



## A fachada inclinada na arquitetura moderna brasileira: uma análise com a gramática da forma.

**Resumo.** Edifícios com fachadas inclinadas são presentes na arquitetura do século XX, com diferentes programas e em diferentes países. Um dos primeiros arquitetos que usou fachada inclinada foi, provavelmente, Frank Lloyd Wright, sendo o Estúdio em Taliesin West e a Capela Annie Pfeiffer dois dos primeiros edifícios que utilizam essa morfologia. Na arquitetura moderna brasileira as fachadas inclinadas tornaram-se soluções recorrentes, e os primeiros exemplos foram projetados por Affonso Eduardo Reidy, João Vilanova Artigas e Oscar Niemeyer, possivelmente influenciados por FLW. Para confirmar essa hipótese, foi realizada a modelagem do processo de projeto de um pequeno corpus de edifícios com fachadas inclinadas das décadas de 40 e 50, projetados por esses três arquitetos. Em seguida, uma gramática da forma foi desenvolvida para descrevê-los. Os edifícios escolhidos puderam ser gerados por meio da aplicação das regras da gramática desenvolvida.

**Palavras-chave.** Arquitetura moderna brasileira, fachadas inclinadas, gramática da forma.

### I. INTRODUÇÃO

Edifícios com fachadas inclinadas são presentes na arquitetura do século XX, com diferentes programas e em diferentes países. Os motivos para a utilização de planos inclinados na fachada podem estar relacionados à função (como escadas, rampas e arquibancadas), à performance estrutural (como proposto por Nervi, 1956), ao controle climático (insolação) e à percepção visual (como sugerido por Arnheim, 1975) (Figura 1). No entanto, existem muitos edifícios com fachadas inclinadas que não podem ser completamente explicados por seus elementos funcionais, e para esses casos, a morfologia pode ser relacionada a outro possível motivo, como influências externas.



Figura 1. Fachadas inclinadas podem ter diferentes propósitos: funcional, estrutural, insolação e percepção visual.

Um dos primeiros arquitetos a utilizar a fachada inclinada foi, provavelmente, Frank Lloyd Wright. Dois exemplos são o Estúdio em Taliesin West, 1937 e a Capela Annie Pfeiffer, 1938-41, mostrados na Figura 02.



Figura 2. Casa e Estúdio em Taliesin West e Capela Annie Pfeiffer, Flórida.

Na arquitetura moderna brasileira, fachadas inclinadas também são muito comuns, e seus primeiros exemplos foram projetados nas décadas de 40 e 50 por Oscar Niemeyer, João Vilanova Artigas e Affonso Eduardo Reidy, três dos arquitetos mais proeminentes da arquitetura moderna. Existem evidências do contato entre esses arquitetos e Frank Lloyd Wright.

Irigoyen (2002) descreveu com detalhes a viagem de Wright ao Rio de Janeiro em 1931, que foi convidado para ser membro da comissão julgadora de um concurso de projetos arquitetônicos. Durante sua estadia na cidade, ele realizou palestras na Escola Nacional de Belas Artes, onde Niemeyer era estudante e Reidy, professor. A autora também descreve a jornada de Artigas pelos Estados Unidos, em 1946-47, quando o jovem arquiteto visitou e fotografou diversos edifícios

projetados por Wright, incluindo o Estúdio, em Taliesin West.

A presente pesquisa tem como objetivo analisar até que ponto os edifícios com fachadas inclinadas projetados por Niemeyer, Artigas e Reidy podem ser considerados como membros de uma mesma família de objetos. Neste estudo o critério morfológico – planos inclinados na fachada – foi utilizado como ponto de partida para a definição do corpus de análise.

#### A. Gramática da forma

Gramáticas da forma têm sido utilizadas para identificar estilos arquitetônicos definidos por fatores comuns, como por exemplo, um arquiteto específico ou um estilo (linguagem) específico. Exemplos do uso do formalismo da gramática da forma pode ser encontrado no artigo *Palladian grammar* (Mitchell e Stiny, 1978), *Queen-Anne houses* (Flemming, 1987) e *Bosnian houses* (Çolakoglu, 2003), entre outros.

Gips (1999) sugere 4 razões para o uso da gramática da forma:

- (1) Síntese – gera formas baseadas em uma gramática da forma (“maneira mais comum”);
- (2) Análise – determina se uma forma pode ser gerada por uma gramática; se sim, determina a seqüência das regras que devem ser usadas;
- (3) Inferência – define uma gramática da forma que pode gerar um conjunto de obras;
- (4) Projeto gerativo – define uma gramática para ser usada no processo de projeto.

Neste estudo, uma gramática da forma foi desenvolvida inicialmente através da inferência. Em seguida, ela foi utilizada na análise de outras obras, e finalmente foi utilizada para sintetizar novas composições.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, foi realizado um levantamento preliminar de diversos edifícios com fachadas inclinadas na arquitetura brasileira e internacional ao longo do século XX, e realização de uma linha do tempo. Em seguida, foi feita uma categorização dos principais tipos de edifícios com fachadas inclinadas: edifícios com plano de fachada inclinada, com estrutura inclinada e com uma combinação de ambos.

A partir desse estudo, a pesquisa foi desenvolvida em seis etapas:

- a) Escolha dos edifícios mais significativos para definição do corpus de análise para o desenvolvimento da gramática (definição do corpus de análise);
- b) Modelagem do processo de projeto. Cada ação e decisão foram identificadas no processo, resultando em um fluxograma, que foi testado para confirmar sua utilidade a todos os edifícios do corpus;
- c) Desenvolvimento das regras 2D para a geração das diversas seções dos edifícios em cada etapa do processo de projeto, e regras 3D para a geração dos volumes, por meio da extrusão das seções;
- d) Teste das regras compostivas para verificar se eram

- capazes de gerar todos os edifícios do corpus.
- e) Teste das regras compostivas para verificar se eram capazes de gerar outros edifícios semelhantes, porém não pertencentes ao corpus de análise.
- f) Geração de novos edifícios a partir das regras desenvolvidas.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### A. Corpus de análise

Ao longo da pesquisa foram realizados ensaios para o desenvolvimento da gramática com diferentes grupos de edifícios. O corpus de análise aqui apresentado contém cinco edifícios com fachadas inclinadas, projetados por Oscar Niemeyer, João Vilanova Artigas e Affonso Eduardo Reidy, entre as décadas de 40 e 50 (Tabela 1).

TABELA 1  
EDIFÍCIOS DO CORPUS DE ANÁLISE

Arquiteto	Ano	Edifício	Localização	Imagem
Oscar Niemeyer	1946	Residência Mendes	Rio de Janeiro, Brasil	
Oscar Niemeyer	1950/51	Fábrica Duchen	Guarulhos, SP, Brasil	
Affonso Reidy	1952	Escola Brasil-Paraguai	Assunção, Paraguai	
Affonso Reidy	1953	Museu de Arte Moderna	Rio de Janeiro, Brasil	
Vilanova Artigas	1959	Ginásio Itanhaém	Itanhaém, SP, Brasil	

A principal característica que os edifícios do corpus possuem em comum é o fato de seus volumes serem baseados na extrusão de uma seção trapezoidal. Ao contrário da famosa frase de Le Corbusier, “o plano é o gerador”, neste tipo de edifício a seção é a geradora.

Os edifícios do corpus podem apresentar as seguintes partes, pertencentes a uma seção de forma máxima (M). Algumas dessas partes sempre estão presentes, enquanto outras não:

- Empenas laterais (T) – opcional; quando presentes são colocadas nas extremidades de cada lado do volume;
- Elementos estruturais (S) – opcional; são pórticos com lados inclinados, colocados em vãos regulares. Podem ser combinados com corpos ortogonais, inclinados ou ambos. Às vezes, brises horizontais

são dispostos entre esses elementos para o controle da insolação. Quando não há empenas laterais, os elementos estruturais inclinados são obrigatórios;

- **Corpo principal – obrigatório;** pode ser:
  - Inclinado (SB) – neste caso, pode ou não ser combinado com um corpo ortogonal;
  - **Ortogonal (OB)** – neste caso, é sempre combinado ou com uma empêna, com elementos estruturais inclinados, ou com um corpo inclinado. Quando combinado com elemento estrutural, pode haver mais de um corpo ortogonal.

Há doze possíveis maneiras de combinar todas essas partes, como é mostrada no gráfico estado-ação da Figura 2. As alternativas com um retângulo ao redor representam os casos presentes no corpus de análise.

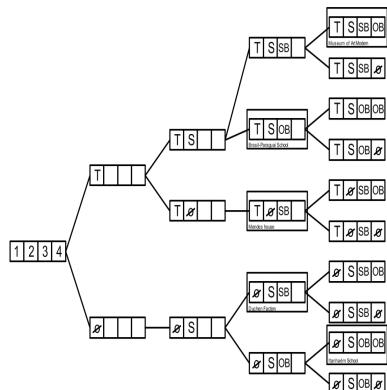


Figura 2. Gráfico com as possíveis combinações entre as partes (T = empêna lateral; S = elemento estrutural inclinado; SB = corpo inclinado e OB = corpo ortogonal).

### B. Modelagem do processo de projeto

Para a modelagem do processo de projeto, cinco etapas foram identificadas, a partir do gráfico estado-ação:

1. Definição da forma máxima da seção (obrigatório) – é o passo mais importante, porque todos os outros elementos da seção são definidos através da forma máxima;
2. Definição da seção das empênas laterais (opcional);
3. Definição dos elementos estruturais inclinados da seção (opcional), que podem ser combinados com brises;
4. Definição do corpo inclinado da seção (obrigatório se não houver empêna ou elemento estrutural inclinado); também podem ser combinados com brises em algum dos planos inclinados da fachada;
5. Definição do corpo ortogonal da seção (opcional);

Logo após as etapas 2, 3, 4 e 5, é realizada a extrusão e translação das seções para a geração dos volumes 3D. Ao final do processo todas essas formas são justapostas, de modo a gerar o volume final do edifício.

Cada um dos edifícios possui uma combinação diferente desses passos, e nem todos os passos estão presentes em todos os edifícios. A Figura 3 apresenta o fluxograma do processo de projeto do Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro.

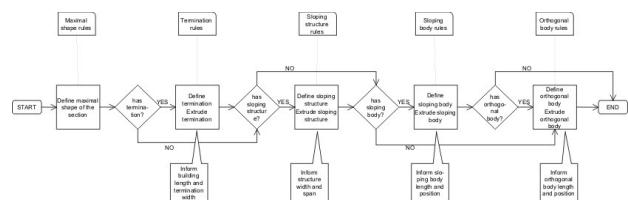


Figura 3. Modelo do processo de projeto do MAM.

### C. Desenvolvimento das regras de composição

Ao longo da pesquisa, o corpus de análise e as regras de composição foram sendo aperfeiçoados. As regras apresentadas aqui se referem a uma etapa intermediária desse processo. Foram desenvolvidos conjuntos de regras para cada uma das cinco etapas do processo de projeto.

A principal diferença entre os edifícios do corpus é o fato de que alguns possuem seções trapezoidais simétricas e outras assimétricas. Por essa razão, foi necessário criar variações de algumas regras, para trapézios simétricos e assimétricos.

#### 1. Regras para a forma máxima

A forma máxima é uma forma que abrange todos os elementos de uma seção – as empênas laterais, a estrutura e o corpo.

A seção da maioria dos edifícios é um único trapézio, e para isso as regras I-1 e I-2 foram desenvolvidas (Figura 4). No entanto, a seção da Fábrica Duchen, de Oscar Niemeyer, contém dois trapézios simétricos interligados, e para este caso, a regra I-3, que sobrepõe um trapézio a outro, foi criada. A regra I-4 insere marcadores (*labels*) que permitem a aplicação das regras para as etapas seguintes. As formas máximas não são extrudidas, pois servem somente como referência para definir os outros elementos da seção.

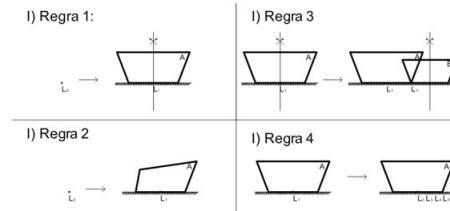


Figura 4. Regras para a geração da forma máxima.

#### 2. Regras para as terminações

Nem todos os edifícios possuem terminações nas extremidades laterais. Em alguns casos, a terminação é uma forma igual à forma máxima (regra II-1, da Figura 5). Em outros casos, a terminação é um pouco menor que a forma máxima, e para isso as regras II-2 e II-3 foram criadas, fazendo com que ocorra a subtração de um quadrilátero no trapézio de seção simétrica ou assimétrica. A regra II-4 insere marcadores que permite a aplicação das regras da etapa III. A II-5 é a regra da extrusão das terminações, e neste momento, a espessura e posição delas devem ser informadas.

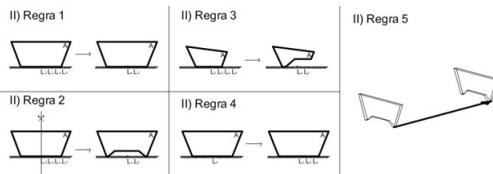


Figura 5. Regras para a geração das terminações.

### 3. Regras para os elementos estruturais inclinados

Em edifícios com pórticos, a forma do elemento estrutural é definida diretamente a partir da forma máxima ou da empêna, como mostra a regra III-1 da Figura 6. As regras III-3 e III-4 definem a largura dos pórticos estruturais, sendo a primeira para trapézios simétricos e a segunda para assimétricos, e nesse último caso há a adição de pilares no lado não inclinado. Essas duas regras só podem ser aplicadas após a III-2, que copia o contorno da empêna ou da forma máxima, caso não haja empêna.

A regra III-5 permite a inserção de brise, e pode ser aplicada ou não. A regra III-6 é utilizada quando a seção é formada por dois trapézios. A III-8 insere marcadores para a aplicação das regras da etapa IV e a regra III-9 realiza a extrusão e translação dos elementos estruturais, levando em consideração suas espessuras e espaçamento.

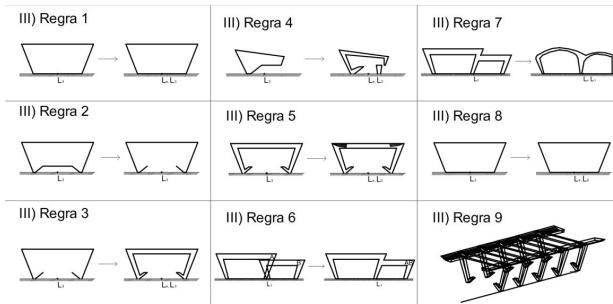


Figura 6. Regras para a geração dos elementos estruturais inclinados.

### 4. Regras para a geração do corpo inclinado

O corpo inclinado pode ou não ser combinado com os pórticos inclinados. Quando combinados com um elemento estrutural, sua seção corresponde ao contorno interno da seção do pórtico (regra IV-2, Figura 7). Quando não, sua seção corresponde à forma máxima (regra IV-3). A regra IV-6 realiza a extrusão do corpo inclinado.

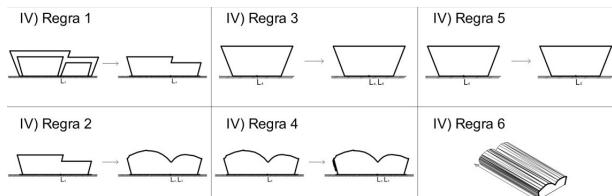


Figura 7. Regras para a geração do corpo inclinado.

### 5. Regras para a geração do corpo ortogonal

Corpos ortogonais podem ser combinados com empênas laterais, com elementos estruturais inclinados, ou com um corpo inclinado. Quando existe uma estrutura inclinada, o

corpo inclinado deve ser gerado dentro dela, de maneira centralizada ou não, como é mostrado nas regras V-1 e V-2 da Figura 8. A regra V-5 também insere corpos ortogonais dentro da estrutura, porém em seções assimétricas. A regra V-6 realiza a extrusão dos corpos ortogonais.

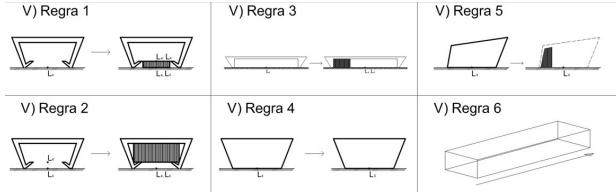
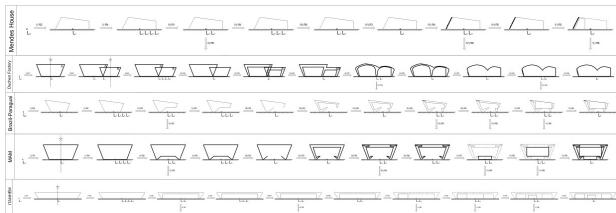


Figura 8. Regras para a geração do corpo ortogonal.

### D. Teste das regras compostivas

A Figura 9 apresenta as derivações de todos os edifícios do corpus de análise com a aplicação das regras descritas acima. Como se pode ver, foi possível gerar todos os edifícios do corpus por meio das regras criadas.

Foi elaborada uma tabela com as regras utilizadas na derivação de cada edifício, o que permitiu compreender melhor de que maneira eles se relacionavam entre si.



### E. Teste das regras compostivas com outras obras

Após a verificação da validade das regras para as obras do corpus de análise, procurou-se analisar se elas eram capazes de gerar também outras obras com fachadas inclinadas identificadas no início da pesquisa. A Figura 10 mostra alguns dos edifícios que podem ser gerados pela gramática desenvolvida. Contudo, seriam necessárias algumas regras adicionais para que a gramática permitisse reproduzir um número maior de edifícios da linguagem. Seria necessário, por exemplo, criar regras que permitissem gerar o volume do edifício por meio da rotação de sua seção, ao invés da translação.



Figura 10: Exemplos de outros edifícios que podem ser gerados pela gramática desenvolvida: Residência CTA; Laboratório de Estruturas do ITA e a Escola Julia Kubitscheck.

### F. Geração de novos edifícios

Finalmente, foram gerados alguns edifícios novos com as regras da gramática.

## 6. CONCLUSÕES

De acordo com Knight (1998), há duas razões para o uso da gramática da forma para se projetar. Primeiramente, regras fazem com que as idéias se tornem mais claras, permitindo aos arquitetos examinar e mudar os projetos mais rapidamente. Em segundo lugar, as regras podem ser usadas para gerar diferentes soluções, ao invés de uma única. Ainda segundo Knight (1999/2000), assim como em qualquer outro processo criativo, projetar com regras, de um lado, envolve inteligência e disciplina, e de outro lado, intuição, imaginação e adivinhação.

Por meio do uso da gramática da forma, este trabalho procurou demonstrar que é possível estabelecer categorias de edifícios baseados em um critério morfológico, o que pode ser confirmado com a aplicação das regras desenvolvidas. Foi possível concluir que o uso de precedentes do projeto não necessariamente resulta em uma linguagem rígida, podendo resultar em uma família de objetos assemelhados entre si. Ser capaz de reconhecer as semelhanças é uma habilidade importante, tanto para os arquitetos quanto para os pesquisadores e críticos de arquitetura.

Mais ainda do que isso, foi possível comprovar que a semelhança entre os edifícios estudados não se restringia apenas à sua forma externa final, mas estava também relacionada ao método de projeto utilizado, à seqüência de procedimentos necessários para a sua composição; em outras palavras, a seqüência de regras aplicadas em sua derivação.

## AGRADECIMENTOS

As autoras gostariam de agradecer ao Conselho Nacional de Pesquisa (Cnpq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo suporte financeiro para a realização desta pesquisa.

## REFERENCIAS

- [1] Eilouit, B. H; Al-Jokhadar, A.. A Computer-Aided Rule-Based Mamluk Madrasa Plan Generator. *Nexus Network Journal*, Turin, 2007 2007. 9 / 1, p. 31-58.
- [2] Gips, J., 1999, Computer implementation of shape grammars. In Workshop on Shape Computation, Boston, Computer Science Department, Boston College.
- [3] Irigoyen, A. Writgh e Artigas: Duas viagens. (ed.): 2202. Ateliê Editorial. São Paulo.
- [4] Çolakoglu, Birgul Design by grammar: an interpretation and generation of vernacular hayat houses in contemporary context. *Environment and Planning B: Planning and Design* 2005, volume 32, pages 141 – 149.
- [5] Knight T W, 1998, Shape grammars, *Environment and Planning B: Planning and Design*, Anniversary Issue, pp. 86–91.
- [6] Knight, T. Shape Grammars in education and practice: history and prospects. *International Journal of Design Computing*, Key Centre of Design Computing, Faculty of Architecture, University of Sydney, v.2, 1999-2000.
- [7] Stiny G, Gips J, 1972, Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture, in C V Freiman (ed) *Information Processing*, 71 (Amsterdam: North-Holland) 1460-1465. Republished in Petrocelli O R (ed) 1972 *The Best Computer Papers of 1971*: Auerbach, Philadelphia, pp. 125-135.
- [8] Stiny G, Mitchell W J, 1978a, The Palladian Grammar, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 5, pp. 5-18.
- [9] Gero, J. S. and Kazakov, V. (1996). Evolving building blocks for design using genetic engineering: A formal approach. In Gero, J. S., editor, *Advances in Formal Design Methods for CAD*, pages 31-50, Chapman and Hall, London, England.
- [10] Knight T W, 1980, "The generation of Hepplewhite-style chair back designs *Environment and Planning B: Planning and Design* 7 227-238.

Débora Z. Cypriano

debora\_cypriano@hotmail.com

**Universidade Estadual de Campinas**, Brasil.

Débora Z. Cypriano nasceu em Campinas, São Paulo, Brasil, no ano de 1981.

Estudou Arquitetura e Urbanismo na Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUCC). Fez mestrado em Engenharia Civil na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), sobre orientação da professora doutora Gabriela Celani., concluído em agosto de 2008.

Atualmente é aluna de doutorado do curso da pós-graduação de Arquitetura e Urbanismo da mesma universidade. E-mail: debora\_cypriano@hotmail.com. Endereço: Rua Dom Afonso Henrique 306, CEP 13088-004, Campinas, SP, Brasil.



Gabriela Celani

celani@fec.unicamp.br

**Universidade Estadual de Campinas**, Brasil

Gabriela Celani nació en São Paulo, Brasil, en el año 1967. Estudió Arquitectura y Urbanismo en la Universidad de São Paulo (USP). Hizo el master en la misma universidad (1997), y el Ph.D. en Design & Computation en el Massachusetts Institute of Technology (2002) bajo la orientación de William Mitchell y Terry Knight. Es actualmente profesora adjunta en la Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP), donde coordina el Laboratorio de Automación y Prototipaje para Arquitectura y Construcción (LAPAC). Página web: www.fec.unicamp.br/~lapac. Dirección electrónica celani@fec.unicamp.br. Dirección: Av. Albert Einstein 951, CEP13083-852, Campinas, SP, Brasil.

