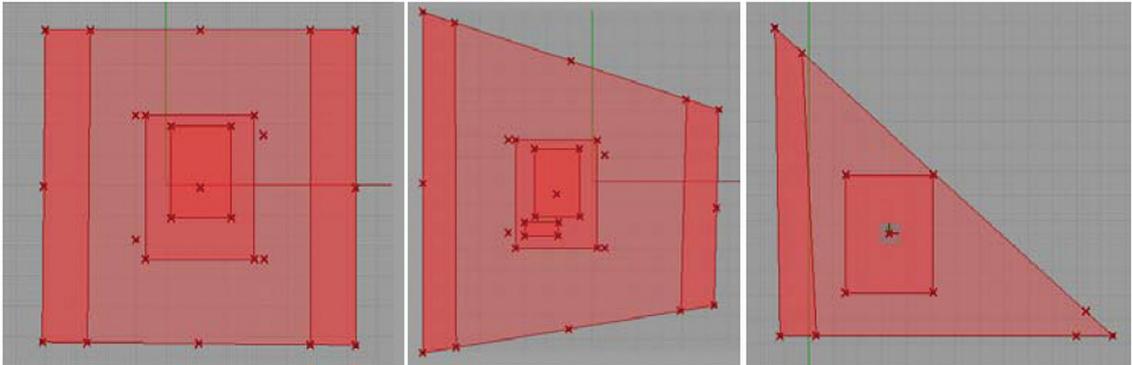
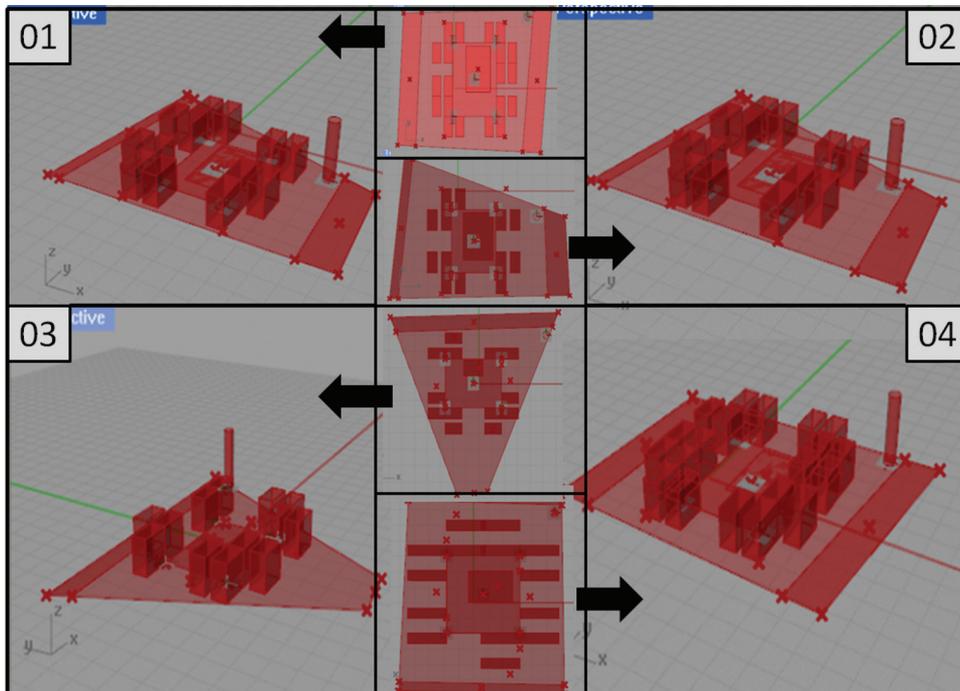


Figura 5. Resultados obtidos com a utilização do algoritmo 2. Fonte: Elaborado pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O terceiro algoritmo possui representação tridimensional, com inserção de todos os elementos levantados a partir da análise do CHIS Campinas F e interação entre as regras inseridas através de VBA. Nele, foram implementadas novas regras e relações espaciais cujos resultados permitiram sua parametrização, de forma que o usuário é capaz de manipular os valores de referência (largura dos estacionamentos, dimensão dos edifícios e caixas de escada, recuos mínimos) e gerar resultados que representem, dentro de certos limites, soluções diferentes daquelas encontradas no Conjunto Campinas F. Pode-se observar na Figura 6 a representação dos resultados selecionados dentre as diversas soluções apresentadas com a manipulação das regras estabelecidas no algoritmo 3.

Figura 6. Sequência de resultados, obtidos com o algoritmo 3. Fonte: Elaborado pelos autores.



A partir dos quatro exemplos apresentados na Figura 6 e no Quadro 1, percebe-se a influência da alteração dos parâmetros e da forma inicial na implantação dos elementos no interior da quadra. Quando utilizados os valores encontrados em uma Quadra Padrão do Conjunto Campinas F, encontram-se resultados formalmente próximos da realidade, resultados dos Testes 1 e 2, em número de elementos inseridos e nas relações espaciais existentes entre os mesmos. À medida que são modificados os valores de recuos, dimensão dos elementos, área mínima necessária e dados de referência, surgem soluções inusitadas que apresentam melhor capacidade de adaptação ao novo contexto.

O Quadro 1 apresenta a análise concretizada entre os dados coletados junto ao CHIS Campinas F e as quatro variações de projeto realizadas através da Gramática da Forma Paramétrica obtida com o algoritmo 3.

Quadro 1. Comparativo entre uma quadra padrão do Conjunto Campinas F e os resultados obtidos com a utilização do algoritmo 3.

Valores Inseridos pelo usuário	Quadra Padrão	Resultados Teste 1	Resultados Teste 2	Resultados Teste 3	Resultados Teste 4
Condicional da área mínima da Quadra	Não se aplica	8.000 m ²	4.000 m ²	Não há	8.000 m ²
Área Total da Quadra	10.506,98 m ²	10.717 m ²	8.068 m ²	8.428 m ²	13.949 m ²
Recuo em X	5,00 m	5,00 m	2,00 m	5,00 m	5,00 m
Recuo em Y	5,00 m	2,00 m	2,00 m	5,00 m	2,00 m
Dimensão do espaço central	(35,5 × 47,5) 1.686,25 m ²	(36 × 48) 1.728 m ²	(30 × 40) 1.200 m ²	(20 × 30) 600 m ²	(30 × 40) 1.200 m ²
Quadra de esporte	(20 × 30) 600 m ²	(20 × 30) 600 m ²	(20 × 30) 600 m ²	(10 × 15) 300 m ²	(20 × 30) 600 m ²
Área total de estacionamento	2.289,23 m ² 22%	2.700,00 m ² 25%	2.057 m ² 25%	1.137,40 m ² 13,5%	1.301,55 m ² 9,3%
% em relação à área da quadra	125 vagas	156 vagas	110 vagas	72 vagas	36 vagas
Número de Blocos	19	20	20	13	14
Número de unidades habitacionais	190	200	200	130	280
Recuo entre blocos	6,21 m	6,21 m	6,21 m	6,21 m	9,50 m
Orientação dos blocos	Norte-Sul	Norte-Sul	Norte-Sul	Leste-Oeste	Leste-Oeste
Utilização do VBA	Não se aplica	sim	sim	sim	sim
Justificativa da proposta	Não se aplica	Simular projeto de implantação a partir da inserção de parâmetros encontrados na leitura do projeto do Conjunto Campinas F. Encontrar solução formal presente na maioria das quadras.	Simular a implantação em uma quadra com dimensões inferiores àquelas encontradas no Conjunto, a partir da mudança de valores que a priori inviabilizariam ou limitariam a sua instalação.	Simular implantação em quadra irregular e mudar a orientação solar, o que foge aos modelos encontrados no objeto de estudo da Gramática da Forma.	Simular a implantação mudando a orientação solar e a tipologia dos edifícios mais alongada, com 4 Unidades Habitacionais em cada pavimento em vez de duas, como encontrado no Conjunto Campinas F.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Do ponto de vista do incremento na qualidade do ambiente dos conjuntos habitacionais de interesse social é importante que haja essa flexibilidade agregada ao algoritmo, pois os diferentes resultados, quando submetidos a testes de iluminação e ventilação natural e análise de valores, custos, segurança, áreas de lazer e gradientes de privacidade, podem indicar possíveis alternativas de implantação, como observado nos testes 3 e 4.

A partir da discussão dos resultados obtidos ao longo do processo, novas questões foram levantadas e os parâmetros foram alterados sucessivamente, conciliando algumas necessidades, como a variação do tamanho da quadra de esportes, número de unidades habitacionais, orientação solar, dentre outros. Salienta-se que as alterações das regras proporcionavam a mudança automática no modelo tridimensional, possibilitando a interação direta do projetista que poderia alterar sua decisão projetual de forma consciente e interativa.

CONCLUSÕES

O estudo realizado demonstra a potencialidade do uso de Sistemas Generativos de Projeto, os quais aperfeiçoam o número de resultados que podem ser utilizados para apoiar a tomada de decisão na etapa de concepção de novos conjuntos habitacionais de interesse social, primordialmente para a fase de estudos de implantação e inserção urbana.

Percebe-se, ao longo do desenvolvimento da pesquisa, a necessidade de conhecimento de noções básicas de programação, o que permitiu criar as regras condicionais com VBA. Neste contexto, evidencia-se a importância da introdução desses conceitos e práticas na grade curricular da formação profissional de arquitetos e urbanistas, conteúdo ainda pouco incorporado pelas universidades, sendo raras as exceções.

A partir da discussão dos resultados obtidos ao longo do processo, outras questões podem ainda ser levantadas e novos parâmetros incorporados à sua estrutura, conciliando múltiplas necessidades, como a diminuição dos custos, melhoria da ventilação e iluminação naturais. Vislumbra-se que futuramente o algoritmo possa ser acrescido de maior número de elementos, relações e regras, que resultem na melhoria da qualidade ambiental, variabilidade espacial e valor percebido pelo usuário desse Conjunto Habitacional, possibilitando explorar parâmetros quantitativos e qualitativos passíveis e aplicáveis ao contexto do habitar urbano.

Alguns parâmetros de projeto, como os apontados por Alexander et al.(1977) constituem importante material de referência para a construção desses novos algoritmos, explorando diversos conceitos de desenho urbano, aspecto pouco considerado na maioria dos empreendimentos habitacionais sociais construídos. A utilização de outros *plugins* existentes para o *Rhinoceros* permitirá a análise de desempenho dos resultados obtidos, selecionando os “indivíduos mais aptos”, como o Galápagos, outro sistema generativo baseado no conceito de algoritmos genéticos com aplicação na área da Arquitetura e Urbanismo.

Finalmente, o experimento realizado pode dar suporte para futuros estudos de inserção de qualidade urbana em conjuntos habitacionais similares, indicando sua continuidade e aprimoramento, principalmente no que tange aos testes de interoperabilidade com outras plataformas, ampliando a gama de possibilidades a serem geradas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Capes, pela concessão de uma bolsa de estudos de doutorado; ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, pela concessão da bolsa e à FINEP pelo suporte à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, C. et al. **A Pattern Language** - Towns, Buildings, Construction. New York: Oxford University Press, 1977. 1171 p.
- BEIRÃO, J.; DUARTE, J. Urban Grammars: Towards Flexible Urban Design. In: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE (ECAADE), 23., 2005, Lisboa. **Proceedings...** Technical University of Lisbon, 2005.
- CELANI, M. G. C. Generative design in architecture: history and applications. In: INTERNATIONAL ARCHITECTURE CONFERENCE NEW STRATEGIES, CONTEMPORARY TECHNIQUES, nº.13, 2008, Barcelona. **Proceedings...** Esarq UIC, 2008.
- CELANI, G.; CYPRIANO, G. G.; VAZ, C. E. A Gramática da Forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura. **Conexão - Comunicação e Cultura**, Caixas do Sul, v. 5, n. 10, p. 181-197, 2006.
- DELANDA, M. Deleuze and the use of the genetic algorithm in architecture. **Architectural Design**, New York, v. 72, n. 1, p. 9-12, 2002.
- DUARTE, J. **Personalizar a habitação em série**: uma gramática discursiva para as casas da Malagueira do Siza. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; Fundação para a Ciência e a Tecnologia, 2007. 530 p.
- DUARTE, J. P.; ROCHA, J. Grammar for the Patio Houses of the Medina of Marrakech: Towards a Tool for Housing Design in Islamic Contexts. In: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE (ECAADE), 24., 2006, Volos. **Proceedings...** University of Thessaly, 2006.
- FERREIRA, J. S. W. (Coord.). **Produzir casas ou construir cidades?** Desafios para um novo Brasil urbano. 1. ed. São Paulo: LABHAB; FUPAM, 2012. 199 p.
- FISCHER, T.; HERR, C. M. Teaching Generative Design. In: INTERNATIONAL GENERATIVE ART CONFERENCE, GENERATIVE DESIGN LAB DIAP, 4., 2001, Milano. **Proceedings...** Politecnico di Milano, SODDU, C., 2001.
- GIPS, J. Computer Implementation of Shape Grammars. In: WORKSHOP ON SHAPE COMPUTATION, 1999, Mit. Disponível em: <<http://www.shapegrammar.org/implement.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2011.
- HOLLAND, N. **Inform Form Perform**. 2011. 138 f. Thesis (Doctor of Architecture)-Architecture Program, University of Nebraska, Lincoln, 2011.
- KINGHT, T.; STINY, G. Classical and non Classical computation. **Information technology**, Cambridge, v. 5, n. 4, p. 335-372, 2001. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=10473>>. Acesso em: 06/08/2012.
- KONING, H.; EIZENBERG, J. The language of the prairie: Frank Lloyd Wright's prairie houses. **Environment and Planning B**, London, v. 8, n. 3, p. 295-323, 1981.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. **Análise de Parâmetros de Implantação de Conjuntos Habitacionais de Interesse Social**: ênfase nos aspectos de Sustentabilidade Ambiental e da Qualidade de Vida. 1. ed. Porto Alegre: ANTAC, 2006. (Coletânea Habitare, v. 7 - Construção e Meio Ambiente).
- MITCHELL, W. J. **A lógica da Arquitetura**: projeto, computação e cognição. Campinas: Editora da UNICAMP, 2008. 303 p.
- MITCHELL, W. J. The theoretical foundation of computer-aided architectural design. **Environment and Planning B**, London, v. 2, p. 127-150, 1975.
- MONTEIRO, E. Z. **Verdes-dentro e verdes-fora**: visões prospectivas para espaços abertos urbanos - privados e públicos - em área habitacional de interesse social. 2007. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2007.
- PINA, S. A. M. G.; BARROS, R. P. M. A qualificação de territórios habitacionais, uma metodologia projetual de inspiração humanizadora. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, PLURIS, 4., 2010, Algarve Faro. **Anais eletrônicos...** UAlg, 2010. Disponível em: <<http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper571.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2011.
- SANTOS, L. F. B. S. **Sistemas Generativos de Projecto: Integração de Ferramentas Digitais no Projecto de Arquitectura**. 2009. 155 f. Dissertação (Mestrado em Arquitectura)-Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

- SANTOS, L. G. M. **Leitura da Gramática da Forma dos Conjuntos Habitacionais CDHU em Campinas**. 2012. 20 f. Relatório final de Iniciação Científica (PIBIC)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.
- SCHUMACHER, P. Parametricism as Style - Parametricist Manifesto. In: 11th ARCHITECTURE BIENNALE VENICE, 11., 2008, Venice. **Proceedings...** 2008.
- SINGH, V.; GU, N. Towards an integrated generative design framework. **Design Studies**, Milton Keynes, v. 33, n. 2, p. 185-207, 2011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2011.06.001>.
- STINY, G.; GIPS, J. Shape grammars and the generative specification of painting and sculpture. In: INTERNATIONAL FEDERATION FOR INFORMATION PROCESSING CONGRESS, 7., 1972, Amsterdam. **Proceedings...** North Holland Publishing Co., 1972. Disponível em: <<http://www.shapegrammar.org/ifip/ifip1.html>>. Acesso em: 14 mar. 2011.
- STINY, G.; MITCHELL, W. J. The grammar of Paradise: on the generation of Mughul gardens. *Environment and Planning B*, London, v. 7, n. 2, p. 209-226, 1980.
- VAZ, C. E. V. **As linguagens compositivas de Roberto Burle Marx: aplicação e caracterização pela gramática da forma**. 2009. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

Correspondência

Marcelo de Moraes, arqmorais@uol.com.br
Lucas Gabriel Marinho dos Santos, lucas_tlm@hotmail.com
Sílvia Aparecida Mikami Gonçalves Pina, smikami@fec.unicamp.br