

ERRATA

Eu, Carlos Eduardo Verzola Vaz, ex-aluno do curso de Doutorado em Engenharia Civil, informo que deve-se considerar a seguinte errata nas páginas i, ii e iii.

Onde se lê: Um método de ensino de projeto baseado no conhecimento – sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística.

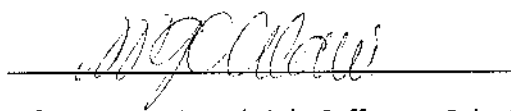
Leia-se: Um sistema de ensino de projeto baseado no conhecimento – sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística.

Sem mais.



Carlos Eduardo Verzola Vaz

Aluno



Profa. Dra. Maria Gabriela Caffarena Celani

Orientadora

**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo**

Carlos Eduardo Verzola Vaz

**Um método de ensino de projeto baseado no conhecimento– sistemas
generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura
paisagística**

Tese apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na área de concentração de Arquitetura e Construção.

Orientador: Profa. Dra. Maria Gabriela Caffarena Celani

**Campinas
2011**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Vaz, Carlos Eduardo Verzola

V477m

Um método de ensino de projeto baseado no conhecimento: sistemas generativos e ontologias aplicadas no ensino de arquitetura paisagística / Carlos Eduardo Verzola Vaz. --Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientador: Maria Gabriela Caffarena Celani.

Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Arquitetura paisagística. 2. Projeto. 3. Educação. I. Celani, Maria Gabriela Caffarena. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Developing a knowledge based design education method: using generative systems and onthology to teach landscape design

Palavras-chave em Inglês: Landscape architecture, Design, Education

Área de concentração: Arquitetura e Construção

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora: Regina Coeli Ruschel, Daniel de Carvalho Moreira,
Eduardo Sampaio Nardelli, Silvio Soares Macedo

Data da defesa: 18/10/2011


Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil


**Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo**

Carlos Eduardo Verzola Vaz

**UM MÉTODO DE ENSINO DE PROJETO BASEADO NO
CONHECIMENTO - SISTEMAS GENERATIVOS E ONTOLOGIAS
APLICADOS NO ENSINO DE ARQUITETURA
PAISAGÍSTICA**

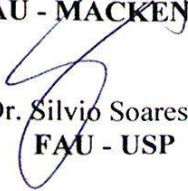
Tese apresentada à Comissão de pós-graduação Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte
dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na área
de concentração de arquitetura e construção


Profa. Dra. Maria Gabriela Caffarena Celani
Presidente e Orientadora / FEC - UNICAMP


Profa. Dra. Regina Coeli Ruschel
FEC - UNICAMP


Prof. Dr. Daniel de Carvalho Moreira
FEC - UNICAMP


Prof. Dr. Eduardo Sampaio Nardelli
FAU - MACKENZIE


Prof. Dr. Silvio Soares Macedo
FAU - USP

Campinas, 18 de outubro de 2011

Agradecimentos

Agradeço a todos que colaboraram e me deram apoio durante o desenvolvimento do meu trabalho de pesquisa, em especial a minha orientadora, Maria Gabriela Caffarena Celani.

À Fapesp pelo auxílio realizado por meio de uma bolsa de doutorado, que permitiu que eu me dedicasse exclusivamente à elaboração do meu trabalho.

À Capes pela bolsa de estágio de doutoramento no exterior, que colaborou para o desenvolvimento da pesquisa

Ao professor doutor José Manuel Pinto Duarte pela orientação durante o estágio na Universidade Técnica de Lisboa e aos novos colegas e amigos que fiz durante este período da pesquisa.

Aos colegas da Unicamp, professores e funcionários que sempre me auxiliaram, não apenas durante a elaboração deste trabalho, mas também da minha pesquisa de mestrado.

Também agradeço aos professores Silvio Soares Macedo, Fábio Mariz Gonçalves e Pedro Lupércio.

À Profa. Dra. Regina Ruschel pelos ótimos comentários sobre o meu trabalho, que colaboraram na conclusão da pesquisa.

Dedicatória

Aos meus pais e irmãos

"Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino. Esses quefazerem que se encontram um no corpo do outro. Enquanto ensino continuo buscando, reprocurando. Ensino porque busco, porque indaguei, porque indago e me indago. Pesquiso para constatar, constatando intervenho, intervindo educo e me educo. Pesquiso para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a verdade "(Paulo Freire).

RESUMO

VAZ, Carlos E. V. **Um método de ensino de projeto baseado em precedentes**— sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - UNICAMP, 2011. 238p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, 2011.

O objetivo deste trabalho é propor uma nova abordagem para o ensino de arquitetura paisagística, baseada nas teorias computacionais aplicadas ao projeto, como a linguagem de padrões de Alexander, a gramática da forma e a modelagem paramétrica. A pesquisa propõe um modelo que relaciona os conceitos, relações, regras e propriedades que formam o universo de discurso de um arquiteto paisagista como precedentes de projeto, por meio de uma ontologia. Os conceitos são apresentados aos alunos no formato de regras esquemáticas e derivações semelhantes às existentes em uma gramática da forma. Cada um deles representa um padrão e está, como na linguagem de padrões de Alexander, conectado a outros formando assim uma rede. Por outro lado, diferentemente do sistema de Alexander, os precedentes não estão encapsulados nos padrões. Estes formam uma segunda estrutura em rede que relaciona as referências com diferentes padrões. No protótipo desenvolvido nesta pesquisa o sistema está preenchido com conceitos e precedentes extraídos da obra do paisagista Roberto Burle Marx. Este projetista pode ser considerado um especialista, pois sua obra contém uma parcela expressiva dos conceitos pertencentes ao universo de discurso em arquitetura paisagística aplicados em soluções que podem ser consideradas importantes referências de projeto. Além dessa estrutura que relaciona conceitos e precedentes, o sistema possui ainda um módulo interativo em que o aluno pode gerar e inserir automaticamente, em um modelo geométrico digital, diferentes componentes para criar um projeto paisagístico, como conjuntos de árvores, arbustos, esculturas, etc., definidos e agrupados de maneira paramétrica. A hipótese deste trabalho é que o uso de sistemas generativos e referências de projeto podem colaborar no aumento da eficiência do ensino sem que haja a redução da qualidade do trabalho ou o cerceamento da criatividade do aluno. Para comprovar a eficácia do sistema foram realizados *workshops* com alunos de graduação nos quais estes desenvolveram propostas de projeto com e sem o auxílio das ferramentas desenvolvidas. Esses testes colaboraram para a verificação da eficácia do sistema e permitiram introduzir ajustes no mesmo. Espera-se futuramente desenvolver um sistema online que possa ser utilizado como apoio no processo de ensino de paisagismo.

Palavras-chave: Arquitetura paisagística; Projeto; Educação.

ABSTRACT

VAZ, Carlos E. V. **Developing a knowledge based design education method** - using generative systems and onthology to teach landscape design. Campinas: School of civil Engineering, Architecture and Urban Design - UNICAMP, 2011. 238p. Thesis (PHD) - School of civil Engineering, Architecture and Urban Design, UNICAMP, 2011.

The purpose of this research is to present a case based system to support students during the search for a solution to a landscape design problem. The system model is based on computational theories applied to design, such as Alexander's pattern language, shape grammar and parametric modeling. In the system, a design concept, also called pattern, can be represented as a schematic shape grammar rules or by its derivations – rule application. The patterns are connected to each other framing a network similar to Alexander's pattern language hierarchy structure. However, differently from Alexander's system, the precedents (or design references) are not encapsulated in a pattern. In this case, precedents are responsible to structure the other branch of the network. The prototype developed in this research is filled with concepts and design precedents extracted from Roberto Burle Marx landscape designs. Burle Marx can be seen as an expert, since his work contains an expressive parcel of concepts that belong to the landscape architecture universe of discourse. These are the sort of reference that students should research during design process. Beyond the structure to search for design concepts and precedents, it's also proposed an interactive module implemented in a parametric design tool. This module allows students generate and insert automatically different parametric components, such as a group of trees, bushes, sculptures, in a digital 3D model. Using that module students can create design solutions, assisted by the precedent based system, entirely through a digital media. Some tests were performed with undergraduate students in a workshop to prove the system efficacy. The tests helped to verify the hypothesis and showed how design references are a very important design tool. In the near future is expected that the implementation of an online system can help students, supporting them during design process. The work hypothesis is that the use of generative systems and design references can collaborate to increase teaching efficiency without the reduction of work quality or creating boundaries in student's creativity.

Palavras-chave: Landscape architecture; Design; Education.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Padrões utilizados pelos alunos no terceiro exercício.....	178
--	------------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais equipamentos e componentes de um espaço livre público	64
Tabela 2: Tabela com os dados da ontologia que são	136
Tabela 3: Tabela com a quantidade de material	156
Tabela 4: Tabela com os dados dos testes	160

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Processo de elaboração de um modelo por meio da utilização do sistema de pesquisa de padrões e precedentes e das definições do Grasshopper (parte 1).....	140
Quadro 02: Processo de elaboração de um modelo por meio da utilização do sistema de pesquisa de padrões e precedentes e das definições do Grasshopper (parte 2).....	141
Quadro 03: Processo de elaboração de um modelo por meio da utilização do sistema de pesquisa de padrões e precedentes e das definições do Grasshopper (parte 3).....	142
Quadro 04: Maquetes realizadas pelos alunos na primeira etapa (parte 1).....	163
Quadro 05: Maquetes realizadas pelos alunos na primeira etapa (parte 2).....	164
Quadro 06: Maquetes realizadas pelos alunos na primeira etapa (parte 3).....	165
Quadro 07: Maquetes realizadas pelos alunos na primeira etapa (parte 4).....	166
Quadro 08: Trabalhos elaborados pelos alunos com o caderno de referencias (parte 1).....	171
Quadro 09: Trabalhos elaborados pelos alunos com o caderno de referencias (parte 2).....	172
Quadro 10: Trabalhos elaborados pelos alunos com o caderno de referencias (parte 3).....	173
Quadro 11: Trabalhos elaborados pelos alunos com o caderno de referencias (parte 4).....	174
Quadro 12: Trabalhos elaborados pelos alunos com o caderno de referencias (parte 5).....	175
Quadro 13: Maquetes desenvolvidas pelos alunos com o auxílio do aplicativo Touchgraph Navigator (parte 1).	180
Quadro 14: Maquetes desenvolvidas pelos alunos com o auxílio do aplicativo Touchgraph Navigator (parte 2).	181
Quadro 15: Maquetes desenvolvidas pelos alunos com o auxílio do aplicativo Touchgraph Navigator (parte 3).	182
Quadro 16: Quadro de comparação evolutiva das maquetes realizadas pelos alunos nas três primeiras etapas do workshop (parte 1).	185
Quadro 17: Quadro de comparação evolutiva das maquetes realizadas pelos alunos nas três primeiras etapas do workshop (parte 2).	186
Quadro 18: Esboço e modelo virtual desenvolvidos por cada grupo, no quarto exercício (parte 1).	190
Quadro 19: Esboço e modelo virtual desenvolvidos por cada grupo, no quarto exercício (parte 2).	191
Quadro 20: Quadro de perguntas elaboradas aos alunos no final do workshop, e respectiva análise dos resultados.....	194

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Uso de conceitos e referências de projeto na busca de uma solução.....	2
Figura 2: Estrutura em árvore, para um algoritmo que utiliza o paradigma <i>divide and conquer</i>	4
Figura 3: Estrutura em árvore anterior e estrutura básica de uma linguagem de padrões.....	6
Figura 4: Sistema de pesquisa de padrões e precedentes e sistemas de molagem virtual e física	9
Figura 5: Diagrama baseado no modelo elaborado por Asimov (1962)	13
Figura 6: Casas bandeiristas.....	15
Figura 7: Imagens retiradas de livros sobre Roberto Burle Marx	19
Figura 8: Diagrama do lado direito, processo direto de projeto e do esquerdo, processo indireto	20
Figura 9: Página do tratado Regola delli ordini d'architettura.....	22
Figura 10: Exemplo da estrutura de um padrão (Parte I)	28
Figura 11: Exemplo da estrutura de um padrão (Parte II).....	29
Figura 12: Exemplos de padrões resumidos para o teste	31
Figura 13: Resultado obtido em dois projetos dos alunos	33
Figura 14: Exemplo de uma residência projetada segundo os padrões de Alexander	34
Figura 15: Gramática desenvolvida por Sitny (1975)	37
Figura 16: Trabalhos desenvolvidos por alunos em uma disciplina de gramática da forma.....	38
Figura 17: A hierarquia de classes inicial	44
Figura 18: Classes e subclasses da ontologia de pizzas.	45
Figura 19: Diagrama da pesquisa.....	51
Figura 20: Diagrama elaborado a partir do modelo vertical de projeto desenvolvido por Asimov (1962)	53
Figura 21: Diagramas com formato de regras condicionais extraídos de alguns padrões de Alexander	55
Figura 22: Exemplo de uma solução para o padrão 249 (<i>Ornament</i>)	56
Figura 23: Gramática capaz de representar o padrão 249 (<i>Ornament</i>)	57
Figura 24: Derivação segundo as regras apresentadas na figura 18	57
Figura 25: Exemplos de instâncias que podem ser obtidas por meio da utilização da gramática.....	58
Figura 26: Diagrama de aplicação das regras	60
Figura 27: Exemplos de jardins de Roberto Burle Marx. A formação de maciços contribui para a leitura de cada espécie no jardim.....	61
Figura 28: Núcleos de atividade e conexões	62
Figura 29: Distribuição de funções em um espaço livre	65
Figura 30: Classificação dos símbolos utilizados para a elaboração de um plano conceitual	66
Figura 31: Bordas com diferentes qualidades paisagísticas.....	67
Figura 32: Regras para demarcar as qualidades paisagísticas do espaço livre.....	68
Figura 33: Soluções de projeto de Roberto Burle Marx para paredões. (1) Praça Peru, Buenos Aires, 1972. (2) Residência Olivo Gomes, São Bernardo dos Campos, 1950. (3) Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1947.	69
Figura 34: Segunda etapa da gramática para elaboração de um plano conceitual	69
Figura 35: Regra para inserção de ponto de atividades.....	70
Figura 36: Exemplos de implantação de atividades em espaços inadequados.....	70
Figura 37: Definição da hierarquia dos pontos de atividade.....	71

Figura 38: Distribuição de pontos e as possíveis conexões.	71
Figura 39: À esquerda exemplo de conexões inadequadas (1 e 2)	72
Figura 40: Redução ao número de conexões estritamente necessárias	73
Figura 41: Exemplos de esquemas de percurso	74
Figura 42: Exemplos de pontos de atração	75
Figura 43: Regra para conexão e modificação dos trajetos segundo os pontos de atração	76
Figura 44: Exemplo de modificação de um trajeto	76
Figura 45: Diagrama com diferenciação da hierarquia dos eixos	77
Figura 46: Regras para determinar o tipo de circulação. (R10) diferencia hierarquia de circulação. (R11 a R16) diferencia a tipologia de circulação segundo cores.	77
Figura 47: Possíveis linguagens para o desenho de eixos de circulação.....	78
Figura 48: Exemplo de uma derivação	79
Figura 49: Componentes da subclasse Verde	81
Figura 50: Componentes da subclasse Construído	81
Figura 51: Componentes da subclasse Água.....	82
Figura 52: Classificação das formas verticais presentes nas subclasses Verde, Construído e Água	83
Figura 53: Classificação das formas horizontais presentes nas subclasses	84
Figura 54: Classificação dos planos horizontais presentes ou que podem ser obtidos por meio dos componentes presentes nas subclasses Verde, Construído e Água	84
Figura 55: Classificação dos planos verticais presentes ou que podem ser obtidos por meio dos componentes presentes nas subclasses Verde, Construído e Água	85
Figura 56: Regras para inserção de códigos que definem as classes de componentes.....	86
Figura 57: Regras de inserção de componentes	87
Figura 58: Definição das cores dos componentes	88
Figura 59: Exemplos de derivações obtidas por meio da aplicação das regras da gramática	90
Figura 60: Exemplos de derivações obtidas por meio da aplicação das regras da gramática	91
Figura 61: Composições elaboradas por meio do uso da gramática	92
Figura 62: Esquema de possíveis soluções para um sistema generativo	93
Figura 63: Exemplos de utilização incorreta dos parâmetros para inserir componentes	93
Figura 64: Interface do Quartz Composer e do Rhinoceros e Grasshopper.....	96
Figura 65: Exemplos de composições geradas pelas definições elaboradas pelos alunos	97
Figura 66: Escultura musical elaborada por aluno.....	98
Figura 67: Estante parametrizada desenvolvida por aluno	98
Figura 68: Cobertura parametrizada desenvolvida tendo como referência Félix Candela.....	99
Figura 69: Autômato celular implementado em Grasshopper	100
Figura 70: Exemplos de cadeiras no estilo Hepplewhite	102
Figura 71: Elementos e formas básica das cadeiras	102
Figura 72: formas básicas e regras para a elaboração de uma instância	102
Figura 73: Restrições das posições a serem adicionadas linhas.....	103
Figura 74: Implementação da gramática para a gramática das cadeiras em estilo Hepplewhite	104
Figura 75: Esquema da implementação da gramática das cadeiras em estilo Hepplewhite.....	105
Figura 76: Esquema de divisão e componentes básicos de um jardim em estilo Mughul	106
Figura 77: implementação das regras de divisão e definição dos tipos de terminação dos canais dos jardins	108

Figura 78: Diferentes tipos de salões para as Vilas de Paladio.....	110
Figura 79: Implementação parcial da gramática das Vilas de Paladio desenvolvida por Stiny e Mitchell (1980)	110
Figura 80: Exemplo de organização de uma definição	111
Figura 81: Redução de objetos no Grasshopper para tornar a implementação mais eficiente	112
Figura 82: Partes básicas de uma definição do Grasshopper para inserção de componentes em um jardim	114
Figura 83: Escultura verde nos jardins do Banco Safra reproduzida pela definição no Grasshopper	115
Figura 84: Planos de palmeiras implantados em projetos de Roberto Burle Marx. (1) Residência Francisco Pignatari, São Paulo, 1956	116
Figura 85: Exemplos de derivações obtidas por meio da utilização da definição.....	116
Figura 86: Derivação de planos opacos e reprodução de uma área de lazer passivo projetada por Roberto Burle Marx com o uso da definição do Grasshopper.....	117
Figura 87: À esquerda a adequada utilização da vegetação no jardim, à direita vegetação disposta de modo aleatório.....	118
Figura 88: Derivação de árvores, arbustos e forração.....	118
Figura 89: Descrição do uso de valores aleatórios para inserir componentes com dimensões variadas...	120
Figura 90: Variação dos pontos de inserção dos componentes para a adequada representação	120
Figura 91: Diferentes densidades para um bosque gerado pela definição	121
Figura 92: Utilização da definição para gerar bosque com arbustos	122
Figura 93: Esquema ilustrando a utilização de elementos verticais para aumentar a dramaticidade do espaço	122
Figura 94: Valorização da topografia implementada no Grasshopper	123
Figura 95: Modelo de uma área de jardim e processo de derivação de uma solução	124
Figura 96: Derivação selecionada para ser prototipada	124
Figura 97: Processo de limpeza do modelo prototipado	125
Figura 98: Modelo pronto, fotografado em diferentes posições	125
Figura 99: Exemplos apresentados figura 63, reproduzidos pela aplicação das definições.....	126
Figura 100: Princípio da diferenciação e processo de projeto	128
Figura 101: Diagramas dos livros. (1) A Pattern Language. (2) <i>Landscape architecture</i> .(3) <i>The Landscape of man</i> . (4) <i>The Poetics of Garden</i>	129
Figura 102: Estrutura hierárquica básica do sistema	132
Figura 103: Implementação da estrutura em VUE.....	135
Figura 104: Gráfico gerado a partir da planilha do Excel.....	137
Figura 105: Ficha com as informações que serão apresentadas em um padrão	138
Figura 106: Esquema para a utilização do sistema	139
Figura 107: Modelo final	143
Figura 108: Composição elaborada por alunos da disciplina AUP 224 - Paisagismo: Projeto do Entorno às Edificações	146
Figura 109: Exemplo de pedaço de espuma com áreas cortadas de diferentes maneiras	149
Figura 110: Exemplos de matérias que poderiam ser utilizados nas experiências e uma composição	149
Figura 111: (A) para fuso 5/32 x 2 pol para representar troncos e fustes de palmeiras., (B) arruela 3/16 para simular copas horizontais, (C) arruelas 5/32 para representar copas de palmeiras e compor árvores de	

copa vertical, (D) arruela de borracha preta para compor árvores de copa globosa ou vertical, (E) porca 5/32 para montar elementos compostos do conjunto componentes	150
Figura 112: (A) árvore de copa globosa, (B) árvores de copa horizontal, (C) árvore de copa vertical, (D) palmeiras (E) Arbusto grande, (F) arbusto médio, (G) arbusto pequeno, e (H e I) forrações	151
Figura 113: (A) componentes que foram distribuídos aos alunos, (B) outros arranjos dos parafusos, arruelas de aço e borracha representando outras espécies de árvores, (C) arranjo alternativo para simulação de palmeiras	151
Figura 114: (1, 2 e 4) Árvores agrupadas com espaçamentos diferentes ou inserida de forma isolada. (4) palmeiras agrupadas ou aplicada como elemento único. Fonte: Elaboração própria.....	152
Figura 115: Exemplo de composição de um bosque heterogêneo.	152
Figura 116: Exemplos de matérias que podem ser utilizados nas experiências e uma composição.	153
Figura 117: (A) Árvore de copa vertical, (B) Palmeiras, (C) Árvores de copa horizontal	154
Figura 118: (A) representação de uma área de piso, (B) simulação de um caminho linear, (C) exemplo de caminho orgânico. Fonte: Elaboração própria.....	154
Figura 119: Exemplos de matérias que podem ser utilizados nas experiências e uma composição	155
Figura 120: (1) Esquema de montagem dos componentes compostos por mais de uma peça. (2) Conjunto de materiais armazenados em sacos etiquetados (3) Imagem do jogo de materiais que foi distribuído aos alunos	157
Figura 121: Processo de elaboração de um modelo por um dos alunos.....	161
Figura 122: Análise compositiva da maquete do aluno 18	167
Figura 123: Estudantes utilizando o caderno de referencias	168
Figura 124: Desenvolvimento das maquetes com o auxílio do aplicativo Touchgraph Navigator.....	177
Figura 125: Construção de uma maquete virtual utilizando o aplicativo Grasshopper.	188

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
CAPÍTULO I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
1.1. O processo de projeto	12
1.2. <i>Case based design</i> - precedentes em projeto	14
1.2.1. Roberto Burle Marx – um especialista	17
1.3. Sistemas generativos de projeto.....	19
1.3.1. Boa conduta de projeto – Vitruvius, tratadistas e Alexander.....	20
1.3.1.1. A linguagem de padrões de Alexander – abstração de soluções reais	23
1.3.1.2. A Gramática da forma – regras com formas e palavras.....	35
1.3.2. Modelagem paramétrica	39
1.4. Ontologias como forma de representação do conhecimento	41
CAPÍTULO II- METODOLOGIA	47
CAPÍTULO III - GRAMÁTICAS DA FORMA PARA ARQUITETURA PAISAGÍSTICA.....	53
3.1. Uma gramática para um padrão	54
3.2.1. Gramática para elaboração de um plano conceitual	61
3.2.2. Gramática – inserindo componentes no jardim	80
CAPÍTULO IV - IMPLEMENTANDO AS REGRAS DE UMA GRAMÁTICA	95
4.1. Implementação de gramáticas da forma em Grasshopper	100
4.1.1. A Gramática dos encostos de cadeira em estilo Hepplewhite	101
4.1.2. Gramática dos jardins em estilo Mughul	106
4.1.3. Gramática das Vilas de Paladio	108
CAPÍTULO V – DESENVOLVIMENTO DAS DEFINIÇÕES PARA INSERÇÃO DE COMPONENTES DE ARQUITETURA PAISAGÍSTICA	113
5.1. Definições que insere componentes em pontos “aleatórios”	114
5.2. Definições que insere componentes ao longo de uma linha	115
5.3. Inserção homogênea de componentes em uma superfície	117
5.4. Inserção heterogênea de componentes em uma superfície	119
5.5. Utilização dos algoritmos para gerar uma solução	123
CAPÍTULO VI - DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DO SISTEMA QUE CONTERÁ PADRÕES E REFERÊNCIAS	127
6.1. Elaboração de uma estrutura hierárquica básica para o sistema	127

6.2.	Implementação do sistema a partir do modelo desenvolvido	132
6.3.	Como implementar uma ontologia	132
6.3.1.	Touchgraph Navigator e a implementação dos conceitos.....	135
6.4.	Emprego do sistema e exemplo de modelo elaborado.....	137
CAPÍTULO VII – METODOLOGIA E MATERIAS PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA.....		145
7.1.	Material para desenvolvimento do modelo físico.....	147
7.1.1.	Material para base do modelo e peças para montagem dos componentes	148
7.1.2.	Montagem do material	156
CAPÍTULO VIII - REALIZAÇÃO DO WORKSHOP E RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DOS EXERCÍCIOS		159
8.1.	Primeira etapa do Workshop – elaboração de um modelo físico apenas com vocabulário	160
8.2.	Segunda etapa do Workshop – desenvolvimento de um modelo físico como auxílio do vocabulário e de referências de projeto.....	167
8.3.	Terceira etapa do Workshop – desenvolvimento de um modelo físico com auxílio do Touchgraph Navigator.....	176
8.3.1.	Comparação entre os modelos físicos desenvolvidos pelos alunos nas três primeiras etapas do Workshop.....	183
8.4.	Quarta etapa do Workshop – teste com a ontologia implementada no Touchgraph Navigator para a elaboração de um modelo virtual.....	187
8.5.	Resultado dos questionários	192
CONCLUSÕES		197
REFERÊNCIAS		201
APÊNDICES.....		210
Apêndice A – Definições do <i>Grasshopper</i>		210
Apêndice B - Padrões e imagens de referência		212
Apêndice C – Enunciado do exercício 1 e 2 do Workshop		229
Apêndice D – Caderno de referências		230
Apêndice E – Esquemas alunos etapa 3 do Workshop		235
Apêndice F – Planta do terreno para alunos desenvolverem diagrama e marcarem padrões.....		237
Apêndice G – Respostas das questões dissertativas do questionário		238

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

“ 7 ± 2 ”
Miller (1956)

Segundo Sweller (1994), uma habilidade intelectual recentemente adquirida só pode ser utilizada por meio da aplicação de um considerável esforço cognitivo. Com o tempo e a prática, a aplicação desta habilidade se torna automática, exigindo menos esforço mental. Enquanto isto não ocorre, o desempenho para a realização de tarefas é lento e propenso ao erro. Esta situação desgastante é frequentemente encontrada em ateliers de escolas de arquitetura.

De acordo com Akin (2002), a atual forma de instrução nos cursos de projeto pode apresentar dificuldades motivacionais e insuficiência de processo de ensino. Isto pode resultar em ineficiências no aprendizado. O autor afirma que a instrução baseada no teste sob pressão, com críticas direcionadas ao trabalho dos estudantes, pode ser improdutiva, além de desmoralizante e destrutiva. Esse método contribui para que as primeiras experiências de projeto realizadas pelos alunos, que estão adquirindo uma nova habilidade, sejam uma tarefa extremamente difícil.

Ao longo do tempo essas experiências, segundo Gero (1990), são transformadas em conceitos generalizados ou grupos de conceitos em diferentes níveis de abstração que são esquematizados pelo projetista. Esses esquemas são constituídos de conceitos de um conjunto de casos e formam uma classe de onde novas soluções podem ser inferidas.

Os conceitos, de acordo com Genesereth e Nilson (1987), possuem um conjunto de funções e relações que formam o universo de discurso de um domínio. Ao projetar, o aluno, assim como um profissional, gradativamente modela seu vocabulário de conceitos. O arquiteto experiente, diferentemente dos alunos, já apresenta uma série de esquemas capazes de colaborar na geração de inúmeras soluções. Por sua inexperiência, os alunos têm grande dificuldade em processar o conhecimento de forma organizada, pois não têm o conhecimento de um profissional qualificado.

Como resultado, muitas vezes o aluno tende, por exemplo, a omitir um determinado conceito para resolver um problema ou não dá a devida importância a um princípio que foi ensinado em sala de aula. Também, pode equacionar as informações de forma inadequada,

gerando, a partir da solução de um problema, muitos outros desnecessários. Em outras palavras, os estudantes têm dificuldade de relacionar conceitos generalizados de suas primeiras experiências e entender as regras e propriedades para sua utilização. O professor tem a missão de ensiná-los a organizar de forma correta um problema de projeto e ajudá-los na tarefa de seleção dos conceitos para a obtenção de uma solução adequada. Esta não é uma tarefa simples e um dos métodos mais empregados para contornar as dificuldades dos alunos é a utilização de referências de projeto. A **Figura 1** apresenta um diagrama que relaciona o problema de projeto com conceitos e referências de projeto e a geração de uma solução.

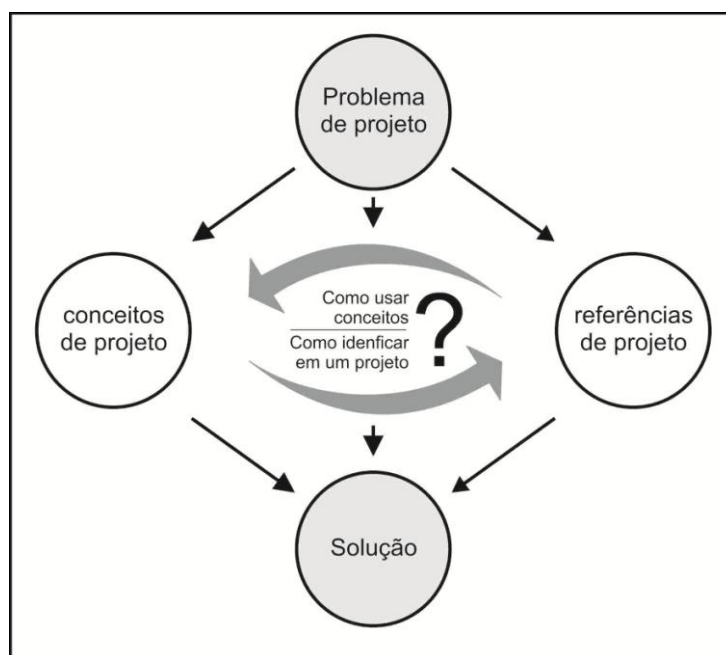


Figura 1: Uso de conceitos e referências de projeto na busca de uma solução

Fonte: Elaboração própria

Estas referências ou precedentes, segundo Akin (1997, 2002), são projetos exemplares em algum sentido. Deles os alunos recolhem soluções que colaboram na resolução de seus próprios problemas de projeto. O aprendizado neste caso depende da capacidade de análise e abstração das informações contidas no projeto. Este método de ensino é extremamente útil para gerar novas idéias de projeto, no entanto é normalmente conduzido de um modo informal e depende da colaboração direta de um professor para que seja eficiente.

O processo de ensino de projeto tradicional, baseado na conversa reflexiva entre professor e aluno, tal como descrito por Schon (1987), permite que isso seja feito de maneira

relativamente eficiente, mas exige uma baixa relação entre o número de alunos por professor. [Schön, Donald. *Educating the Reflective Practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass 1987]. Segundo Silva (2002), o aumento no número de faculdades de arquitetura e de alunos em relação aos professores tornou inviável ensinar a projetar segundo os moldes existentes, baseados na relação próxima entre mestre e alunos. Com a grande quantidade de alunos, os professores precisam recorrer ao trabalho em grupo, além de diminuir o número de atendimentos. O professor dificilmente consegue cooperar com todas as equipes e a colaboração direta entre estudante e mestre praticamente torna-se inviável. Atualmente, conclui o autor, não existe mais a possibilidade dos professores entenderem as dificuldades e habilidades de cada aluno, mesmo que essa tarefa seja considerada importante para o processo de aprendizado, principalmente na etapa de concepção do projeto.

Sem a colaboração do professor e de um método adequado de ensino boa parte dos alunos experimenta uma grande dificuldade em desenvolver uma solução de projeto. O professor tenta ensinar os conceitos¹ que irão formar o universo de discurso do aluno, contudo não há a proximidade necessária para, por exemplo, ajudá-los a abstrair relações entre os conceitos e modelar esquemas adequados de projeto.

Alguns alunos, que apresentam aptidão mais desenvolvida para projetar, acabam por se sobressair, recebendo maior atenção dos professores, apesar desta não ser uma atitude sensata. Para evitar a diferença entre os que sentem dificuldades e os naturalmente aptos, e formar profissionais mais capacitados, é necessário buscar um método de ensino que ajude os alunos a interpretarem as referências de modo adequado e a extrair delas conceitos relevantes de modo a modelar seu universo de discurso de projeto. Mas qual deve ser a abordagem metodológica para se criar um sistema que auxilie o aluno durante o processo de projeto?

Em 1637, Descartes publicou o famoso tratado *Discurso do Método*. Nesse texto o autor propunha um método de raciocínio para a resolução de problemas dividido em quatro preceitos diferentes:

¹ Ao longo do trabalho o termo conceito será utilizado constantemente, contudo sua definição não é a usual, ou seja, como sendo uma idéia geral para desenvolver um projeto. Neste caso conceito será definido como sendo uma noção abstrata contida nas palavras de uma língua para designar, de modo generalizado e, de certa forma, estável, as propriedades e características de uma classe de seres, objetos ou entidades abstratas. Esta acepção será explicada no item que trata sobre as ontologias (Capítulo II).

“O primeiro era o de nunca aceitar algo como verdadeiro que eu não conhecesse claramente como tal; ou seja, de evitar cuidadosamente a pressa e a prevenção, e de nada fazer constar de meus juízos que não se apresentasse tão clara e distintamente a meu espírito que eu não tivesse motivo algum de duvidar dele. O segundo, o de repartir cada uma das dificuldades que eu analisasse em tantas parcelas quantas fossem possíveis e necessárias a fim de melhor solucioná-las. O terceiro, o de conduzir por ordem meus pensamentos, iniciando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para elevar-me, pouco a pouco, como galgando degraus, até o conhecimento dos mais compostos, e presumindo até mesmo uma ordem entre os que não se precedem naturalmente uns aos outros. E o último, o de efetuar em toda parte relações metódicas tão completas e revisões tão gerais nas quais eu tivesse a certeza de nada omitir.” (Descartes, 1637)

O que Descartes sugere é que para solucionar um problema complexo, é necessário dividi-lo tantas vezes quanto for necessário para chegar a subproblemas mais simples, resolvê-los e, posteriormente, reunir os resultados obtidos para chegar a uma conclusão sobre o problema principal. O raciocínio de Descartes é muito semelhante a uma estratégia de desenvolvimento de algoritmos, existente na área da ciência da computação, chamado dividir e conquistar (*divide and conquer*). Em um algoritmo desse tipo, problemas complexos são decompostos até que o processo de resolução seja simples o suficiente para a obtenção de uma resposta. As soluções depois são combinadas de modo a se obter a solução geral (CORMEN, 2002). A estrutura em árvore na **Figura 2** ilustra o método de resolução de um problema segundo esta abordagem.

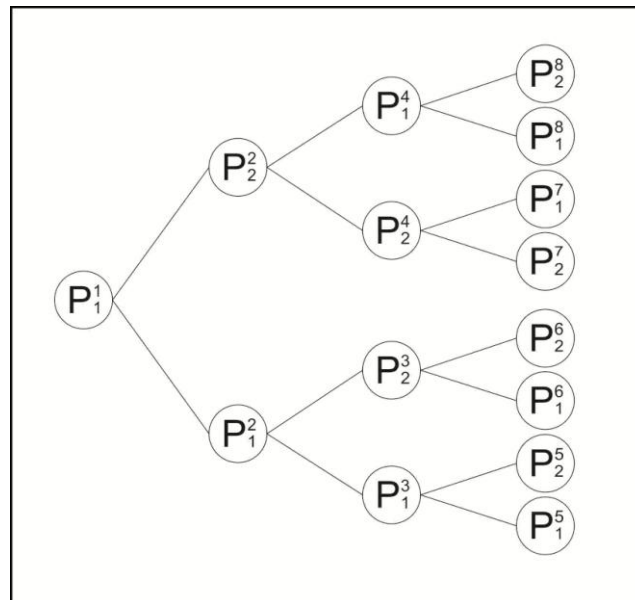


Figura 2: Estrutura em árvore, para um algoritmo que utiliza o paradigma *divide and conquer*

Fonte: Elaboração própria

Este paradigma da computação baseia-se nas teorias que envolvem a tomada de decisão para a resolução de um problema. Segundo Rowe (1987), o comportamento durante o processo de resolução de um problema pode ser dividido em três partes diferentes. A primeira delas envolve a reestruturação de um problema e sua representação. A segunda, a geração de soluções e a terceira, a escolha da mais adequada. Este processo facilita o processo cognitivo, pois simplifica as tarefas que devem ser realizadas, principalmente quando o problema a ser resolvido pertence a uma nova habilidade adquirida.

Isto ocorre, de acordo com Sweller (1994), porque a carga cognitiva necessária para realizar determinadas atividades é menor que para outras. Por exemplo, aprender o vocabulário de uma língua requer menos esforço cognitivo do que elaborar frases. Portanto, decompor um problema de projeto seria um passo adequado para facilitar o processo de busca por uma solução. Mesmo assim, cada uma das partes deve ser resolvida, sendo necessárias soluções (referências) que sirvam de parâmetro de comparação. Contudo, como foi explicitado, os alunos que iniciam o curso de arquitetura têm grandes dificuldades em abstrair os conceitos mais relevantes presentes em um precedente de projeto. Eles geralmente partem de um resultado que não sabem analisar adequadamente.

Uma das maneiras utilizadas para entender referências de projeto é o reconhecimento de padrões recorrentes. Em 1977, Christopher Alexander e seus colaboradores publicaram a obra *A pattern language – towns, buildings and constructions*. Nesse livro o autor desenvolveu uma série de padrões que representam a boa conduta de projeto para resolver diversos problemas projetuais em arquitetura, urbanismo e paisagismo. O trabalho de Alexander envolveu análise de inúmeras soluções para um mesmo tipo de problema. A partir delas o autor identificou suas semelhanças, criou um algoritmo² capaz de reproduzi-las e as classificou segundo uma estrutura hierárquica. A partir do seu sistema é possível complementar o diagrama da **Figura 2** formando uma estrutura de árvore em que os nós do lado direito representam a “receita” para se obter uma solução adequada para os sub-problemas previamente decompostos do lado esquerdo (**Figura 3**).

² Aqui a palavra algoritmo é usada no sentido de um sequência de passos definidos para realizar um tarefa.

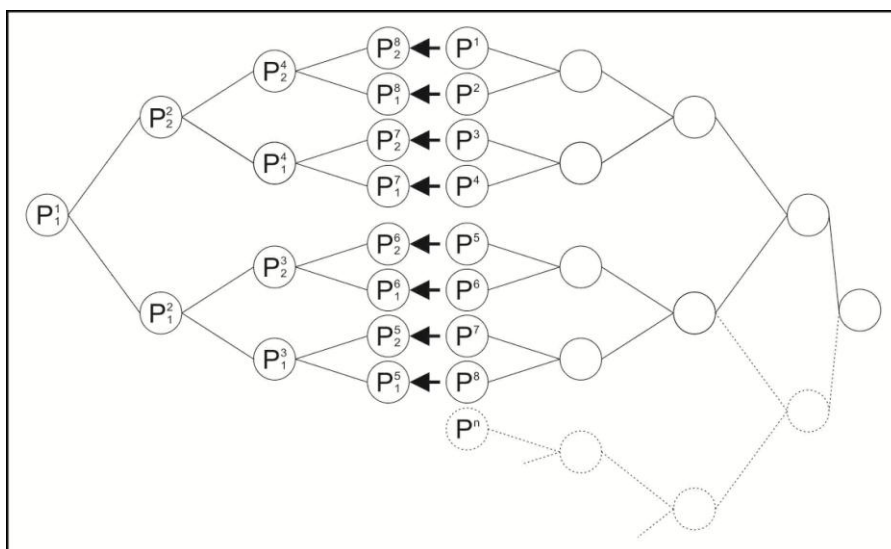


Figura 3: Estrutura em árvore anterior e estrutura básica de uma linguagem de padrões

Fonte: Elaboração própria

Cada um desses padrões engloba uma série de conceitos de projeto e a justificativa pela qual deveriam ser aplicados pelo projetista. Contudo, esse sistema, como será visto mais adiante, é muito complexo, sendo difícil utilizá-lo em sala de aula. Os alunos no início do curso devem saber identificar conceitos mais básicos em um projeto e relacioná-los diretamente com precedentes, para compreender o que deve ser abstraído para formular seus próprios esquemas de projeto. Em outras palavras, devem entender que uma referência apresenta inúmeros conceitos de projeto agregados, mas que podem ser organizados e estruturados.

Por meio do emprego do paradigma de dividir e simplificar para conquistar (solucionar), esta tese propõe um sistema implementado em computador que visa dar apoio aos alunos durante o processo de tomada de decisão para solucionar problemas de projeto e abstrair conceitos de referências de projeto. O sistema, além de ter como base a linguagem de padrões de Alexander, também apóia-se na gramática da forma, desenvolvida por Stiny e Gips (1975). Por meio dela foi possível, como será visto adiante, simplificar e descrever visualmente o conteúdo de um padrão, de modo que este se torne facilmente compreensível. Cada padrão, no sistema proposto, pode apresentar um conceito ou um agrupamento de conceitos formando um esquema de projeto (GERO, 1990). Esses padrões, além de terem uma nova estrutura, mais simples e fácil de ser utilizada que no sistema proposto por Alexander, foram organizados de uma forma diferente, segundo as bases de uma ontologia.

A ontologia criada contém os padrões de um lado de sua estrutura e os precedentes de projeto em outro ramo, criando assim um modelo de organização do conhecimento que relaciona os conceitos às referências. Neste caso, as referências não estão organizadas de maneira tradicional, em bibliotecas arranjadas por datas, períodos, tipologias, etc., como exemplificado por Oxman (2004) em seu trabalho sobre sistemas baseados em precedentes, mas conectadas diretamente com os diferentes conceitos que nela podem ser identificados. Por exemplo, em uma determinada situação de projeto de espaços livres podem estar arranjados bancos, árvores, caminhos, vegetações forrageiras e arbustivas. Cada um destes componentes representa um conceito e o conjunto deles representa um esquema de projeto. A situação concreta de projeto é uma variação do esquema. Ao extrair estes conceitos, propriedades e relações e generalizá-los é formado um padrão do sistema que é relacionado não apenas a esta situação específica, mas a muitas outras variações que se repetem, isto é, outras situações semelhantes de projeto.

O protótipo que aqui será apresentado contém o conhecimento necessário para guiar um estudante durante a elaboração de um projeto paisagístico. Os projetos escolhidos para representar os precedentes de projeto são os jardins desenvolvidos pelo paisagista Roberto Burle Marx, considerado um dos maiores paisagistas modernos brasileiros. Segundo Macedo (2003), apesar de Burle Marx não ser o único grande nome da arquitetura paisagística brasileira é inegável sua importância não apenas no cenário nacional, mas também mundial. O autor afirma que é notória a qualidade dos projetos deste paisagista, sendo que uma parcela de suas criações pode ser considerada obras-primas da arquitetura paisagística mundial. Seu nome, explica Macedo, pode estar ao lado de outros grandes nomes da arquitetura paisagística do século XX, como Garret Eckbo, Lawrence Halprin, Thomas Church, Dan Kiley, Peter Walker e Bernard Tschumi.

Segundo Macedo (2003), a obra de Burle Marx e seus associados em conjunto com os projetos desenvolvidos por outros profissionais influenciados pela vanguarda paisagística norte-americana da costa Oeste são parte importante da formação da arquitetura paisagística brasileira. O universo de discurso de Burle Marx, portanto, pode ser considerado como parte expressiva do universo de discurso desenvolvido no século XX, sendo que os conceitos e princípios de projeto por ele criados podem ser identificados em outras gerações de paisagistas.

A partir das regras de gramática da forma desenvolvidas para representar os padrões também foram implementados algoritmos que permitem a automatização do processo de inserção de componentes em um modelo virtual. Este sistema foi formalizado a partir de conceitos de modelagem paramétrica (MONEDERO, 2000) e permitem que o aluno, após realizar pesquisas nas referências e padrões de projeto, tenha a possibilidade de aplicar os conceitos e esquemas para modelar de forma semi-automática um plano de massas para uma solução de projeto. Este sistema de modelagem permite que as etapas de pesquisa e concepção sejam realizadas inteiramente em meio digital. A fim de testar o sistema de ontologias proposto com e sem o uso do modelo digital, também foi elaborado um material para elaboração de maquetes físicas que contém os mesmos conceitos ou componentes encontrados no sistema de pesquisa, permitindo maior liberdade para inserção dos componentes de projeto. Estes dois sistemas de modelagem desenvolvidos (digital e física) complementam o sistema de ontologias que relaciona padrões e precedentes. A **figura 4** apresenta o esquema dos sistemas propostos na pesquisa.

O objetivo final deste trabalho é que o sistema desenvolvido e implementado na pesquisa colabore no ensino de arquitetura paisagística, ajudando os alunos a identificar conceitos de projeto, suas relações, suas regras de utilização e propriedades, e contribua para que eles se tornem mais aptos a interpretar e abstrair precedentes de projeto. A hipótese deste trabalho é que a utilização do sistema possibilitará ensinar arquitetura paisagística de maneira mais eficaz. **Para verificar essa hipótese, o trabalho tentará responder à seguinte questão de pesquisa: será que a organização mais eficiente de conceitos, esquemas e referências pode contribuir para que estudantes de arquitetura aprendam a organizar melhor o conhecimento e aperfeiçoem suas habilidades de projeto?**

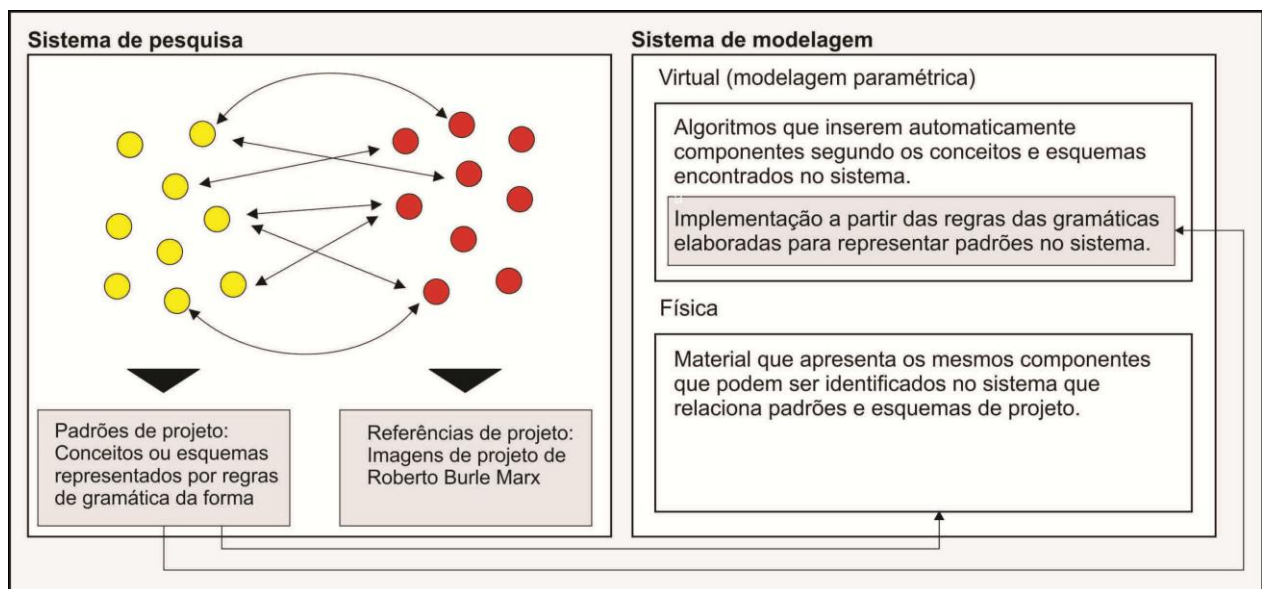


Figura 4: Sistema de pesquisa de padrões e precedentes e sistemas de modelagem virtual e física

Fonte: Elaboração própria

Esta tese de doutorado é o produto do processo de pesquisa desenvolvido em três etapas:

- 1) Desenvolvimento de um modelo de organização das referências projetuais de paisagismo segundo uma ontologia e descrito em forma de padrões representados por regras gráficas (gramática da forma);
- 2) Implementação computacional de um protótipo do sistema de auxílio ao ensino de projeto de arquitetura paisagística, por meio do uso de um editor de ontologias e da criação de um ambiente de projeto em software de modelagem paramétrica;
- 3) Validação da hipótese por meio de uma série de exercícios de projeto em que alunos utilizaram o sistema de pesquisa de padrões e precedentes e o sistema para modelagem virtual, o qual foi comparado a um sistema de modelagem física.

O texto está organizado em oito capítulos, sendo que os seis primeiros tratam das fases que resultaram em um protótipo do sistema. Os dois últimos capítulos abordam o desenvolvimento do material de ensino e aplicação dos exercícios. Os capítulos compreendem os seguintes assuntos:

Capítulo I: Fundamentação teórica estudada para o desenvolvimento do sistema de pesquisa e de modelagem paramétrica, responsáveis por permitir que as fases de pesquisa e concepção pudessem ser inteiramente realizadas em meio digital;

Capítulo II: Metodologia de pesquisa;

Capítulo III: Elaboração de duas gramáticas da formas, uma para a elaboração de um plano conceitual de um espaço livre e outra para a derivação de componentes em um plano de massas;

Capítulo IV: Exercício de implementação, em sistema de modelagem paramétrica, de três gramáticas da forma existentes: a gramática para os jardins em estilo Mughul (STINY e MITCHELL, 1980), a das cadeiras em estilo Hepplewhite (KNIGHT, 1980) e a das vilas de Palladio (STINY e MITCHELL, 1978);

Capítulo V: Implementação das regras elaboradas para arquitetura paisagística, a partir do método e ferramentas utilizados para implementar as três gramáticas anteriores; ;

Capítulo VI: Modelagem do sistema de ontologias que relaciona os padrões de projeto, representados com as regras elaboradas para as gramáticas de um plano conceitual e derivação de componentes para um plano de massas, com as referências de projeto organizadas por imagens extraídas de projetos de Roberto Burle Marx;

Capítulo VII: Elaboração de material para concepção de um modelo físico com os mesmos conceitos encontrados no sistema;

Capítulo VIII: Aplicação de uma série de exercícios com modelos físicos e virtuais para validar a hipótese de que um sistema que organiza referências e padrões de projeto descritos com regras de gramática da forma pode colaborar para incrementar o processo de ensino de projeto em paisagismo.

CAPÍTULO I - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta as teorias e metodologias que deram suporte teórico para a elaboração do sistema de pesquisa de padrões e precedentes aqui apresentado. Uma parte dele discorre sobre o processo de projeto e a importância dos precedentes durante as etapas de análise das informações e de síntese de soluções para um problema de projeto. Posteriormente são apresentados os diferentes tipos de precedentes segundo uma classificação elaborada por Kalay (2004). Neste item são analisadas mais a fundo duas classes de referências, os precedentes e os protótipos. A última tem relação clara com a teoria de esquemas elaborada por Bartlett (1958).

Outro tema abordado neste capítulo são os motivos pelos quais Roberto Burle Marx pode ser considerado um especialista na área da arquitetura paisagística e é um projetista que, devido a sua importância no cenário mundial, é capaz de preencher de conceitos, esquemas e referências do sistema. A partir de sua obra é possível sistematizar uma parte considerável do conhecimento de arquitetura paisagística, principalmente em relação ao uso da vegetação como importante componente compositivo em um espaço livre.

Neste mesmo capítulo também é discutido o que são os sistemas generativos de projeto sendo que é dada ênfase ao estudo dos princípios que envolvem a linguagem de padrões de Alexander (1977), a gramática da forma de Stiny e Gips (1975) e a modelagem paramétrica. No último item é apresentada uma definição do termo ontologia e são apresentados seus princípios e elementos constituintes. A partir do estudo das ontologias, da linguagem de padrões de Alexander e das gramáticas da forma, foi possível elaborar o modelo do sistema de pesquisa por precedentes de projeto e padrões. A teoria que envolve a modelagem paramétrica e o estudo da gramática da forma contribuiu para a fase de experimentação que envolveu a implementação de gramáticas tradicionalmente conhecidas e para o desenvolvimento do sistema de modelagem virtual apresentado na **figura 4**, na **página 13**.

1.1. O processo de projeto

Segundo Rowe (1987), os problemas de projeto podem ser divididos em duas classes diferentes, os problemas bem-definidos e os mal-definidos. Do primeiro grupo fazem parte os problemas em que o fim e os objetivos são claros. Alguns exemplos desta classe de problema são a busca da solução das variáveis de duas fórmulas algébricas com duas incógnitas, jogos de palavras cruzadas ou a realização de jogadas em um tabuleiro de xadrez ou damas. Em arquitetura um exemplo de problema bem definido seria a busca pelo melhor arranjo de ambientes em uma planta de uma residência ou apartamento, segundo uma série de requerimentos de adjacências espaciais. Neste caso este problema pode ser representado com P sendo todas as possíveis combinações possíveis dos espaços s_1, s_2, \dots, s_n , e com S representando o subconjunto de arranjos que respeitam as exigências de adjacência.

Por outro lado a classe de problemas mal-definidos se caracteriza por não apresentar um objetivo ou meio conhecido para sua solução. Os problemas de projeto que um arquiteto enfrenta usualmente fazem parte desta classe. Neste caso geralmente é apresentado uma meta geral, como a melhoria, de um bairro. O projetista e cliente discutem o programa e necessidades para que este seja atendido até obterem uma formulação básica que inclui todas variáveis, parâmetros e objetivos que devem ser atingidos. Sendo assim, uma grande parte do processo de resolução consiste na definição do problema.

Muitos teóricos investigam este processo e buscam modelos capazes de representá-lo. Segundo Jones (1969), parte deles, como Osborn, Gordon, Matchett e Broadbent encaram o processo de projeto como uma caixa preta. Uma atividade em que o processo pelo qual os resultados obtidos durante a elaboração de uma solução para um problema não pode ser explicado. O projetista neste caso é capaz de produzir respostas para um problema que podem ser consideradas adequadas, contudo não é capaz de explicar como chegou a este resultado. Outros teóricos buscaram elaborar modelos que representassem de modo racional a sequência de ações que um projetista realiza durante o processo de projeto. Segundo Gero (1999), uma das primeiras tentativas foi idealizada por Asimov (1962), que dividiu o processo em três etapas diferentes: análise, síntese e avaliação (**figura 5**).

Lawson (1980) afirma que a fase de análise envolve a exploração das relações, a busca de padrões nas informações disponíveis e a classificação dos objetivos. A análise é o

processo de ordenação e estruturação do problema. A síntese o autor considera como sendo o processo de criação de respostas para o problema ou geração de soluções. A avaliação envolve a crítica em relação às soluções obtidas na etapa de síntese segundo os objetivos definidos na fase de análise.

Outra etapa importante do processo relaciona-se a comunicação. Segundo Kalay (2004), esta fase permite que todos os participantes do processo de projeto sejam informados dos objetivos e soluções de modo que seja possível que os resultados sejam avaliados. A comunicação pode ser realizada por diferentes meios, tais como desenhos, especificações, modelos físicos ou virtuais ou de modo textual. A comunicação é um processo de codificação e decodificação de informações, envolvendo o uso do meio mais adequado para transferir idéias, informações ou mensagens entre os participantes do processo.

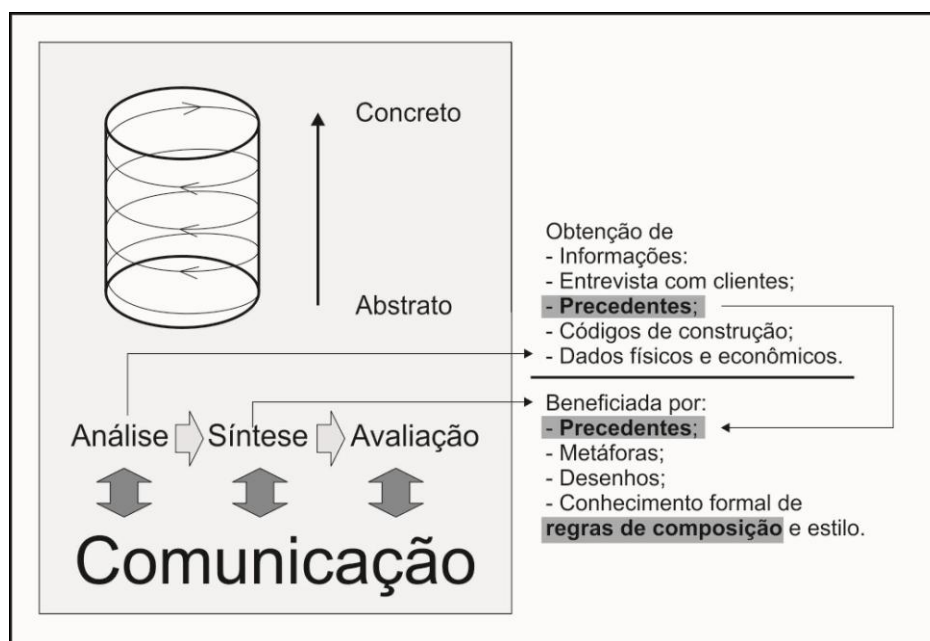


Figura 5: Diagrama baseado no modelo elaborado por Asimov (1962)
Fonte: Elaboração própria

Este processo, segundo o modelo de Asimov (1962), apresenta uma série de *loopings* entre as diferentes fases onde podem ser incorporadas novas informações de modo a dar novas respostas a um problema. O autor encara este processo como sendo um ciclo repetitivo entre as diferentes fases. A sequência cronológica dos passos se dá em uma estrutura vertical e envolve o estudo de viabilidade, projeto preliminar, projeto executivo, plano de produção e execução.

Progressivamente a solução sai de um plano abstrato para um plano mais concreto. Neste processo novos problemas surgem e novas soluções são elaboradas até que se obtenha uma solução completa para o problema geral.

Segundo Lawson (1980), o projetista não aborda um novo problema com a mente em branco. Este, como explica o autor, tem suas próprias motivações, razões para querer projetar, conjunto de crenças, valores e atitudes. Em particular, projetistas geralmente desenvolvem visões bastante fortes sobre como deve ser praticado o projeto em seu campo de atuação. Esta bagagem intelectual é incrementada durante o processo de resolução de cada novo problema. Um dos componentes mais importantes que um projetista traz consigo para um novo problema são os precedentes de projeto. A partir da fase de análise do problema o projetista utiliza estes precedentes e incorpora novos, para posteriormente aplicá-los na fase de síntese de uma nova solução. Neste processo, portanto, não apenas as experiências anteriores são utilizadas, mas também novas são investigadas durante o processo de criação. O projetista pode agregar novos esquemas que considera adequados ou reformular outros, enriquecendo assim seu repertório e conhecimento.

1.2. *Case based design* - precedentes em projeto

Segundo Kalay (2004), diversas soluções típicas para problemas de projeto aparentemente muito diferentes apresentam, no fundo, os mesmos objetivos. Portanto, é natural que as soluções muitas vezes sejam semelhantes. Enquanto algumas particularidades da solução podem variar devido a condições específicas do sítio ou outras questões, a estrutura e componentes basicamente são os mesmos.

Um exemplo do uso de soluções típicas em uma determinada cultura está presente na arquitetura tradicional paulista. Em pesquisa sobre a evolução da habitação no estado de São Paulo Lemos (1978) analisou as habitações do período das bandeiras até meados do século XX. Em sua investigação o autor identificou estruturas semelhantes em edificações da mesma época, com uma mesma distribuição de ambientes, mesmos materiais, etc. Por exemplo, a **Figura 6** contém quatro plantas baixas de sedes de fazenda do período bandeirista. Nelas é possível identificar uma distribuição muito semelhante dos ambientes internos. Nas fachadas, também, são encontrados componentes semelhantes. Janelas e portas são formadas pelos mesmos elementos e

o método construtivo, taipa apiloada, é utilizada em todas elas. Todas apresentam, portanto, mesma tipologia, método construtivo e componentes. É possível afirmar que estas residências foram construídas segundo um mesmo universo de discurso de projeto e que, mesmo existindo variações entre elas, todas apresentam, como afirma Kalay (2004), os mesmos objetivos.

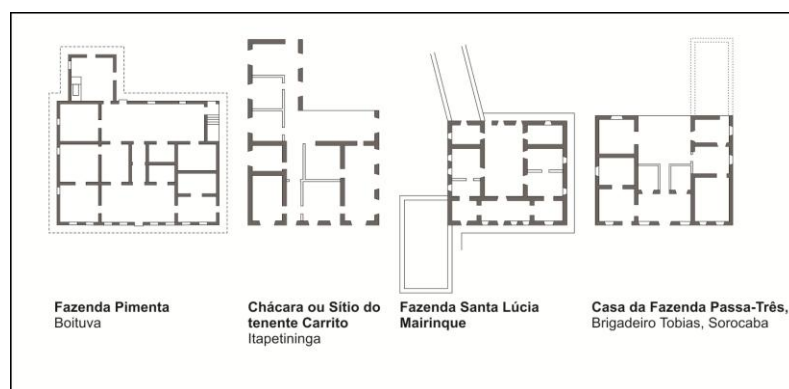


Figura 6: Casas bandeiristas

Fonte: Lemos (2003)

A utilização de referências não ocorre apenas com a arquitetura, mas também com o paisagismo, engenharia, medicina, direito, etc. Segundo Kalay (2004), em algumas profissões, se uma pessoa encontra problemas semelhantes a problemas anteriores, existe uma grande chance de ela resolvê-los da mesma forma. O autor afirma que praticamente qualquer experiência pode se tornar uma referência, podendo ser reutilizada em uma nova situação. A aplicação de uma referência para solucionar um determinado problema, contudo, depende da relevância da situação da qual esta foi derivada.

Kalay (2004) cria uma categorização que relaciona o grau de semelhança que caracteriza uma referência a um novo problema de projeto. As categorias criadas pelo autor são chamadas de protótipos, precedentes, analogias, símbolos e metáforas. Cada uma delas está, respectivamente, mais “distante” das particularidades de uma situação específica de projeto. As duas categorias que apresentam maior relação e semelhanças com a situação de projeto corrente são os protótipos e os precedentes.

O autor define os protótipos como sendo formados por grupos de componentes de um domínio específico de projeto que são organizados segundo conjuntos de elementos com mesma sintaxe. Esses elementos são relacionados entre si segundo uma determinada semântica e em

alguns casos podem apresentar uma descrição paramétrica ou generativa. Por exemplo, os parques infantis ao ar livre muitas vezes apresentam a mesma configuração, relação entre componentes e regras de distribuição dos componentes. Um caminho formado por árvores de copa horizontal, com bancos dispostos entre cada uma delas é uma situação também recorrente. Para ambos os casos podem ser elaborados protótipos que podem ser instanciados em um projeto por um arquiteto.

Esses protótipos são obtidos a partir dos esquemas mentais elaborados pelo projetista ao longo de sua carreira. Os esquemas mentais são formados por uma série de conceitos generalizados e relacionados entre si e abstraídos das experiências dos projetistas (GERO, 1990). A idéia de esquemas é um dos resultados obtidos a partir das pesquisas realizadas pela escola gestáltica. Segundo Lawson (1980), este movimento estabeleceu uma tradição no estudo do processo de resolução de problemas e na organização de seus mecanismos. As teorias nesta doutrina se concentram na análise dos processos e na organização e dos mecanismos para a busca de uma solução. Segundo o autor os psicólogos da Gestalt tiveram atenção particular em relação à forma como é representado o mundo externo em nossa mente. Bartlett (1958), em seus estudos sobre o pensamento humano e a memória, desenvolveu a noção de uma imagem internalizada, a qual este chamou de “esquema”. O esquema representa uma organização ativa de experiências passadas, a qual pode ser utilizada para estruturar e interpretar eventos futuros.

Os conceitos que formam os esquemas definidos por Bartlett também podem ser obtidos da outra classe de referências definida por Kalay (2004), chamada de precedentes. Segundo o autor, um precedente está envolvido por um contexto espaço-temporal que difere da situação de problema corrente e por isso deve ser interpretado. Neste caso, o arquiteto deve buscar no precedente as características que considera relevantes e similares ao problema que precisa resolver. Kalay (2004) dá como exemplo um templo grego que pode ser recorrentemente utilizado para a elaboração de novos edifícios que não apresentam a mesma conotação religiosa ou relação funcional ou espacial com a referência.

Os precedentes são extremamente importantes na área da arquitetura. Livros com a obra completa de um arquiteto, ou com os projetos mais importantes de um estilo arquitetônico são extremamente comuns. Contudo, segundo Pearce (1992), apesar do uso abundante e extensivo de referências durante o processo de decisão, os arquitetos não têm sempre acesso fácil

aos precedentes apropriados. A busca em livros ou outros meios nem sempre é eficiente, principalmente para os projetistas inexperientes, que muitas vezes não sabem muito bem o que estão procurando.

Segundo Oxman (1994), uma maneira de formalizar a estrutura organizacional do conhecimento precedente tem sido pela categorização por meio de nome, período histórico, estilo ou local. Contudo, afirma a autora, em um sistema de ajuda de projeto, a organização dos precedentes deve refletir o modelo cognitivo de raciocínio de projeto de modo a apoiar a recuperação do conhecimento durante o processo de projeto. Um modelo cognitivo de projeto proporciona as conexões relevantes que devem ser feitas entre o problema, a lógica de projeto e os conceitos subjacentes aos precedentes. Um exemplo destas conexões em referências de projeto são as relações entre as questões subjacentes à concepção precedente, sua afinidade a determinados conceitos de projeto e sua resolução em um projeto específico. Por exemplo, um conceito de projeto presente em uma referência pode estar diretamente conectado a um conceito similar em outra referência. Estas conexões conceituais são normalmente obtidas cognitivamente pelo projetista.

1.2.1. Roberto Burle Marx – um especialista

Os precedentes de projeto podem ser obtidos a partir da obra de diferentes arquitetos. Contudo, alguns projetistas, assim como profissionais de outras áreas, são tão importantes que podem ser considerados especialistas em seu domínio de conhecimento.

No caso da arquitetura paisagística, um exemplo marcante de especialista³, que influenciou gerações de projetistas, é Roberto Burle Marx. Este projetista é considerado um dos maiores paisagistas do movimento moderno, sendo reconhecido pela sociedade americana de paisagismo como real criador dos jardins modernos. Produziu mais de 2000 projetos paisagísticos, sendo que alguns deles são considerados referências tanto nacionalmente como internacionalmente. Burle Marx desenvolveu projetos em diversos países da América, como

³ Apesar de que na área da arquitetura seria mais comum chamar a um grande projetista de “mestre”, optou-se por usar aqui o termo “especialista” por que ele remete ao termo usado na inteligência artificial, em que “sistemas especialistas” são sistemas que disponibilizam um corpo de conhecimentos específicos de uma determinada área. Segundo Houaiss et al. (2001), especialista é um indivíduo que possui habilidades ou conhecimentos especiais ou excepcionais em determinada prática, atividade, ramo do saber, ocupação, profissão etc.

Argentina, Uruguai, Venezuela, Equador, Paraguai, Porto Rico e Estados Unidos. Ao longo de sua carreira associou-se a importantes arquitetos brasileiros, desenvolvendo projetos com Oscar Niemeyer, Rino Levi, Lúcio Costa, Jorge Machado Moreira, Affonso Reidy, Gregori Warchavchik e Marcelo e Milton Roberto. Também projetou jardins para Richard Neutra, Marcel Breuer, Pier Nervi e Karl Mang.

Segundo Macedo (1998), entre os projetos mais emblemáticos de Burle Marx estão os jardins elevados do Ministério da Educação e Cultura no Rio de Janeiro (1937), os jardins do Museu de Arte de Pampulha (1940), o Aterro do Flamengo no Rio de Janeiro (1961), os jardins do Itamaraty (1965), do Ministério do Exército e do Ministério da Justiça (ambos de 1970), em Brasília. Todos eles, além de serem importantes historicamente, servem de referência para a elaboração de novos projetos paisagísticos.

Com a intenção de se obter informações suficientes para desenvolver um sistema baseado nos conceitos e projetos de projeto de Roberto Burle Marx, foi necessário montar um banco de dados sobre a obra desenvolvida ao longo de sua carreira. A principal fonte de dados constitui-se em imagens extraídas de livros sobre a obra do paisagista, textos científicos e manuais de arquitetura paisagística que apresentam conceitos básicos de projeto paisagístico moderno. Para isso foram digitalizadas aproximadamente 300 fotografias e desenhos. De cada uma delas é possível identificar diferentes conceitos aplicados para solucionar problemas de projeto. Esses conceitos formam uma parte importante do seu universo de discurso. Exemplos destas imagens são apresentados na **Figura 7**.



Figura 7: Imagens retiradas de livros sobre Roberto Burle Marx
Fonte: Motta (1985), Montero (2001), Eliovson (1991) e Bardi (1965)

1.3. Sistemas generativos de projeto

O projeto generativo é um método indireto do projeto, no qual o projetista não se preocupa com a solução de um problema em particular em um contexto específico, mas sim com a definição de um método que possibilite resolver problemas semelhantes em diferentes contextos e com características ligeiramente diferentes.

Segundo Fisher e Herr (2011), o projeto generativo é uma metodologia que difere dos meios tradicionais de projeto, pois o projetista não interage diretamente com o resultado, mas

com estratégias generativas durante o processo de desenvolvimento de uma solução para um problema. Os autores apresentam dois diagramas que ilustram o conceito de sistemas generativos. A **Figura 8** mostra o processo tradicional de projeto do lado direito e do lado esquerdo apresenta o método indireto. No segundo caso, entre o projetista e o produto existe uma estratégia generativa que é utilizada para o desenvolvimento de uma família de soluções.

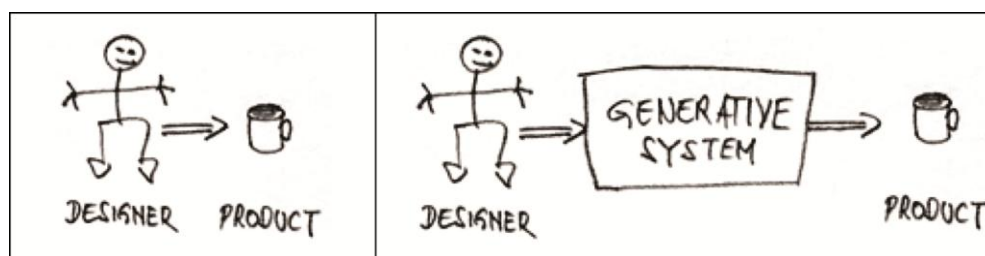


Figura 8: Diagrama do lado direito, processo direto de projeto e do esquerdo, processo indireto
Fonte: Fisher e Herr (2011, p. 3)

Existem inúmeras estratégias generativas, tais como os fractais (YESSIOS, 1987), autômatos celulares (TERZIDES, 2006), algoritmos genéticos (POON e MAHER, 1997; GARZA e MAHER, 1999), grafos (STEADMAN, 1973; MARCH e EARL 1977), simetria (MARCH e STEADMAN, 1971), combinatória (CELANI, 2003), gramáticas da forma (STINY e GIPS, 1972), projeto paramétrico (MONEDERO, 1997, 2000) e a linguagem de padrões (ALEXANDER, 1976, 1977, 1979).

Três destas estratégias generativas foram utilizadas, como explicitado, para o desenvolvimento do modelo do sistema: a linguagem de padrões de Alexander, as gramáticas da forma e o projeto paramétrico.

1.3.1. Boa conduta de projeto – Vitruvius, tratadistas e Alexander

Segundo Kalay (2004), uma boa maneira de sintetizar uma nova solução de projeto seria por meio da utilização das boas práticas de projeto, que se mostraram adequadas no passado. Se um problema atual é semelhante a um anterior e se para este problema uma solução apropriada foi encontrada, por que não reutilizar os conceitos adaptados a esta nova situação? Ao usar boas condutas de projeto do passado esta não apenas irá colaborar para que o arquiteto

resolva seu problema de projeto, mas também irá ajudá-lo a identificar questões e considerações que por ele podem ter sido omitidas.

Kalay (2004) afirma que um dos primeiros arquitetos a reconhecer a importância das soluções passadas e traduzi-las em boas práticas de projeto foi o arquiteto romano Marco Vitruvius Polio, no século primeiro antes de Cristo. Em seu tratado de arquitetura, Vitruvius aborda as práticas consideradas adequadas na arquitetura, urbanismo e engenharia romanos. O autor dá um exemplo extraído do capítulo I do livro V, que trata do projeto de um Foro baseado nas práticas gregas adaptadas ao estilo de vida Romano:

“Os gregos construíram foros em formas retangulares, com enormes pórticos duplos, ornamentaram-nos com numerosas colunas, arquitraves de granito ou mármore, e executaram passeios no pavimento superior. Nas cidades da Itália, seguramente, não se fará a mesma coisa, isso porque o costume estabelecido pelos antepassados é que os combates de gladiadores sejam dados no foros. Por conseguinte, distribuir-se-iam entrecolúnios mais espaçosos ao redor dos locais de espetáculos; ao longo dos pórticos, poder-se-iam instalar as bancas cambistas; e, nos pavimentos superiores, galerias que estariam corretamente dispostas tanto para os negócios privados quanto para o proveito dos cofres públicos.” (VITRUVIUS, 1999)

Esta abordagem encontrada no tratado de arquitetura de Vitruvius difere, por exemplo, dos tratados renascentistas como o *De Reaificatória* de Alberti. No primeiro caso, o autor romano proporciona ao leitor recomendações e não instruções exatas para que seja obtido um Foro adequado às necessidades romanas. No caso de Alberti e de outros tratadistas, como Vignola, Palladio e Serlio, a abordagem para garantir as práticas adequadas de projeto são muito mais objetivas e explícitas, como verdadeiras “receitas”. Por exemplo, no tratado de Vignola, *Regola delli ordini d’architettura*, as ordens clássicas são descritas por meio de desenhos que contêm medidas exatas e descrições precisas de cada componente. A **Figura 9** mostra uma página do tratado de Vignola.

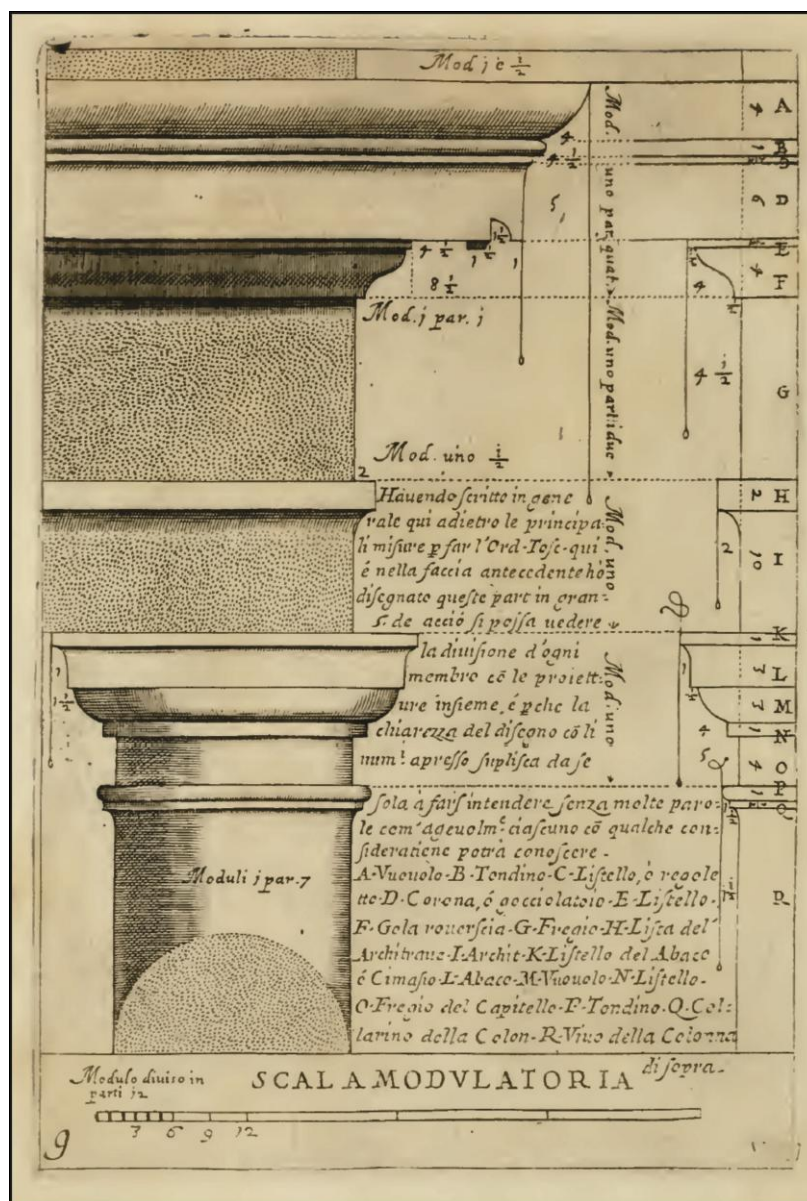


Figura 9: Página do tratado *Regola delli ordini d'architetture*
Fonte: Vignoli (1562)

Em *De readificatoria* Alberti utiliza uma descrição textual não tão precisa quanto às ilustrações presentes nos outros tratados, mas a partir da qual também é possível projetar componentes da arquitetura clássica. Com as sentenças elaboradas por Alberti é possível, por exemplo, representar suas sentenças em notação de lógica de primeira ordem. Mitchell (2008) fez essas traduções para mostrar as relações entre as partes que compõem um templo grego:

“O capitel está sobre o fuste.

O fuste está sob o capitel
A Coluna está entre o plinto e o entablamento.
A cela está dentro da colunata.
A colunata está em frente à cela.
A cela está atrás do pórtico.”
(MITCHELL, 2008)

As traduções para a notação de lógica seriam:

“Sobre(capitel, fuste)
Sob(fuste, capitel)
Entre (coluna, plinto, entablamento)
Dentro(cela, colunata)
Em frente a (pórtico, cela)
Atrás de (cela, pórtico)”
(MITCHELL, 2008)

Estas “receitas” ou fórmulas, segundo Kalay (2004), não inspiraram novas criações, mas contribuíram para que os arquitetos não cometessem erros. Vitruvius, como explicitado acima, realizava descrições enquanto os tratadistas apresentavam “receitas” para, por exemplo, compor uma ordem clássica. Ambas as abordagens podem ser identificadas na linguagem de padrões de Alexander (1977).

1.3.1.1. A linguagem de padrões de Alexander – abstração de soluções reais

Christopher Alexander, em seu livro *Timeless Way of Building*, de 1979, aponta que em lugares tradicionais como as cidades italianas e mercantes inglesas os moradores construíram aglomerações urbanas e edifícios que podem ser considerados bem adaptados à cultura e ao clima em que estão inseridos (Gelenter, 1995). Apesar deste *design* tradicional ter sido criado em um período particular da história e em um lugar específico, visitantes de outros locais e eras também se adaptam rapidamente aos locais devido às suas características atemporais.

Para o próprio Alexander (1979), esta qualidade se deve ao controle da linguagem por parte da própria população, que é capaz de compreender o processo de construção dos espaços em que vive. A linguagem, desta forma, resulta de um processo evolutivo natural, pertencendo ao lugar e à comunidade que a emprega sistematicamente.

“The great traditional buildings of the past, the villages and tents and temples in which man feels at home, have always been made by people who were very close to the center of this way. It is not possible to make great buildings, or great towns, beautiful places, places where you feel yourself, places where you feel alive, except by following this way. And, as you will see, this way will lead anyone who looks for it to buildings which are themselves as ancient in their form, as the trees and hills, and as our faces are.” (ALEXANDER, 1979 pg. 7)

Essa característica da arquitetura tradicional, de criar locais nos quais as pessoas facilmente se adaptam e onde há muita vida, é o que todos os arquitetos querem gerar em seus projetos, mas dificilmente conseguem. Essa diferença entre os grandes projetos modernos e a arquitetura vernacular ocorre porque, segundo Alexander (1979), todos sabiam projetar nas sociedades tradicionais. O conhecimento produzido pelas pessoas nessas sociedades, portanto, devia ser simples, pois, como afirma o autor, nada que não é simples e direto pode sobreviver à transmissão de pessoa para pessoa. Não há nessas linguagens nada de complexo ou que não possa ser compreendido. Contudo, Alexander (1979) afirma que nas fases iniciais da sociedade industrial a linguagem de padrões morreu. No mundo contemporâneo, as linguagens que determinam como uma cidade é construída tornaram-se especializadas e privadas. Estradas são construídas por engenheiros de transporte; edifícios projetados por arquitetos; parques por planejadores ou paisagistas, etc.

Segundo Alexander (1979), os cidadãos dificilmente compreendem a complicada linguagem dos especialistas, perdendo, assim, o controle sobre o espaço produzido na cidade. Além disso, caso desejem saber o conteúdo dessas linguagens, não podem, pois este é considerado um conhecimento restrito aos profissionais. Como resultado desse processo, o autor afirma que as pessoas acabaram ficando com receio de projetar o próprio espaço em que vivem. Existe o temor das críticas que podem ser realizadas ou o medo de cometer um erro absurdo. De certa forma, o fato de a maioria das pessoas ter se afastado do processo de construção de seu próprio ambiente fez com que estas perdessem o controle sobre as linguagens de projeto, desabilitando-as a tomar decisões corretas.

Nos anos de 1970, Alexander aprofundou suas pesquisas sobre as linguagens tradicionais de projeto. Como resultado de seu trabalho, foi editada uma trilogia formada pelos livros *The Oregon Experiment* (1976), *A Pattern Language* (1977) e *Timeless Way of Building* (1979). Em *Timeless Way of Building* o autor descreve as bases gerais para a construção de cidades e edifícios, propondo a recuperação da linguagem de projeto das cidades tradicionais por

meio da análise de soluções de projeto recorrentes e a elaboração de padrões. Estes elementos, segundo Alexander (1977), descrevem um problema que ocorre inúmeras vezes no ambiente e apresentam as informações necessárias para resolvê-lo de forma que é possível usá-lo milhares de vezes sem que seja obtida a mesma solução nenhuma vez. Cada padrão, portanto, representa um algoritmo, uma “receita” que, quando aplicada, resulta em respostas semelhantes, mas não idênticas.

No livro *A Pattern Language* (1977), Alexander e seus colaboradores fornecem a teoria e instruções para o uso de uma linguagem de padrões. No volume há uma linguagem formada por 253 padrões descritos detalhadamente. Estes são ordenados numericamente, sendo que os que apresentam menor numeração se referem a questões projetuais de maior escala como a cidade, e os de maior numeração tratam de questões da escala do edifício, jardim ou até *layout* de ambientes.

Além desta organização numérica, os padrões são classificados segundo dois níveis de hierarquia. Na primeira delas eles são separados em três classes diferentes, que são *towns*, *buildings* e *constructions*. Cada uma destas classes ainda é subdividida e ordenada em subclasses para as quais não há um título, mas um parágrafo curto, de uma a seis linhas, que os descreve. Esse texto explicita os motivos pelos quais a próxima sequência de padrões deve ser aplicada e quais são os problemas que esses padrões podem resolver. O conjunto dessa estrutura pode ser entendido como um algoritmo para o uso da linguagem. O trecho reproduzido abaixo exemplifica essa estrutura:

“... within each region work toward those regional policies which will protect the land and mark the limits of the cities...

1. THE DISTRIBUTION OF TOWNS
2. CITY COUNTRY FINGERS
3. AGRICULTURAL VALLEYS
4. LACE OF COUNTRY STREETS
5. COUNTRY TOWNS
6. THE COUNTRYSIDE

...though city policies, encourage the piecemeal formation of those major structure which define the city...

7. MOSAIC OF SUBCULTURES
8. SCATTERED WORK
9. MAGIC OF THE CITY
10. LOCAL TRANSPORT AREAS

...”

(ALEXANDER, 1977)

Além da organização modelada por Alexander e do algoritmo para o uso da linguagem, esta ainda apresenta uma estrutura em rede, em que os padrões são conectados entre si. Segundo Alexander (1977), essa rede deve ser sempre utilizada como uma seqüência sendo que o leitor deve transitar dos padrões maiores para os menores, dos que criam as estruturas aos que as embelezam, do planejamento geral aos ornamentos e aos mínimos detalhes.

Por meio deste modelo de organização o projetista pode selecionar os padrões que considera mais importantes para ajudá-lo na busca de uma solução de projeto. Existem, segundo o autor, inúmeras maneiras de montar uma lista de padrões para resolver um problema de projeto. Contudo, como afirma Alexander (1977), assim como uma linguagem formada por palavras e sentenças pode gerar um texto mediano, o uso dos padrões também pode resultar em uma solução de projeto medíocre.

O poeta João Cabral de Melo Neto⁴, por exemplo, trabalhava com as palavras para construir versos inusitados. Não as utilizava necessariamente com o seu significado usual, mas tentava de um modo criativo arranjar-las de modo a criar algo novo. Segundo Alexander (1977), ao trabalhar com a linguagem de padrões também é possível, dependendo da maneira como eles são ordenados, gerar soluções inesperadas, ricas e profundas. Esse é um dos motivos pelos quais o próprio Alexander considera a linguagem por ele representada no livro como não sendo única ou inflexível. O projetista não precisa utilizar necessariamente os padrões do livro, podendo modificá-los segundo as suas necessidades ou criar novos padrões adaptados à situação de projeto que está enfrentando.

Além de serem organizados segundo o modelo elaborado por Alexander, os padrões apresentados em *A Pattern Language* seguem sempre uma mesma formatação. São apresentados por meio de imagens e de um texto que descreve o problema e um algoritmo básico que o projetista deve seguir para atingir o tipo de solução desejada. Para cada um destes componentes da linguagem Alexander adota a seguinte estrutura interna:

1. Uma figura mostrando um exemplo do padrão;

⁴ Poeta e diplomata brasileiro.

2. Um parágrafo introdutório mostrando como esse padrão colabora na complementação de padrões maiores;
3. Um texto de uma a duas linhas como forma de introduzir o problema, em negrito;
4. O corpo do problema, com conhecimento empírico, evidências para validá-lo e exemplos das diferentes formas com que o padrão pode se manifestar (entre sinais gráficos);
5. A solução em negrito, com instruções;
6. Um diagrama que representa a solução;
7. Um parágrafo relacionando os padrões menores que podem complementar o padrão apresentado.

A **Figura 10** apresenta um exemplo de um padrão e suas estruturas constituintes.

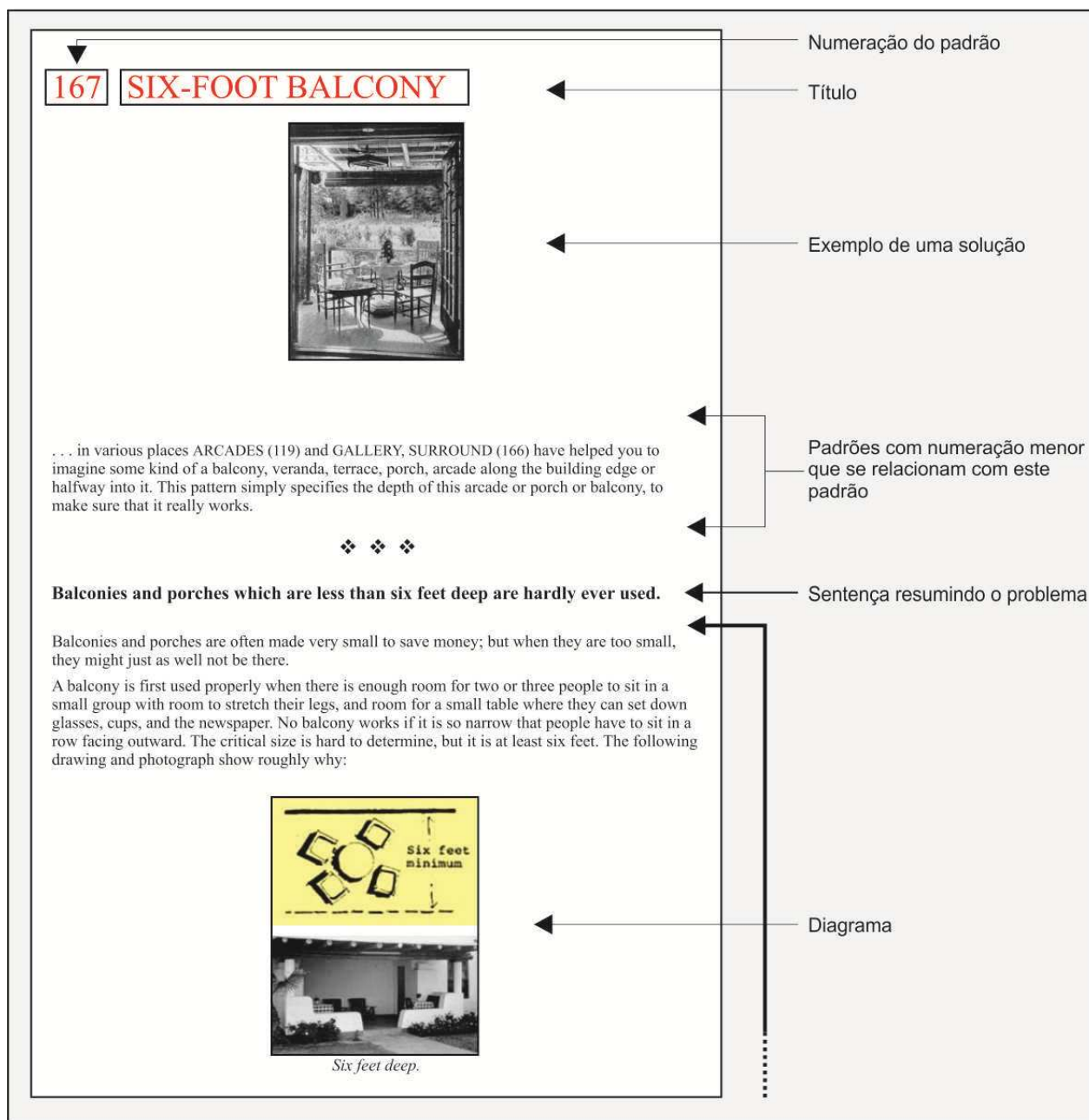


Figura 10: Exemplo da estrutura de um padrão (Parte I)

Fonte: Elaboração própria

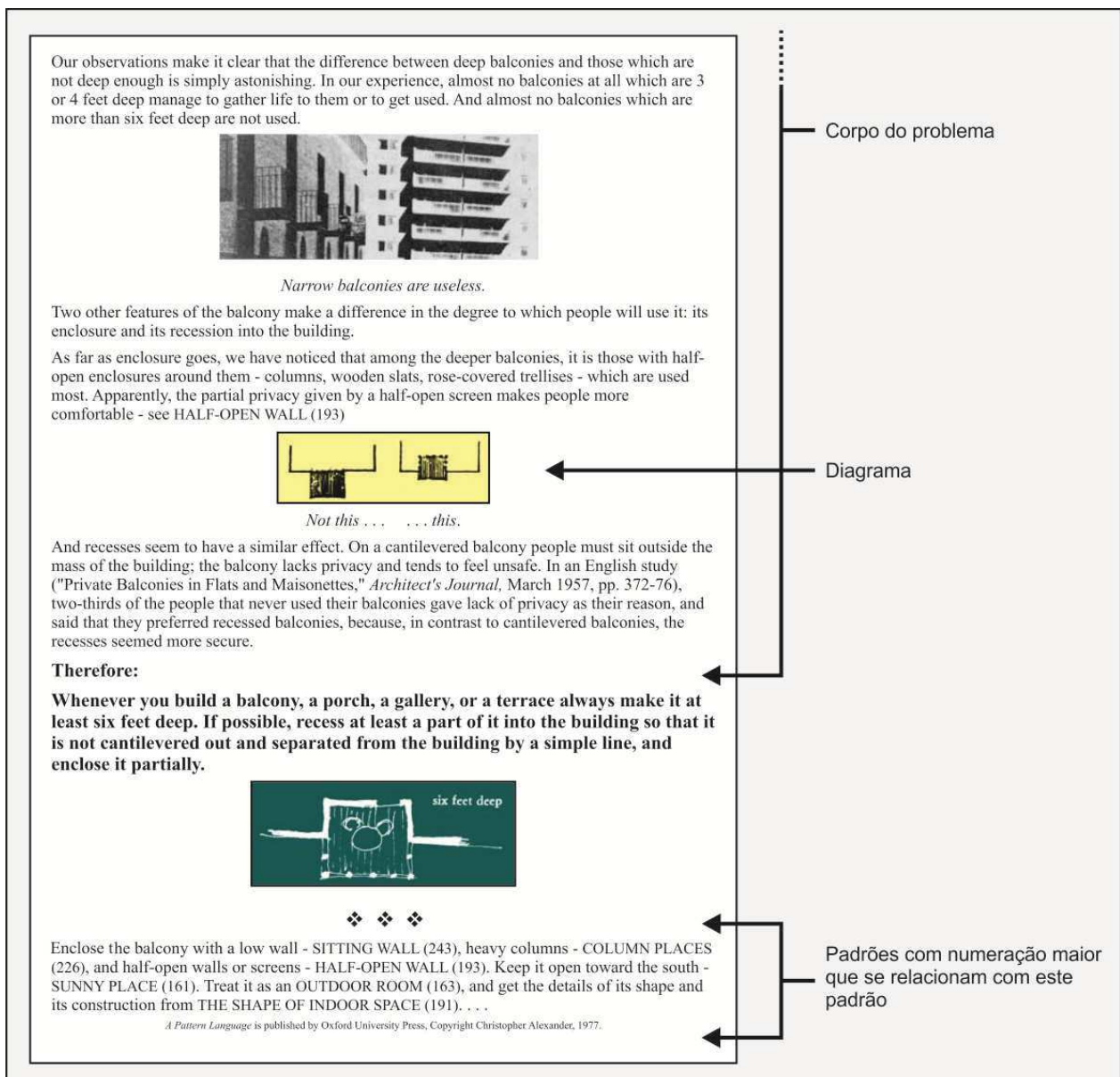


Figura 11: Exemplo da estrutura de um padrão (Parte II)

Fonte: Elaboração própria

Este modelo de organização interna dos padrões facilita a leitura por parte do projetista, pois os elementos se repetem sempre segundo a mesma ordem. Mas isto não significa que empregar a linguagem de Alexander para resolver um problema de projeto seja fácil. Alguns dos padrões chegam a conter nove páginas de informação. Essa quantidade de dados acaba por dificultar sua utilização, mesmo em sala de aula.

Os próximos parágrafos descrevem um pequeno exercício de projeto em que foi aplicada a linguagem de padrões de Alexander. Este teste se deu no segundo semestre de 2009, com alunos do terceiro ano do curso de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP), durante a disciplina AU-613 (Urbanismo III: Desenho Urbano). Para viabilizar o uso da linguagem de padrões foi elaborado um material específico para o teste, o qual continha apenas os padrões diretamente relacionados ao desenho urbano. Cada um deles foi resumido e traduzido para o português. Além disso, também foram adicionadas mais imagens para que os alunos tivessem à sua disposição soluções concretas como referência. Os estudantes deveriam selecionar, do material fornecido, uma sequência de padrões e utilizá-los em um projeto urbanístico. Caso fosse necessário, eles poderiam modificar ou criar novos padrões que considerassem interessantes e que complementassem a linguagem. A **Figura 12** mostra exemplos dos padrões passados aos alunos.

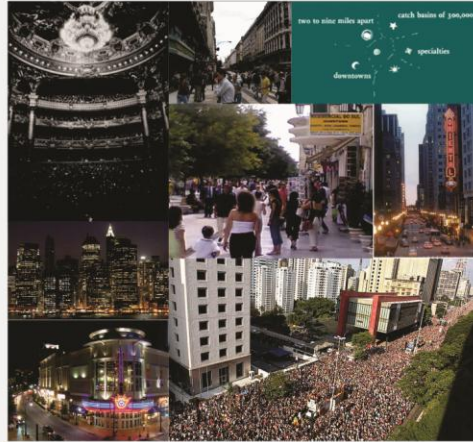
AMAGIADACIDADE(10)

10

Ao lado do **MOSAICO DE SUBCULTURAS (8)**, talvez a característica estrutural mais importante de uma cidade são os centros onde a vida da cidade é mais intensa. Estes centros podem ajudar a dar forma ao mosaico de sub-culturas por sua variedade.

Coloque a magia da cidade dentro do alcance de todos em uma área metropolitana. Faça isto por meio das políticas regionais coletivas que restringem o crescimento de áreas centrais de modo que uma centralidade sirva no máximo 300.000 pessoas.

ÁREAS DE TRANSPORTE LOCAL(11)
PASSEIO(31)
REDE DE TRANSPORTE PÚBLICO(16)
VIDA NOTURNA(33)



Padrões de boa conduta de projeto

04

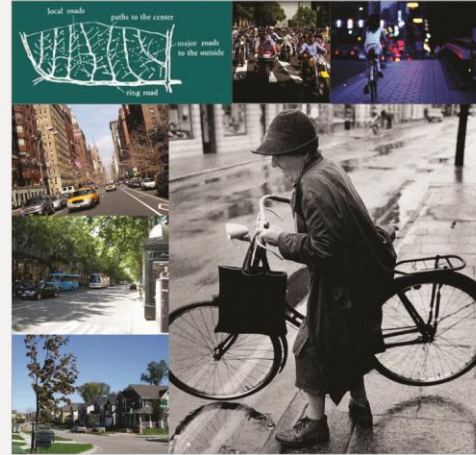
ÁREAS DE TRANSPORTE LOCAL(11)

11

Sobreposto sobre o **MOSAICO DE SUBCULTURAS (8)**, há uma necessidade para uma estrutura celular ainda maior: as áreas de transporte locais. Estas áreas, de 1,6 a 3,2 quilômetros, não somente ajudam a dar forma as sub-culturas, criando limites naturais na cidade e podem ajudar circunscrever cada área central, como uma área independente do transporte local **MAGIADACIDADE(10)**.

Desmembre a área urbana nas áreas locais do transporte, cada um com entre 1,6 e 3,2 quilômetros, cercada por um anel viário. Dentro da área local de transporte, construa estradas e trajetos locais menores para circulação internas a pé, de bicicleta e em veículos locais; construa as estradas principais para carros e os caminhos que tenham fácil acesso aos anéis viários, mas projete-as de modo a possibilitar viagens mais lentas.

VIAS PARALELAS(23)
REDE DE CAMINHOS E SISTEMA VIÁRIO(52)
CICLOVIAS(56)
ANÉIS VIÁRIOS(17)
NOVE PORCENTO DE ESTACIONAMENTO(22)
INTERCÂMBIO(34)



Padrões de boa conduta de projeto

05

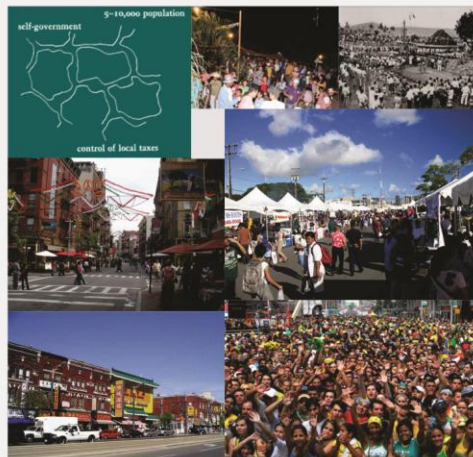
COMUNIDADES DE 7000(12)

12

O **MOSAICO DE SUB-CULTURAS (8)** é composto de um grande número de comunidades de pequeno e grande porte autônomas. As comunidades de 7000 pessoas colaboram na definição da estrutura das grandes comunidades.

Descentralize o governo da cidade de uma maneira que dê o controle local às comunidades de 5.000 a 10.000 pessoas. O tanto quanto possível, utilize limites geográficos e limites históricos para demarcar estas comunidades. Dê a cada comunidade o poder de iniciativa, decisão, e execução de questões que envolvem: o uso de terra, manutenção de ruas, parques, polícias, educação, bem-estar, serviços de vizinhança.

LIMITES ENTRE SUBCULTURAS(13)
ÁREAS DE VIZINHANÇA IDENTIFICÁVEIS(14)
NÚCLEO EXCÊNTRICO(28)
PASSEIO(31)
ÁREAS DE ADMINISTRAÇÃO LOCAL(44)



Padrões de boa conduta de projeto

06

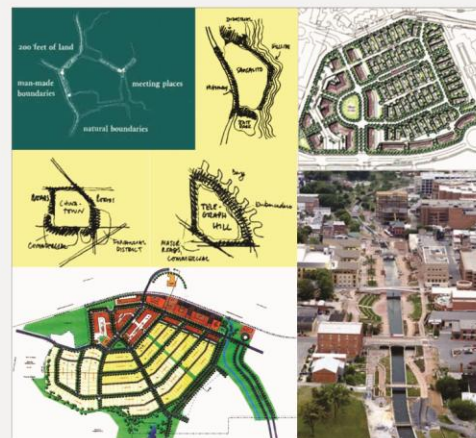
LIMITES ENTRE SUBCULTURAS(13)

13

MOSAICO DE SUBCULTURAS (8), **COMUNIDADE COM 7000 (12)** ou **ÁREAS DE VIZINHANÇA IDENTIFICÁVEIS(14)**.

Separe sub-culturas vizinhas por uma área de 60 metros de largura. Deixe este limite ser uma região natural ou estradas de ferro, estradas principais, parques, escolas. Ao longo da emenda entre duas sub-culturas, construa lugares de reunião, de funções compartilhadas, tocando cada comunidade.

ACESSO À ÁGUA(25)
LUGARES TRANQUÍLOS(59)
ACESSIBILIDADE AO VERDE(60)
CORPOS D'ÁGUA(64)
ÁGUA E RECREAÇÃO(71)
ANÉIS VIÁRIOS(17)
VIAS PARALELAS(23)
COMUNIDADES DE TRABALHO(41)
FAIXAS INDUSTRIAIS(42)
NÓS DE ATIVIDADE(30)
NÚCLEO EXCÊNTRICO(28)



Padrões de boa conduta de projeto

07

Figura 12: Exemplos de padrões resumidos para o teste

Fonte: Elaboração própria

O exercício revelou que aplicar a linguagem de padrões de Alexander em sala de aula era uma atividade complexa por inúmeros motivos. O primeiro deles está relacionado à relutância dos alunos em utilizá-los, pois a maioria os considerava antiquados. Isso se deve principalmente à metodologia segundo a qual eles foram desenvolvidos. Alexander, como foi explicitado anteriormente, elaborou sua linguagem por meio da análise de soluções pertencentes às linguagens arquitetônicas tradicionais, usando como referência cidades antigas, afastadas da realidade atual. O autor ansiava retomar a linguagem simples de projeto e torná-la acessível para as pessoas novamente.

Uma parte dos alunos, por outro lado, evitou utilizar os padrões por considerar que estes prejudicavam o processo criativo. Os estudantes estavam mais interessados em elaborar suas próprias soluções, mesmo que o produto final tivesse diversos erros de projeto ou que fosse inviável. Por não possuírem uma linguagem consistente de projeto nem conhecerem precedentes adequados, os alunos cometeram os mesmos erros básicos que se repetem recorrentemente nas disciplinas de projeto.

Os alunos que realmente experimentaram utilizar a linguagem apresentaram grande dificuldade em empregar simultaneamente diversos padrões. Como resultado, a maioria dos grupos se concentrou no uso de apenas um padrão, mesmo tendo selecionado inicialmente mais de um para utilizar em seus projetos. A **Figura 13** mostra partes de dois projetos em que os alunos declararam que empregaram um padrão para resolver um problema específico. No projeto da esquerda os alunos utilizaram o **padrão 67** (*Common Land*), para projetar espaços de uso comum para a realização de atividades de lazer. Um espaço que, segundo Alexander (1977), deve ser utilizado por grupos menores de pessoas ou famílias. No segundo caso, da direita, os alunos usaram o **padrão 50** (*T Junctions*) para projetar o arruamento. O autor afirma que em bairros residenciais é interessante que os carros reduzam a velocidade nos cruzamentos para evitar acidentes e uma maneira de fazer isso seria projetando os cruzamentos em “T”.

Mesmo com a linguagem simplificada, utilizar os padrões em sala de aula não resultou em projetos realmente mais elaborados do que nos anos anteriores⁵. Aplicá-los em sua versão original seria ainda mais complicado. Como já foi explicitado, um padrão é um

⁵ O autor participou do programa de estágio docente durante três anos consecutivos, colaborando sempre na disciplina de desenho urbano.

componente complexo da linguagem de Alexander. Não seria possível utilizá-lo em um curto período de tempo, pois, assim como em qualquer outro sistema de signos, é necessário aprender seus menores componentes, para depois reuni-los em uma estrutura que apresente um significado.

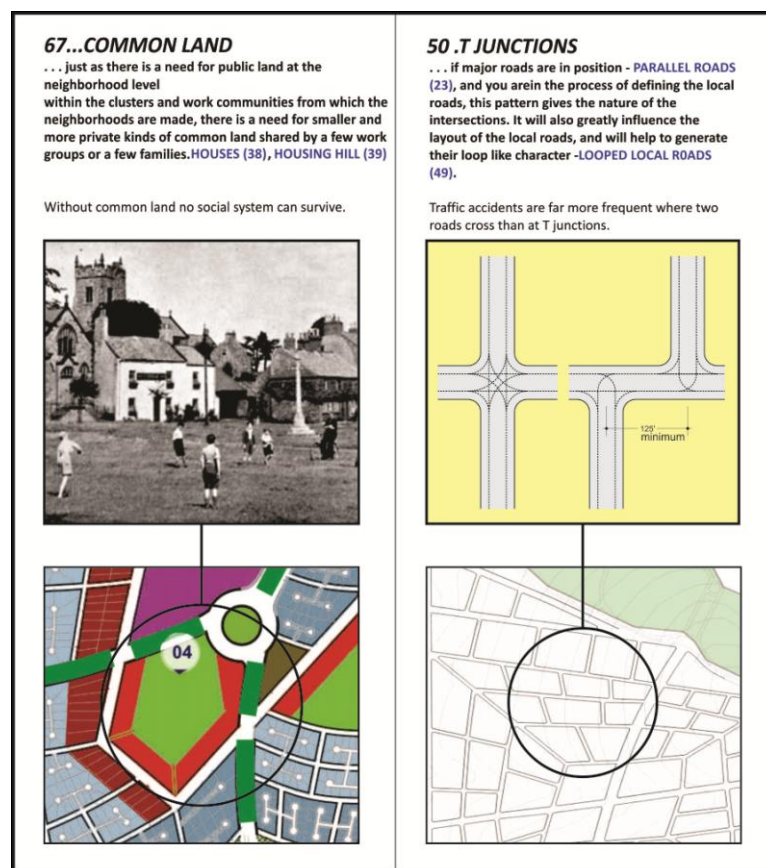


Figura 13: Resultado obtido em dois projetos dos alunos
Fonte: Elaboração própria

A **Figura 14** mostra um exemplo em que a linguagem de padrões foi aplicada para o desenvolvimento de um projeto residencial elaborado pelo arquiteto Flávio Ferreira (Figuerola, 2008).. O autor do projeto utilizou como referência para a implantação da residência o padrão **104** (*Site Repair*), no qual Alexander propõe que o edifício deve se localizar nas partes menos atrativas do terreno, liberando assim as áreas mais nobres para outras atividades. Para que as varandas da residência se tornem locais funcionais e ocupáveis o arquiteto aplica o padrão **167** (*Six-foot Balcony*), que estabelece como dimensão adequada para a largura das varandas seis pés. A disposição dos espaços no projeto respeita o padrão **115** (*Courtyards which Live*), o qual determina que, para que pátios, decks e jardins tenham vida, estes devem fazer parte do sistema

de circulação. O projetista também utiliza o padrão **159** (*Light on two sides*) para posicionar os ambientes de modo que estes recebam luz provenientes de duas faces diferentes. Procedendo desta maneira a iluminação resultante apresenta maior nitidez e qualidade, segundo Alexander (1977).

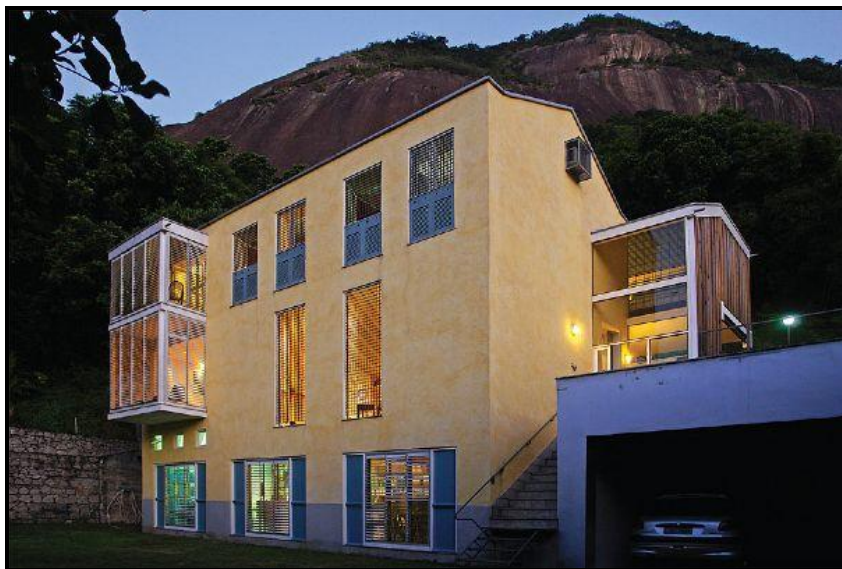


Figura 14: Exemplo de uma residência projetada segundo os padrões de Alexander
Fonte: Figuerola (2008, p. 37)

Segundo Knight (1989), um dos problemas da linguagem de padrões é que a utilização de um texto para representar as regras de um padrão permite diversas interpretações. A gramática da forma, por ser uma forma de computação, é muito mais objetiva. As regras condicionais podem ser aplicadas segundo situações específicas, não permitindo interpretações pessoais. Por esse motivo, a gramática da forma foi escolhida como ferramenta para simplificar a linguagem de padrões. Contudo, como será visto, é preciso saber antes se é possível representar um padrão com regras de uma gramática. Com o objetivo de se experimentar se é possível representar um padrão por meio de regras de gramática da forma, no capítulo três apresentará a tradução de um padrão.

1.3.1.2. A Gramática da forma – regras com formas e palavras

A gramática da forma é um método de análise, reprodução ou geração de novas linguagens compositivas criado por Stiny e Gips (1972), desenvolvido a partir das teorias da gramática generativa de Noam Chomsky⁶ e dos sistemas de produção de Post⁷. Esta metodologia de construção de composições visuais representa uma sistemática de produção formal, baseada em um processo algorítmico, capaz de gerar composições baseadas em um vocabulário de formas primitivas e suas relações espaciais. A concatenação das regras de uma gramática em diferentes combinações permite a construção de composições pertencentes a uma mesma linguagem ou estilo. Como o propósito desta pesquisa não é o estudo aprofundado da gramática da forma, esses componentes serão descritos de modo informal, apenas para que o leitor entenda o seu funcionamento. Na lista abaixo são enumerados os principais componentes de uma gramática da forma:

- **Formas:** Elementos que podem ser tanto bidimensionais como tridimensionais. Podem ser elaboradas em um espaço finito de tempo, com um número finito de elementos que podem ser linhas retas, curvas conectadas ou desconectadas e por um conjunto de linhas que podem gerar formas fechadas ou faces.
- **Vocabulário de formas:** É um conjunto de formas que fazem parte de uma gramática;

⁶ Nos anos de 1950, Noam Chomsky elaborou um novo modelo para caracterizar as chamadas linguagens naturais denominado de gramática gerativa. Depois da apresentação de seu novo modelo, diversos trabalhos relacionados com gramáticas foram sendo amplamente associados ao nome de Chomsky, sendo que seu trabalho resultou em uma nova definição de gramática. Segundo essa nova definição a gramática seria formada por um vocabulário constituído por palavras ou símbolos e um conjunto de regras que especificariam como seriam combinados os elementos para formar uma *string* de símbolos, ou sentenças, em uma linguagem.

⁷ Segundo March e Stiny (1985), após o trabalho de Post (1943) em lógica matemática e teoria da computação, seus sistemas de produção vêm sendo utilizados de diferentes maneiras em distintas áreas do conhecimento. Estas variantes encontraram importantes aplicações na biologia, ciência da computação e lingüística, assim como em sistemas generativos de projeto.

A forma de representação das regras de produção é $s \rightarrow t$, onde s e t são seqüências de símbolos e variáveis. As variáveis presentes em s , do lado esquerdo da regra estão também presentes em t . A regra é utilizada quando uma seqüência de elementos inicial c combina-se totalmente ou parcialmente com a seqüência s . Neste momento s é substituída por t , o que possibilita a aplicação da mesma ou de novas regras sobre a nova cadeia de elementos. Os sistemas de produção permitem que sejam descobertas inúmeras soluções para um mesmo problema. A partir do encadeamento das regras é possível gerar um número infinito de soluções.

- **Forma inicial:** A partir desta forma será iniciado o processo de aplicação das regras contidas na gramática;
- **Marcador:** Este elemento tem a função de reduzir a simetria de uma forma, diminuindo assim a possibilidade de aplicação das regras. Também, colabora no processo de construção da composição, permitindo que uma regra seja ou não aplicada;
- **Regras:** Uma regra é composta por duas formas separadas por uma seta. Para que possa ser aplicada, a forma presente do seu lado esquerdo deve ser identificada em uma composição que está sendo derivada. Em seguida, essa forma será substituída pela que está à direita da seta na regra;
- **Transformações (operações unárias):** Após identificar a forma que está presente do lado esquerdo da regra na composição, talvez seja necessário realizar uma operação de escala, rotação ou espelhamento para adequar a forma e inserir a que está presente do lado direito da regra.

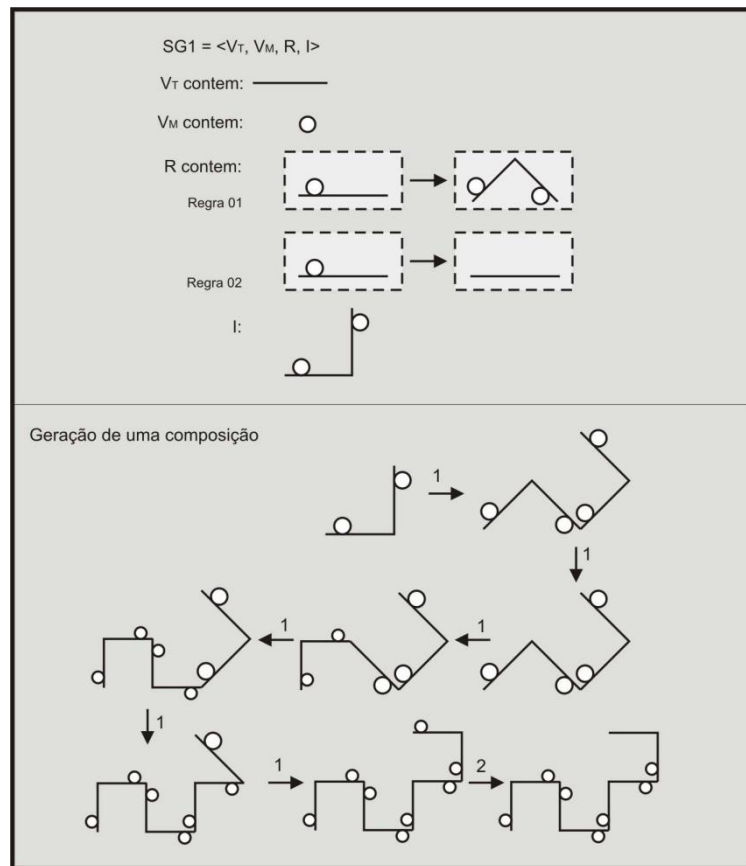


Figura 15: Gramática desenvolvida por Stiny (1975)

Fonte: Stiny (1975)

A gramática apresentada na **Figura 15**, elaborada por Stiny (1975), apresenta todos os componentes acima citados. O conjunto **SG1** contém os elementos da gramática: V_T , V_M , R e I . V_T é composto pelas formas contidas nas regras, no caso específico desta gramática, uma linha. V_M inclui o marcador, que define a posição em que a forma presente do lado esquerdo de uma regra pode ser aplicada em uma composição (o marcador neste caso é uma circunferência). R é o conjunto de regras e I é a forma inicial em que as regras serão aplicadas. Existem ao todo duas regras, uma que constrói a composição (**regra 1**) e outra que interrompe o processo de composição (**regra 2**). Para aplicar a regra pela primeira vez não é necessário realizar nenhuma operação de transformação (de escala, rotação ou espelhamento). Contudo, na segunda vez em que a regra é aplicada é necessário rotacionar em noventa graus a forma presente do lado direito para inseri-la na composição. O processo de elaboração da composição é finalizado com a utilização da segunda regra, que apaga o marcador e impede que a primeira seja aplicada novamente. Este é um exemplo muito simples de gramática. Algumas delas podem apresentar dezenas de regras,

agrupadas em diferentes fases de aplicação, formando assim um sistema sofisticado para a construção de composições visuais.

As gramáticas da forma podem ser utilizadas tanto para analisar e reproduzir linguagens de projeto como para criar novas linguagens compositivas. No primeiro caso, as regras de composição existentes em um *corpus* de análise formado por, por exemplo, edifícios de um mesmo arquiteto, são identificadas. Pode ser citada como exemplos de gramáticas de análise a gramática para as Vilas de Palladio (STINY e MITCHEL, 1980), para as casas de chá japonesas (KNIGHT, 1981) e para as casas de pradaria de Frank Lloyd Wright (KONING e EIZENBERG, 1981).

No segundo caso, a gramática da forma pode ser utilizada para gerar novas linguagens, sendo possível aplicá-la no ensino como uma ferramenta pedagógica eficiente. A **Figura 16** mostra os trabalhos desenvolvidos por alunos do *Massachusetts Institute of Technology*, sob a orientação da professora Terry Knight. Neste caso, os alunos elaboraram suas próprias regras compositivas e as aplicaram de modo a obter diferentes soluções dentro de uma mesma linguagem projetual. Caso o resultado obtido não fosse satisfatório, as regras da gramática poderiam ser modificadas, gerando, assim, uma linguagem um pouco diferente da anterior. Ao final deste processo o aluno obtém não apenas uma, mas uma família de soluções para um mesmo problema de projeto.

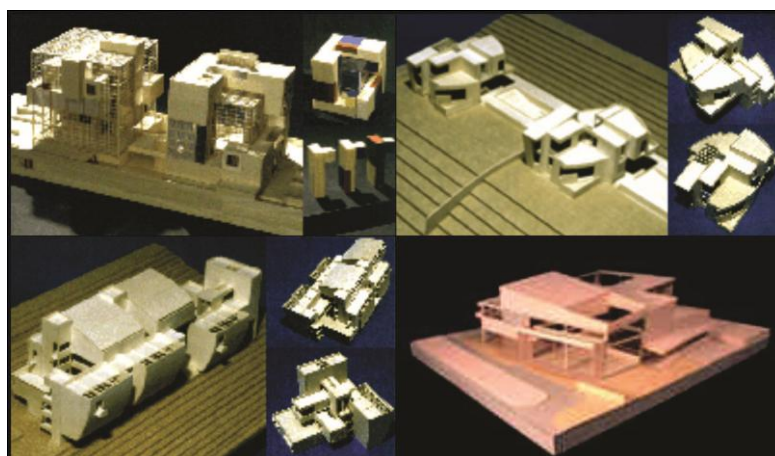


Figura 16: Trabalhos desenvolvidos por alunos em uma disciplina de gramática da forma

Fonte: Knight (2011)

Segundo Gips (1999), um dos objetivos da gramática da forma é constituir a base para uma computação puramente visual. As primitivas em uma gramática são formas ao invés de

símbolos. As relações e operações são todas espaciais (rotação, translação, etc.) e não simbólicas. Apesar de representar uma nova maneira de computar existe uma grande dificuldade de se implementar gramáticas da forma e um dos maiores obstáculos está relacionado com a questão que envolve a interface do usuário e do programador. O autor afirma que pessoas que utilizam gramáticas da forma ou querem aprender a utilizá-las tendem a ter um pensamento visual. Os indivíduos que implementam programas de computador, por outro lado, devem ser bons ao trabalharem em uma linguagem simbólica. Pessoas que raciocinam bem tanto simbólica quanto visualmente são raras de serem encontradas.

Outra questão levantada pelo autor é que as implementações de gramática da forma devem apresentar uma interface que facilite a sua utilização. Um aluno quando está aprendendo a usar gramáticas por meio da utilização de um *software* aprende sobre ambos, gramáticas e sobre como usar o programa. A implementação deve ser simples o suficiente para encorajar o aluno a utilizá-la ao invés deste tentar executar uma geração manualmente. A diferença entre a geração manual e a automática é que no primeiro caso quem aplica a gramática para desenvolver soluções não consegue chegar obter resultados de modo tão eficiente quanto um computador.

1.3.2. Modelagem paramétrica

Segundo Philips (2010), o projeto paramétrico não é um território desconhecido para os arquitetos. Desde os edifícios antigos até os contemporâneos o projeto e construção estiveram relacionados a um grande número de variáveis como o clima, a tecnologia, a função, o local, a cultura, etc. Não foi o computador que inventou o projeto paramétrico e nem foi o responsável pela redefinição do termo arquitetura e nem da profissão de arquiteto, mas se tornou uma ferramenta que capacitou os arquitetos a projetar e construir edifícios inovadores com melhores condições qualitativas e quantitativas.

Segundo Hernandez (2006), em um projeto paramétrico, o *designer* declara parâmetros para definir formas. Para realizar esta tarefa é necessário ter um raciocínio rigoroso para que seja possível construir uma estrutura geometricamente sofisticada incorporada em um modelo complexo flexível o suficiente para aceitar variações. O projetista deve antecipar quais os tipos de variação que ele quer explorar de modo a definir os tipos de transformação que o modelo deve fazer. Esta é uma tarefa difícil de ser realizada devido à natureza imprevisível do processo.

Uma das abordagens para a elaboração de modelos parametrizados, segundo Monedero (2000), é por meio da implementação de *scripts* que criam variações em uma forma complexa. Uma rotina desse tipo apresenta apenas as relações entre os componentes da forma especificada, enquanto suas dimensões são definidas no momento de instanciamento⁸ da forma. Isto pode ser considerado, de acordo com o autor, um projeto paramétrico no sentido literal e fundamental. O código escrito em linguagem de programação, neste caso, representa uma família de objetos, que pode ser definida como uma série de elementos que apresentam as mesmas partes, contudo com dimensões diferentes. Uma família é descrita pelas relações topológicas de suas partes constituintes e das relações que mantêm entre si e por meio de um esquema dimensional em que são especificadas as restrições dimensionais. Desta forma é possível definir uma coleção abstrata de elementos e instanciá-los. No entanto, segundo esta abordagem, após o instanciamento de componente não é mais possível modificá-lo.

Por volta dos anos de 1980, ainda de acordo com Monedero (2000), quando as principais técnicas de modelagem geométrica, de superfícies livres e modelagem de sólidos estava assimilada, havia um sentimento crescente de que as técnicas de modelagem deveriam avançar em direção a um aumento na interatividade para a modificação dos componentes depois destes terem sido instanciados. Apesar de Monedero, na época da publicação deste artigo, afirmar que os sistemas CAD (*Computer Aided Design*) paramétricos ainda não haviam evoluído neste sentido, apenas seis anos depois a tecnologia desenvolveu-se rapidamente para sistemas CAD paramétricos sofisticados (HERNANDEZ, 2006).

Estes sistemas, segundo Salim e Burry (2010), podem ser classificados em dois grupos diferentes. O primeiro deles baseia-se na filosofia BIM (*Building Information Modeling*), em que relações paramétricas encapsulam descrições de componentes de um edifício em várias disciplinas. Os autores esclarecem que um modelo BIM é considerado uma representação digital rica em dados e orientada a objetos de um edifício. Exemplos de aplicativos com estas características são o *Autodesk Revit 2010* e o *Digital Projects* da Ghery Technologies. O segundo grupo é baseado na geometria associativa, baseada em descrições matemáticas parametrizadas e associações entre curvas, superfícies e sólidos. As ferramentas que pertencem a este grupo,

⁸ Em informática, devido a importação do idioma inglês, instância é usada com o sentido de exemplar. No contexto da orientação ao objeto, instância significa a concretização de uma classe. Em termos intuitivos, uma classe é vista como um "molde" que gera instâncias de um certo tipo, já objeto é algo que existe fisicamente moldado a partir desse molde (WIKIPEDIA, 2011)

segundo os autores, são o *Generative Components* da Bentley e o editor visual de algoritmos *Grasshopper* do *Rhinocerus*.

No caso dos ambientes de geometria associativa, pertencentes ao segundo grupo, o método para a construção das formas difere totalmente dos demais sistemas de modelagem digital. Ao invés de desenhar diretamente na área de trabalho pontos, linhas, superfícies ou sólidos, o usuário insere componentes que representam essas entidades geométricas. O conjunto desses componentes e relações entre eles geram um diagrama. No caso do *Grasshopper* o projetista manipula o diagrama diretamente (modifica, insere objetos, realiza novas conexões, etc) enquanto no *Generative Components* ele o faz indiretamente. O arquivo que armazena este diagrama é responsável por construir as formas no ambiente de modelagem geométrica do *Rhinoceros* ou do *Microstation* respectivamente. O arquivo que contém esses diagramas é responsável por construir o modelo geométrico no editor gráfico, em tempo real.

Segundo Aish e Woodbury (2005), a parametrização aumenta a complexidade da tarefa e da interface com que trabalha o projetista, pois este deve modelar não simplesmente o objeto, mas a estrutura conceitual que será responsável por gerá-lo. Os autores afirmam que a parametrização apresenta características tanto positivas como negativas em relação ao produto final e às consequências perceptivas para o projetista. Um dos efeitos positivos da parametrização é que esta possibilita a busca mais eficiente por soluções de projeto adaptadas ao contexto, permite a descoberta de novas formas e maneiras de construir formas, pode reduzir o tempo e esforço necessários para realizar modificações e colabora na melhor compreensão da estrutura conceitual do objeto que está sendo projetado. Como consequências negativas do uso da parametrização associativa podem ser citadas a necessidade de maior empenho por parte do projetista para sua implementação, o aumento da complexidade das tomadas de decisões em situações locais do projeto e a ampliação do número de variáveis que devem ser trabalhadas durante uma tarefa.

1.4. Ontologias como forma de representação do conhecimento

De acordo com Genesereth e Nilson (1987), um corpo de conhecimento formalmente representado se baseia em uma conceitualização. Esta é formada por uma série de objetos,

conceitos e outras entidades que existem em uma determinada área de conhecimento e na relação entre elas.

Segundo Mitchell (1990), a partir de uma conceitualização adequada é possível estabelecer as bases para a descrição de um edifício. Esta descrição irá conter relações e propriedades de partes do edifício, sendo possível se referir a elas diretamente ou indiretamente. Quando essa descrição é feita por meio de sentenças escritas, a conceitualização permanece implícita no vocabulário e na construção das sentenças utilizadas. Outra possibilidade de representação da descrição é por meio de sentenças de lógica de primeira ordem. Neste caso, a conceitualização é explicitada por meio da definição de constantes, variáveis, funções e as relações que se pretende utilizar. Uma terceira forma de explicitar uma conceitualização seria pela descrição no formato de uma ontologia.

Segundo Rios (2005), as ontologias podem ser definidas como o ramo da metafísica que trata da natureza do ser. O termo foi sistematizado e definido por Aristóteles como sendo o estudo do ser enquanto ser sem as suas particularizações. No contexto da pesquisa em ontologia, filósofos tentam responder a questões como: O que é um ser? Quais são as características comuns a todos os seres? As ontologias são empregadas em diferentes áreas de estudo, como filosofia, linguagem, cognição, sistemas de informação e inteligência artificial, apresentando para cada uma delas uma definição diferente.

No caso da inteligência artificial, as ontologias são utilizadas para descrever ou construir representações de diferentes áreas do conhecimento. Essas representações são simbolizadas por um vocabulário específico onde os termos apresentam uma conceitualização precisa. Os componentes básicos de uma ontologia, segundo Noy & McGuinness (2000), são as classes, propriedades e restrições. Os dois primeiros componentes são obtidos a partir de uma listagem de termos elaborados pelo autor da ontologia. Alguns desses termos são mais apropriados, como será visto adiante, para representar as classes, enquanto outros, para definir as propriedades dessas classes. Contudo, de acordo com Missel (1995), as ontologias são mais que um vocabulário, pois os termos selecionados devem ser suficientes para especificar e definir conceitos e permitir a relação adequada entre eles, a partir da terminologia escolhida.

Os termos em uma ontologia, explicam Chandrasekaran e Benjamin (1998), variam desde os mais abstratos, que formam a base de representação do conhecimento em todos os

domínios, a termos específicos, relacionados a determinadas áreas do conhecimento. Por exemplo, **espaço**, **tempo**, **partes** e **subpartes** são termos que se aplicam a todos os domínios, enquanto **mal funcionamento** se aplica aos domínios da engenharia ou biologia e **hepatite** se aplica ao da medicina.

As classes que serão definidas por uma parcela desses termos (conceitos de um universo de interesse), segundo Noy & McGuinness (2000), são a parte principal da maioria das ontologias. Estas são responsáveis por descrever um conceito em um domínio e podem ser organizadas hierarquicamente em sub ou superclasses formando, assim, a taxonomia da ontologia. As classes são formadas por elementos com características similares, sendo que uma subclasse é considerada uma especialização de uma super classe, herdando assim seus atributos e características.

Horridge (2009) exemplifica o que são classes em uma ontologia por meio da relação entre as classes hipotéticas formadas por animais e gatos. A partir do exemplo desse autor pode-se criar outro semelhante, porém mais adequado aos propósitos deste trabalho, que utiliza a superclasse espaço livre e a subclasse praças. A segunda é subordinada à primeira (um subconjunto dos elementos presentes na classe espaço livre) e a relação existente entre elas pode ser verbalizada da seguinte maneira:

- “Toda praça é um espaços livre”;
- “Todo membro da classe praça é membro da classe espaço livre”;
- “Ser uma praça implica ser um espaço livre”;
- “A classe Praça é subordinada a classe espaço livre”.

O arranjo de classes segundo uma hierarquia pode ser apenas considerado uma taxonomia, não apresentando assim informações suficientes para descrever uma área do conhecimento. Sendo assim, além das classes, outro componente importante de uma ontologia são as propriedades. Estas são responsáveis por descrever as características e atributos internos de um conceito e suas relações. Alguns dos termos restantes, anteriormente selecionados para conceituar a área do conhecimento, não são utilizados para representar uma classe. Estes, na realidade, parecem-se mais com propriedades e devem estar vinculados diretamente a uma

determinada classe, colaborando assim na sua descrição. Em geral, segundo Noy e McGuinness (2000), existem diversos tipos de propriedades:

- Propriedades intrínsecas (e.g. cor de uma flor, de uma folha, etc);
- Propriedades extrínsecas (e.g. nome popular ou científico, local de ocorrência, etc);
- Partes (e.g. partes constituintes de um objeto, etc.);
- Relações (relações entre os diferentes conceitos).

Segundo Noy & McGuinness (2000), a definição de conceitos, sua hierarquia e propriedades são etapas difíceis de serem separadas durante o processo de construção de uma ontologia, o que torna complicado realizar uma delas antes da outra. Um método que pode ser utilizado para facilitar o seu processo de modelagem seria pela elaboração de uma estrutura básica, que progressivamente vai sendo completada por meio da adição de novos conceitos e suas propriedades.

A **figura 17** mostra a hierarquia principal de uma ontologia que ilustra os diferentes sabores de Pizza. Na imagem é possível ver que há três classes principais na hierárquica: Pizza, PizzaTopping e PizzaBase. As duas últimas contêm, respectivamente, os ingredientes e o tipo de massa. A **figura 18** mostra as subclasses de Pizza, que são os diferentes sabores. Estas têm relação direta com as classes PizzaTopping e Pizza Base, pois um sabor só pode ser definido por meio dos conceitos (classes) existentes nestas classes.

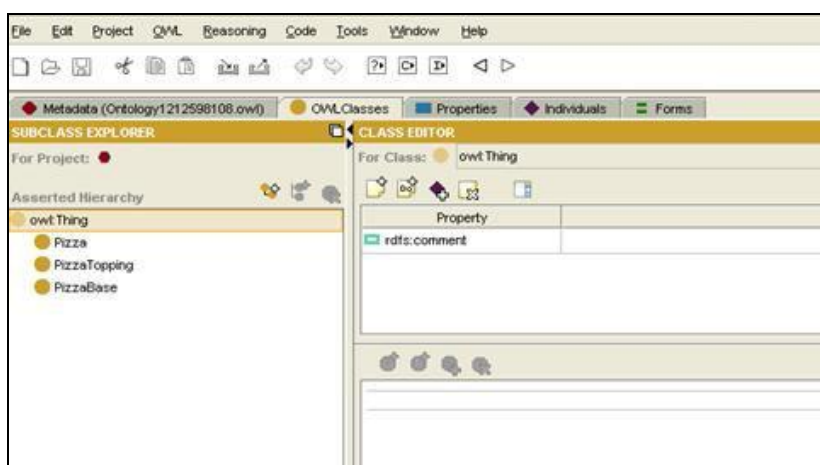


Figura 17: A hierarquia de classes inicial. **Fonte:** Horridge (2009)

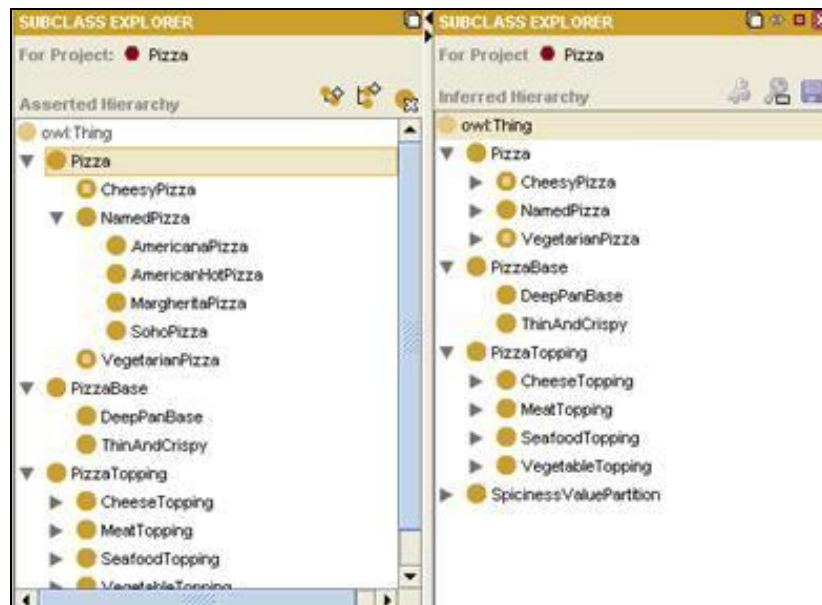


Figura 18: Classes e subclasses da ontologia de pizzas. **Fonte:** Horridge (2009)

Segundo Corcho et al (2003), as ontologias podem ser divididas em dois grupos. De um lado estão as ontologias leves, que incluem conceitos, taxonomias de conceitos, relações entre conceitos e as propriedades que descrevem os conceitos. As ontologias pesadas contêm, além das partes anteriormente citadas, axiomas e restrições.

No caso deste trabalho, a ontologia que foi elaborada para representar os conceitos e esquemas de projeto e relacioná-las com precedentes de projeto apresentam características de uma ontologia leve, pois são definidos basicamente a estrutura hierárquica entre eles e suas propriedades. O importante, como será visto adiante é que os estudantes entendam como os componentes que fazem parte do universo de discurso de um paisagista se relacionam para elaborar uma composição.

CAPITULO II- METODOLOGIA

O desenvolvimento desta pesquisa ocorreu em seis etapas diferentes para que, dessa forma, fosse possível atingir três objetivos principais. O primeiro deles relaciona-se com o desenvolvimento do sistema que visava a estruturar diretamente precedentes de projeto com padrões de projeto. O segundo tem como meta apresentar um sistema de modelagem paramétrica que permitisse a inserção de componentes parametrizados em um modelo virtual e o terceiro, a preparação de um material específico para a elaboração de modelos físicos. Para que estes três objetivos fossem atingidos, inicialmente foi realizada uma etapa que envolveu o desenvolvimento de duas gramáticas da forma para elaboração de um projeto de arquitetura paisagística. Como foi descrito na introdução, uma delas voltada à elaboração de um esquema de um plano conceitual para uma área livre e outra voltada à inserção de componentes em um plano de massas.

Esse processo partiu de uma pequena experimentação em que um dos padrões de Alexander foi traduzido da linguagem escrita para regras de uma gramática. Após a realização dessa atividade, comprovou-se que era possível demonstrar padrões segundo regras esquemáticas e foram desenvolvidas as gramáticas. A primeira delas, a gramática para um plano conceitual, foi elaborada a partir dos conceitos e da simbologia criados por Reid (2002) para a estruturação de um plano para espaços livres. No caso da segunda gramática, foram pesquisados, por meio de um banco de dados com imagens de obras de Roberto Burle Marx, os componentes que são implantados com maior frequência em seus projetos. Estes foram classificados segundo três grupos de componentes: verdes, construídos e água. A partir dessas três classes e com o auxílio de manuais de arquitetura paisagística (SIMONDS, 1979; MOTLOCH, 2001), foram elaboradas as regras de inserção dos componentes, as quais também se baseavam na forma com que Burle Marx utilizava elementos para compor seus jardins.

A partir do material obtido (regras e classificação de componentes), foi possível implementar a parte do sistema de pesquisa de padrões e precedentes e implementar os algoritmos que inserem os componentes diretamente em modelos virtuais. Como nessa etapa também foram classificados e organizados os principais conceitos que podem ser identificados no universo de discurso de um arquiteto paisagista, os resultados obtidos também puderam ser

utilizados para a elaboração do material que seria utilizado para o desenvolvimento de modelos físicos.

Antes de implementar as regras elaboradas para as duas fases de projeto de um espaço livre, foi realizada uma etapa de experimentação, a qual é apresentada no **capítulo IV** da tese. Nela é realizada uma pequena revisão sobre programação visual e os novos ambientes de modelagem paramétrica visual. As ferramentas existentes em dois ambientes de modelagem, o Generative Components (Microstation) e o Grasshopper (Rhinceros), foram estudadas de modo a identificar se seria possível implementar gramáticas neles. O aplicativo da Bentley se mostrou muito mais complexo do que o *Grasshopper*, o que dificultaria a sua utilização por parte dos alunos. Dessa forma, o Grasshopper foi selecionado para a implementação das gramáticas. Entre os motivos discutidos estão a facilidade de se programar neste ambiente e a possibilidade de os alunos alterarem as implementações para, assim, poderem inserir componentes diferentes dos que foram adicionados no sistema de pesquisa de precedentes e padrões. A fase de experimentação envolveu a implementação parcial neste aplicativo das regras de três gramáticas tradicionalmente estudadas na área da computação aplicada ao projeto. Como já foi citado na introdução, são elas as gramáticas para os jardins em estilo Mughul (STINY e Mitchell, 1980), para as cadeiras em estilo Hepplewhite (KNIGHT, 1980) e para as Vilas de Paladio (STINY e Mitchell, 1978). Os resultados obtidos permitiram o desenvolvimento de um método para a implementação de gramáticas e a identificação das ferramentas necessárias do Grasshopper para a realização dessa tarefa.

A fase seguinte envolveu a implementação das regras de gramática para elaboração um plano conceitual e de massas. As regras elaboradas para um plano conceitual serviram de base para definir as propriedades segundo as quais um tipo de componente poderia ser inserido. Foram produzidos seis algoritmos no aplicativo Grasshopper, todos capazes de reproduzir os conceitos e esquemas adicionados ao sistema de pesquisa. Para instanciar alguns dos esquemas encontrados no sistema, é necessário aplicar, como será visto, mais de uma vez um mesmo algoritmo ou diferentes algoritmos.

A partir das regras elaboradas para as gramáticas, sua implementação e com o banco de dados das imagens representado as referências de projeto de Roberto Burle Marx, já era possível suprir de dados o sistema de pesquisa de precedentes e de padrões. Contudo, ainda era

necessário elaborar o modelo desse sistema e identificar como deveriam ser realizadas as relações entre os padrões e referências. Esse processo é descrito no **capítulo VI**. Essa etapa da pesquisa também envolveu uma curta revisão bibliográfica sobre o princípio da diferenciação da informação (AUSUBEL, 2003). A partir dessa teoria foi desenvolvida uma estrutura hierárquica para o sistema por meio da análise da estrutura de distribuição dos padrões no livro *A Pattern Language* de Alexander (1977) e da organização das informações em manuais de arquitetura paisagística (SIMOND, 1997; JELLICOE, 1975; MOORE, MITCHELL e TURNBULL, 1990).

A fase seguinte da pesquisa envolveu o desenvolvimento do material que foi utilizado nos exercícios nos quais foi testado o sistema de pesquisa por precedentes de projetos, conceitos e esquemas por meio da elaboração de modelos físicos. O objetivo era averiguar se tal sistema poderia ser utilizado não apenas para o desenvolvimento de respostas de projeto em meio digital, mas também para a utilização dos algoritmos implementados em Grasshopper. O material é constituído pelos mesmos componentes classificados na etapa de elaboração das gramáticas e, conseqüentemente, estavam presentes no sistema de pesquisa. Nesse caso, diferentemente dos algoritmos, o processo de inserção dos componentes é controlado pelo projetista; logo, há maior liberdade para a aplicação de cada um dos elementos nos modelos.

A fase seguinte foi a de validação da hipótese do trabalho: será que a organização mais eficiente de conceitos, esquemas e referências de projeto pode contribuir para que os alunos aprendam a organizar melhor o conhecimento e projetem de forma mais eficiente?

Para validá-la foram realizados quatro exercícios de projeto com alunos em um Workshop sobre composição paisagística. Em todos eles, foi utilizado o mesmo problema de projeto, que apresentava enunciado, variáveis e parâmetros idênticos. O que era modificado em cada uma das etapas eram as ferramentas que os alunos tinham à disposição durante o processo de desenvolvimento de uma solução para o problema. As três primeiras etapas envolveram o uso do material para elaboração de modelos físicos. Foram definidas três situações para o desenvolvimento dos trabalhos:

- 1) Projeto apenas com material para elaboração do modelo físico, sem auxílio de referências;

- 2) Projeto com uso do material para elaboração de modelos físicos com auxílio de um caderno de referências formado por imagens de obras de Roberto Burle Marx;
- 3) Projeto com o uso do material para a elaboração de modelos físicos com auxílio da ferramenta para pesquisa de precedentes, conceitos e esquemas de projeto.

Nessas três etapas foi realizada uma avaliação conjunta, pois neste caso os alunos estavam utilizando o mesmo meio para elaboração do modelo (maquete física). O parâmetro de avaliação empregado no primeiro exercício foi a presença (ou não) do uso dos componentes para compor o espaço arquitetonicamente. Já no segundo exercício, buscou-se observar se os alunos tiveram sucesso em abstrair das imagens conceitos e esquemas de projeto utilizados no projeto de Burle Marx para compor espaços livres. Na terceira etapa, os modelos foram analisados com a intenção de se observar se os alunos conseguiram aplicar adequadamente os padrões existentes no sistema.

A quarta etapa, diferentemente das anteriores, envolveu o uso das definições elaboradas no Grasshopper para o desenvolvimento do modelo virtual no aplicativo Rhinoceros. Os resultados desse exercício, como será visto, foram analisados de modo independente em relação aos outros três. O objetivo, além de observar se os alunos obtiveram sucesso em utilizar os padrões e precedentes implementados no sistema de pesquisa, era avaliar se eles teriam dificuldade em trabalhar no ambiente de modelagem paramétrica para desenvolver uma solução de projeto.

Outro método de avaliação utilizado foi a elaboração de um questionário, por meio do qual foi possível analisar as impressões dos alunos em relação às diferentes atividades realizadas, aos materiais utilizados e às ferramentas que tiveram à disposição para elaborar seus projetos. Os resultados obtidos com a realização dos exercícios e da aplicação do questionário são discutidos no **capítulo VIII**.

A **figura 19** apresenta o diagrama da pesquisa, com as diferentes etapas de desenvolvimento do trabalho.

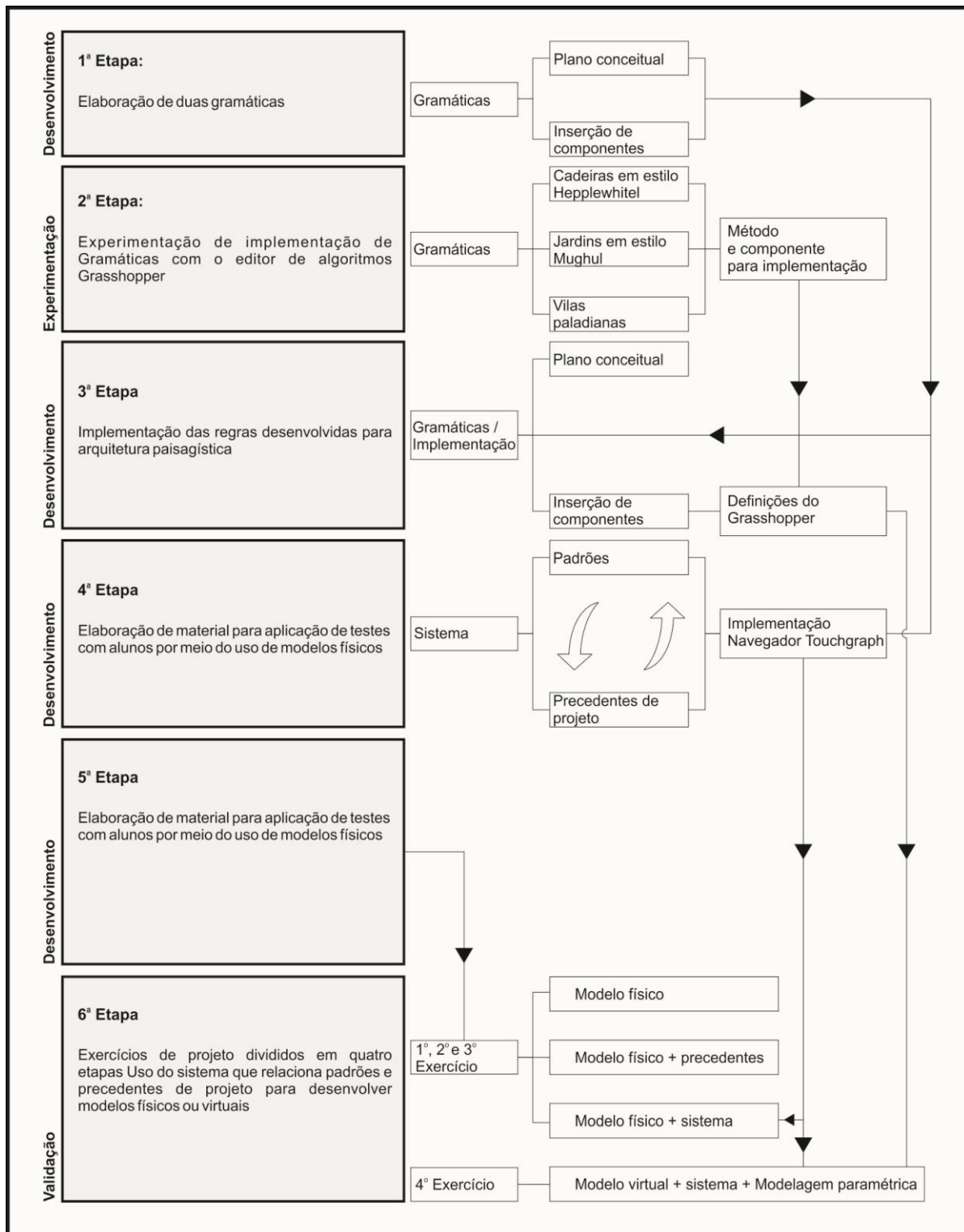


Figura 19: Diagrama da pesquisa
Fonte: Elaboração própria

CAPÍTULO III - GRAMÁTICAS DA FORMA PARA ARQUITETURA PAISAGÍSTICA

Este capítulo apresenta o processo de desenvolvimento das gramáticas para um plano conceitual e para a inserção de componentes em um plano de massas. Essas fases de projeto são consideradas as mais abstratas segundo o modelo de processo de projeto de Asimov (1962). A **figura 20** mostra a parte vertical do diagrama de Asimov relacionada às diferentes etapas de projeto. O projeto preliminar encontra-se na parte inferior, próximo ao nível maior de abstração. Nessas fases iniciais de concepção, no mundo projetual do arquiteto a forma de representação das ideias também é mais abstrata. Por exemplo, em um esboço, uma linha simples, em um projeto de uma casa, pode representar uma parede. Com o desenvolvimento do projeto, essa linha é derivada para uma linha dupla. Progressivamente, a solução vai agregando novos dados e os desenhos do projeto executivo apresentam uma representação detalhada do que será construído.

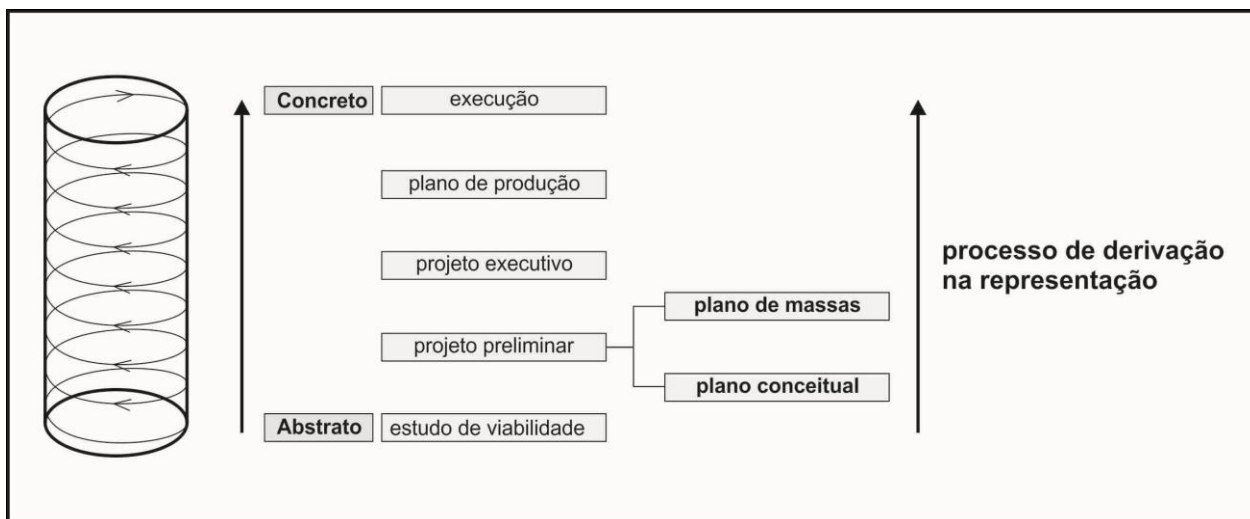


Figura 20: Diagrama elaborado a partir do modelo vertical de projeto desenvolvido por Asimov (1962)

Fonte: Elaboração própria

As etapas de plano conceitual e do plano de massas foram as escolhidas para a elaboração de regras de uma gramática, pois são nessas etapas que elementos compositivos como

vegetação, elementos construídos ou água são arranjados de modo a estruturar o espaço. Essas etapas estão diretamente relacionadas, porque é por meio do plano conceitual, o qual geralmente é representado por uma série de símbolos, que é gerado o plano de massas. Esses elementos gráficos podem ser derivados em diferentes componentes segundo o significado que eles recebem durante o processo de projeto. Por exemplo, Reid (2002) define uma classe de símbolos como linear passivo, sendo que um deles significa barreira. Quando se marca uma barreira no plano conceitual, esta ainda pode assumir a forma de um componente específico, podendo ser uma série de árvores de copa vertical, um agrupamento de arbustos ou um muro. A especificação do componente pode se dar na etapa de elaboração do plano de massas.

Antes de desenvolver as gramáticas para essas duas etapas de projeto foi elaborada uma gramática para um dos padrões de Alexander como forma de experimentação. Essa atividade foi realizada de modo a verificar se é possível representar uma das unidades da linguagem de Alexander segundo regras esquemáticas de uma gramática da forma ao invés de representá-lo por meio da linguagem escrita.

3.1. Uma gramática para um padrão

Em alguns dos diagramas existentes em *A Pattern Language*, Alexander deu alguns indícios de que seria possível representar os padrões de uma maneira um pouco mais simplificada, por meio de esquemas. Nos padrões **232** (*Roof caps*), **249** (*Ornament*) e **116** (*Positive outdoor Space*) da linguagem, apresentados na **Figura 21**, os conceitos são representados informalmente como regras condicionais.

Por exemplo, no **padrão 232**, é possível identificar uma “regra” de adição, em que uma forma é inserida no desenho do lado direito do diagrama. Já no diagrama do **padrão 249**, reconhece-se uma “regra” de subtração, em que parte da forma existente do lado esquerdo da “regra” é apagada. No diagrama do **padrão 116**, Alexander utiliza uma flecha para indicar a transformação de uma situação de projeto em outra, exatamente com a mesma forma de representação das regras de uma gramática da forma. Esse tipo de regra, em que são utilizadas formas ao invés de serem usados símbolos ou palavras, é típica das gramáticas da forma.

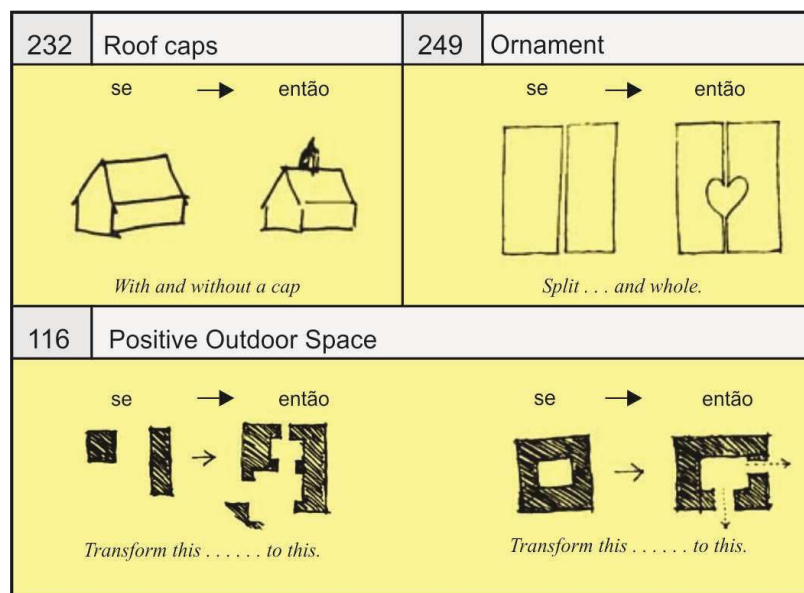


Figura 21: Diagramas com formato de regras condicionais extraídos de alguns padrões de Alexander
Fonte: Elaboração própria

A segunda etapa experimental desta pesquisa consistiu na elaboração, a partir de um diagrama existente no **padrão 249** (*Ornament*) de *A Pattern Language*, de uma pequena gramática. Esse padrão trata especificamente da ornamentação nos edifícios. Alexander (1977) afirma que as pessoas têm o instinto de decorar o ambiente em que vivem, mas as ornamentações só funcionam quando executadas apropriadamente. Portanto, segundo o autor, existem princípios que devem ser seguidos para que seja realizada uma ornamentação adequada e são esses princípios que este padrão busca esclarecer.

O diagrama apresentado na **Figura 21** para o **padrão 249**, representa uma regra de ornamentação. É possível notar nele dois desenhos muito semelhantes: o que está situado à esquerda, mostra uma fresta estreita que, no caso de uma balaustrada, por exemplo, não possibilitaria uma adequada relação da área interna com o ambiente externo; já no desenho à direita, o orifício existente na fresta permite que haja uma melhor comunicação visual da área interna com a externa. Esse exemplo, dado pelo próprio Alexander neste padrão, é ilustrado na **Figura 22**.



Figura 22: Exemplo de uma solução para o padrão 249 (*Ornament*)
Fonte: Alexander (1977)

A **Figura 23** contém uma gramática da forma elementar que se baseia nas regras contidas no diagrama do **padrão 249**. Nela existem duas possibilidades de aplicação de regras para iniciar o processo de geração. O projetista pode aplicar tanto a **regra 1** como a **2** na forma inicial. Caso opte por aplicar a **regra 2** da gramática, ele não poderá mais utilizar nenhuma outra regra. Quando isso ocorre, significa que o processo de derivação está finalizado. Por outro lado, caso seja aplicada a **regra 1**, existe ainda a possibilidade de usar as **regras 3, 4, 5 e 6**, dependendo da sequência escolhida. Essas regras são responsáveis por definir o perfil da balaustrada. A **regra 7** permite a elaboração da base onde é inserido o desenho gerado anteriormente. Nessa regra, o retângulo do lado esquerdo apresenta um marcador que impossibilita sua aplicação nos retângulos anteriores. Para finalizar o processo de derivação da base onde se repetirá o perfil da balaustrada, ainda deve ser aplicada a **regra 8**, que apaga o marcador, impossibilitando a utilização da **regra 7** novamente.

Assim, fica evidente que as regras são de adição e subtração de formas. A **Figura 24** mostra o processo de derivação de uma balaustrada e a **Figura 25** ilustra as diferentes possibilidades de instâncias que podem ser obtidas.

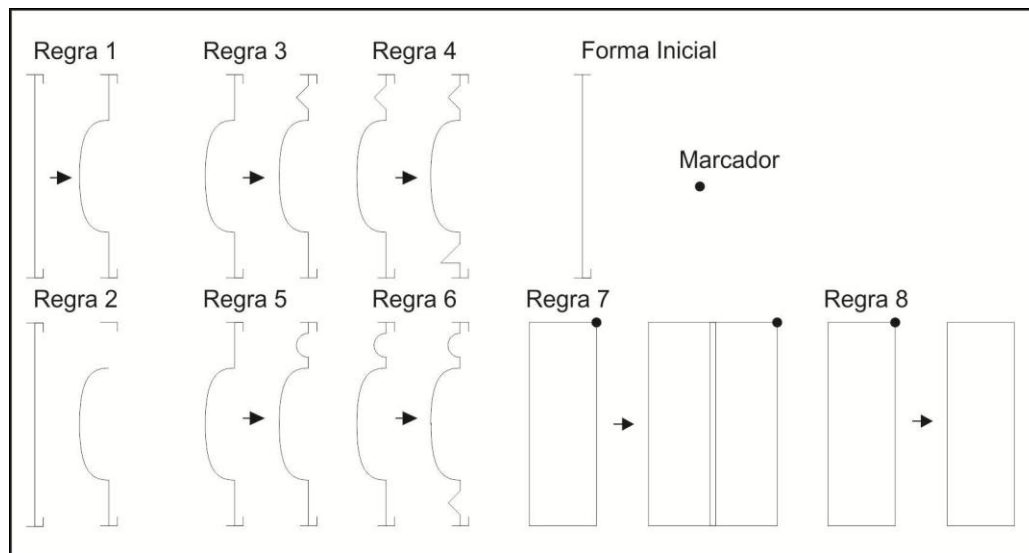


Figura 23: Gramática capaz de representar o padrão 249 (*Ornament*)
Fonte: Elaboração própria

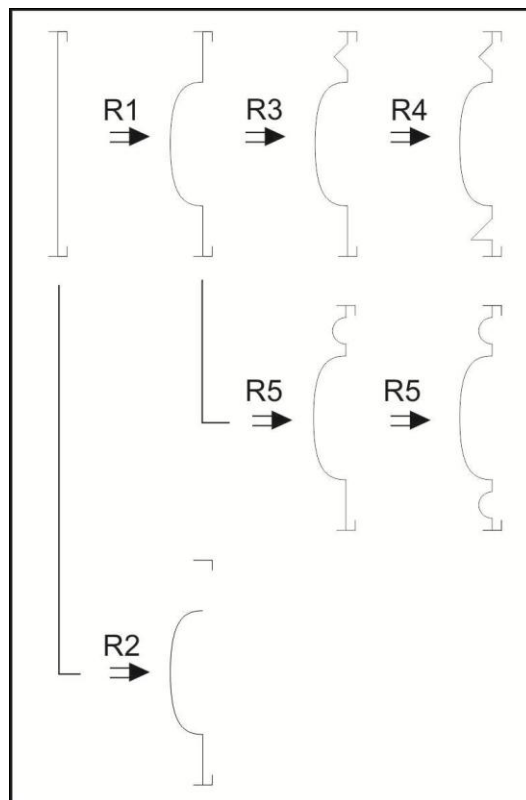


Figura 24: Derivação segundo as regras apresentadas na **figura 18**
Fonte: Elaboração própria

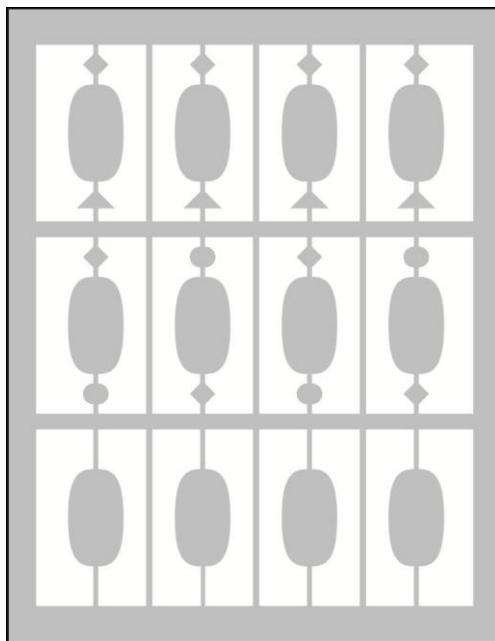


Figura 25: Exemplos de instâncias que podem ser obtidas por meio da utilização da gramática

Fonte: Elaboração própria

Logo, a utilização da gramática da forma para traduzir um dos padrões de Alexander se mostrou viável. O padrão se torna menos complexo em volume de informação e, como consequência, mais objetivo. Na linguagem de padrões de Alexander, existe uma série de padrões que se relacionam com a arquitetura paisagística que poderiam ser apresentados sob a forma de regras gramaticais. Podem ser citados como exemplos os padrões **59** (*Quiet Backs*), **60** (*Accessible Green*), **61** (*Small Public Square*), **71** (*Still Water*), **72** (*Local Sports*), **73** (*Adventure Playground*), **170** (*Fruit trees*), **171** (*Trees Places*), **172** (*Garden Growing Wild*), **173** (*Garden Wall*) etc.

Esses padrões, pertencentes à linguagem de Alexander, como foi apontado, foram obtidos a partir da análise de soluções recorrentes de projeto para situações encontradas em cidades italianas e mercantes inglesas (ALEXANDER, 1979). Trata-se de abstrações de soluções baseadas em conceitos organizados em esquemas diferentes dos encontrados na obra de Roberto Burle Marx. Portanto, traduzi-los em regras de uma gramática da forma não seria coerente.

3.2. Gramáticas para exemplificar conceitos de arquitetura paisagística

As gramáticas desenvolvidas para a elaboração de um plano conceitual e para a inserção de componentes e modelagem de um plano de massas foram organizadas segundo diferentes etapas de aplicação das regras de modo a sistematizar o processo. No caso da gramática para um plano conceitual estas foram divididas em cinco grupos. No primeiro deles como será visto, estão as regras que inserem elementos relacionados à análise do lugar. No segundo há apenas uma regra que é responsável por inserir pontos de atração ou de interesse no espaço. No terceiro grupo estão presentes as regras que marcam os pontos principais de atividade que, posteriormente são conectados, por meio da aplicação das regras da quarta etapa. Formam-se assim os eixos de circulação. Na quinta e última etapa é definida a tipologia dos caminhos.

Após a finalização destas etapas pode-se interromper a derivação ou aplicar as regras para a inserção dos componentes em um plano de massas. Neste caso as regras são divididas em três etapas diferentes. A primeira delas envolve a inserção de um código e a definição da forma em que os componentes serão aplicados no plano de massas. Na segunda etapa os pontos são substituídos por formas que podem representar componentes como árvores, arbustos, painéis, etc. Na terceira e última etapa uma cor é adicionada às formas por meio de regras de modo a finalizar a derivação do elemento compositivo. Como foi exposto no capítulo de metodologia, foram estabelecidas três classes de componentes: verde, construído e água. A partir das escalas de cores definidas por estas regras é possível determinar a qual classe pertence o elemento que será inserido na composição. As regras e as diferentes etapas de aplicação são representadas na **figura 26**.

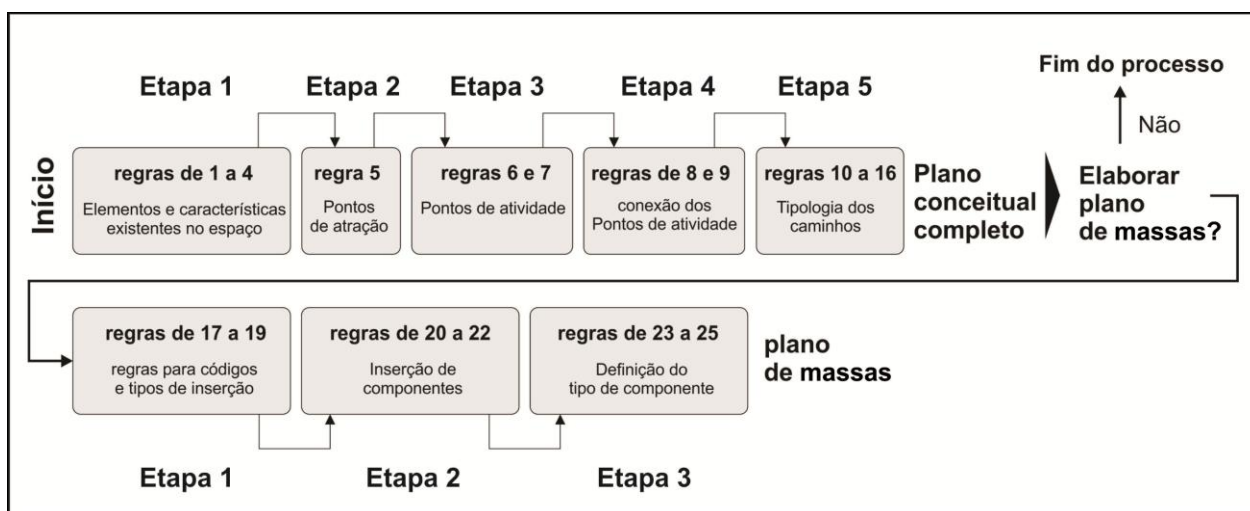


Figura 26: Diagrama de aplicação das regras

Fonte: Elaboração própria

O processo de elaboração das gramáticas que serão apresentadas a seguir demonstra que é possível representar conceitos paisagísticos por meio de regras esquemáticas e que cada padrão que formará a linguagem do sistema não precisa ser necessariamente composto por uma gramática.

Em muitos casos é possível explicitar um conceito apenas com a derivação de uma regra, sendo que esta pode se repetir em diferentes padrões ou não. Por exemplo, a regra que representa o conceito borda e que será apresentada a seguir. Por meio dela é possível instanciar uma linha no plano conceitual que representa uma praia, um corpo d'água ou uma fronteira no jardim em diferentes situações generalizadas de projeto. Sendo assim, um esquema abstraído das soluções de projeto do paisagista Burle Marx pode ter regras que se repetem em diferentes esquemas, instanciando conceitos semelhantes ou não.

As regras não foram apenas elaboradas a partir da análise dos precedentes de projeto de Roberto Burle Marx, mas também de manuais de arquitetura paisagística, como o de Simonds (1979), Reid (2002) ou Motloch (2001). Apesar destes autores não tratarem diretamente da obra do paisagista, é possível identificar os mesmos conceitos empregados por Burle Marx em seus livros. Por exemplo, Simonds afirma que uma boa conduta de projeto em relação ao uso da vegetação seria por meio da elaboração de um plantio organizado, com espécies bem selecionadas, formando grupos bem compostos e maciços de árvores. Existem diversas soluções

de projeto do paisagista brasileiro que seguem estes mesmos conceitos de plantio. A **Figura 27** apresenta imagens que exemplificam como Burle Marx usava a vegetação



Figura 27: Exemplos de jardins de Roberto Burle Marx. A formação de maciços contribui para a leitura de cada espécie no jardim. **Fonte:** Elaboração própria

3.2.1. Gramática para elaboração de um plano conceitual

A estrutura básica de um espaço livre normalmente é composta por pontos focais de atividade conectados por eixos de circulação. Mesmo em uma praça formada por um piso extenso existem eixos virtuais em que circulam pedestres que visam chegar a um ponto específico do espaço.

Segundo Macedo (1999), dependendo do programa adotado pelo projetista, em espaços livres podem ser realizadas duas classes básicas de atividade, as que envolvem o lazer passivo e o lazer ativo. Da primeira classe fazem parte atividades de contemplação, observação, flunar, passeio, etc. A segunda é constituída por atividades esportivas, brincadeiras, jogos, etc. Neste trabalho serão consideradas mais duas classes de lazer: cultural e infantil. Normalmente, estes tipos de atividade fazem parte da classe de lazer ativo. Contudo, como será visto adiante, nesta etapa da pesquisa foi realizada uma catalogação dos equipamentos que podem ser implantados em um espaço livre segundo as diferentes formas de lazer. Para facilitar este processo optou-se em diferenciar a classe de lazer ativo em mais duas categorias. Estes equipamentos e outros componentes e colaboram para a composição dos pontos focais de atividade e do espaço livre como um todo. A **Figura 28** mostra nós de atividade e eixos de circulação de projetos de Roberto Burle Marx.



Figura 28: Núcleos de atividade e conexões

Fonte: Elaboração própria

A partir do programa de atividades, o projetista define quais são os equipamentos que irão compor o espaço. Alguns desses componentes se repetem mesmo em diferentes tipologias de espaço livre de lazer (praça, parque, calçadões a beira mar, etc.). Contudo, algumas tipologias de espaços livres apresentam programas de atividades mais complexos que outros. Por exemplo, um

parque urbano geralmente contém muito mais equipamentos do que a maioria das praças. Estas, por sua vez, oferecem um programa de atividades mais complexo que um jardim residencial e assim por diante.

Em 2002, o projeto de pesquisa temático Quadro do Paisagismo no Brasil, coordenado pelo prof. Silvio Macedo, da FAU-USP, lançou uma série de três livros que visavam apresentar um panorama geral da produção paisagística de espaços livres públicos de lazer no Brasil, Quadro do Paisagismo no Brasil (MACEDO, 1999), Parques Urbanos Brasileiros (MACEDO e SAKATA, 2002) e Praças Brasileiras (MACEDO e ROBBA, 2002). Dois destes livros tratavam especificamente de parques e praças urbanos do país. Cada uma destas publicações, além de conter uma discussão sobre o surgimento e desenvolvimento da tipologia estudada, apresenta um catálogo com os principais parques e praças implantados em diferentes capitais e cidades brasileiras. Para cada espaço livre ilustrado nos livros existe uma ficha que descreve suas principais características e os equipamentos nele implantados.

Visando identificar os equipamentos que podem ser encontrados nos espaços livres (neste caso, públicos), foi realizado um levantamento a partir das listas presentes no livro de parques urbanos. Esses equipamentos foram classificados segundo as diferentes formas de lazer que podem ser realizadas em um espaço livre. Por exemplo, os bancos são classificados como equipamentos para atividades de lazer passivo, as quadras esportivas são categorizadas como componentes para lazer ativo, os teatros foram inseridos na classe de lazer cultural e os *playgrounds* como equipamentos para lazer infantil. Por meio da organização realizada, comprovou-se que os parques urbanos realmente apresentam uma variedade de equipamentos que pode estar presente nas demais tipologias e mais uma série de outros que são mais apropriados para compor as atividades nestes espaços livres de lazer. Esta hipótese também foi validada por meio da análise das fichas contidas no catálogo do livro de praças urbanas. Na mesma tabela foram marcados em cinza os equipamentos que tanto podem ser encontrados em praças e parques e em cinza escuro os que apenas foram implantados em praças. São poucos os equipamentos que podem ser encontrados apenas em praças, contudo a variedade de equipamentos que podem ser implantados apenas em parques é muito maior.

Alguns desses equipamentos não têm como função contribuir com as atividades de lazer no espaço livre, mas têm como papel complementar os serviços de auxílio aos usuários,

como edifícios sede, postos policiais, lanchonetes, portarias, etc. Esses equipamentos foram inseridos na classe “serviços”. Também foi criada uma classe chamada “componente”. Nela estão organizados todos os elementos responsáveis por colaborar com o programa, mesmo não sendo diretamente utilizados pelos usuários ou que são responsáveis por, principalmente, compor arquitetonicamente o espaço. Um banco, por exemplo, é utilizado diretamente pelo usuário para se sentar, portanto é classificado como “equipamento de lazer passivo”. Um componente, como uma fonte, colabora no arranjo espacial e complementa a atividade de lazer passivo.

Tabela 1: Principais equipamentos e componentes de um espaço livre público

Acessos ao espaço	função de serviços	pontos de atividade de lazer				compositivos/ complementares das atividades	
		lazer ativo	lazer passivo	lazer cultural	lazer infantil	componentes	componentes
Acesso de pedestres	administração	quadras esportivas	mirante	coreto	playground	monumento	espelho d'água
Acesso de veículos	sanitários	equip. ginástica	viveiro	orquidário	pq de diversões	estátuas	ponte
Estacionamento	lanchonete	pista de cooper	bancos	aquário	trenzinho	gruta	arquitetônica
Ponto de Ônibus	restaurante	pista de patinação	quiosque	palco	pista de rolimã	esculturas	parlatório
	bebedouro	pista de skate	mesas	biblioteca	brinquedos	pórtico	passarela
	loja de artesanato	pista de bicicross	área de	área de	temáticos	ponte	colunata
	mercado	campo de	piquenique	exposições	Pista educ.	cruzeiro	lixeiras
	estacionamento	minigolfe	pedalinhos	auditório	Trânsito	relógio de sol	chuveiros
	portaria	ciclovía	barcos	Arena cultural		fonte	cercamento
	estufa	campo de futebol		Palácio das artes		ruínas	palhoça
	guarita	kartódromo		teatro		queda d'água	passarela
	posto policial	aeromodelismo		concha acústica		roda d'água	área para
	banca	centro hípico		anfiteatro		tótem	acapamentos
	mercado	piscinas		teatro de arena		chafariz	pombal
	escola	canchas de bocha		centro cultural		cascata	galpões
	lixo reciclável	ginásio		teatro infantil		pombal	curral
	vestiário	críquete		centro de		queda d'água	árvores
	refeitório	pista de atletismo		convivência		busto	palmeiras
	estação maria	campo de malha		minizoológico		moinho	arbustos
	fumaça	cancha de rodeios		capela		galpões	plantas aquáticas
	sede escoteiros	pista de ciclismo		auditório		portal	forrações
	casa de chá	raias para remo		galpão para artes		marquise	gramado
	feira	decks para pesca		igreja		mastro	horta
	posto de informações	estádio		museu		obelisco	roseiral
	viveiros de pássaros					relógio	
	viveiros de répteis					deck	
	viveiro de plantas					pérgula	
	ponto de ônibus					pórtico	
	ponto de táxi					tanque de carpas	
	centro comercial					lago	
	lactário/ fraldário					pier	
	ranário					bica	
	creche						

Fonte: Elaboração própria

A definição das áreas onde ocorrem as atividades de lazer é uma etapa importante no processo de elaboração do plano conceitual de um espaço livre. A partir dela, será, posteriormente, determinada a localização dos equipamentos e componentes. Esses equipamentos, responsáveis por definir as principais atividades de lazer que ocorrem no espaço

livre podem ser distribuídos de quatro formas principais: (1) ao longo dos trajetos, (2) formando pequenos núcleos de atividades, (3) dentro do próprio trajeto ou fazendo parte dele, ou (4) em nós principais de atividades. Estas configurações, aqui propostas, estão representadas na **Figura 29** e foram observadas, por exemplo, em projetos de Roberto Burle Marx.

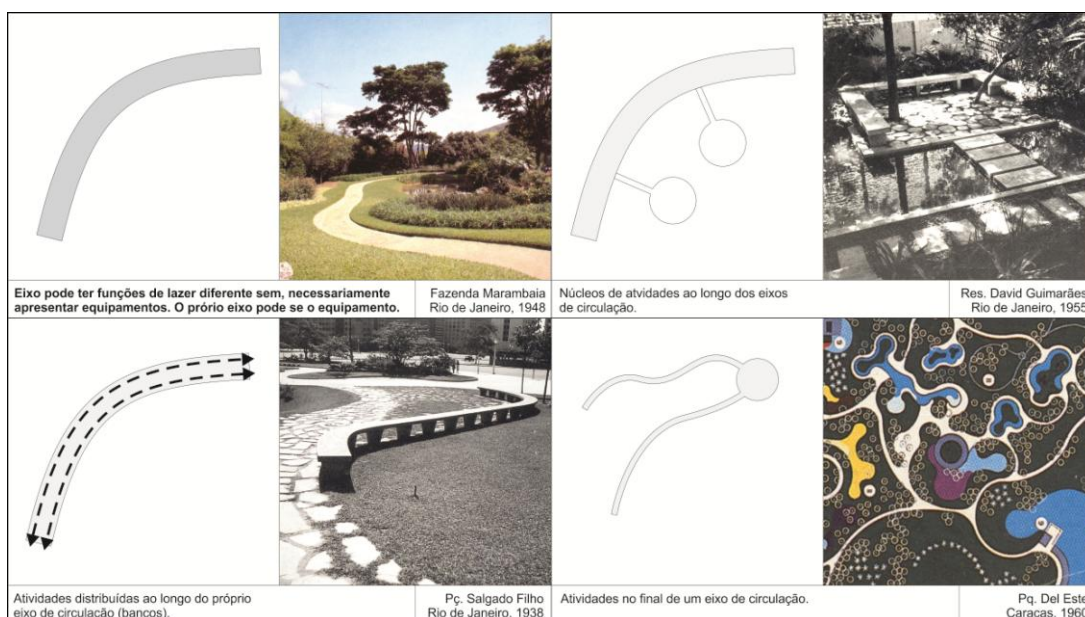


Figura 29: Distribuição de funções em um espaço livre

Fonte: Elaboração própria

Para definir a localização adequada das atividades e, por consequência, dos componentes e equipamentos em um projeto, é necessário antes realizar a análise dos elementos já presentes no espaço. Reid (2002), no livro *Landscape Graphics*, propõe um método e uma simbologia para a elaboração de diagramas conceituais, que parte, inicialmente, da análise do lugar. Segundo o autor, tipicamente os símbolos são utilizados para indicar a localização aproximada de um edifício, áreas e zonas de atividade, barreiras e pontos de interesse ou conflito.

Em seu livro Reid (2002) propõe uma classificação dos símbolos que, segundo o próprio autor, não precisa ser necessariamente seguida pelo leitor. São criadas duas classes principais de símbolos, os lineares e os não lineares. A primeira delas, a classe dos símbolos lineares, se divide em ativos e passivos. A subclasse dos símbolos ativos pode representar, por exemplo, os eixos de circulação, direção do vento, da água, de uma vista ou de circulação de veículos e pessoas. A que agrupa símbolos passivos é formada por barreiras, muros, enquadramentos, corredores de ruído, etc. Da classe de símbolos não lineares pode representar,

pontos focais, de interesse, zonas de conflito ou nós de circulação. A **Figura 30** apresenta as diferentes representações para cada uma das classes e os possíveis significados que cada uma pode adquirir.

Simbolos lineares ativos	Simbolos lineares passivos	Simbolos não lineares	
Circulação de automóveis Circulação de pedestres Pontos de acesso Direção de uma vista Direção do vento Movimento da água Movimento de qualquer tipo	Barreiras Muros Enquadramento Corredores de ruído Fronteiras ecológicas ou paisagísticas	Áreas focais Pontos de interesse Zonas de conflito Nós de circulação	Áreas de atividade, zonas Espaços funcionais ① Edifícios e estruturas ②

Figura 30: Classificação dos símbolos utilizados para a elaboração de um plano conceitual
Fonte: Reid (2002)

Nesta etapa de projeto, como será visto, ainda não é definida uma linguagem para o projeto. Contudo, esta fase é importante, pois será a partir dela que serão inseridos os equipamentos e componentes que irão dar funcionalidade, compor e estruturar o espaço. Portanto, para um estudante que está aprendendo a projetar, independentemente da tipologia de espaço livre, ensinar a elaborar um diagrama conceitual adequado é essencial.

Por meio do uso de uma lógica semelhante à de Reid (2002), foram desenvolvidas regras de uma gramática que representam esquematicamente os principais eixos, barreiras e bordas presentes no espaço livre (**Etapa 1** da gramática para a elaboração de um plano conceitual, representado no diagrama apresentado na **figura 26, página 60**). Cada uma destas

regras insere uma linha com um diferente estilo de tracejado, de modo a diferenciar a qualidade do componente identificado no espaço. Uma borda ou muro, por exemplo, podem ter qualidade paisagística positiva ou negativa, devendo ou não ser valorizados no diagrama conceitual. A **Figura 31** mostra imagens de diferentes bordas, mas com qualidades paisagísticas opostas.

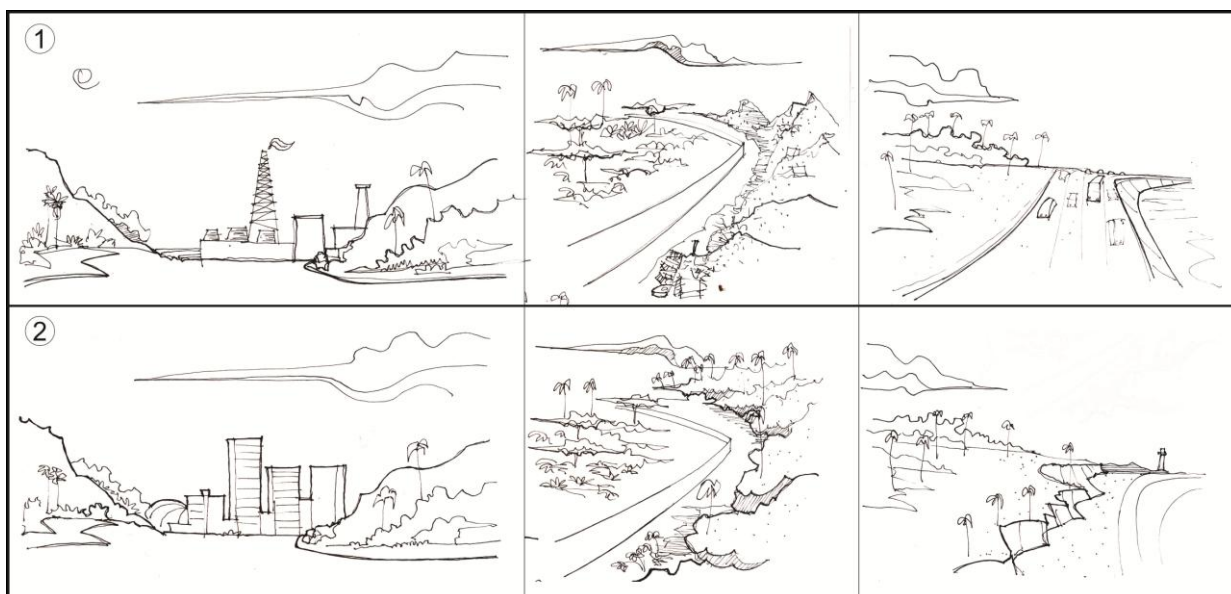


Figura 31: Bordas com diferentes qualidades paisagísticas

Fonte: Elaboração própria

Para definir quais destes componentes existentes no espaço livre devem ter valor positivo ou negativo paisagisticamente existem duas possibilidades de aplicação das regras. No primeiro caso, ao inserir a linha que indica, por exemplo, uma borda onde há uma via de fluxo intenso de tráfego, a sua cor deve ser vermelha. Neste caso é necessário tomar uma decisão de projeto que seja capaz de contornar suas características negativas, como a poluição sonora. Por outro lado, caso a borda seja uma praia as decisões de projeto devem ser realizadas de modo a valorizá-la e a cor da linha, neste caso, é preta. As regras para ambos os casos são apresentadas na **Figura 32**.

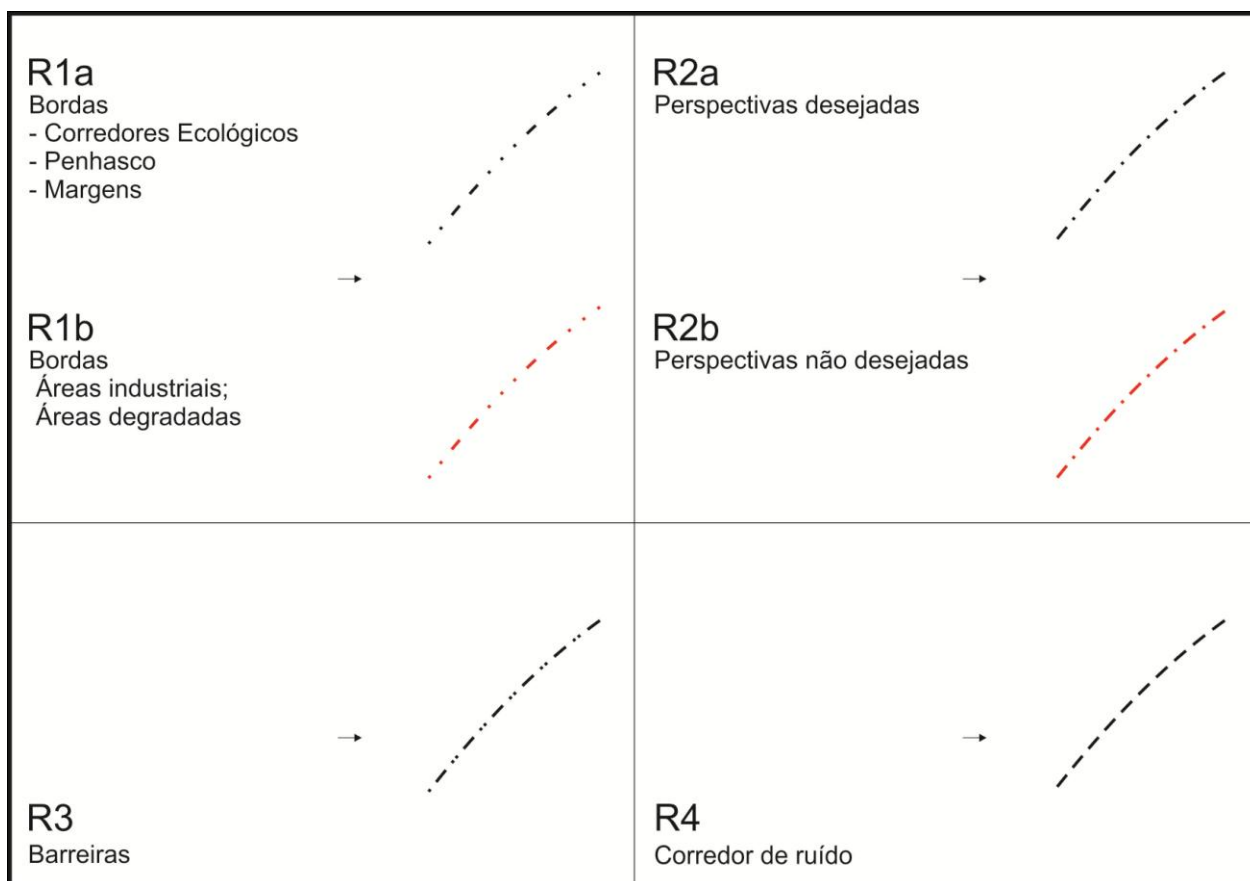


Figura 32: Regras para demarcar as qualidades paisagísticas do espaço livre

Fonte: Elaboração própria

Apesar de alguns componentes existentes no espaço poderem apresentar qualidades negativas, isso não impede que o projetista também possa buscar uma forma de contornar esta característica. A **Figura 33** mostra variações de uma mesma solução de projeto dada por Roberto Burle Marx para paredes cegas e muros, elementos usualmente considerados negativos. Muitas vezes o paisagista optou por transformá-los em um mural. Sua formação como artista plástico sempre lhe permitiu inserir elementos artísticos nos projetos, colaborando, assim, na composição. Outra abordagem, mais comumente encontrada em jardins, é a utilização de vegetação como anteparo, impedindo que um elemento indesejado seja visto percebido usuário.



Figura 33: Soluções de projeto de Roberto Burle Marx para paredões. (1) Praça Peru, Buenos Aires, 1972. **Fonte:** Bardi (1964). (2) Residência Olivo Gomes, São Bernardo dos Campos, 1950. **Fonte:** Bardi (1964). (3) Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1947. **Fonte:** Bardi (1964)

A **regra 5**, única regra pertencente a segunda etapa, é responsável por demarcar áreas pontuais de interesse no espaço, como uma rocha, um corpo d'água, uma ruína, um agrupamento de árvores ou uma árvore com características escultóricas, uma estrutura existente no terreno, etc. Estes não são locais que o usuário deve necessariamente acessar, mas áreas que devem ser valorizadas segundo a definição dos trajetos que formarão o sistema de circulação. A **Figura 35** mostra esta regra e exemplos de pontos focais.

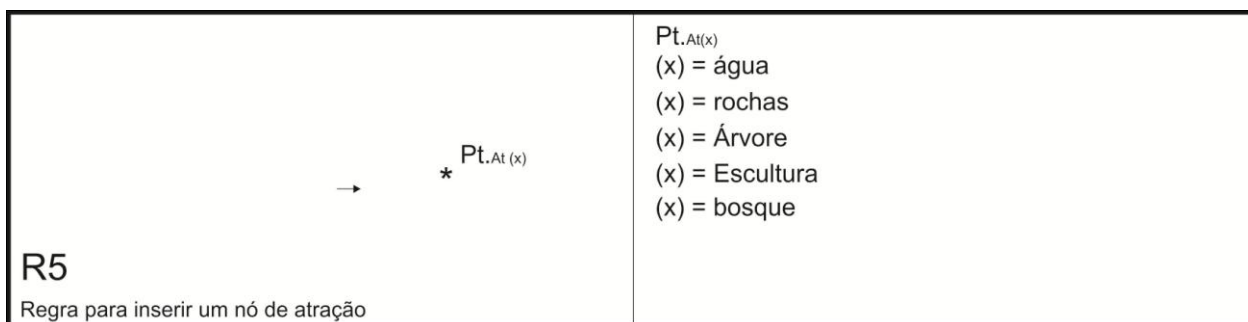


Figura 34: Segunda etapa da gramática para elaboração de um plano conceitual
Fonte: Elaboração própria

A **terceira etapa** para a definição de um plano conceitual contém duas regras. A primeira delas, a **regra 6**, é responsável por definir os pontos de atividades de lazer. Esta regra é apresentada na **Figura 35**. A sua localização depende dos componentes já presentes no espaço, demarcados por meio da aplicação das cinco regras iniciais (**etapas 1 e 2**). Essa relação entre os nós principais de atividade e os componentes existentes no espaço livre é necessária, pois cada atividade de lazer apresenta características que possibilita ou não a sua implantação em local próximo a determinados elementos, eixos ou áreas existentes no espaço livre. A **Figura 36** dá

exemplos de atividades incompatíveis com uma determinada configuração espacial existente. Ambas as situações envolvem a implantação de equipamentos próximos a uma via com muito tráfego de veículos. O exemplo apresentado à esquerda seria a de um playground e a da direita a de uma área com bancos. Nestas circunstâncias o barulho não torna viável esta solução. Além disso, no caso do playground, os veículos passando de forma tão próxima poderia ser perigoso para as crianças.

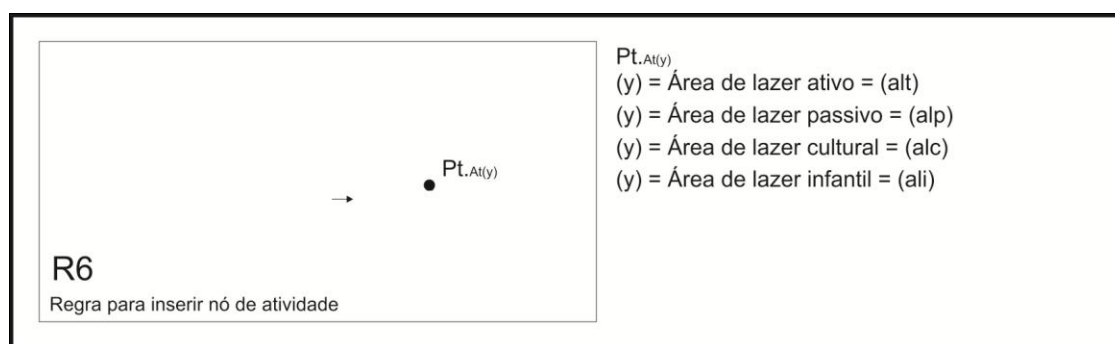


Figura 35: Regra para inserção de ponto de atividades

Fonte: Elaboração própria

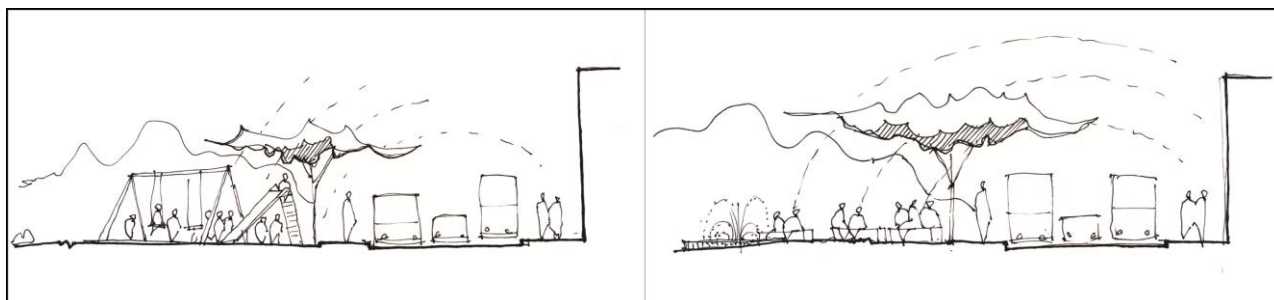


Figura 36: Exemplos de implantação de atividades em espaços inadequados.

Fonte: Elaboração própria.

A segunda regra da etapa de definição dos pontos focais é a **regra 7**, responsável por determinar quais são os pontos de atividade mais importantes presentes no espaço. A regra insere uma circunferência tendo como centro o ponto de atividade. O raio da circunferência varia segundo a relevância desse ponto no projeto. Quanto mais importante a atividade, maior será o raio do círculo e, conseqüentemente, maior será sua área de piso e número de equipamentos. A **Figura 37** apresenta a **regra 7**.

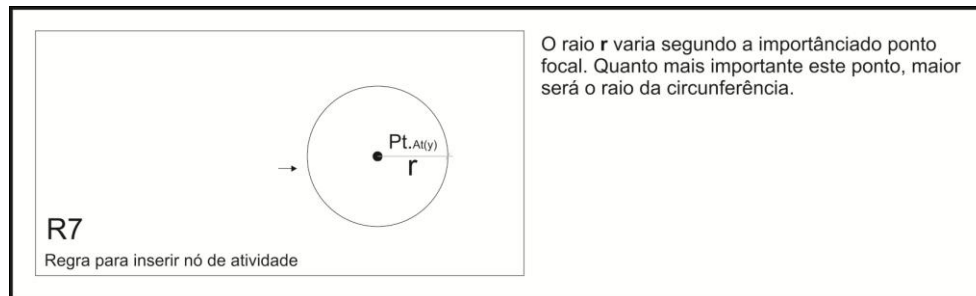


Figura 37: Definição da hierarquia dos pontos de atividade

Fonte: Elaboração própria

Após demarcar os pontos focais de atividade e determinar sua relevância no projeto, é necessário conectar esses pontos formando a possível rede de trajetos para a circulação (**etapa 4, regras 8 e 9**). Em um conjunto de x pontos existe a possibilidade de se $\sum_{i=1}^{n-1} i$ ligações, o que representa um número muito grande de possibilidades. . Por exemplo, em um conjunto de cinco pontos focais de atividade é possível efetuar dez ligações diferentes. A **Figura 38** mostra as possíveis conexões em uma série de pontos distribuídos de modo a formar um pentágono. No entanto, os trajetos principais devem ser privilegiados no estabelecimento das conexões entre os pontos focais, o que já reduz bastante o número de possibilidades.

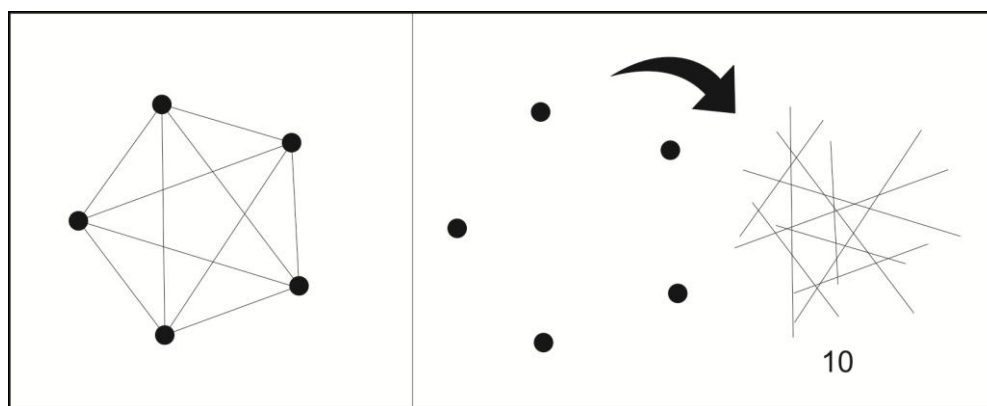


Figura 38: Distribuição de pontos e as possíveis conexões.

Fonte: Elaboração própria.

Contudo, a distribuição de atividades em um espaço livre não se dá simetricamente. Os pontos focais de atividade estão distribuídos aparentemente de modo aleatório no espaço. Neste caso algumas conexões tornam-se desnecessárias. Por exemplo, duas ligações que partem de um mesmo ponto e apresentam um ângulo pequeno entre si não são necessárias, pois formam

trajetos quase paralelos e próximos. Para evitar este tipo de situação é necessário realizar a maximização dos ângulos entre as possíveis conexões. Ou seja, identificar as conexões que são realmente importantes em função dos ângulos existentes entre elas.

Segundo Devillers (2002), em 1934 Boris Nikolaevich Delone criou um método de triangulação para um conjunto de pontos que cumpre uma condição por ele próprio estabelecida. Esta condição diz que, em uma malha formada por triângulos, a circunferência circunscrita de cada um dos triângulos não deve conter nenhum vértice de outro. Uma das propriedades obtidas pela triangulação de Delaunay é que o ângulo mínimo dos triângulos é maximizado. Caso houvesse uma distribuição irregular de cinco pontos no espaço o diagrama formado, realizando-se todas as ligações, seria semelhante ao obtido do lado esquerdo da **Figura 39**. Do lado direito da mesma figura está o diagrama obtido por meio da aplicação do método de triangulação de Delaunay. Nele as **conexões 1 e 2** não cumprem a condição proposta.

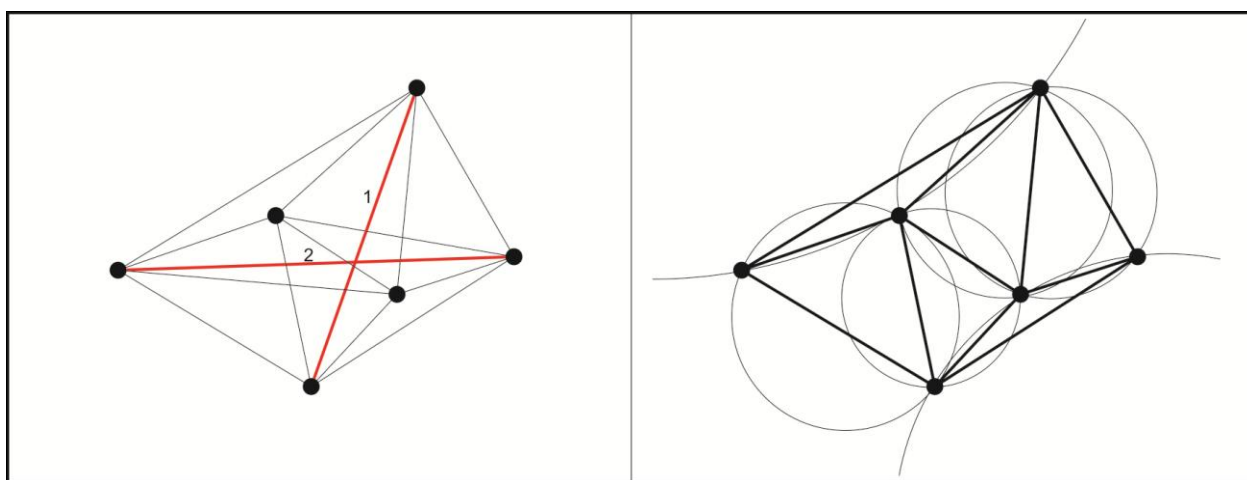


Figura 39: À esquerda exemplo de conexões inadequadas (1 e 2)
À direita conexões segundo o método de triangulação de Delaunay . **Fonte:** Elaboração própria

Mesmo utilizando este método de triangulação, algumas das conexões geram triângulos com ângulos oblíquos, principalmente no contorno do diagrama. Estas ligações também não são interessantes, pois formam trajetos desnecessários, praticamente paralelos e próximos um do outro. O diagrama correto de conexões seria o apresentado na **Figura 40**. Este apresenta todas as possibilidades de percurso de modo maximizado. A **regra 8** presente na **Figura 43** (página 76) determina a ligação dos pontos de atividade para que seja obtido um circuito.

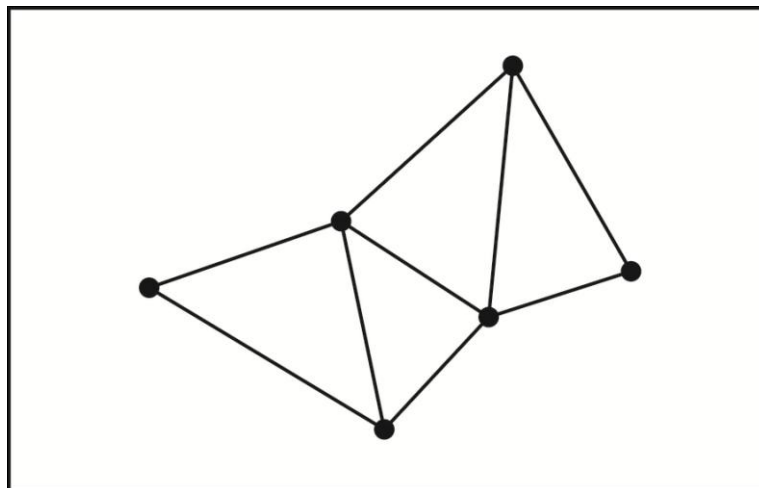


Figura 40: Redução ao número de conexões estritamente necessárias
Fonte: Elaboração própria

Contudo, os percursos em um projeto paisagístico não são tão objetivos. Dependendo das componentes presentes no espaço, ou seja, pontos de atração ou áreas lineares de interesse, o projetista tende a valorizá-las por meio do traçado dos eixos de circulação. Simonds (1997) propõe diferentes maneiras de projetar percursos para atingir um ponto em um espaço livre. A **Figura 41** mostra os esquemas elaborados pelo autor para representar as diferentes configurações para o projeto de eixos de circulação. Na **Figura 42** também são apresentados exemplos de pontos de interesse que podem existir em um espaço livre, segundo o autor.

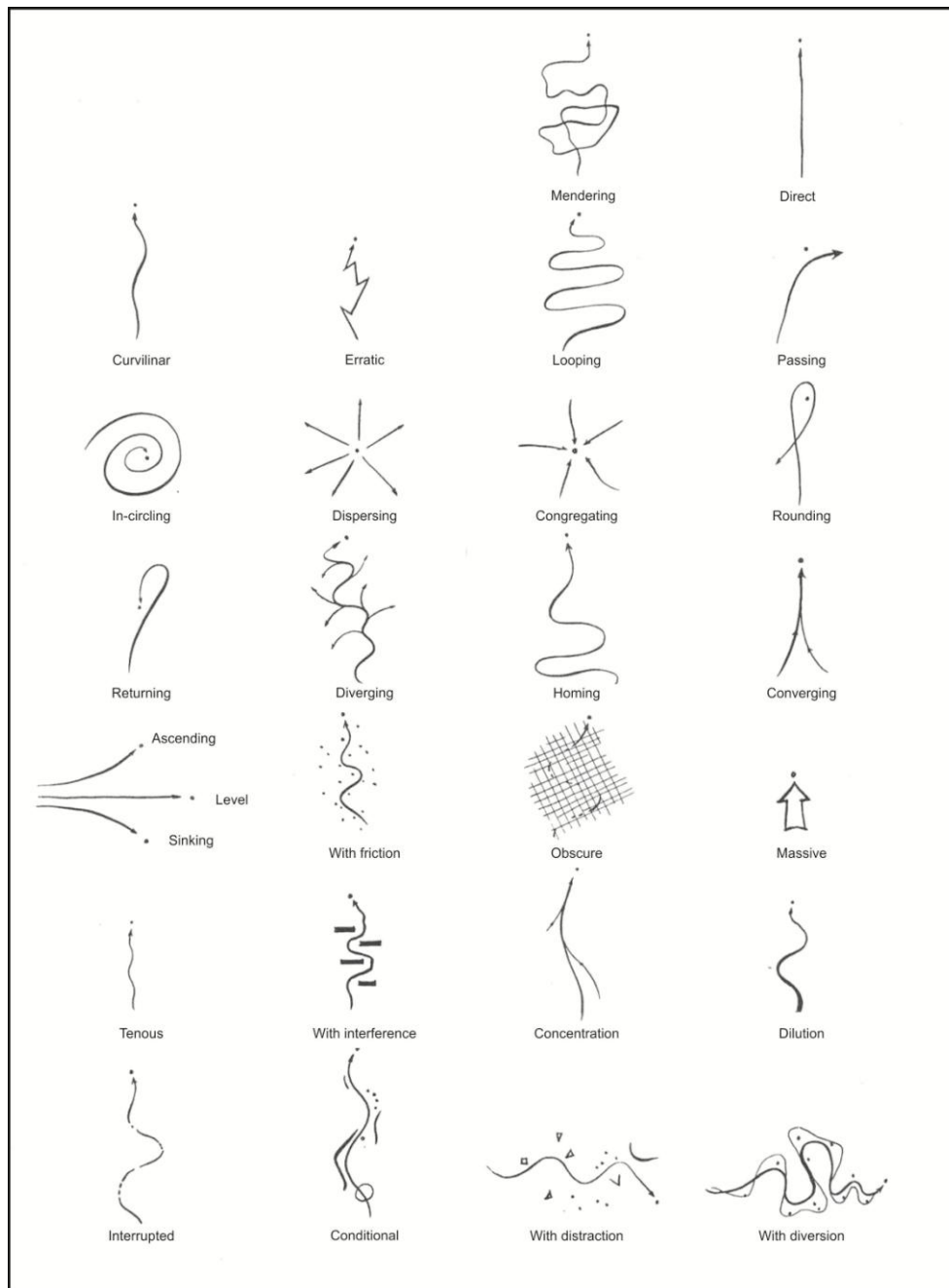


Figura 41: Exemplos de esquemas de percurso
Fonte: Simonds (1997)

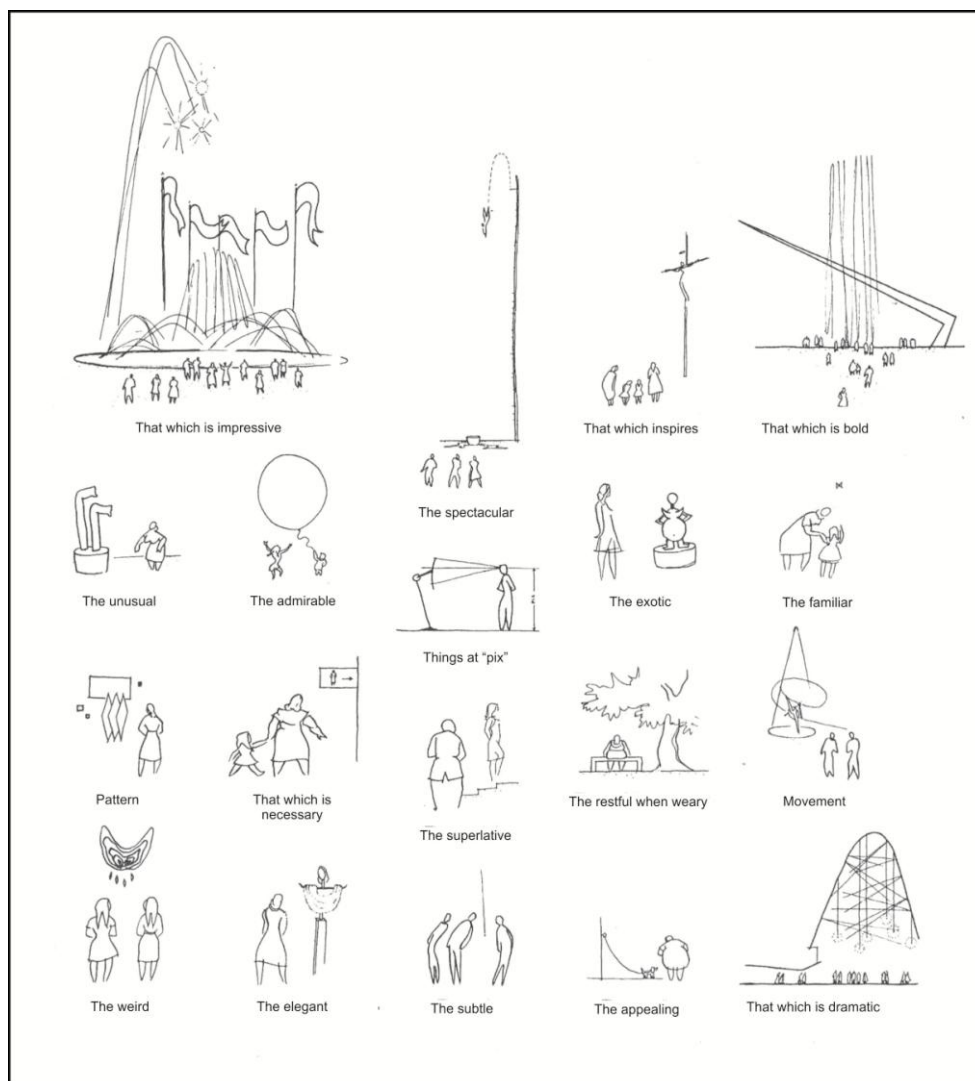


Figura 42: Exemplos de pontos de atração

Fonte: Simonds (1997)

A partir dos exemplos elaborados por Simonds foi elaborada a **regra esquemática 9**, também presente na **Figura 43**. Esta regra possibilita a modificação de um trajeto linear para um curvo de modo que a circulação passe próximo de um local de interesse. Se houver mais de um ponto de atração adjacente a uma ligação, o eixo de circulação sempre deverá se ajustar de modo a passar junto a eles. A **Figura 44** exemplifica a modificação de um trajeto se houver uma série de pontos de interesse ao longo de um eixo.

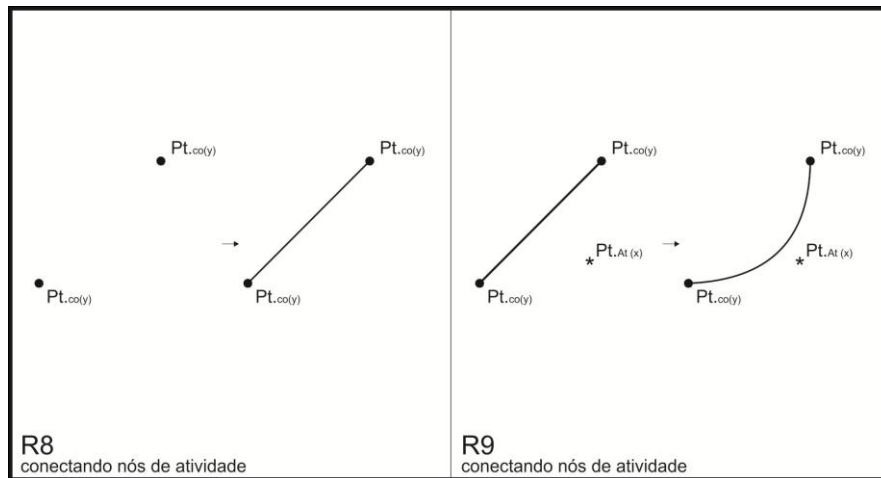


Figura 43: Regra para conexão e modificação dos trajetos segundo os pontos de atração
Fonte: Elaboração própria

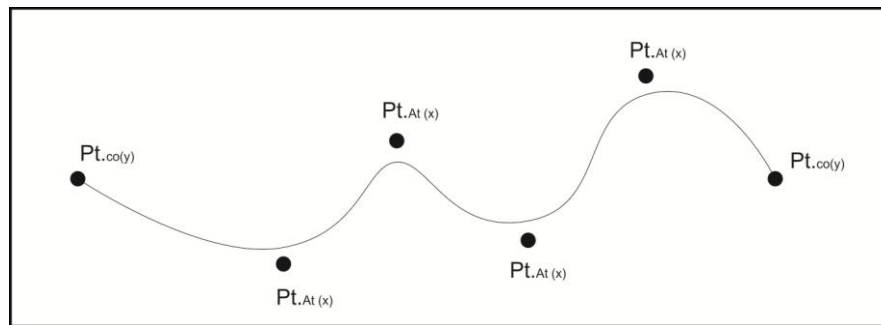


Figura 44: Exemplo de modificação de um trajeto
Fonte: Elaboração própria

Após definir os pontos de atividade, sua conectividade e o traçado, de modo que os eixos de circulação passem próximo às áreas de interesse, é necessário determinar quais são os eixos de circulação principais e derivá-los em diferentes tipologias (**etapa 5**). A **regra 10** na **Figura 46** modifica a espessura das linhas que deverão ter maior importância no sistema de circulação. Esses eixos deverão suportar maior número de usuários e atividades. No caso do diagrama de cinco pontos apresentado na **Figura 40** (página 73), este poderia ser alterado como na **Figura 45**, formando, por exemplo, um circuito externo que apresenta importância hierárquica maior que o interno.

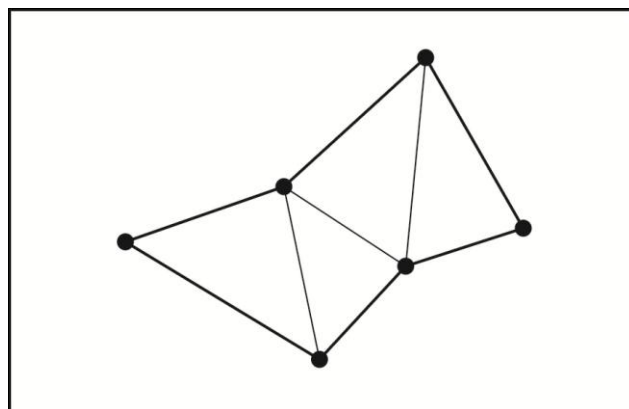


Figura 45: Diagrama com diferenciação da hierarquia dos eixos
Fonte: Elaboração própria

Após a definição dos eixos de circulação principal do sistema, os tipos de circulação são diferenciados por meio da aplicação das **regras 11 a 16** (continuação da **etapa 5**). Ao utilizá-las, o projetista pode definir trilhas, pistas de caminhadas, ciclovias e vias de acesso por carro, ou pode determinar eixos que são compostos por mais de um tipo de circulação, caso das **regras 14 e 15**. Estas regras estão presentes na **Figura 46**.

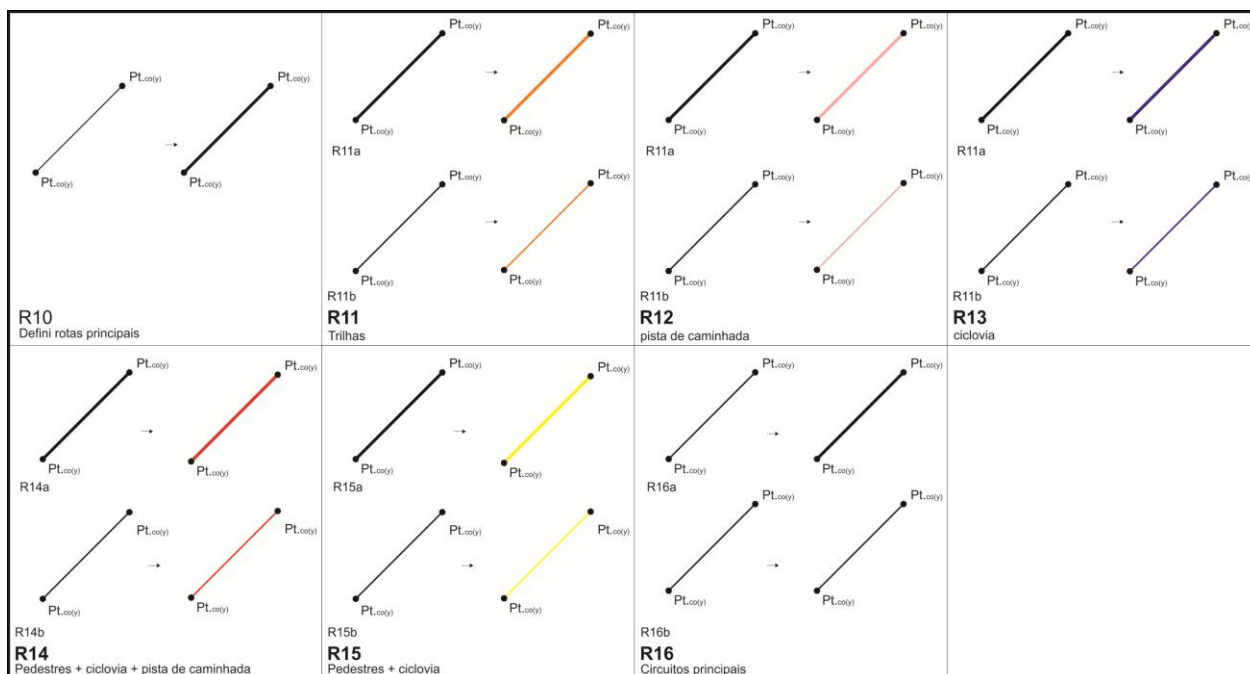


Figura 46: Regras para determinar o tipo de circulação. (R10) diferencia hierarquia de circulação. (R11 a R16) diferencia a tipologia de circulação segundo cores.

Fonte: Elaboração própria

Após a aplicação destas regras, o projetista obtém um diagrama conceitual do projeto. Este precisa ser modificado de forma a deixar de ser apenas um esquema, passando a apresentar uma linguagem de projeto. Nesta etapa, devem ser detalhadas as áreas de piso, equipamentos e componentes que comporão o espaço livre. Esta é uma fase na qual há maior liberdade, em que regras esquemáticas podem ser utilizadas apenas para ilustrar as diferentes possibilidades de solução para um problema. Não é necessário aplicá-las em seqüência, pois estas podem ser consideradas como referência das possíveis formas de se agregar uma linguagem ao esquema. A **Figura 47** exemplifica um conjunto de regras para o desenho dos eixos de circulação extraídas de projetos de Burle Marx.

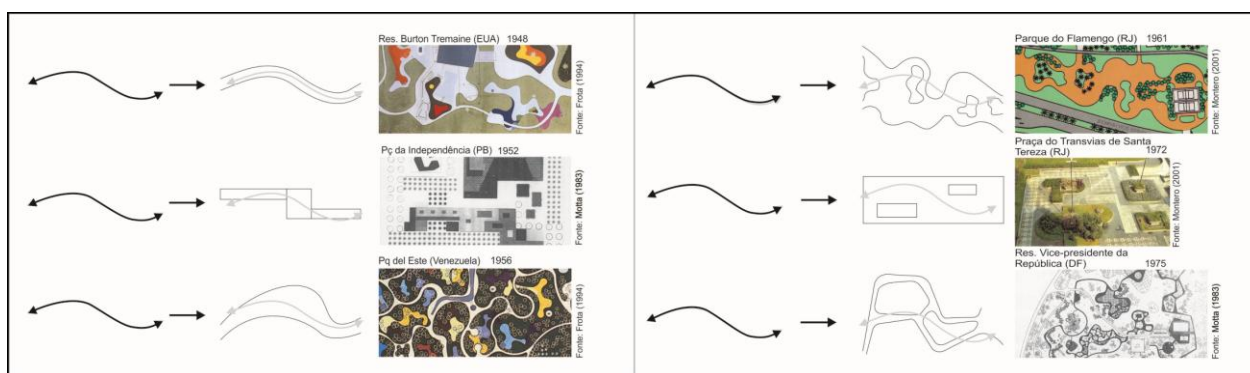


Figura 47: Possíveis linguagens para o desenho de eixos de circulação
Fonte: Elaboração própria

A partir da aplicação destas regras foi elaborado um plano conceitual para um espaço livre. O processo de derivação das regras está ilustrado na **Figura 48**.

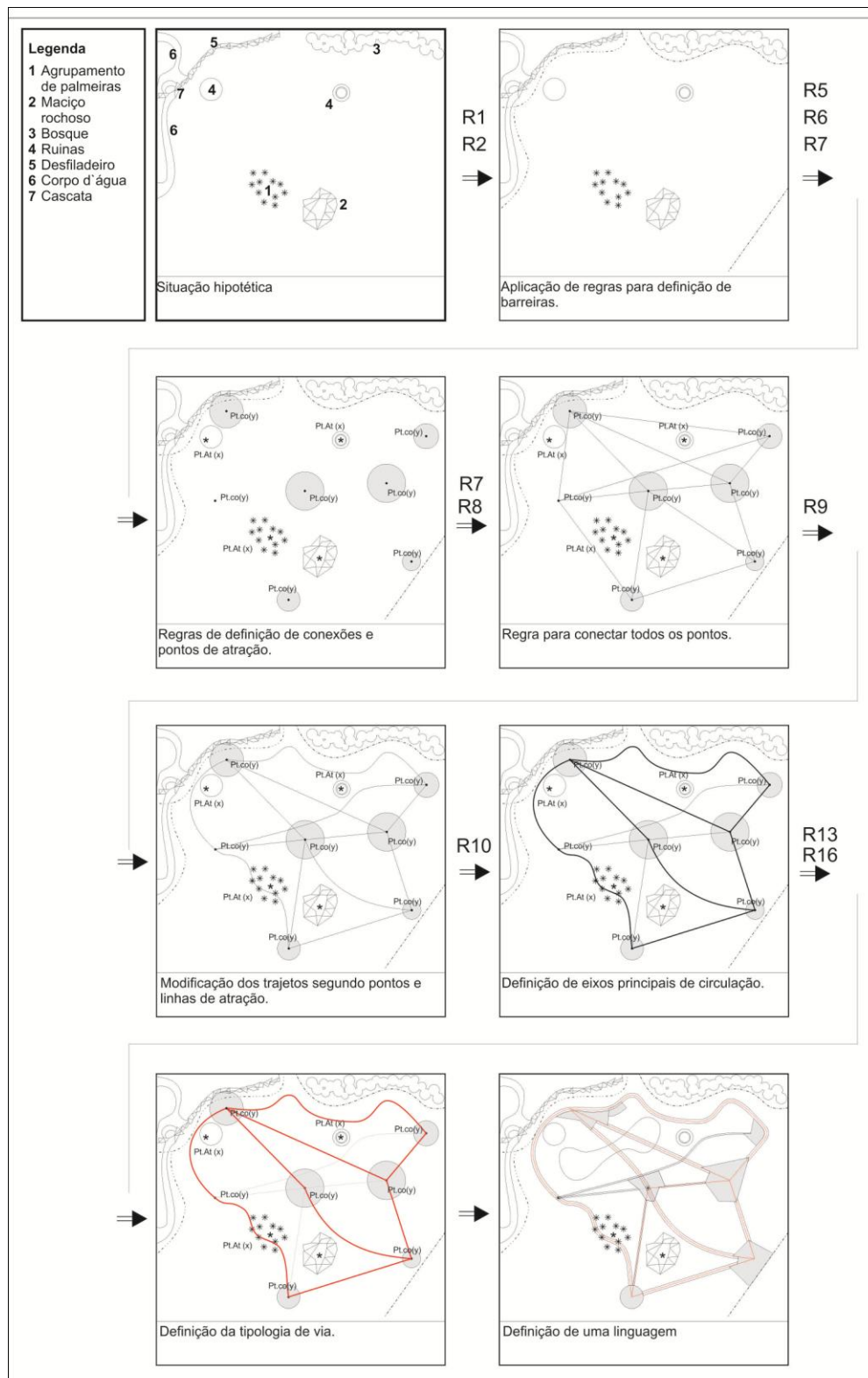


Figura 48: Exemplo de uma derivação

Fonte: Elaboração própria

3.2.2. Gramática – inserindo componentes no jardim

Segundo Simonds (1997), a compartimentalização dos espaços é uma estratégia importante de projeto em arquitetura paisagística. Por meio do trabalho com elementos como árvores, arbustos, forrações, pérgulas e esculturas, é possível dividir e construir espaços, ora criando planos verticais, ora horizontais. É importante que os alunos saibam trabalhar com esses componentes, caso contrário não haverá organização ou coerência espacial no jardim. O estudante, por exemplo, deve compreender que o extrato arbóreo não deve ser simplesmente utilizado como um preenchimento no espaço livre. Ou seja, deve haver uma lógica para sua inserção, podendo formar planos verticais, planos horizontais de cobertura, maciços etc.

Nessa etapa da pesquisa, propõe-se uma gramática da forma capaz de gerar as possíveis configurações com que os componentes compositivos podem ser arranjados espacialmente em um projeto. Para desenvolvê-la, inicialmente foi necessário identificar os principais elementos responsáveis por compartimentar e estruturar os espaços em um jardim. Com o intuito de realizar essa tarefa, a classe, que engloba todos os componentes, foi dividida em três subclasses. A primeira delas é chamada de **subclasse Verde** e contém todos os componentes vegetais que podem ser encontrados em um jardim. A segunda é a **subclasse Água**, que é formada por todos os componentes que tenham a água como principal elemento compositivo. A terceira é a **subclasse Construído**, que abrange todos os componentes construídos ou que não pertencem às subclasses Verde ou Água.

Os componentes são representados nas classes por meio de perspectivas isométricas que buscam capturar sua forma essencial. Uma árvore, por exemplo, é composta por dois cilindros, um representando o tronco e outro, a copa. Dependendo das dimensões desses cilindros, os desenhos podem simbolizar árvores de copa horizontal ou vertical, palmeiras, arvoretas, arbustos etc. Definiu-se essa representação simplificada dos componentes como sendo a mais adequada, pois os elementos não precisam necessariamente ser idênticos aos reais. Desse modo, o processo de implementação e parametrização que seria realizado no *Grasshopper* se tornou muito mais fácil. As **Figuras 49 a 51** mostram as diferentes classes e os componentes a elas pertencentes.

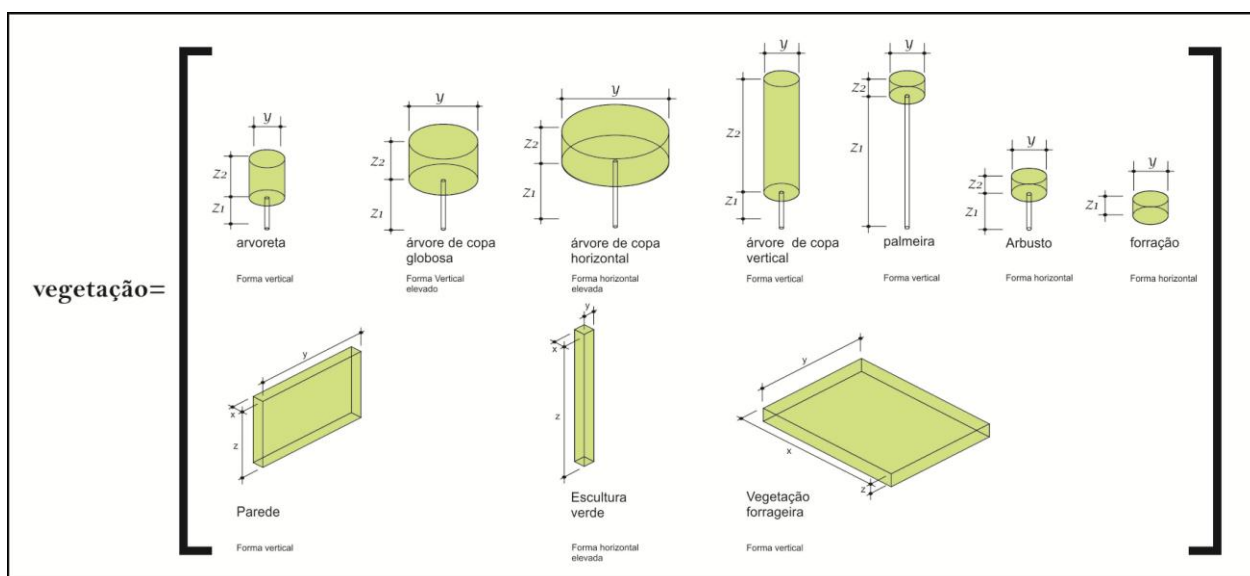


Figura 49: Componentes da subclasse Verde

Fonte: Elaboração própria

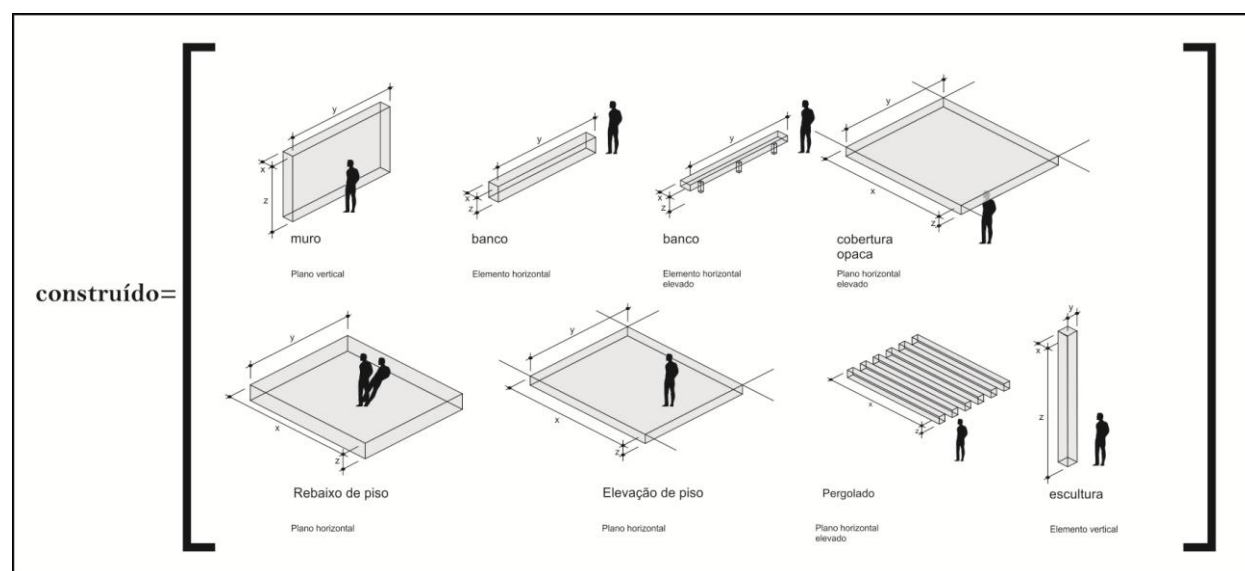


Figura 50: Componentes da subclasse Construído

Fonte: Elaboração própria

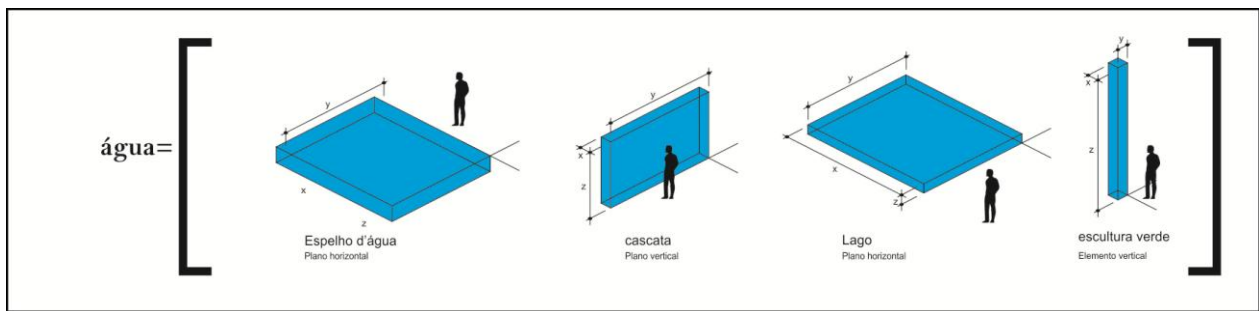


Figura 51: Componentes da subclasse Água
Fonte: Elaboração própria

Depois de organizados nas classes **Verde**, **Construído** e **Água**, os componentes foram rearranjados segundo suas características formais. Sendo assim, foram criadas outras quatro classes, denominadas **Forma Horizontal**, **Forma Vertical**, **Plano Horizontal** e **Plano Vertical**. Nas duas primeiras, existem apenas componentes isolados. Por exemplo, um poste de iluminação pode ser considerado uma **forma vertical** e um banco, uma **forma horizontal**. Nas classes **Plano Horizontal** e **Plano Vertical**, ou há a combinação dos componentes para gerar a forma predominante ou existem componentes únicos que apresentam uma das dimensões muito maior que a outra, caracterizando assim um plano. Uma série de palmeiras alinhadas forma um plano vertical constituído por inúmeros elementos, e um muro gera um plano vertical formado por um único elemento. A diferença entre essas duas situações é que, na primeira, o plano é formado por vários componentes, enquanto que, na segunda, por apenas um. A partir dessas quatro novas classes, foram elaborados quatro diagramas que as relacionam com as classes Verde, Construído e Água. (**Figura 52 a 55**).

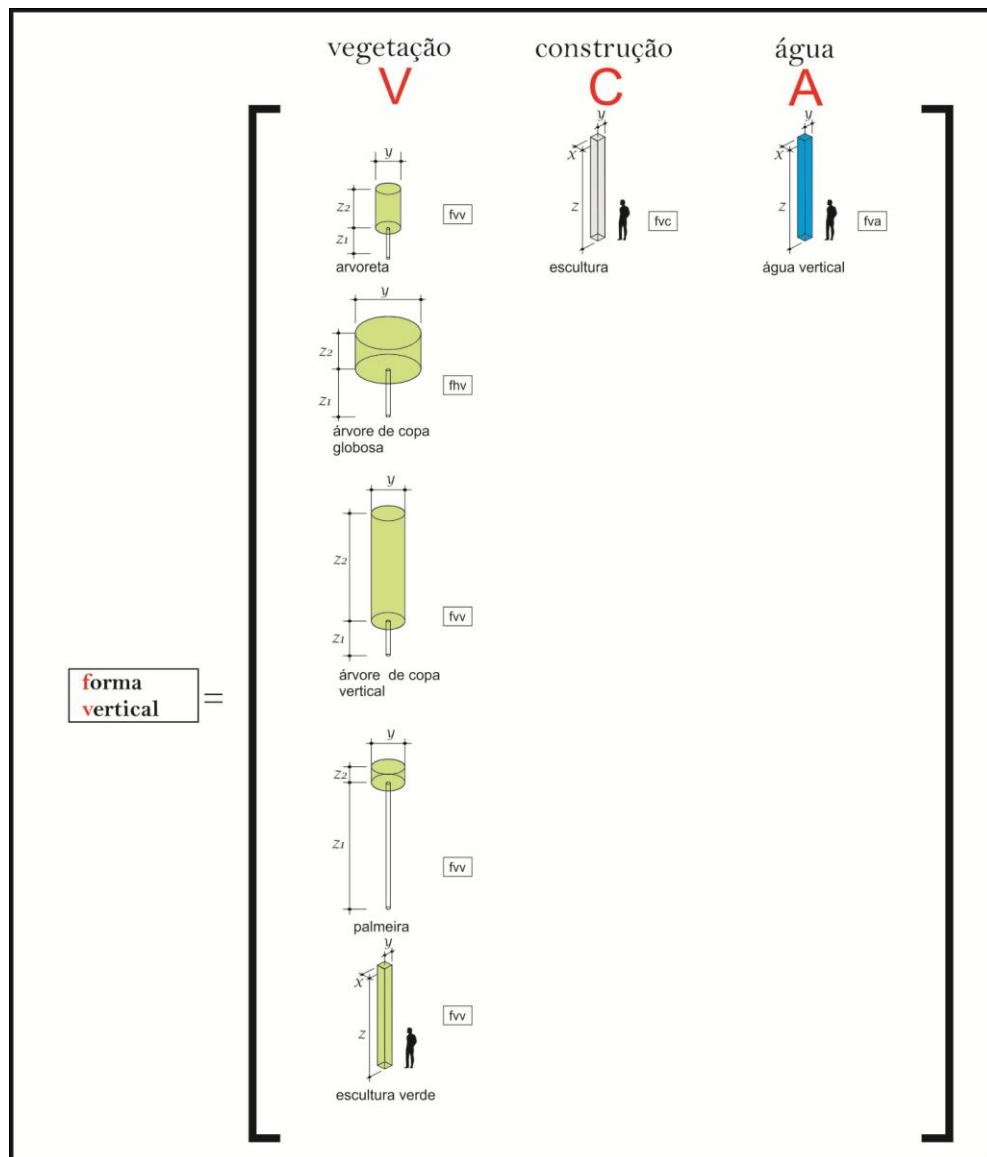


Figura 52: Classificação das formas verticais presentes nas subclasses Verde, Construído e Água

Fonte: Elaboração própria

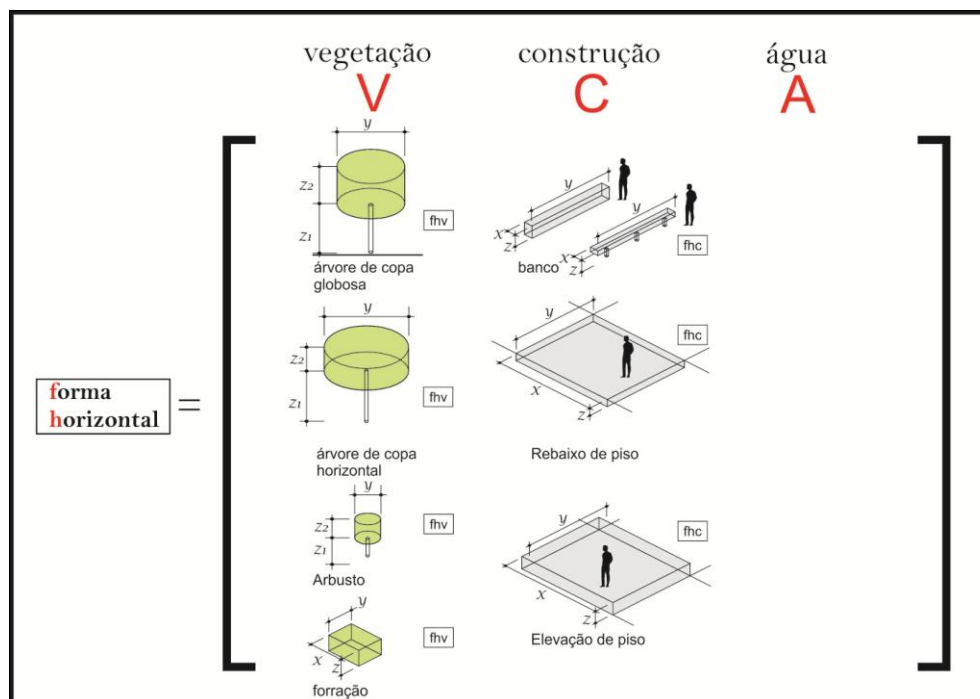


Figura 53: Classificação das formas horizontais presentes nas subclasses

Fonte: Elaboração própria

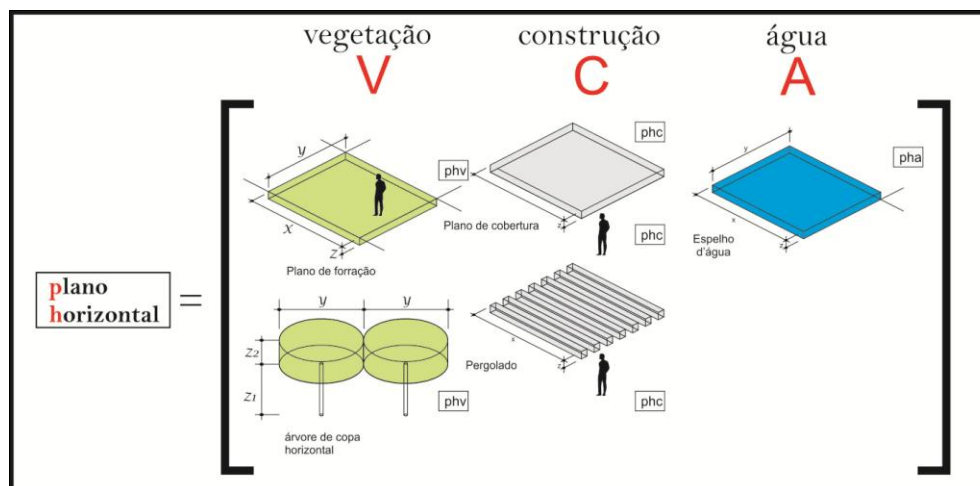


Figura 54: Classificação dos planos horizontais presentes ou que podem ser obtidos por meio dos componentes presentes nas subclasses Verde, Construído e Água

Fonte: Elaboração própria

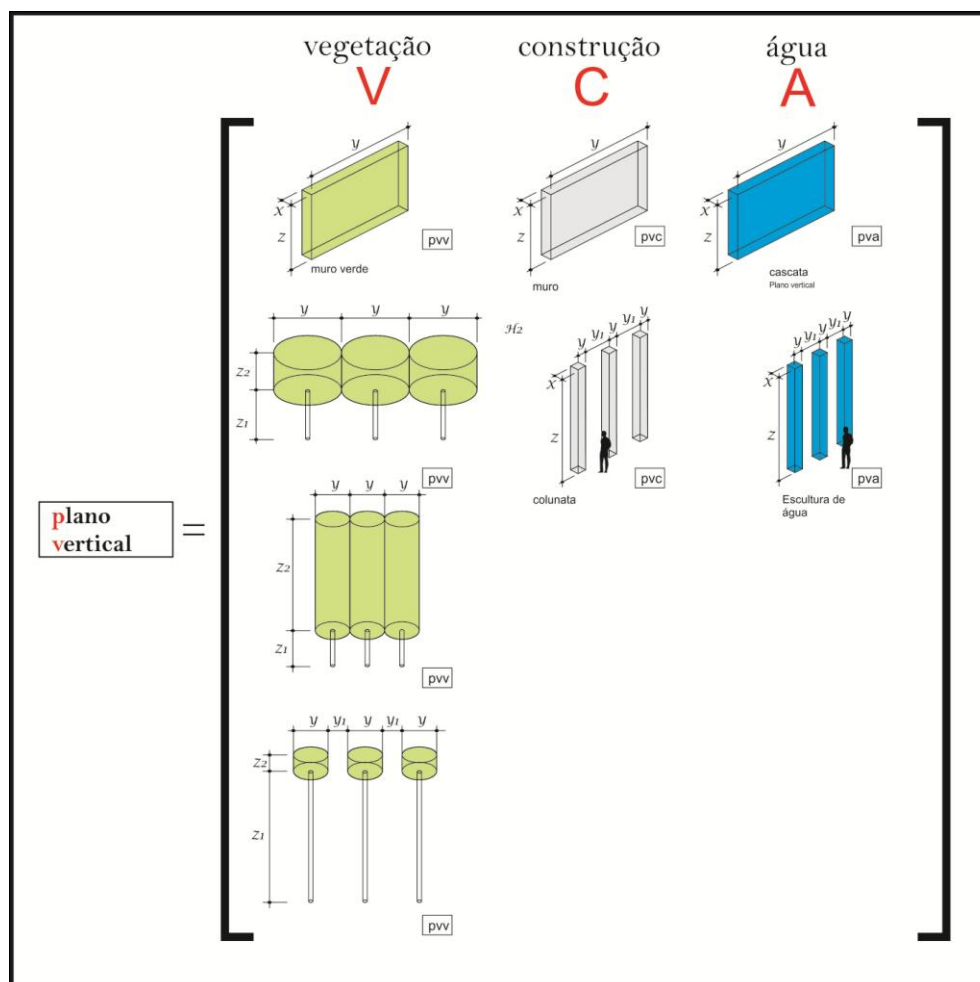


Figura 55: Classificação dos planos verticais presentes ou que podem ser obtidos por meio dos componentes presentes nas subclasses Verde, Construído e Água

Fonte: Elaboração própria

A partir da separação dos componentes nas subclasses, foi possível avaliar como eles são utilizados para compor o espaço. Por meio dessa análise, foram elaboradas as regras desta etapa da gramática. O primeiro conjunto delas trata da forma de inserção dos componentes em um projeto.

Segundo Moore, Mitchell & Turnbull (1988), as paisagens inglesas de Capability Brown⁹ eram formadas por pouquíssimos elementos – campos ondulantes, árvores isoladas, grupos e fileiras de árvores, água, vaquinhas e o céu inglês. Tirando as vaquinhas e o céu inglês, é possível notar quatro situações espaciais nos seus projetos: uma em que não há nenhum

⁹ Lancelot Brown (1716-1783), também conhecido como Capability Brown, foi um dos mais famosos paisagistas ingleses. Em seus projetos, construía paisagens aparentemente não planejadas e naturais. Seu trabalho é conhecido como uma antítese dos jardins de Versalhes, elaborados por André Le Notre (Encyclopedia Britannica).

componente (campos ondulantes), e três com os componentes distribuídos segundo diferentes configurações (árvores isoladas, em fileiras ou agrupadas). Essas três situações podem ser convertidas em regras de inserção: como um ponto isolado, ao longo de uma linha ou com os elementos ocupando uma determinada área (**regras 17 a 19 da Figura 56**). Nesse caso, o campo ondulado pode ser considerado a forma do lado esquerdo da regra e árvores isoladas, fileiras e agrupamento de árvores, as formas que estão presentes do lado direito de uma regra.

Essas são as formas mais usuais de inserção dos diferentes componentes em um espaço livre. Árvores e palmeiras muitas vezes são inseridas ao longo de um caminho, alinhadas e formando um eixo. Dependendo da espécie arbórea elas também podem ser introduzidas como um elemento isolado, tendo uma função escultórica no jardim. Um bosque é formado por um agrupamento de árvores que ocupam uma determinada área. Um lago também ocupa uma determinada área e bancos podem ser inseridos linearmente, ao longo de um eixo de circulação.

A inserção de um ponto não tem informação suficiente para que sejam também determinadas a forma e a classe de componente que ele está representando. Por esse motivo, cada ponto apresenta um marcador simbolizado pela letra *c*, o qual funciona como um código inicial que deve ser derivado, como no diagrama apresentado do lado direito da **Figura 56**. Por exemplo, o marcador *c* pode ser derivado até formar o código **pvc** (plano vertical construído). Nesse ponto, portanto, será inserido, provavelmente, um muro ou uma grade.

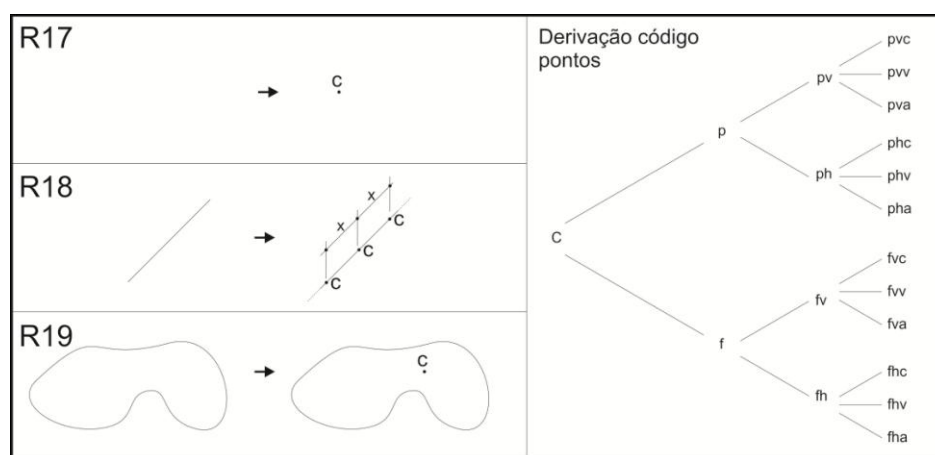


Figura 56: Regras para inserção de códigos que definem as classes de componentes

Fonte: Elaboração própria

Após a definição dos códigos, poderão ser aplicadas as **regras 20 a 22**, responsáveis por inserir os componentes. Como essas regras são parametrizadas, cada uma delas pode assumir a forma de mais de um dos componentes classificados anteriormente. A **Figura 57** mostra que, ao lado de cada uma das regras, há uma lista que indica quais são os componentes compositivos que podem ser gerados por meio da sua utilização. Essas listas funcionam como uma sugestão, porém, por meio da manipulação das variáveis, é possível formar outros componentes. A **regra 22** pode, por exemplo, representar árvores e arbustos. Apesar de simples, as regras têm o poder de abranger as inúmeras possibilidades de componentes, dependendo apenas do código definido pelo projetista e dos valores aplicados às variáveis. Se um componente não foi classificado ou listado, pode ser gerado da mesma maneira, tudo depende da criatividade do projetista.

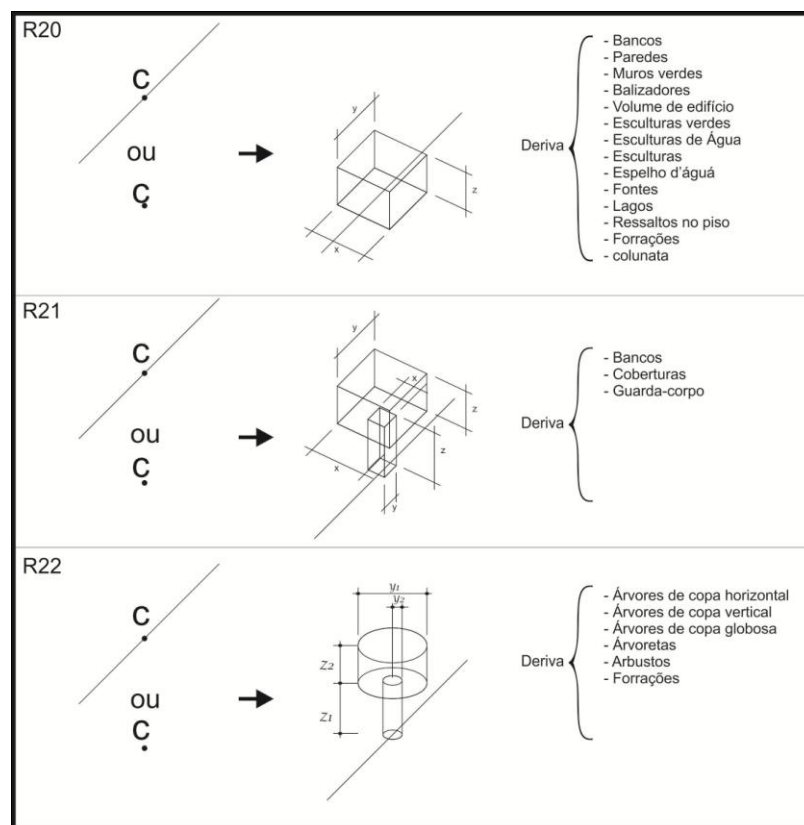


Figura 57: Regras de inserção de componentes
Fonte: Elaboração própria

A inserção das formas não torna explícita à qual classe cada uma delas pertence. Se todas forem aplicadas dessa maneira em um projeto, no final do processo de geração da

composição não seria possível diferenciar o que é, por exemplo, uma escultura verde, uma escultura de pedra ou uma de água. Para evitar essa confusão, após aplicar a regra de inserção do componente, o código não é apagado, permanecendo para depois ser substituído pelas regras que inserem as cores. Como já foi visto, a última letra do código diferencia a que classe de objetos ele pertence. Nas **regras esquemáticas 23 a 25**, presentes na **Figura 58**, essa variável do código determina um intervalo de valores de cores. Um componente pertencente à classe Verde pode ser preenchido, por exemplo, por diferentes tons de verde. A definição de uma paleta e não de apenas uma cor para cada classe é uma estratégia que possibilita também a diferenciação dos objetos pertencentes a uma mesma classe. Desse modo, é possível reconhecer no projeto se um componente é uma lata de lixo, um poste ou um balizador.

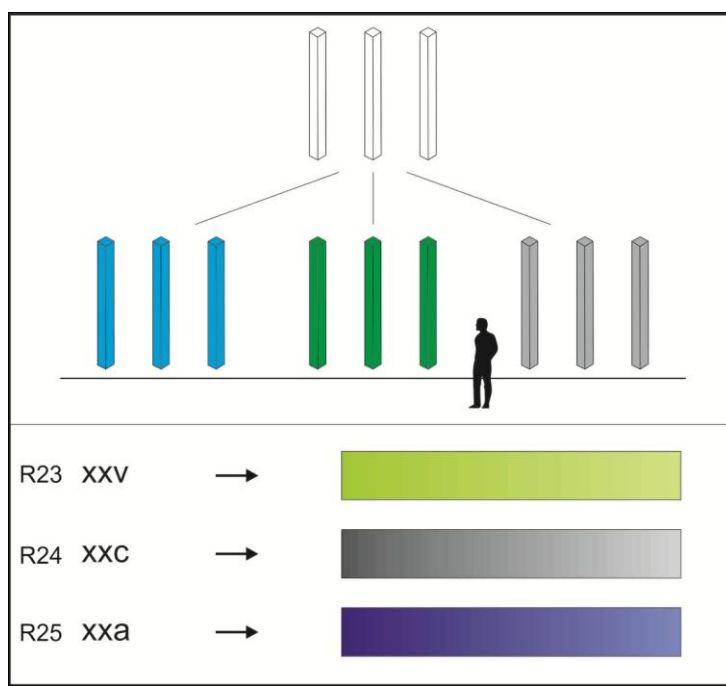


Figura 58: Definição das cores dos componentes

Fonte: Elaboração própria

Por meio da utilização das regras anteriores, foram derivadas situações em que os componentes das diferentes classes formam planos horizontais e verticais. Dependendo da manipulação das variáveis presentes nas regras, é possível, por exemplo, gerar planos com diferentes graus de opacidade, criando assim espaços mais compartimentados ou não. Planos opacos, por exemplo, podem ser criados por meio da utilização de árvores com copas verticais

com espaçamentos reduzidos. Por outro lado, a utilização de palmeiras molda um plano vertical, embora transparente, com os troncos marcando regularmente os intervalos. Já o emprego de espécies com copa horizontal permite, além da demarcação do ritmo ao longo de um caminho, a formação de um plano horizontal de cobertura.

A partir das regras esquemáticas, também é possível derivar composições esquemáticas para canteiros posicionados ao longo de caminhos. As **derivações 6 a 8**, presentes na **Figura 59**, e as demais derivações mostradas na **Figura 60** mostram dez situações diferentes representando o emprego de espécies forrageiras, arbustos, bancos ou depressões e elevações no piso ao longo de um eixo de circulação. As regras também permitem a derivação de palmeiras em ambos os lados de um caminho ou a geração de elementos escultóricos formados por vegetação ou não. A última derivação insere um agrupamento de árvores em uma determinada área.

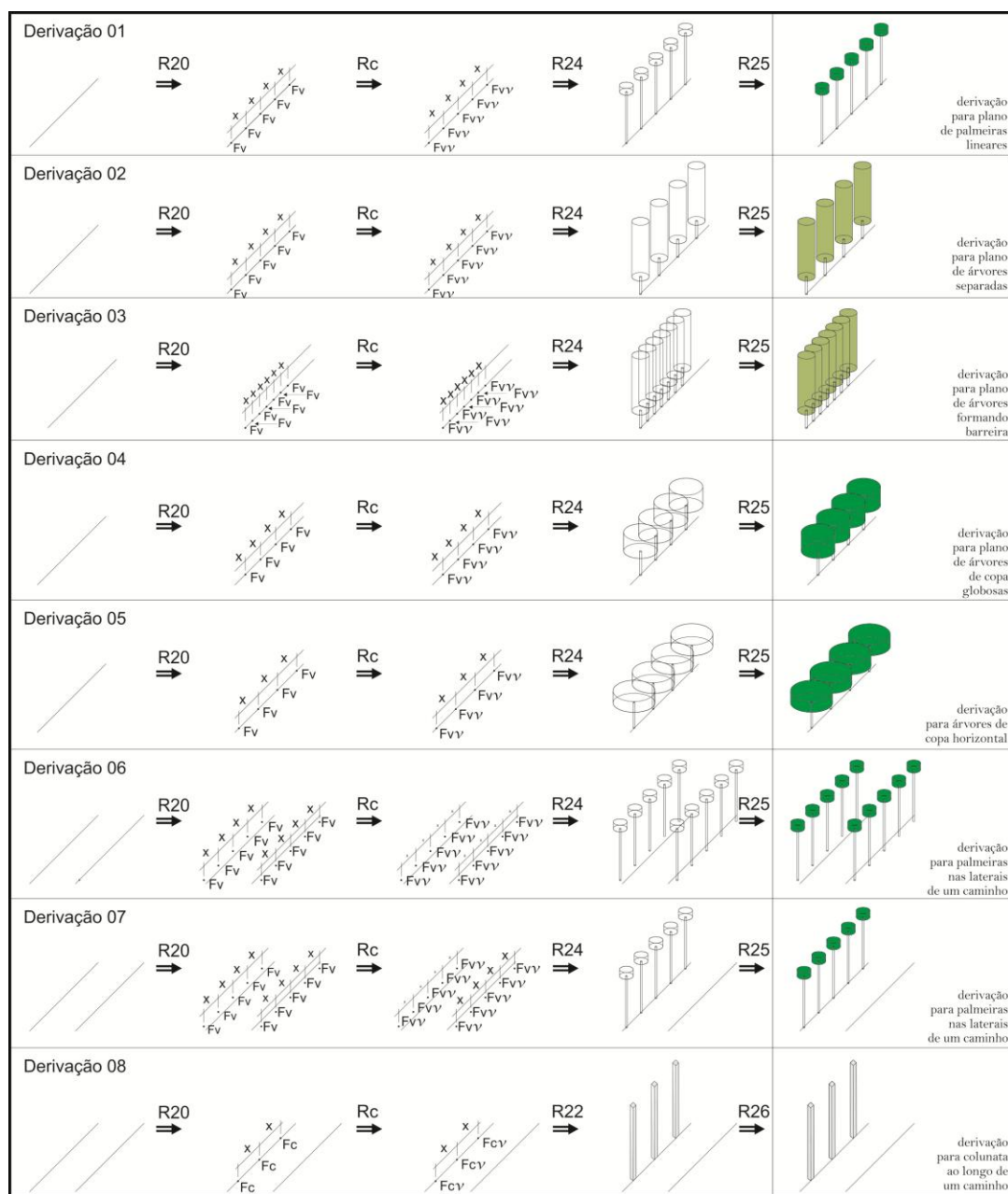


Figura 59: Exemplos de derivações obtidas por meio da aplicação das regras da gramática

Fonte: Elaboração própria

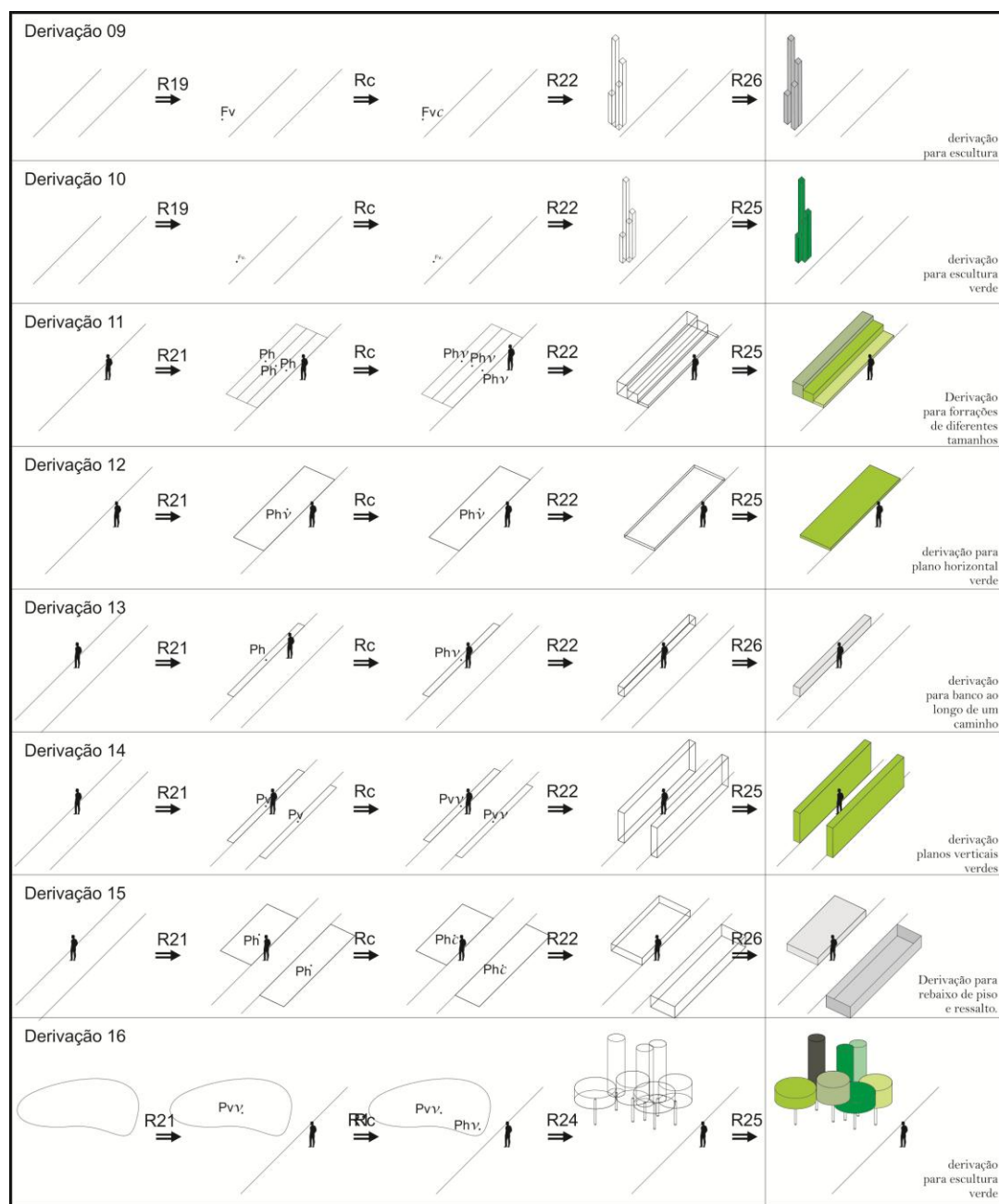


Figura 60: Exemplos de derivações obtidas por meio da aplicação das regras da gramática

Fonte: Elaboração própria

Além das derivações dos planos horizontais e verticais, também foram geradas, por meio da aplicação das regras, situações compositivas ao longo de um eixo de circulação. Nelas, componentes de diferentes classes foram gerados, criando assim áreas de bancos sombreadas por árvores, paredes verdes ao longo de caminhos, áreas de forração com diferentes alturas etc. Essas situações mostram que, por meio da utilização desta gramática da forma, é possível compor

espaços livres e demonstrar que a utilização das regras esquemáticas desenvolvidas é capaz de gerar uma enorme quantidade de soluções de projeto. A **Figura 61** mostra as derivações formadas por diferentes componentes. Essas derivações são instâncias de esquemas que contêm mais de um conceito.

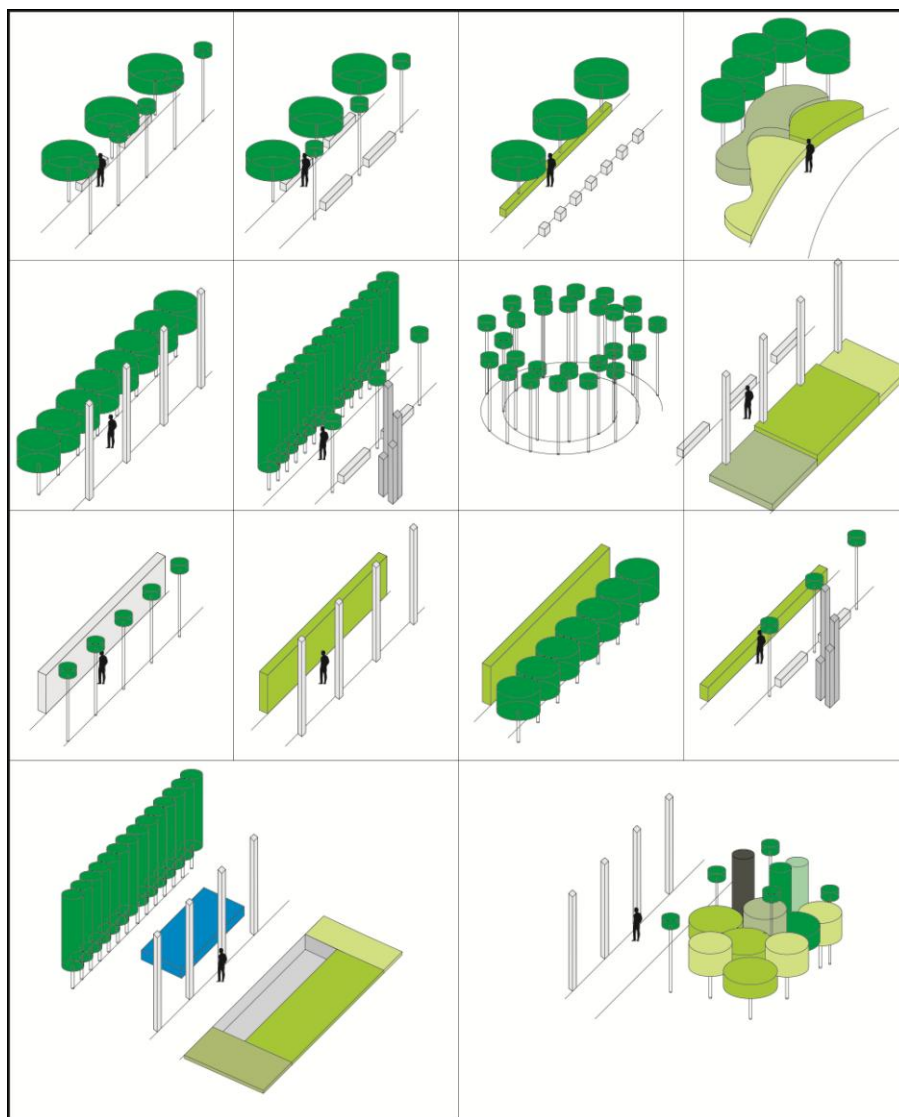


Figura 61: Composições elaboradas por meio do uso da gramática

Fonte: Elaboração própria

Este espaço de solução muito amplo faz com que seja possível obter não apenas boas soluções para uma determinada composição, mas também soluções satisfatórias ou insatisfatórias. O gráfico apresentado na **Figura 62**, elaborado por Mitchell (1975), representa os diferentes tipos

de soluções que podem ser obtidas para um sistema generativo. Uma maneira de evitar a obtenção de soluções insatisfatórias seria utilizar um procedimento de avaliação, que deve se basear em critérios objetivos para diferenciar as boas das más soluções. As regras de proporção presentes nos *Quatro Livros de Arquitetura* de Palladio podem ser consideradas como bons exemplos de critérios estéticos objetivos. Por meio delas, é possível gerar salas com proporções adequadas, relacionando a profundidade do ambiente a sua largura e sua altura com a largura.

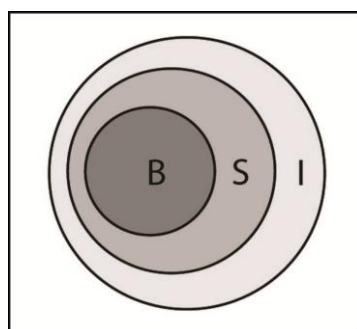


Figura 62: Esquema de possíveis soluções para um sistema generativo
Fonte: Mitchell (1975)

A utilização de um procedimento de avaliação poderia, por exemplo, basear-se na definição de intervalos de valores que podem ser utilizados nas regras esquemáticas. Isso poderia evitar, por exemplo, a derivação de componentes desproporcionais ou, no caso da inserção de componentes ao longo de uma linha, que formas representando palmeiras ficassem muito próximas uma das outras. No entanto, esse tipo de avaliação não evitaria que houvesse uma má relação entre os diferentes componentes derivados em uma determinada situação de projeto. A **Figura 63** mostra diferentes componentes desproporcionais ou com distâncias inadequadas.

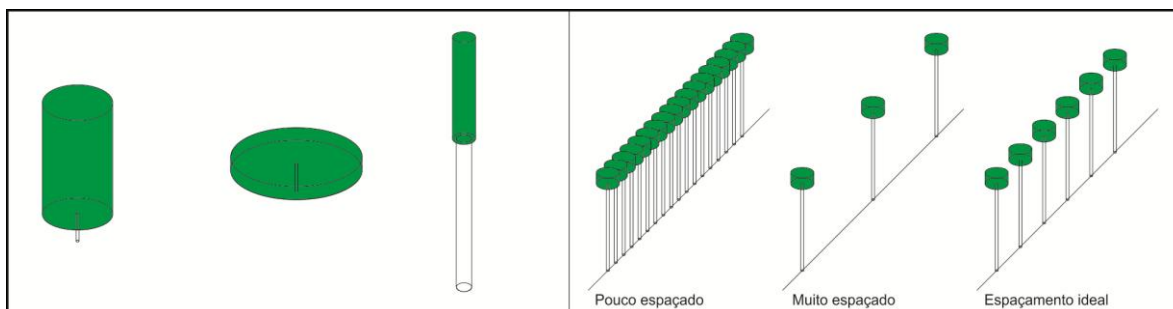


Figura 63: Exemplos de utilização incorreta dos parâmetros para inserir componentes
Fonte: Elaboração própria

As regras da gramática derivam primeiramente dos conceitos mais gerais, os quais são utilizados para formar os esquemas baseados na obra de Roberto de Burle Marx e representam situações recorrentes na obra do paisagista, podendo ser repetidos, assim como os padrões de Alexander. Quando os alunos se depararem com esses esquemas, terão um parâmetro de como aplicar as regras. Sendo assim, provavelmente, cometerão menos erros ao relacionar os componentes.

CAPÍTULO IV - IMPLEMENTANDO AS REGRAS DE UMA GRAMÁTICA

Em alguns cursos de arquitetura e urbanismo, como o da Unicamp e o da UTL (Universidade técnica de Lisboa), existem disciplinas que têm como objetivo ensinar conceitos de *computational design* e programação aos alunos. Geralmente, nelas são introduzidas noções sobre sistemas generativos, como a modelagem paramétrica, gramáticas da forma, algoritmos genéticos e autômatos celulares. Além disso, são ensinados conceitos relacionados à programação, como o uso de variáveis, expressões simbólicas, estruturas de controle, manipulação de dados, etc. Normalmente, a ferramenta que é utilizada para ensinar programação é uma linguagem de *Script* para aplicativo CAD.

Na disciplina Programação e Fabricação em Arquitetura da Universidade Técnica de Lisboa, o professor José Manuel Pinto Duarte utilizava a linguagem de *script* Autolisp para ensinar os conceitos de programação. Esta linguagem é uma variação da linguagem de auto-nível Lisp¹⁰ e foi criada para ser usado na versão completa do AutoCAD e em seus derivados, como Autodesk Map 3D e o Autodesk Architectural Desktop.

No caso da Unicamp, a professora Maria Gabriela Caffarena Celani utiliza o VBA (Visual Basic Application). O VBA é uma linguagem orientada a objetos desenvolvida pela Microsoft e presente não apenas na maioria dos aplicativos do Microsoft Office, mas também em outros *softwares*, como o AutoCAD. Por meio da sua utilização é possível elaborar rotinas que executam diferentes tarefas, como a geração automatizada de formas.

Segundo Celani e Vaz (2011), na disciplina ministrada no Brasil os alunos de arquitetura sentem enorme dificuldade ao aprender uma linguagem de programação. Estes compreendem conceitos básicos, como a declaração de variáveis, as condicionais e repetições. Contudo, para a maioria dos alunos é complicado elaborar, por meio da utilização destes conhecimentos, um algoritmo que realize uma tarefa. Muitos partem de exemplos apresentados em sala de aula para criar seus trabalhos da disciplina.

¹⁰Segundo Gudwin (1997), o LISP (LISt Processor) é uma linguagem de programação que foi desenvolvida utilizando-se idéias oriundas do estudo da inteligência artificial. Segundo o autor, a maneira com que o LISP é constituído permite que programas escritos nesta linguagem sejam usados como modelo que emula habilidades cognitivas humanas. O elemento básico utilizado pelo LISP são os símbolos, eminentemente símbolos alfanuméricos.

A partir de 2010 começaram a ser realizadas nesta disciplina experiências com o editor de algoritmos Grasshopper. Este aplicativo permite que os usuários gerem modelos paramétricos, sem que haja a necessidade de conhecimento de uma linguagem de programação textual, pois apresentam características de uma linguagem de programação visual.

A programação visual, explica Burnett (1999), é um método para expressar instruções para um computador que trabalha com mais de uma dimensão para transmitir semântica ao código. O uso de objetos multifuncionais, relações espaciais ou o uso da dimensão temporal para definir relações semânticas de “antes e o depois”, são exemplos das outras dimensões. Cada objeto multifuncional ou relação pode ser considerado um símbolo e a coleção de um ou mais símbolos é uma expressão visual. Exemplos de expressões utilizadas na programação visual incluem diagramas, desenhos feitos-a-mão, ícones ou ações realizadas por objetos gráficos. Quando a sintaxe de uma linguagem de programação incorpora expressões visuais, ela pode ser considerada uma linguagem de programação visual.

O Grasshopper apresenta muitas dessas características; seu ambiente é similar ao de uma linguagem de programação visual como o Quartz Composer, utilizado para editar e “renderizar” dados gráficos. O algoritmo em ambos os aplicativos é modelado pela adição de objetos na área de trabalho e sua conexão por meio de fios que transmitem os dados de um objeto para outro. A **Figura 64** mostra a interface do Quartz Composer do lado esquerdo e do direito a área de trabalho do Rhinoceros e do Grasshopper.

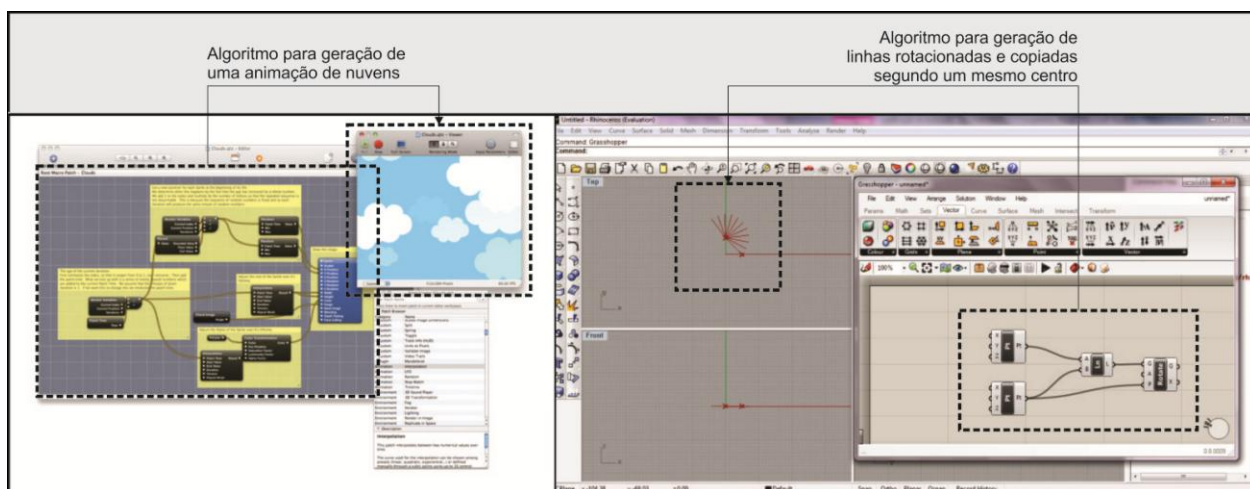


Figura 64: Interface do Quartz Composer e do Rhinoceros e Grasshopper

Fonte: Elaboração própria

Segundo Ebell (1993), esta é uma importante característica das linguagens de programação visual, pois, por meio objetos gráficos, os usuários com pouco conhecimento em programação têm facilidade de desenvolver um *software* de computador. Profissionais e alunos de arquitetura, na maioria das vezes, sofrem com essa dificuldade, pois não estão acostumados a trabalhar com uma linguagem simbólica, um problema que foi identificado por Gips (1999).

A partir das experiências realizadas com o Grasshopper na Unicamp, decidiu-se utilizar esse aplicativo pela primeira vez na disciplina oferecida na UTL, substituindo assim o Autolisp. Com o uso deste *plug-in* para Rhinoceros, tal como foi constatado no Brasil, os alunos conseguiram desenvolver formas parametrizadas complexas de modo mais eficiente. Em pouco tempo, já eram capazes de utilizar os diferentes componentes presentes no *software* praticamente sozinhos, sem a necessidade do contínuo apoio didático dos professores.

A edição visual de algoritmos no ambiente do Grasshopper gera rapidamente segurança nos alunos, que começam a utilizá-lo como um laboratório para explorar novas formas em modelos parametrizados. Essa é uma das primeiras fases de aprendizado no programa. Nela os estudantes desenvolvem os conhecimentos básicos de programação e composições parametrizadas mesmo sem um objetivo projetual específico a ser atingido. A **Figura 65** apresenta exemplos de composições desenvolvidas pelos alunos em exercícios nos quais eles utilizavam componentes do Grasshopper introduzidos em sala de aula.

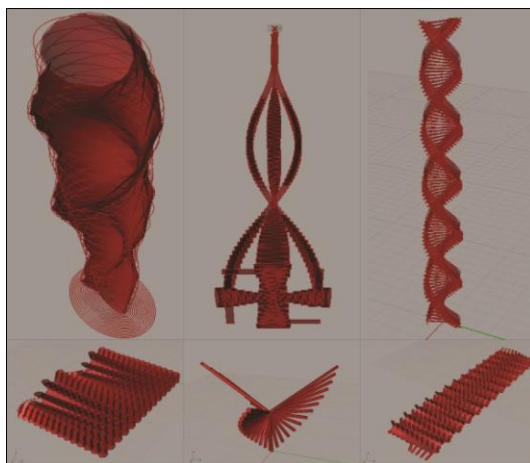


Figura 65: Exemplos de composições geradas pelas definições elaboradas pelos alunos
Fonte: Elaboração própria

Após essa fase de adaptação inicial, os estudantes começaram a trabalhar em um projeto que tinha como propósito a elaboração de um algoritmo capaz de gerar um modelo paramétrico com uma aplicabilidade na área da arquitetura ou da arte. Nesta etapa estes tinham um objetivo a atingir, como parametrizar um edifício, criar uma nova estrutura arquitetônica ou uma escultura. Poderiam partir de uma obra existente de um arquiteto ou elaborar uma forma totalmente inovadora, desde que baseada em algum conceito.

As **Figuras 66 a 68** mostram três exemplos diferentes de trabalhos desenvolvidos por alunos. A primeira delas é um projeto de uma escultura baseada nas diferentes formas de representar as ondas musicais em um gráfico. No segundo projeto o aluno desenvolveu uma estante parametrizada baseada em uma estrutura de encaixe. No terceiro e último trabalho os estudantes criaram um modelo paramétrico de uma cobertura, tendo como referência as cascas de concreto projetadas pelo arquiteto mexicano Félix Candela¹¹.

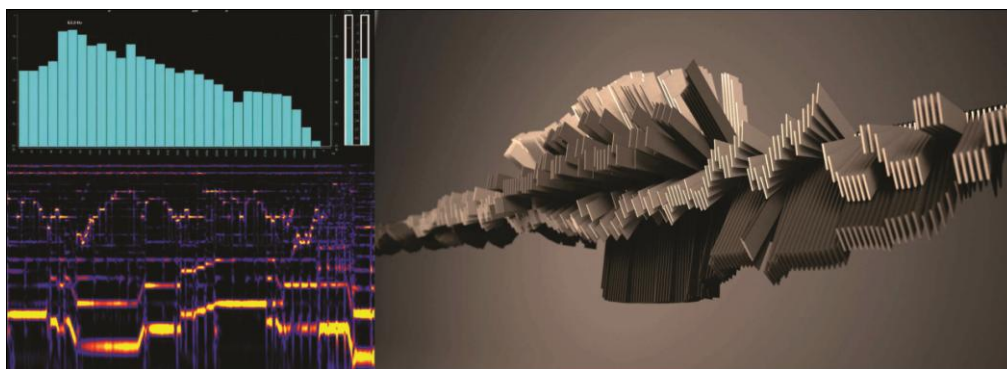


Figura 66: Escultura musical elaborada por aluno
Fonte: Elaboração própria

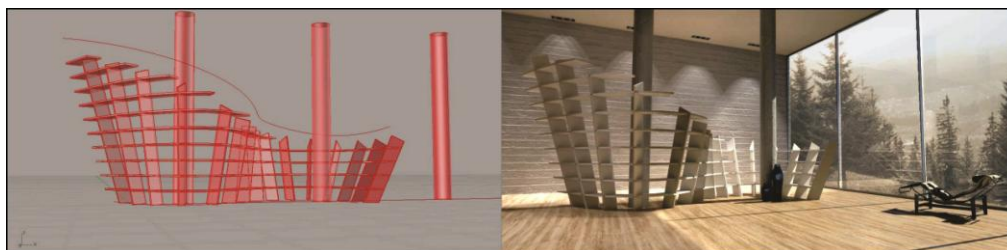


Figura 67: Estante parametrizada desenvolvida por aluno
Fonte: Elaboração própria

¹¹ Arquiteto espanhol conhecido por sua significativa contribuição para o desenvolvimento da arquitetura Moderna Mexicana e da engenharia de estruturas. Uma das maiores contribuições de Candela na área da arquitetura foi a elaboração de projetos em que a estrutura era formada por cascas de concreto reforçado com formato de parabolóides hiperbólicos (MEIRELLES & MEDRANO, 2010).

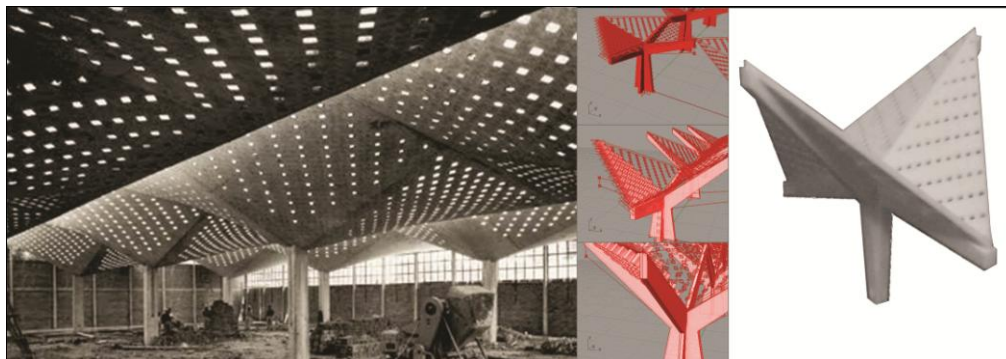


Figura 68: Cobertura parametrizada desenvolvida tendo como referência Félix Candela

Fonte: Elaboração própria

O uso dos esquemas visuais do Grasshopper permite criar programas bastante complexos, bem além das composições paramétricas desenvolvidas nesta disciplina introdutória. Esses programas podem incluir o uso de condicionais e de estruturas de repetição. Alguns exemplos são apresentados a seguir.

A **Figura 69** mostra a implementação de um autômato celular em Grasshopper desenvolvido durante a pesquisa. O código para este algoritmo foi adaptado de um script em VBA traduzido pela professora Dra. Maria Gabriela Celani a partir de um código em linguagem MEL¹² (Maya Embedded Language) publicado no livro *Algorithmic Architecture* (TERZIDIS, 2006). Na imagem é possível notar que a quantidade de componentes utilizados do *Grasshopper* é pequena. A maior parte do algoritmo está contida em um componente que permite a elaboração de código simbólico. Os demais componentes utilizados na **definição**¹³ têm como função desenhar o autômato a partir dos dados enviados pelas variáveis. Sendo assim, para algumas tarefas mais específicas é mais apropriado o uso da programação textual. Neste caso, se fosse solicitado a implementação de um autômato aos alunos, em sua maioria estes experimentaríamos uma certa dificuldade

¹² Linguagem de *script* utilizada para simplificar tarefas que devem ser realizadas no aplicativo de modelagem da Autodesk, Maya.

¹³ Nome dado ao arquivo do Grasshopper que carrega os dados do diagrama.

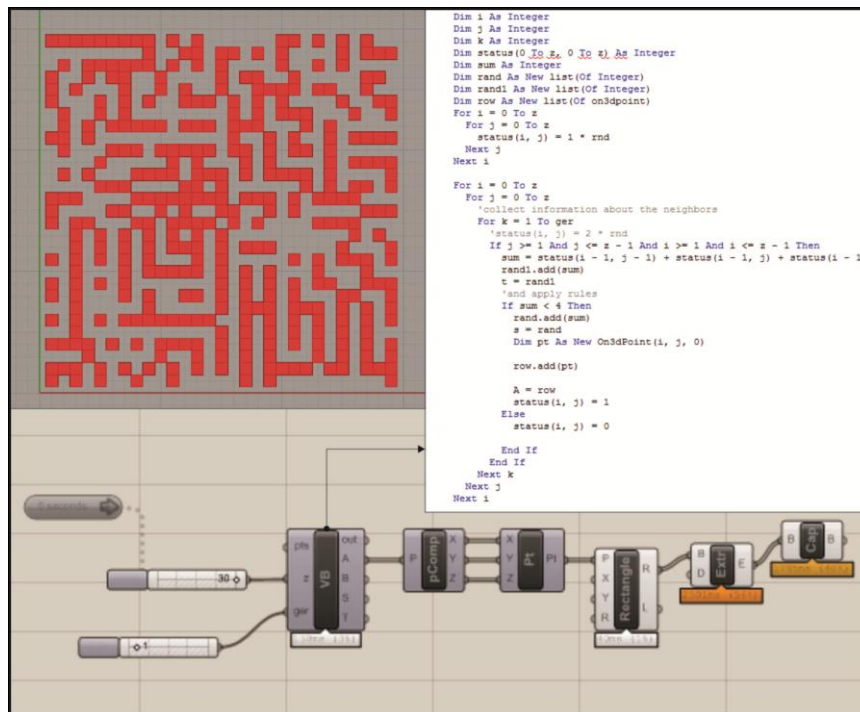


Figura 69: Autômato celular implementado em Grasshopper

Fonte: Elaboração própria

O editor de algoritmos apresenta duas ferramentas que permitem que o desenvolvedor possa escrever códigos complementares em Csharp¹⁴ ou em VBscript¹⁵. A sua utilização permite simplificar a **definição** final por meio da diminuição dos componentes que serão inseridos no diagrama. O correto, portanto, é ter conhecimento de ambos paradigmas de programação, contudo, como forma de introdução à conceitos a programação visual pode ser mais apropriada.

4.1. Implementação de gramáticas da forma em Grasshopper

Como foi explicitado, um dos objetivos desta etapa da pesquisa é a de se utilizar o Grasshopper para implementar regras esquemáticas de uma gramática. Para isso, primeiramente, foram pesquisadas nos fóruns de discussão sobre o aplicativo na *internet* materiais que tratassem

¹⁴Linguagem de programação orientada a objetos desenvolvida pela Microsoft para fazer parte da nova plataforma .NET (HEJLSBERG, WILTAMURTH & GOLD, 2004).

¹⁵ VBScript (Microsoft's Visual Basic Scripting) é um subsistema do Visual Basic for Application utilizado em Active Server Pages em Windows scripting host como uma linguagem de uso universal. Isto assegura que esta seja compatível com qualquer aplicativo do Microsoft Office e os produtos BackOffice (LOMAX, 1997).

sobre esse tema. No entanto, como não foi encontrada nenhuma informação a esse respeito, foi necessário, por meio da utilização dos objetos existentes no aplicativo, tentar implementar diferentes gramáticas, de modo a comprovar a viabilidade da utilização deste *software* para tal fim. Como a intenção é utilizar o Grasshopper como uma ferramenta alternativa para implementação de gramáticas sem que haja a necessidade de conhecimento de código de texto, praticamente todos os algoritmos elaborados utilizam apenas componentes gráficos para realizar as tarefas. Quando houve a necessidade da utilização de código, este se restringiu à geração de números randomizados e à aplicação de condicionais ou de repetições. Inicialmente, foram programadas as principais regras de três gramáticas da forma que são consideradas referências para pesquisadores da área. São elas a gramática das cadeiras em estilo Hepplewhite (KNIGHT, 1980), a gramática dos Jardins em Estilo Mughul (STINY & MITCHELL, 1980) e das Vilas Paladianas (MITCHELL & STINY, 1978).

4.1.1. A Gramática dos encostos de cadeira em estilo Hepplewhite

Para os encostos das cadeiras em estilo Hepplewhite, Knight (1980) desenvolve uma gramática da forma paramétrica a partir de três exemplares de cadeiras atribuídas a Samuel McIntyre¹⁶. A gramática parte da simplificação das formas curvas existentes dos encostos da cadeira, para o início da geração de novos encostos. Como expõe a autora, o fato de as cadeiras apresentarem simetria bilateral colabora para simplificar o processo de geração das formas. O processo de construção das composições se dá em duas etapas. A primeira consiste na construção da estrutura básica da cadeira por meio da inserção de linhas em uma forma inicial. Essas linhas representam a estrutura complementar e decoram a cadeira. Na segunda etapa, as linhas retas que compõem a estrutura são transformadas em linhas curvas, semelhantes às presentes no *corpus* de análise. A **Figura 70** mostra o corpus de análise e as **Figuras 71 a 73** mostram os componentes simplificados e as regras.

¹⁶ Importante artesão e arquiteto norte Americano do século XVIII (COUSINS & RILEY, 1916).

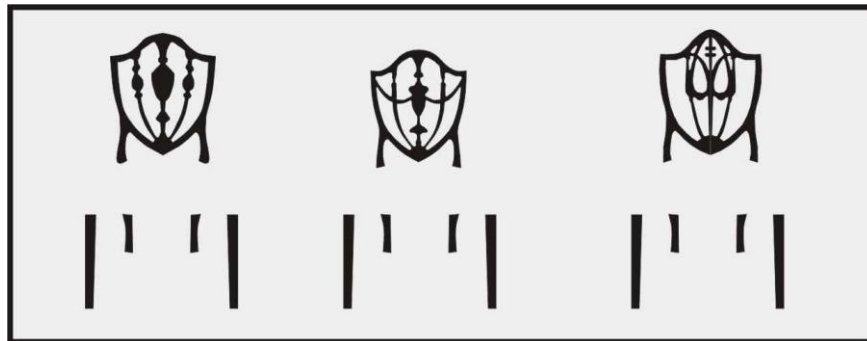


Figura 70: Exemplos de cadeiras no estilo Hepplewhite
Fonte: Knight (1980)

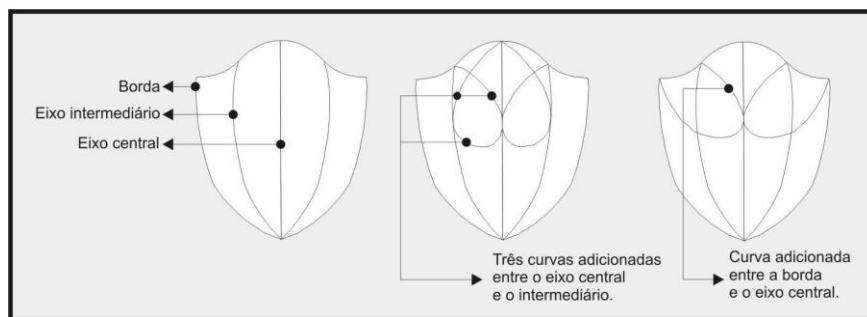


Figura 71: Elementos e formas básicas das cadeiras
Fonte: Knight (1980)

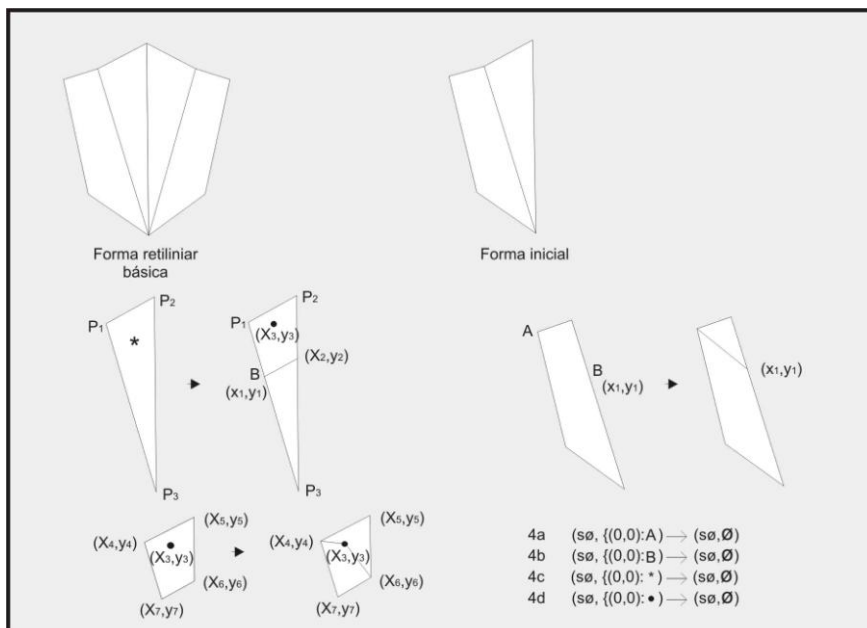


Figura 72: formas básicas e regras para a elaboração de uma instância
Fonte: Knight (1980)

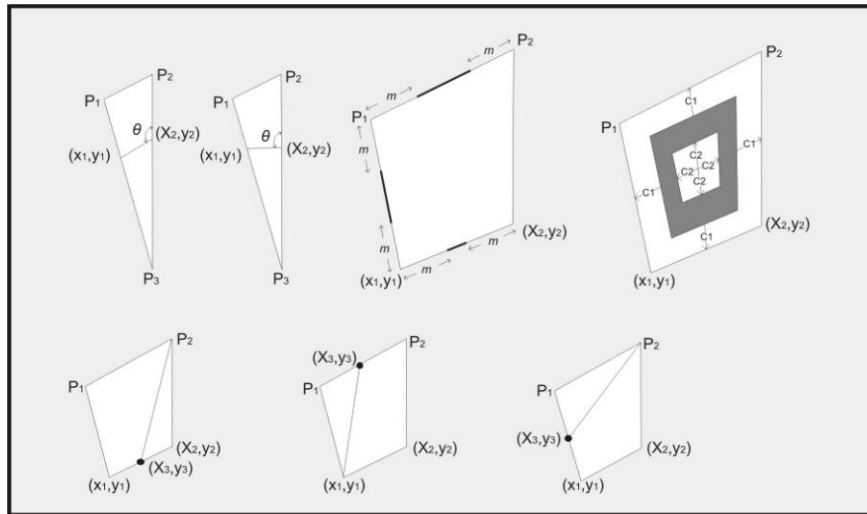


Figura 73: Restrições das posições a serem adicionadas linhas
Fonte: Knight (1980)

Nesta definição para as cadeiras em estilo Hepplewhite, foram implementadas as regras responsáveis por gerar o esqueleto da cadeira em Grasshopper. No diagrama é pode-se modificar a posição e tamanho das peças. Também é possível alterar a configuração do encosto por meio da utilização de variáveis booleanas que controlam o modo com que as partes do encosto se posicionam na estrutura básica. **A Figura 74** mostra a definição completa, parte da interface que pode ser utilizada pelo usuário e exemplos de soluções para a estrutura básica do encosto.

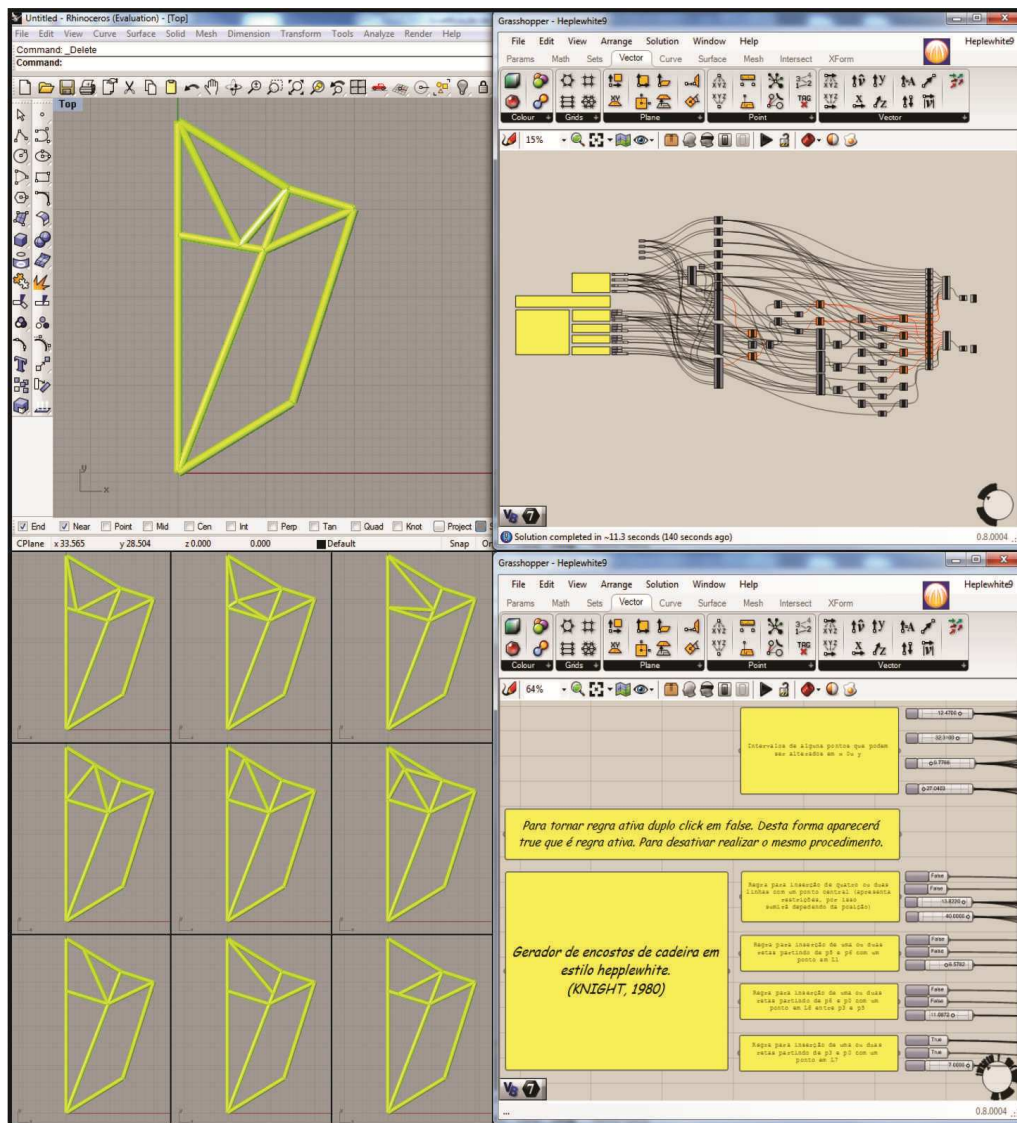


Figura 74: Implementação da gramática para a gramática das cadeiras em estilo Heplewhite

Fonte: Elaboração própria

No diagrama modelado no Grasshopper, foram utilizados apenas dez objetos diferentes do editor de algoritmos. Barras de rolagem e botões para a definição de booleanas foram utilizadas para a realização do controle do número de peças que o encosto da cadeira terá e suas posições. Objetos como pontos e linhas foram usados para desenhar as entidades que formam a estrutura da cadeira em si. O objeto que permite a inserção de código em VBA também foi empregado tanto para calcular as novas posições dos pontos quando a estrutura é modificada, como para aplicar condicionais que definem se uma linha deixará de existir ou não, caso uma restrição da posição de uma peça não seja respeitada. Nesse caso, não seria necessariamente

obrigatório o uso desse objeto, pois existem outros que permitem inserir fórmulas e aplicar condicionais.

Entretanto, o seu uso, mesmo quando é dispensável, pode ajudar o usuário a ir se acostumando com a utilização de código simbólico em realização de tarefas simples. A **Figura 75** mostra de modo mais próximo a **definição**; nela é possível notar a sequência de funcionamento do algoritmo. Primeiramente, são selecionadas as peças que deverão ser instanciadas na estrutura básica da cadeira. Em sequência vem todo o cálculo representado pelos componentes do VBscript. A última tarefa que o algoritmo realiza é o desenho da cadeira. Assim, como nas próximas duas definições que serão apresentadas, é possível automatizar totalmente o processo de geração para que o próprio computador crie as instâncias. Com um componente de VBA é possível definir condicionais que serão verdadeiras ou falsas segundo a determinação de um número randômico e também de valores aleatórios, dentro dos intervalos definidos nas barras de rolagem.

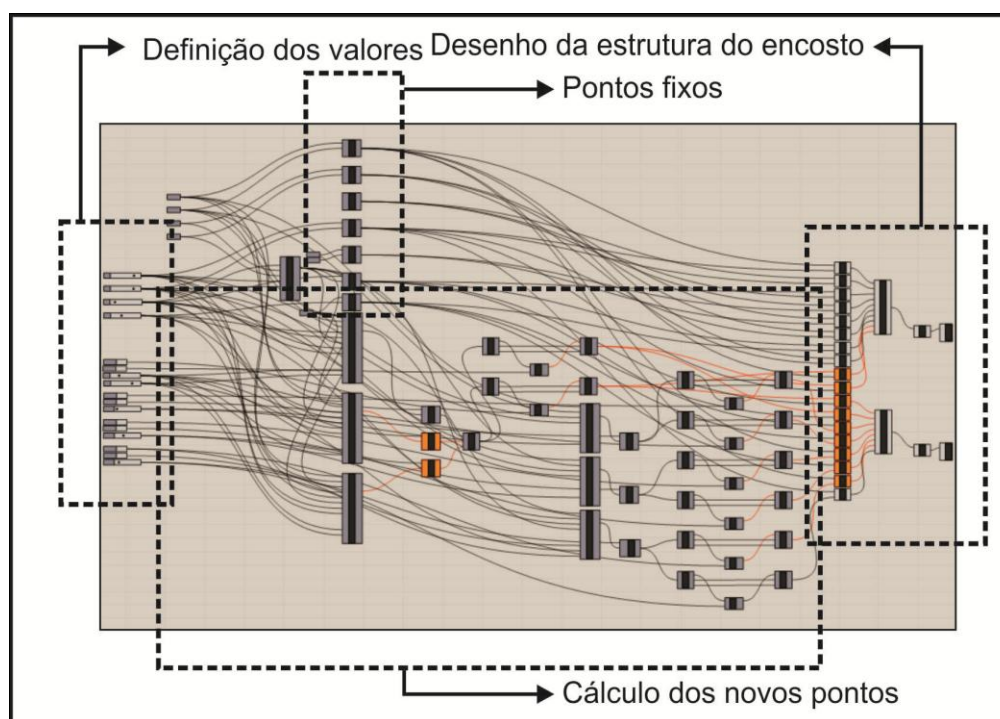


Figura 75: Esquema da implementação da gramática das cadeiras em estilo Hepplewhite
Fonte: Elaboração própria

4.1.2. Gramática dos jardins em estilo Mughul

A segunda **definição** desenvolvida no Grasshopper visou a implementar parte das regras da gramática dos jardins em estilo Mughul (STINY & MITCHEL, 1980). Esses jardins são compostos por quatro canteiros quadrados separados por artérias ortogonais formadas pela circulação principal e pelos canais de irrigação. Os canteiros vão se tornando mais complicados por meio da sua subdivisão, a qual é necessária, pois quando o jardim é muito grande, torna-se impossível irrigar de maneira satisfatória toda a área. Ao dividi-lo, são criadas miniaturas dos jardins que apresentam também eixos ortogonais de circulação e irrigação, ou apenas, dependendo da dimensão do jardim, de circulação. A **Figura 76** mostra os componentes básicos deste tipo de jardim.

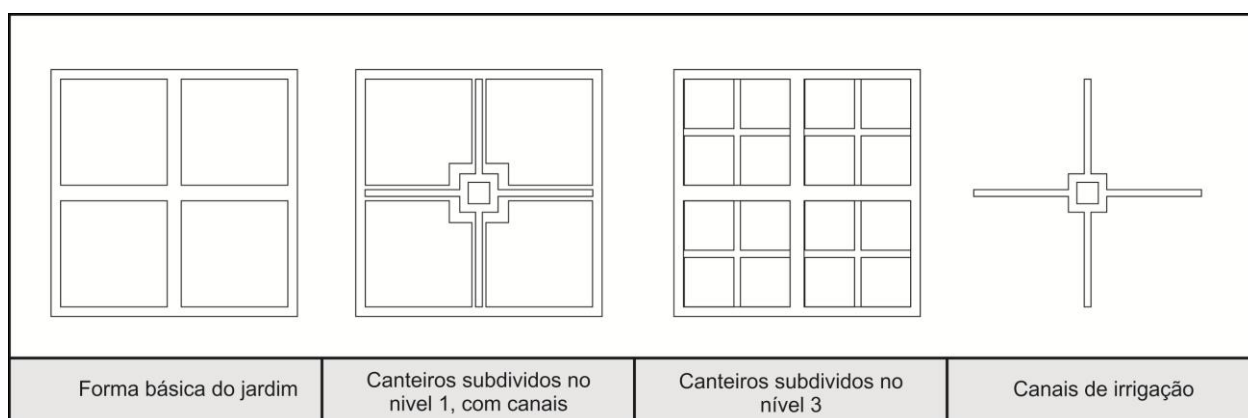


Figura 76: Esquema de divisão e componentes básicos de um jardim em estilo Mughul

Fonte: Elaboração própria

Na definição elaborada para esta gramática, são implementadas as regras responsáveis por definir os tipos de terminação dos canais e das bordaduras dos jardins. O usuário é capaz de controlar as diferentes configurações desses elementos, como na **definição** anterior, por meio da manipulação de botões que representam booleanas. Este arquivo do Grasshopper contém um grande número de componentes, formando assim um diagrama muito complexo. A maioria deles foi utilizada para definir os pontos e linhas, responsáveis por gerar as formas no Rhinoceros. Um dos objetos existente no aplicativo, que tem como objetivo executar condicionais, foi utilizado para determinar quando certa sequência de linhas poderia ou não ser desenhada. Isso depende, por exemplo, do tipo de terminação de canal que o usuário escolher

para o seu jardim ou para o seu desenho central. Provavelmente, essa implementação acabou se tornando complicada demais e visualmente difícil de entender, porque não foi utilizada uma única linha de código no algoritmo. Portanto, para realizar algumas tarefas, é melhor utilizar os componentes que permitem introduzir código de programação textual; assim, o diagrama e o número de objetos inseridos na área de trabalho serão menores.

O resultado não é tão interessante, pois o número de alternativas de jardim que pode ser gerada é relativamente pequeno em relação à dificuldade de implementação da gramática. Como inicialmente os pontos gerados pela **definição** são fixos e não parametrizados, não existe a mesma variação que ocorre no caso da gramática dos encostos de cadeira em estilo Hepplewhite. Mesmo assim, essa **definição** corrobora a hipótese de que é possível utilizar um editor de algoritmos visual para implementar, mesmo que parcialmente, uma gramática da forma. A **Figura 77** contém imagens da **definição**, dois exemplos de derivação e a interface pela qual o usuário pode gerar diferentes jardins. É interessante observar que a **definição** não foi montada para desenhar os quatro quadrados principais do jardim. A subdivisão é feita apenas em um quadrado do jardim e as demais partes são obtidas pela aplicação de reflexões. Como o jardim é simétrico, foi utilizado um componente do Grasshopper para espelhar todas as entidades geradas.

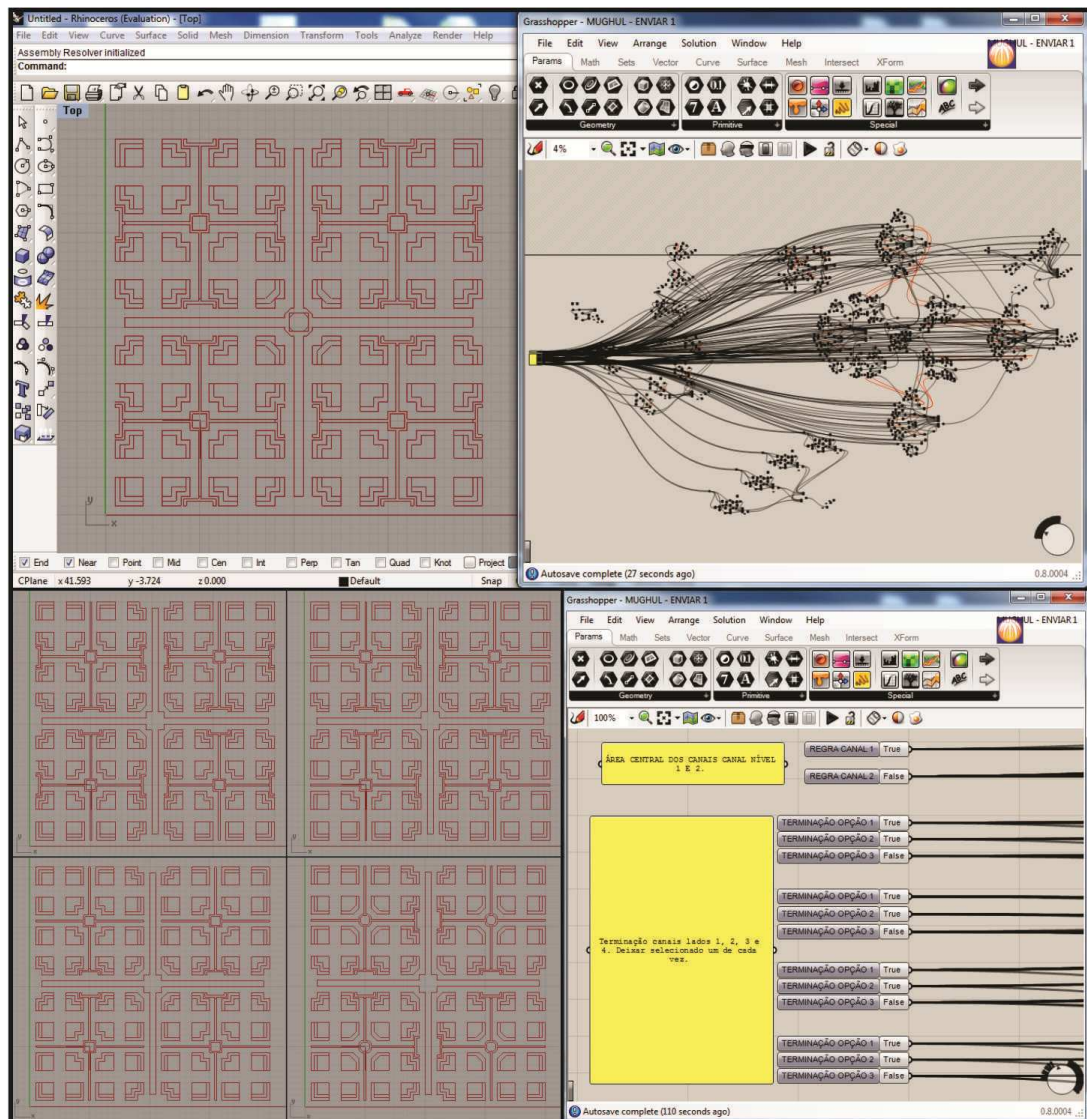


Figura 77: implementação das regras de divisão e definição dos tipos de terminação dos canais dos jardins

Fonte: Elaboração própria

4.1.3. Gramática das Vilas de Paladio

O terceiro caso de implementação em *Grasshopper* foi o da gramática da forma desenvolvida por Stiny e Mitchell (1980) para as plantas baixas das Vilas de Paladio. Essa gramática apresenta oito etapas diferentes, sendo que, para cada uma delas, há uma série de regras. Uma etapa de derivação está completa caso seja possível aplicar uma regra presente na etapa seguinte, o que contribui com a organização do processo de derivação. Na definição elaborada,

foram implementadas as três primeiras etapa de geração de uma vila. A lista abaixo mostra as oito etapas e aquelas que foram programadas em *Grashopper* estão marcadas em negrito.

- (1) **Definição de um *grid*;**
- (2) **Definição das paredes externas;**
- (3) **Definição do *layout* das salas;**
- (4) Realinhamento das paredes internas;
- (5) Definição dos acessos principais;
- (6) Ornamentação exterior – definição das colunas;
- (7) Definição das janelas e portas;
- (8) Finalização.

O *grid*, que é a primeira parte da geração, foi definido por pontos fixos, que podem ser parametrizados por meio da introdução de barras de rolagem no diagrama. A partir deles, foi implementada a etapa de geração das paredes externas e, o que pode ser considerado o mais importante, a definição do *layout* dos ambientes da vila. Todo o processo de construção da **definição** não pode ser realizado etapa por etapa, apesar de existir uma divisão em grupos de regras na gramática. É necessário ter conhecimento daquilo que a próxima regra modificará antes de serem implementadas as anteriores. Por exemplo, ao se definirem as paredes externas, a face interna delas não pode ser representada por uma linha contínua. Já se sabe que na fase seguinte haverá uma subdivisão, portanto devem ser inseridas linhas interrompidas nos pontos em que serão geradas as paredes internas. Sendo assim, o processo de implementação das regras deve ser muito bem planejado.

A **definição** para as vilas paladianas é capaz de gerar todas as possibilidades de quadricula de cinco ambientes por três. A **Figura 78** mostra a quadricula com todos os ambientes divididos. As diferentes possibilidades são obtidas pela união dos ambientes e são classificadas em relação ao tipo de salão central, como por exemplo, salões retangulares, em **I**, em **T**, ou em forma de **+**. A **Figura 79** contém a definição e dez plantas baixas geradas por ela.

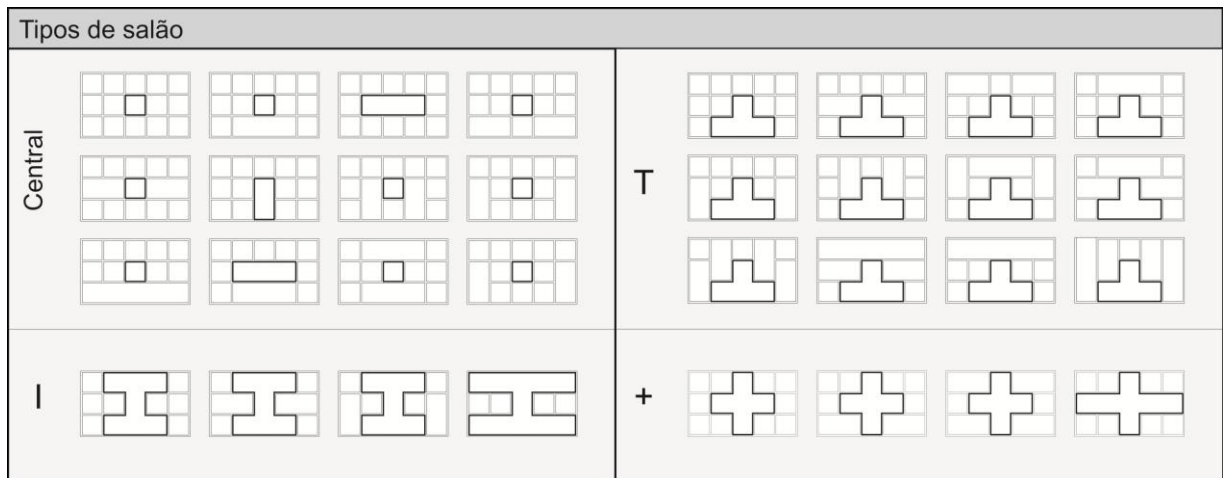


Figura 78: Diferentes tipos de salões para as Vilas de Paladio
Fonte: Stiny e Mitchell (1980)

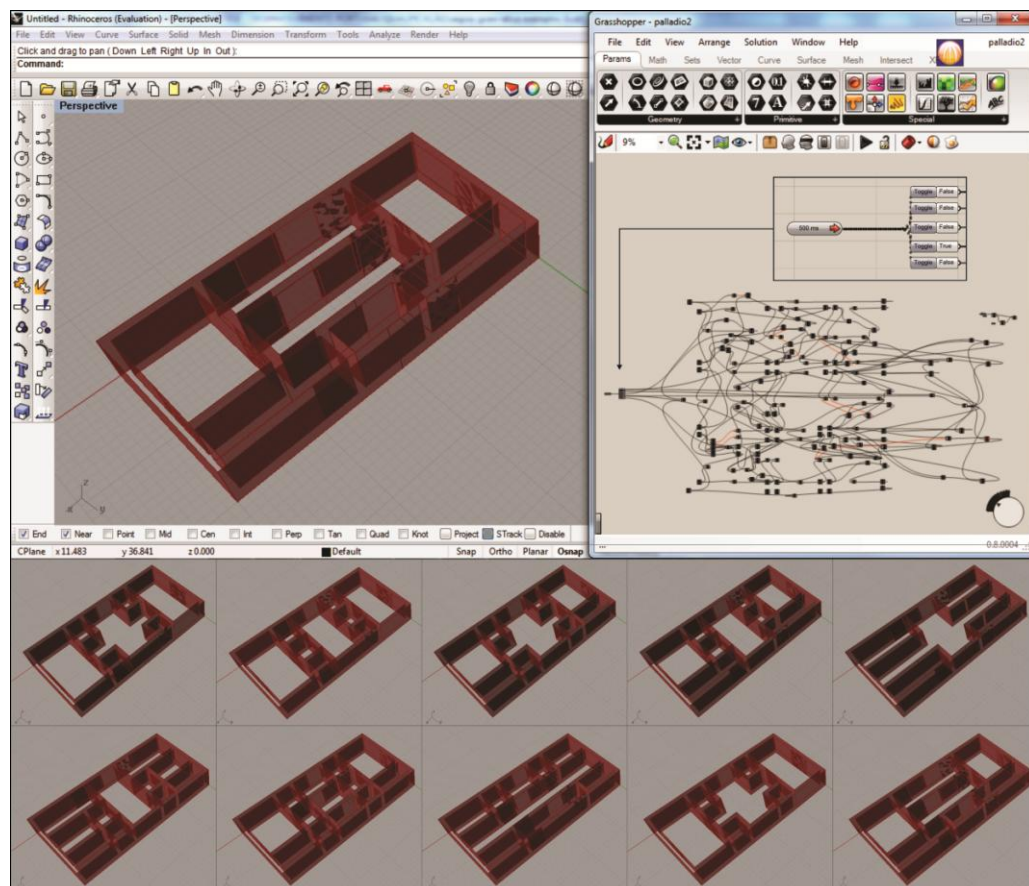


Figura 79: Implementação parcial da gramática das Vilas de Paladio desenvolvida por Stiny e Mitchell (1980)
Fonte: Elaboração própria

É interessante observar a forma como os componentes são organizados nas duas últimas definições. No caso de duas das gramáticas da forma dos Jardins em estilo Mughul e nas

vilas Paladianas, o posicionamento dos objetos no algoritmo é semelhante à forma como será construída no ambiente do Rhinoceros. No caso das vilas, como elas são simétricas, apenas foram implementados os dados necessários para construir metade da composição; a outra metade foi espelhada com um dos objetos do Grasshopper (*Mirror*). O mesmo procedimento foi realizado para os jardins em estilo Mughul. Partes da composição que eram simétricas foram espelhadas para facilitar a implementação e evitar que redundâncias ocorressem na definição. A **Figura 80** mostra a organização dos objetos para a implementação das vilas de Paladio.

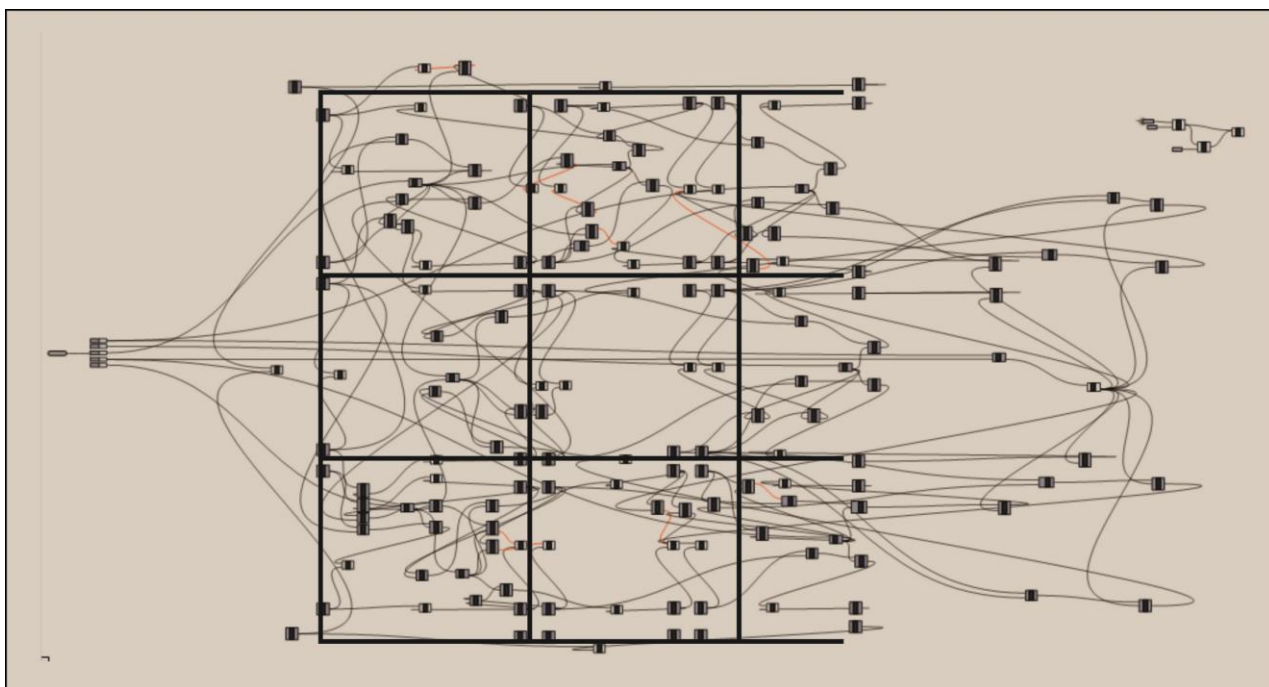


Figura 80: Exemplo de organização de uma definição

Fonte: Elaboração própria

O que possibilitou a implementação das gramáticas da forma foram alguns componentes do Grasshopper de controle de dados, os quais representam operações lógicas e o próprio componente que permite a adição de código em *VBscript*. A utilização desse componente é algumas vezes desnecessária, pois, por meio de ferramentas do próprio Grasshopper, seria possível representar as mesmas operações em código, de forma gráfica. Contudo, o uso de código permite que sejam utilizados menos componentes do aplicativo, diminuindo assim a complexidade do gráfico que está sendo elaborado. É necessário, portanto, encontrar um equilíbrio na utilização de códigos e objetos.

Outra questão que deve ser citada sobre o Grasshopper é que, da mesma maneira que em uma programação simbólica, o programador pode elaborar etapas desnecessárias, redundâncias e gerar um diagrama ineficiente. A diferença é que, na programação visual, a área de trabalho na qual é representado o gráfico elaborado com objetos do aplicativo pode apresentar componentes desnecessários e não linhas de código, como em um caso simples em que são desenhadas circunferências com o mesmo ponto central, quando o programador inexperiente poderia selecionar três componentes para desenho de quatro circunferências independentemente. Todavia, também é possível criar uma lista de raios e, a partir de um mesmo objeto, desenhar as mesmas formas (**Figura 81**).

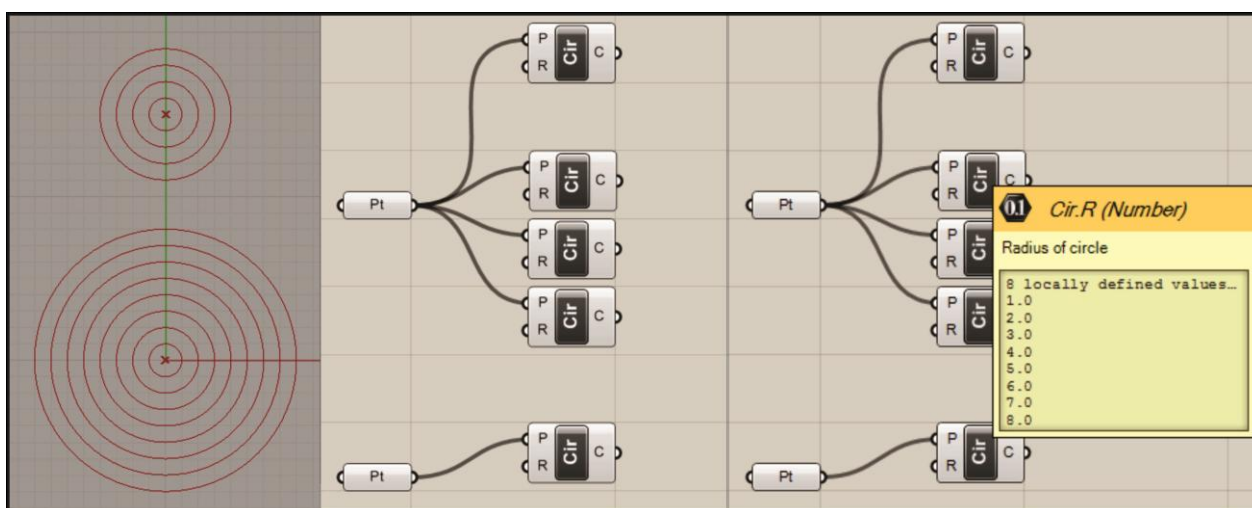


Figura 81: Redução de objetos no Grasshopper para tornar a implementação mais eficiente

Fonte: Elaboração própria

CAPÍTULO V – DESENVOLVIMENTO DAS DEFINIÇÕES PARA INSERÇÃO DE COMPONENTES DE ARQUITETURA PAISAGÍSTICA

Este capítulo apresenta a implementação das regras da gramática da forma elaborada para a inserção de componentes em um plano conceitual e de massas para um espaço livre. Este processo apoiou-se nos resultados obtidos no capítulo anterior, que trata da implementação de gramáticas tradicionalmente conhecidas na área da computação aplicada ao projeto. A **Figura 82** mostra a estrutura básica dos diagramas gerados para todas as **definições** elaboradas nesta etapa da pesquisa. Essencialmente, essas são divididas em quatro partes diferentes: na primeira delas, o usuário pode definir as dimensões e o tipo de componente por meio da manipulação das barras de controle numérico, botões ou inserção de códigos. Em sequência, há um módulo responsável por realizar o cálculo e fixar a posição exata dos componentes. Esse bloco de objetos do Grasshopper pode realizar as tarefas correspondentes às **regras 19, 20 ou 21** (inserção pontual, ao longo de uma linha ou em uma área). Após esse módulo, são inseridas as geometrias, o que equivaleria às **regras 22, 23 ou 24** da gramática. O último módulo, comum a todas as definições, é o responsável por determinar o tipo de componente que será inserido. O usuário decide qual será o componente (**Verde, Construído e Água**) ainda na parte inicial do algoritmo (parâmetros), e esse bloco, por meio da aplicação das **regras 25, 26 e 27**, define uma cor para a geometria inserida.

será inserido no ponto, o usuário pode manipular as barras de controle numérico até obter as proporções do componente que considera adequadas. A **Figura 83** exemplifica a utilização dessa **definição** por meio da reprodução de uma situação de projeto encontrada na obra de Roberto Burle Marx.

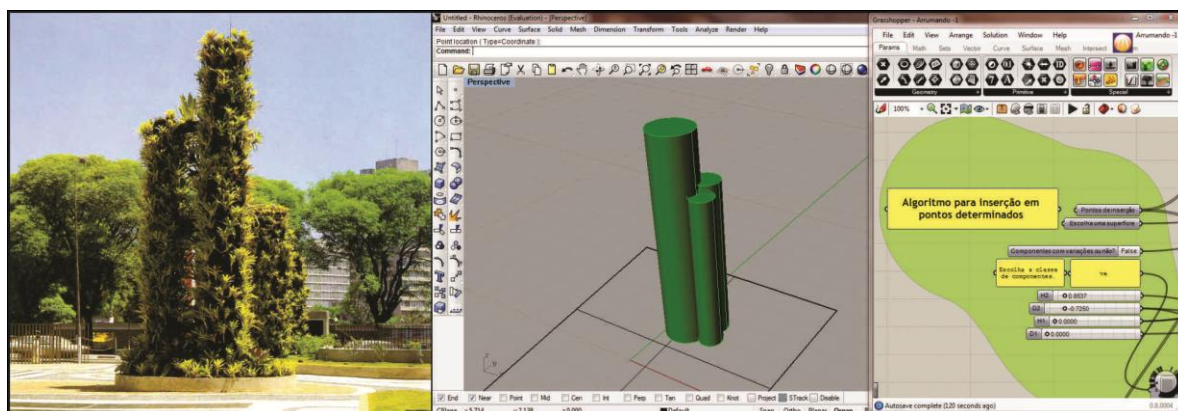


Figura 83: Escultura verde nos jardins do Banco Safra reproduzida pela definição no Grasshopper
Fonte: Elaboração própria

5.2. Definições que insere componentes ao longo de uma linha

O segundo algoritmo desenvolvido permite a geração de elementos ao longo de uma linha reta ou sinuosa (**regra 18, página 86**). Por meio dele, é possível representar árvores com diferentes copas, palmeiras ou paredes verdes formadas por arbustos, colunatas, bancos, esculturas de água etc. Assim como no caso anterior, situações de projeto de Burle Marx podem ser identificadas e traduzidas em um modelo tridimensional parametrizado. Com essa **definição** é possível, por exemplo, criar planos verticais formados por palmeiras, como os presentes nos jardins do Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro e no Parque Burle Marx em São Paulo. A **Figura 84** apresenta imagens desses projetos.

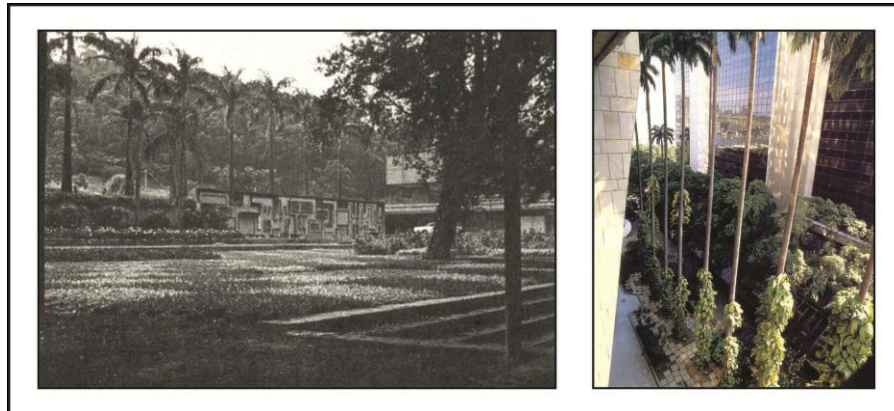


Figura 84: Planos de palmeiras implantados em projetos de Roberto Burle Marx. (1) Residência Francisco Pignatari, São Paulo, 1956. **Fonte:** Bardi (1964). (2) Centro Empresarial Rio, Rio de Janeiro, 1981 **Fonte:** Montero (2001)

Nesta **definição**, ao invés de inserir pontos aleatoriamente, o usuário deve selecionar uma linha previamente desenhada no *Rhinoceros*. A partir dela são gerados, por meio de um dos objetos do Grasshopper, pontos igualmente espaçados. Os componentes são inseridos com centro neste ponto e podem pertencer a qualquer uma das três classes (**Verde**, **Construído**, **Água**). A **Figura 85** mostra a geração de diferentes componentes pertencentes às três diferentes classes.

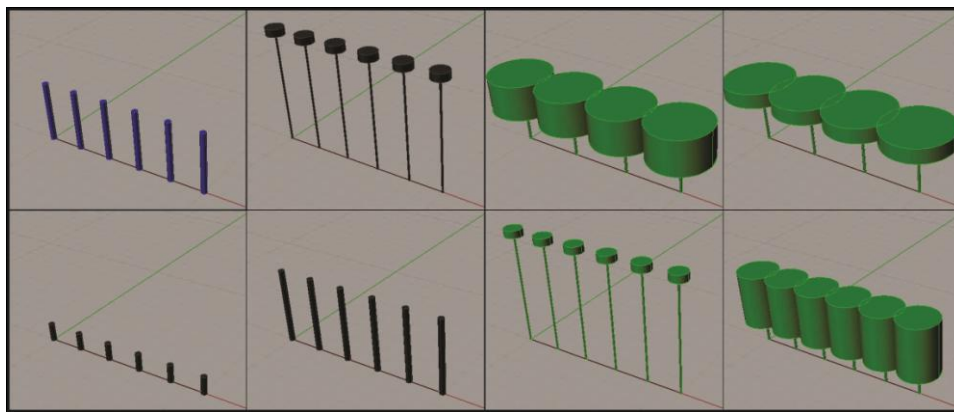


Figura 85: Exemplos de derivações obtidas por meio da utilização da definição **Fonte:** Elaboração própria

A definição acima apresentada trata de componentes isolados que seguem um mesmo espaçamento, formando planos verticais opacos ou permeáveis visualmente. Os muros construídos ou verdes, por outro lado, são componentes lineares e não pontuais. Para essa situação, foi elaborada, no Grasshopper, uma segunda **definição** que insere superfícies “extrudadas” que representam geometricamente esses tipos de componentes. A **definição** segue o

mesmo conceito de seleção de uma linha, mas, neste caso, a linha é duplicada e a partir dela é gerada uma superfície. Posteriormente, esta é extrudada obtendo-se assim a forma final. No caso do usuário ter selecionado um muro de água, ou seja, uma cascata existe a opção de representar a água em todas as faces da geometria ou em apenas uma delas. A **Figura 86** mostra exemplos de componentes das três classes que podem ser gerados por esta **definição** e um modelo paramétrico de uma área de lazer passivo dos jardins do Hospital Larragoiti, projetada por Roberto Burle Marx. Os componentes deste modelo foram inseridos por meio da utilização desta **definição** e da **definição** que introduz elementos em pontos selecionados pelo usuário.

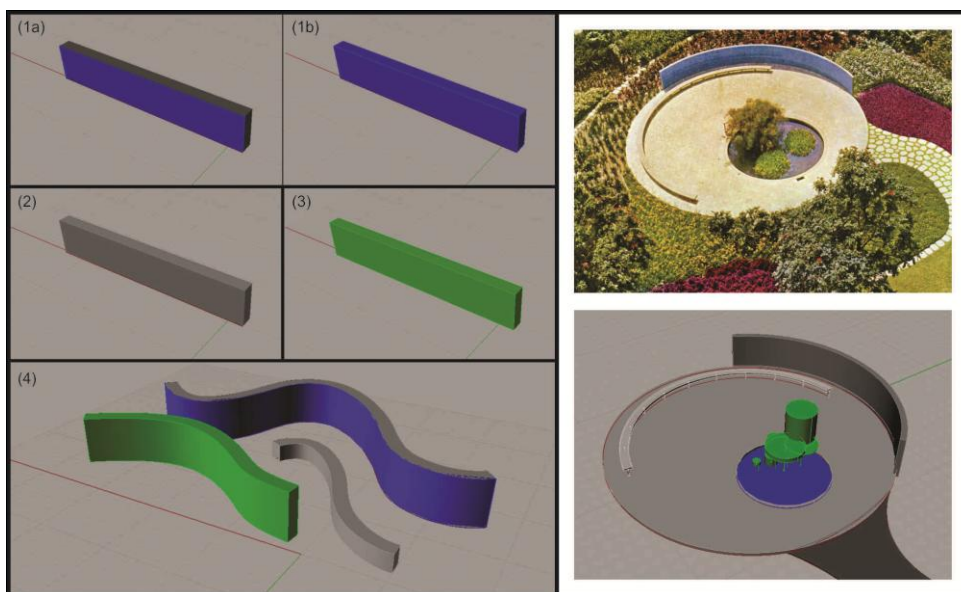


Figura 86: Derivação de planos opacos e reprodução de uma área de lazer passivo projetada por Roberto Burle Marx com o uso da **definição** do Grasshopper

Fonte: Elaboração própria

5.3. Inserção homogênea de componentes em uma superfície

Esta **definição** foi elaborada a partir da **regra 19** (página 86), de inserção de componentes em superfícies. A partir de sua aplicação podem ser utilizadas tanto as **regras 22** (página 87) para inserir, em pontos determinados pelo diagrama do Grasshopper, componentes com as mesmas variações geométricas. Essa implementação busca representar um conceito compositivo amplamente utilizado por arquitetos paisagistas, que se relaciona com o modo como as espécies vegetais são dispostas em um jardim.

Segundo MAZZA (2009), Burle Marx trabalhava com massas de vegetação da mesma espécie em diferentes situações de projeto. Essa era uma estratégia de projeto que o paisagista utilizava para reforçar as características formais de indivíduos morfologicamente semelhantes no jardim. A **Figura 87** mostra a diferença entre duas áreas de jardim, uma que utiliza essa abordagem para a composição da vegetação e outra que não segue o mesmo conceito.



Figura 87: À esquerda a adequada utilização da vegetação no jardim, à direita vegetação disposta de modo aleatório
Fonte: Elaboração própria

Do mesmo modo que as regras da gramática que inserem componentes no jardim são esquemáticas, o modelo paramétrico proposto também apresenta uma geometria simples. Árvores, por exemplo, são representadas por dois cilindros, um para o tronco e outro para a copa, exatamente como na regra que insere a geometria. Arbustos e forrações são representados apenas por um cilindro. A **Figura 88** mostra a aplicação da definição com diferentes parâmetros, gerando assim o extrato arbóreo (A), a massa arbustiva (B) e a forração (C).

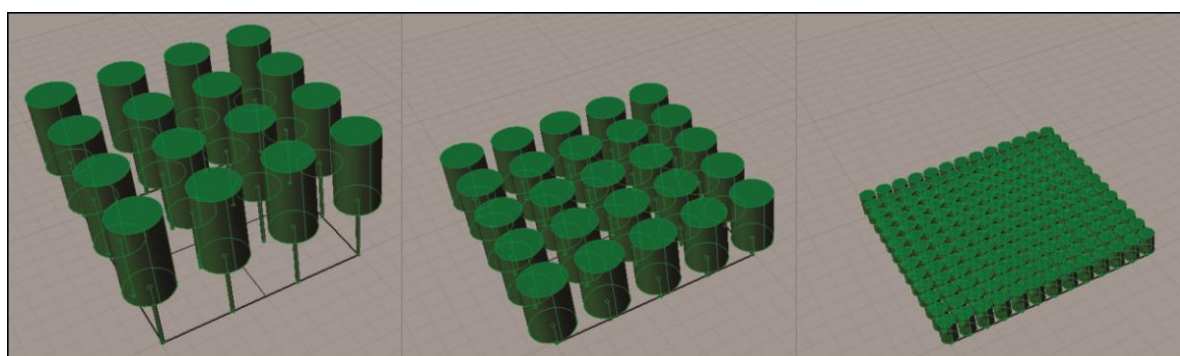


Figura 88: Derivação de árvores, arbustos e forração
Fonte: Elaboração própria

A **definição** para gerar essas composições é muito simples, sendo formada por poucos componentes do Grasshopper. No diagrama, segundo a **definição 4** presente no **Anexo C**, seleciona-se primeiramente uma superfície em que devem ser inseridos os componentes no projeto. A partir da forma selecionada, a definição gera pontos igualmente espaçados. Em cada um deles, são inseridos os componentes. Por meio das barras de controle numérico, é possível controlar o diâmetro e a altura de ambos os cilindros que representarão o componente.

5.4. Inserção heterogênea de componentes em uma superfície

Esta **definição** do Grasshopper funciona de forma semelhante à anterior, mas nela são adicionados objetos que geram variações no diâmetro e na altura de todos os cilindros e na sua posição em relação ao ponto gerado pela subdivisão da superfície. A **Figura 89** mostra a parte de ambas as **definições** responsável por posicionar os componentes na superfície. No caso da definição de inserção homogênea dos componentes (1), os dados sobre a posição dos pontos gerados pela divisão são aproveitados diretamente pelo objeto que adiciona os cilindros. Na definição para inserção heterogênea (2), a sequência é interrompida por dois objetos que geram os números aleatoriamente, modificando assim a posição dos cilindros. Tais objetos também são utilizados para criar variação nos demais parâmetros, ainda que sempre mantendo uma proporção controlada, evitando a geração de formas que não representariam adequadamente um componente.

Na **definição**, a distância entre os componentes também é parametrizada, sendo que o usuário pode diminuí-la ou aumentá-la por meio da manipulação do número de divisões na superfície. Quanto mais subdividida a área, menor será o espaçamento e o bosque será mais denso. Caso haja menos subdivisões, o agrupamento de objetos representará um maciço arbóreo em que as árvores estariam mais espaçadas. A **Figura 91** mostra essas situações diferentes de implantação de um bosque, do mais aberto ao mais denso.

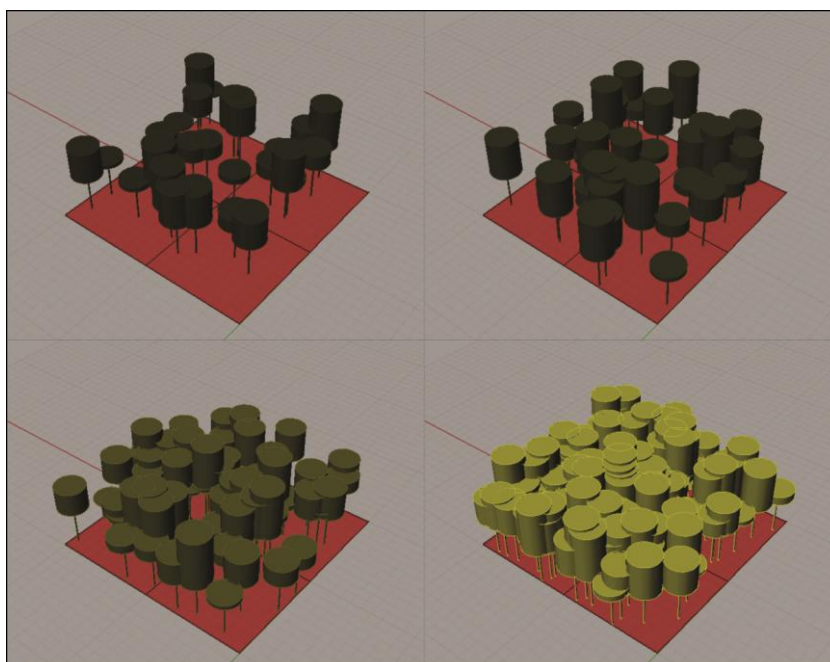


Figura 91: Diferentes densidades para um bosque gerado pela definição

Fonte: Elaboração própria

A mesma **definição** pode ser utilizada mais de uma vez em uma superfície para inserir outros componentes de vegetação. Na figura acima, a representação de bosque heterogêneo parece estar implantado em um gramado ou em uma área onde não há vegetação arbustiva. Para inserir componentes que representam arbustos, é possível manipular os parâmetros e o número de subdivisões na superfície para que eles sejam menores de modo a tornar essa massa de vegetação mais densa. A **Figura 92** apresenta um exemplo de bosque com vegetação arbustiva em sua base.

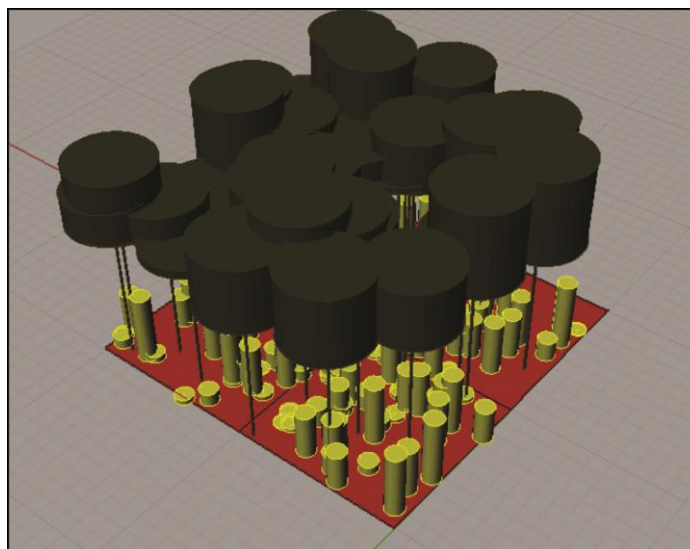


Figura 92: Utilização da definição para gerar bosque com arbustos
Fonte: Elaboração própria

Além da modificação dos parâmetros, também é possível adicionar conceitos de boa conduta de projeto na própria **definição**. Um exemplo seria o uso da vegetação para valorizar a topografia. Segundo Simonds (1997), uma forma adequada de compor espacialmente um terreno cuja topografia apresenta pequenas variações seria por meio da inserção de componentes mais altos em áreas elevadas e daqueles de menor altura nas partes mais baixas. O corte na **Figura 93** ilustra a valorização da topografia.

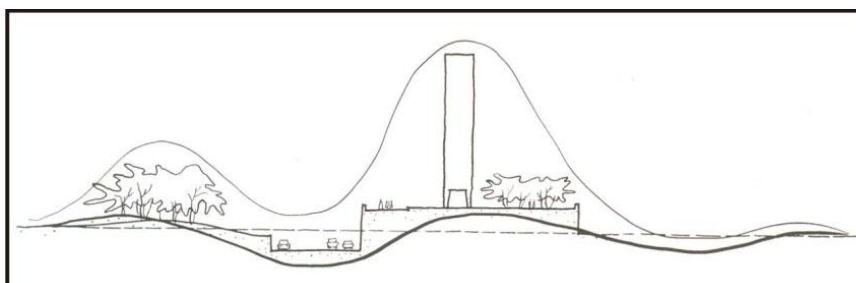


Figura 93: Esquema ilustrando a utilização de elementos verticais para aumentar a dramaticidade do espaço
Fonte: Simonds (1997)

Para representar esse conceito nesta definição, a altura dos componentes também varia segundo a topografia. Isto é, quando o bosque está próximo do que seria um vale, os elementos inseridos representam espécies menores, enquanto que, nas áreas mais altas ficariam

espécies maiores. Ao se inserir essa variável no algoritmo, é possível explicar ao aluno o conceito de paisagismo extraído do livro de Simonds (1997) e presente na obra de Roberto Burle Marx. A **Figura 94** mostra um modelo digital com componentes mais altos na parte superior e mais baixos na inferior.

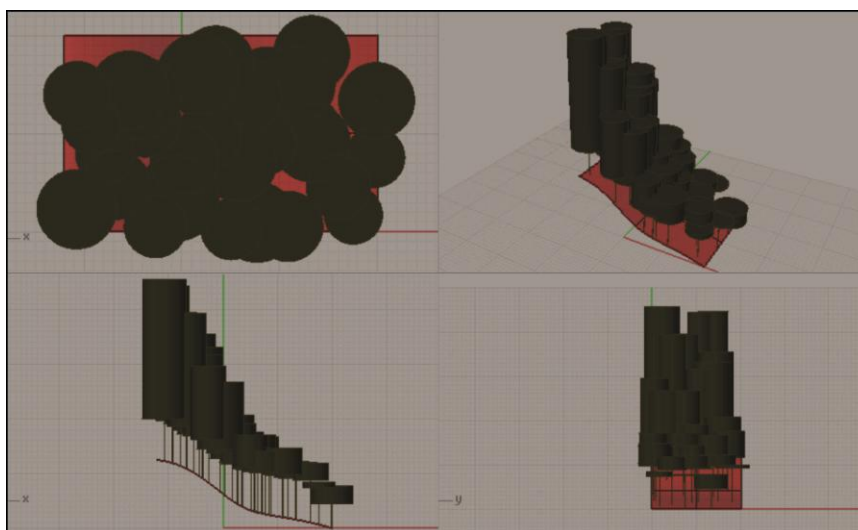


Figura 94: Valorização da topografia implementada no Grasshopper

Fonte: Elaboração própria

5.5. Utilização dos algoritmos para gerar uma solução

A partir das definições elaboradas em Grasshopper foram geradas soluções do uso de vegetação para uma área hipotética de jardim modelada no Rhinoceros. Os algoritmos foram aplicados em linhas e em superfícies, dois dos métodos de inserção de componentes definidos pelas regras da gramática. Após a realização de diferentes estudos foi selecionado um modelo para ser prototipado na impressora 3D do LAPAC (Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção) na Unicamp.

A **Figura 95** mostra a área que foi trabalhada no Rhinoceros. As curvas que auxiliaram na construção do modelo virtual não são apagadas, pois nelas podem ser aplicadas as **definições** que implantam componentes segundo a regra de inserção ao longo de uma linha. Outras curvas auxiliares podem ser desenhadas no modelo para que sejam aplicados outros componentes compositivos. Em relação às superfícies, estas devem estar preliminarmente separadas nos diferentes espaços de circulação, pisos, áreas de forração, arbustivas ou que

poderão conter extratos arbóreos. Na mesma figura há um exemplo de derivação com bosques de ambos os lados representando a mesma espécie de árvore. A **Figura 96** mostra outra derivação com um bosque heterogêneo de um lado e um gramado do outro. Esta foi a solução escolhida para ser prototipada (**Figura 97 e 98**).

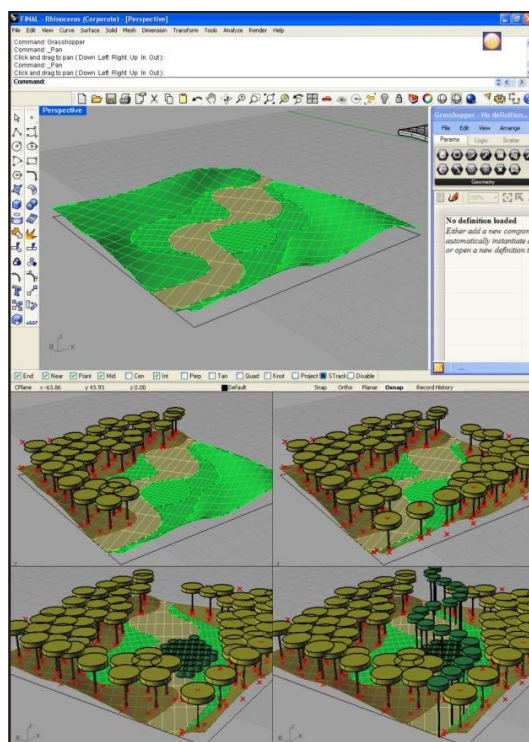


Figura 95: Modelo de uma área de jardim e processo de derivação de uma solução
Fonte: Elaboração própria

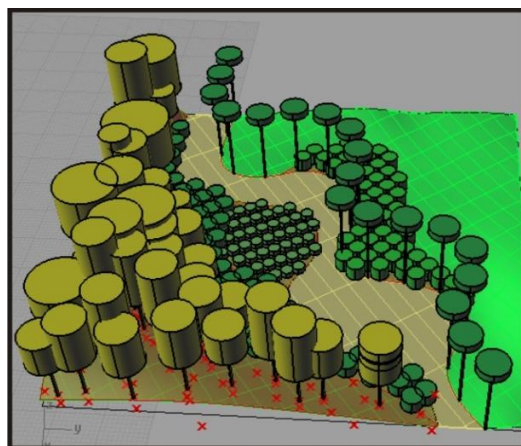


Figura 96: Derivação selecionada para ser prototipada
Fonte: Elaboração própria



Figura 97: Processo de limpeza do modelo prototipado
Fonte: Elaboração própria

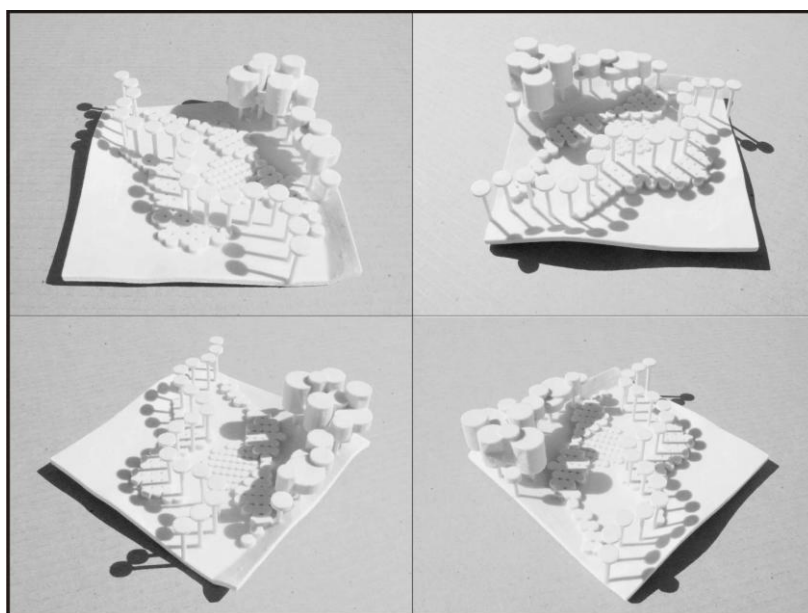


Figura 98: Modelo pronto, fotografado em diferentes posições
Fonte: Elaboração própria

A implementação das regras de gramática da forma para desenvolver soluções para problemas de projeto, em um editor de algoritmos visual voltado à geração de modelos parametrizados, se mostrou viável. Caso fosse utilizada no ensino, o aluno poderia ter à sua

disposição algoritmos que seriam aplicados diretamente em um modelo, no qual automaticamente poderia realizar modificações até que fosse obtida uma solução que se considerasse adequada.

Esse processo de composição é diferente do implementado para as gramáticas tradicionais (encostos das cadeiras em Hepplewhite, Jardins em estilo Mughul e as vilas de Paladio) em que as regras eram aplicadas gerando uma solução automaticamente. Nesse caso, as **definições** para inserção de componentes podem ser utilizadas independentemente para solucionar partes diferentes de um problema. Ou seja, o aluno poderá aplicar a **definição** de pontos aleatórios para inserir árvores em uma determinada parte do espaço livre. Depois pode inserir componentes ao longo de uma linha para criar um plano vertical de palmeiras. Também, pode utilizar a **definição** que insere componentes em uma área formando um bosque em outra parte do modelo. Procedendo dessa forma, gradativamente chega-se a uma solução.

Contudo, como foi explicitado no último item do **capítulo III**, os alunos poderiam também gerar inúmeras soluções inadequadas se apenas utilizarem as definições. Devido à sua falta de experiência de projeto, situações como as apresentadas na **figura 62**, podem se repetir. O próximo capítulo trata do desenvolvimento de uma estrutura de dados que relaciona referências de projeto com conceitos de projeto. Por meio dela, como será visto, foi possível implementar um protótipo de um sistema de pesquisa

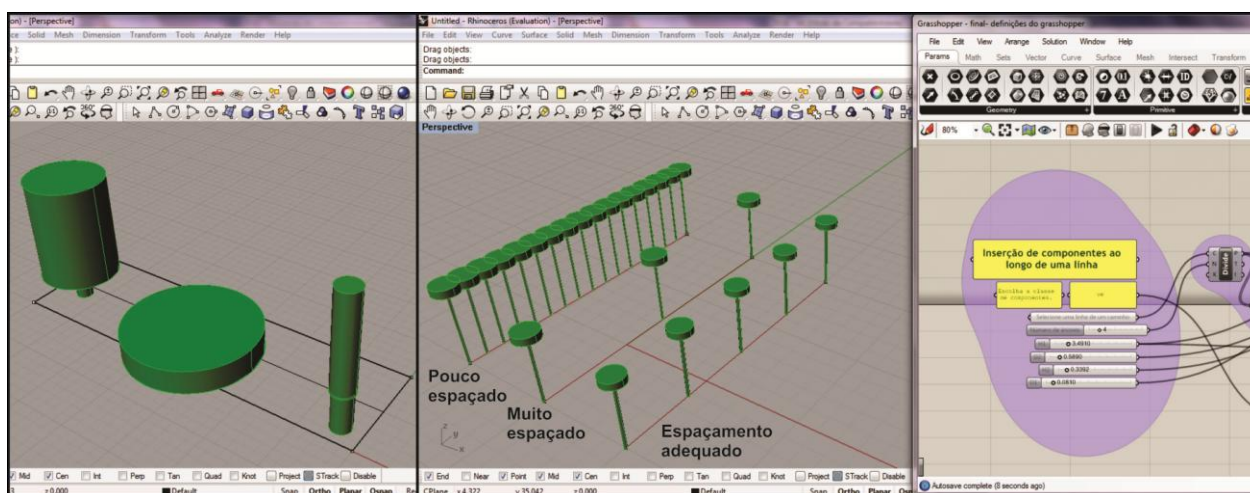


Figura 99: Exemplos apresentados figura 63, reproduzidos pela aplicação das definições

Fonte: Elaboração própria

VI - DESENVOLVIMENTO DE MODELO DO SISTEMA QUE CONTERÁ PADRÕES E REFERÊNCIAS

Neste capítulo são apresentados os processos de modelagem da estrutura hierárquica do sistema, isto é, como os padrões (conceitos e esquemas) se relacionam com os precedentes, e sua implementação. A organização dos padrões do sistema inspirou-se, como explicado no capítulo de metodologia, na estrutura da linguagem de padrões de Alexander e de manuais ou livros sobre arquitetura paisagística.

A partir do modelo elaborado foram analisados diferentes aplicativos para a implementação de um protótipo, como editores de ontologia e aplicativos para modelagem de mapas mentais. Foram avaliadas as vantagens e desvantagens do uso de cada um deles, quanto a forma de apresentação da informação, o nível de interatividade, e a simplicidade de uso. Como o objetivo era preparar um protótipo para a aplicação dos exercícios de validação da hipótese do trabalho, este *software* também deveria apresentar características que possibilitassem a sua manipulação imediata por parte dos alunos. O aplicativo que melhor se encaixava as características almejadas era, como será visto, um sistema de navegação desenvolvido em Java chamado Touchgraph Navigator.

A partir da implementação do protótipo do sistema de pesquisa e dos algoritmos no aplicativo de modelagem paramétrica Grasshopper foi desenvolvido um diagrama que exemplifica o processo de elaboração de uma solução de projeto. Também, no final deste capítulo será ilustrado o uso destes sistemas por meio da elaboração de um modelo tridimensional.

6.1. Elaboração de uma estrutura hierárquica básica para o sistema

A estrutura de um sistema que colabore com o ensino de projeto deve, como foi explicitado, ter características que possibilitem a adequada apresentação da informação para o aluno. Esta deve ter uma clara hierarquia, possibilitando que o estudante entenda a relação entre os diferentes conceitos de projeto e precedentes. Existem teorias que estudam a forma com que o conhecimento deve ser apresentado aos alunos, aumentando o desempenho no aprendizado. Uma destas teorias é o princípio da diferenciação.

Segundo Ausubel (2003), quando uma disciplina é ensinada conforme o princípio da diferenciação, os conceitos gerais são apresentados em uma fase inicial. Em seguida, por meio de um processo de diferenciação, vão sendo apresentados aos alunos conceitos mais específicos até que sejam atingidos os pormenores que envolvem o assunto. Esta abordagem de ensino corresponde ao processo natural de aquisição de consciência cognitiva e de sofisticação do conteúdo. Além disso, ela também corresponde ao modo pelo qual o conhecimento é representado, organizado e armazenado nas estruturas humanas. O **gráfico A**, na **Figura 100**, mostra como se estruturaria o conhecimento consoante as idéias de Ausubel (2003).

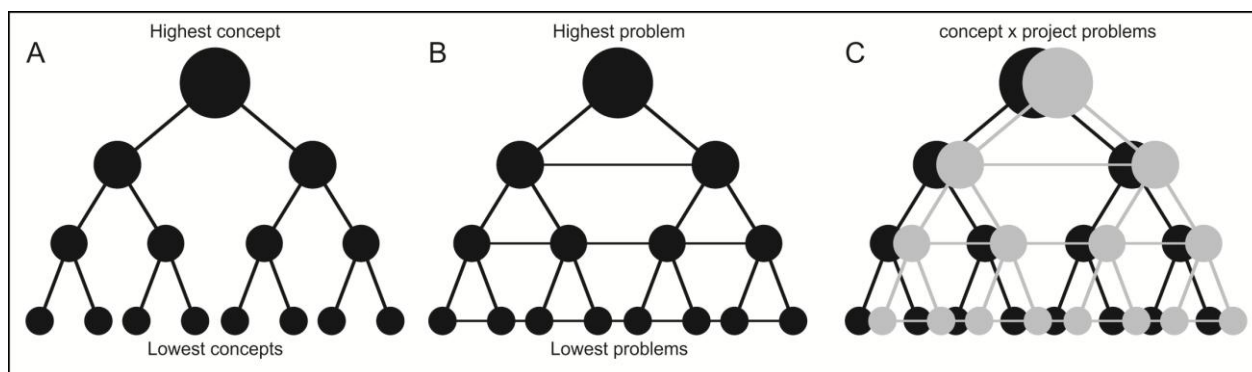


Figura 100: Princípio da diferenciação e processo de projeto
Fonte: Elaboração própria

Esta forma de representação do conhecimento é muito semelhante ao processo de resolução de um problema de projeto. Da mesma maneira que uma disciplina deve ser ensinada por meio da apresentação, nas etapas iniciais, de conceitos gerais, a busca por uma solução de projeto parte de um problema geral. Este é progressivamente diferenciado em uma série de problemas nos quais são aplicados conceitos específicos para sua resolução. No entanto, as conexões existentes no processo de resolução de um problema não acontecem apenas do conceito geral para o específico. Existe uma série de conexões que relacionam os conceitos pertencentes a um mesmo nível de hierarquia, representando as relações diretas entre os problemas (**gráfico B** da **Figura 100**). Este mesmo tipo de estrutura pode ser encontrado na linguagem de padrões desenvolvida por Christopher Alexander (1977) e será utilizada como modelo para a parte da estrutura hierárquica das classes na ontologia. Contudo, parte da estrutura relacionada com as classes de referência de projeto ainda deve ser resolvida. O método escolhido para resolvê-la foi avaliar diferentes estruturas de organização de manuais de arquitetura paisagística.

Os manuais são um tipo de livro com função de relacionar todas as informações sobre um assunto. Neles, não é necessário realizar uma leitura linear, mas pontual e direcionada ao que se busca, pois o conhecimento está diferenciado em blocos de informações, com cada uma dessas unidades apresentando as informações necessárias para resolver um ou diversos problemas de projeto. Em alguns casos, os manuais contêm ainda exemplos de soluções desenvolvidas por um projetista para ilustrar os conceitos apresentados. A forma com que o conhecimento é organizado depende do próprio autor, sendo que alguns criam estruturas mais diferenciadas em subitens e com o conteúdo mais padronizado. De certa forma, se parecem com a linguagem de padrões de Alexander, ainda que não apresentem o mesmo grau de formalização em sua estrutura e nem em seu conteúdo.

Nesta etapa do trabalho, foram selecionados, além do manual com os padrões de Alexander, mais três livros para análise. A partir deles, foram elaborados diagramas que mostram como a sua informação foi estruturada. A **Figura 101** apresenta as diferentes formas de organização elaboradas por seus autores.

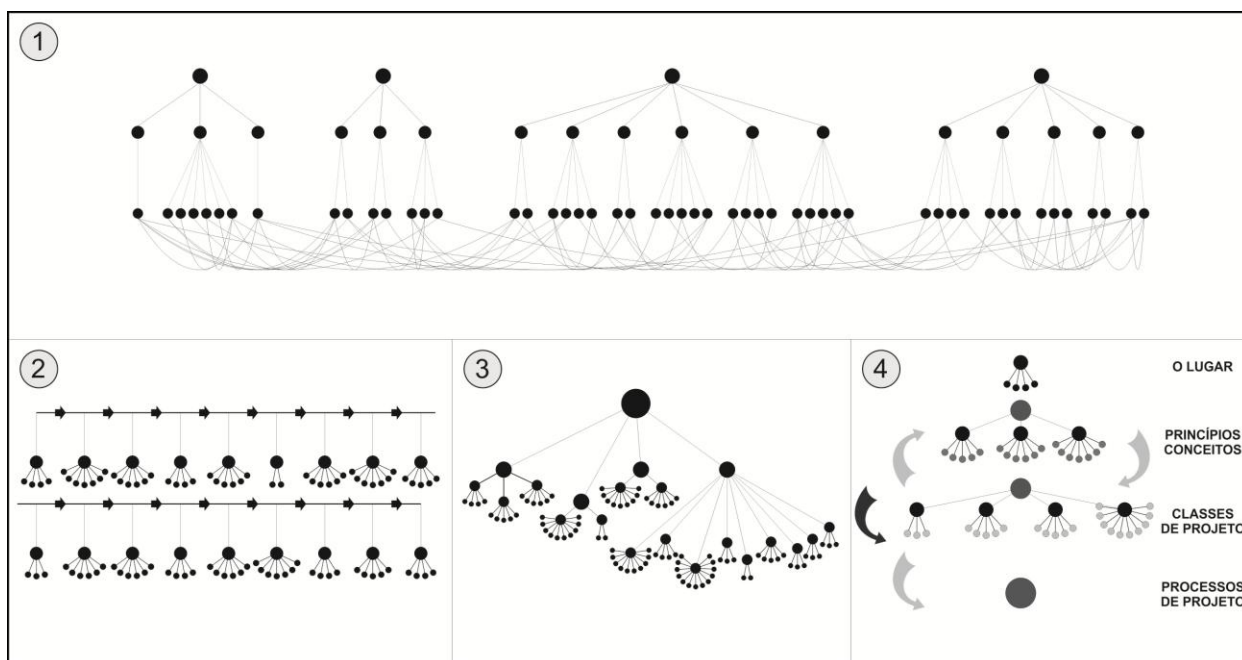


Figura 101: Diagramas dos livros. (1) *A Pattern Language*. (2) *Landscape architecture*. (3) *The Landscape of man*. (4) *The Poetics of Garden*

Fonte: Elaboração própria

O primeiro gráfico na imagem acima foi construído a partir de *A Pattern Language* de Alexander (1977). Nele é possível notar a organização dos padrões como foi explicitado no item que trata especificamente de padrões. Já a segunda estrutura apresentada foi elaborada a partir do índice do livro *Landscape Architecture* de Simond (1997). Este manual de arquitetura paisagística apresenta “regras” de boa conduta de projeto e instruções, embora não haja a padronização das informações para solucionar um problema. A distribuição dos capítulos, com temas como circulação, construção de espaços ou a água no jardim representa uma compartimentalização e classificação dos conceitos de projeto. Contudo, não há uma organização clara para a apresentação das referências ao leitor.

The Landscape of Man (JELLICOE, 1975), o terceiro livro estudado, apresenta uma abordagem histórica sobre a arquitetura paisagística. Nesse caso, não se trata de um manual com diferentes conceitos de projeto, mas de uma coletânea de jardins (instâncias) que tentam exemplificar diferentes períodos da dominação do homem sobre a paisagem. A leitura do livro tanto pode ser linear como pontual, pois é possível que se compreenda boa parte das características descritas em cada item sem que haja a necessidade de ter lido o anterior. Neste livro, as informações sobre os conceitos, empregados em diferentes momentos da História, são extraídos a partir da análise dos próprios projetos. Esses princípios colaboram para classificar cada um dos jardins como pertencentes a determinado período.

A quarta e última estrutura foi elaborada a partir da organização do conteúdo existente em *The poetics of Garden* (MOORE, MITCHELL e TURNBULL, 1990). Nele é atribuída a mesma importância tanto para os precedentes como para os conceitos de projeto. O primeiro capítulo mostra a necessidade da compreensão do *Genius Locci* para se iniciar o processo de equação das variáveis de um problema de projeto. Nessa etapa de análise, o projetista organiza as informações que darão a fundamentação necessária para o desenvolvimento de uma ideia. As regras esquemáticas responsáveis por elaborar um plano conceitual, apresentadas na parte de aplicação de gramáticas, poderiam estar contidas neste capítulo. O segundo capítulo abriga os principais conceitos que um jardim deve apresentar, isto é, o conhecimento que deverá ser aplicado sobre as variáveis equacionadas na etapa precedente. Este conteúdo está subdividido em itens que servem para classificar os diferentes conceitos de projeto. A informação é apresentada por meio de texto e de esquemas (imagens e diagramas) que possibilitam a sua

melhor compreensão. No terceiro capítulo, são definidas quatro classes de projeto – coleção, peregrinação, cenários e simetrias. Cada uma delas contém uma série de jardins que representam boas soluções projetuais e que são descritos de forma clara e objetiva, com uma nítida relação com os conceitos ensinados no capítulo anterior. Sendo assim, existe uma forma organizada de relacionar precedentes e conceitos. O último capítulo do livro apresenta cinco diálogos diferentes entre os projetistas responsáveis pela elaboração dos jardins descritos. Em cada um deles, há uma discussão que ilustra o processo de busca de solução para problemas de projeto que um paisagista enfrentaria atualmente. Isso ilustra como os conceitos de projeto, mesmo de jardins antigos, podem ser utilizados para solucionar problemas do presente.

A partir das estruturas descritas acima, foi elaborado um modelo da taxonomia que organizará conceitos e precedentes de projeto. Essa estrutura contém características da organização existente na linguagem de padrões de Alexander e na obra *The poetics of Garden*. A **Figura 102** mostra este modelo.

Do lado esquerdo do diagrama, na superclasse CP (conceitos de projeto), estão organizados os conceitos em cinco subclasses diferentes. Os conceitos se relacionam uns com os outros dentro de uma mesma hierarquia, formando assim uma rede de conexões semelhante à da linguagem de padrões de Alexander (1977). A partir de conceitos mais gerais, são formados os mais específicos, que resultam da conexão de mais de um conceito e podem ser chamados de esquemas (GERO, 1990).

À direita da imagem, em PR (projetos), existem duas subclasses que são **PP** (projetos do passado) e **PF** (projetos do futuro). Cada uma dessas classes apresenta quatro subclasses que são **CE** (cenários), **PE** (peregrinação), **CO** (coleção) e **SI** (simetrias). Nelas são armazenados os projetos do passado e do futuro. A subclasse **PP** contém os projetos de Roberto Burle Marx (referências) que, como foi anteriormente afirmado, são a fonte de onde são extraídos os conceitos de projeto. A subclasse **PF** contém os novos projetos, desenvolvidos pelo usuário do sistema. Nas subclasses existentes em **PF**, ele poderá inserir suas soluções e relacioná-las com os conceitos presentes nos padrões organizados na superclasse **CP** ou, inclusive, poderá inserir novos conceitos. Portanto, a intenção é que essa estrutura básica possa ser modificada pelo projetista.

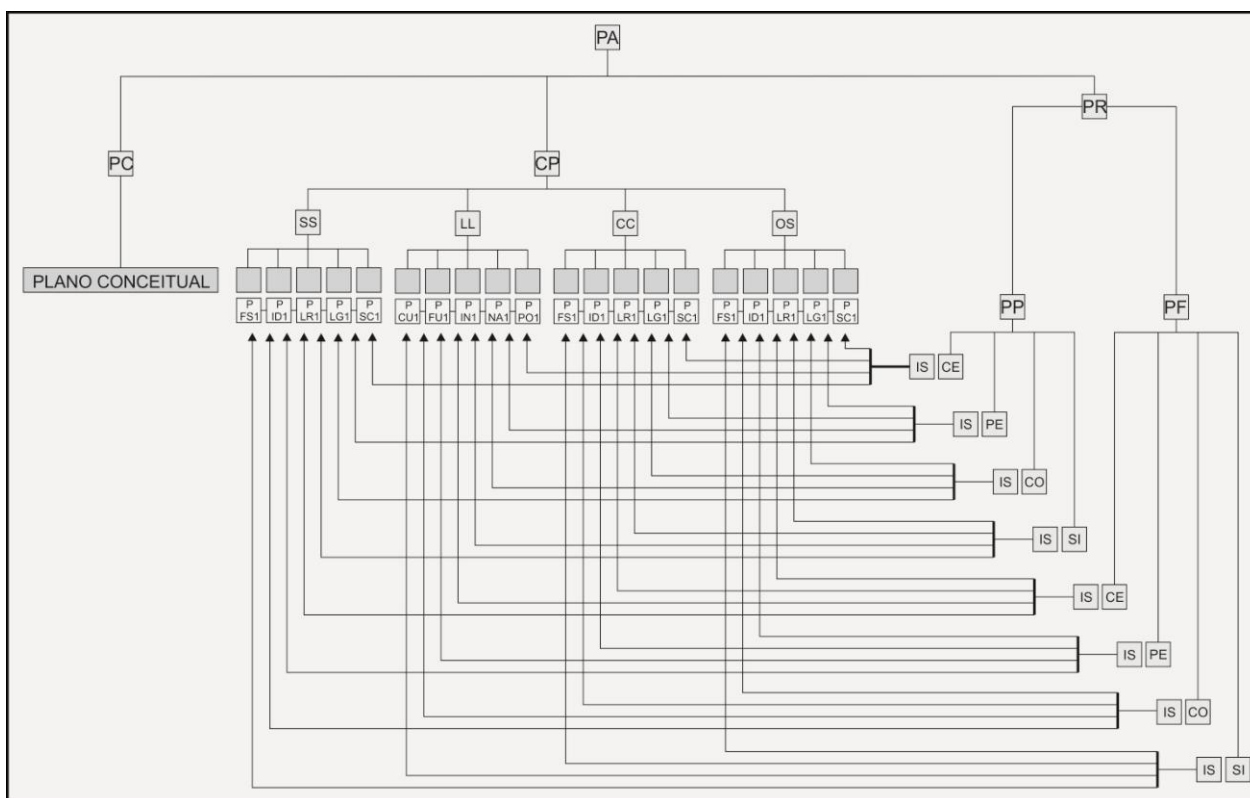


Figura 102: Estrutura hierárquica básica do sistema
Fonte: Elaboração própria

6.2. Implementação do sistema a partir do modelo desenvolvido

O objetivo principal deste trabalho, como já foi explicitado, foi a de criar um sistema baseado nas teorias da computação aplicadas ao projeto, capaz de colaborar com o ensino de arquitetura paisagística. No capítulo III foram elaboradas as regras esquemáticas para o desenvolvimento de um plano conceitual e de um plano de massas. Por meio dela, foram criadas regras esquemáticas e derivações capazes de produzir soluções de projeto semelhantes às elaboradas por Roberto Burle Marx. Essas mesmas regras foram implementadas em um editor de algoritmo capaz de gerar modelos paramétricos. Em uma etapa posterior, as regras e derivações foram organizadas em classes (conceitos) e descritas no formato de uma ontologia que pode representar o conhecimento produzido pelo paisagista.

Como foi visto, parte do modelo relacionado à geração automática dos componentes de uma área livre foi implementado em um editor de algoritmo (Grasshopper), voltado à geração de formas parametrizadas no Rhinoceros. Para que o sistema seja totalmente informatizado, ainda

seria necessário implementar a ontologia. Isso possibilitaria que o aluno visualizasse as regras existentes nas classes e simultaneamente as aplicasse diretamente em um modelo virtual. Os próximos itens descreverão o processo de implementação da ontologia e do protótipo do sistema.

6.3. Como implementar uma ontologia

Apesar de a estrutura hierárquica dos padrões elaborada no capítulo anterior estar baseada na teoria que envolve as ontologias e seus componentes, não foi selecionado um editor de ontologias para implementá-la. Existem dois motivos principais para se ter buscado outra abordagem para solucionar a questão referente à implementação desta parte do sistema.

O primeiro deles relaciona-se ao modo como os alunos deverão usá-lo. Um dos objetivos é que os usuários do sistema tenham a possibilidade de modificar a sua estrutura hierárquica por meio da inserção de novos conceitos e referências. Essa abordagem assemelha-se muito à própria visão que Alexander tinha da forma como deveria ser utilizada a linguagem de padrões. Entretanto, os projetistas não deveriam necessariamente empregar os padrões como são encontrados no livro *A Pattern Language*, pois era necessário que o usuário do sistema trabalhasse ativamente sobre a linguagem e não aceitasse passivamente as regras elaboradas por Alexander.

Implementar ontologias não é uma tarefa simples e a maioria dos editores apresentam uma interface complicada. Para que um aluno de graduação pudesse trabalhar com uma ferramenta desse gênero, ele deveria receber um treinamento adequado, o que seria impossível no início do curso de graduação, inviabilizando a modificação e o uso ativo do sistema por parte do aluno.

Outro motivo para que não seja empregado um editor de ontologias está relacionado ao modo como a informação deve ser apresentada no sistema. Segundo Alani (2003), os editores de ontologias e alguns de seus *plug-ins* geram gráficos com a estrutura hierárquica da ontologia segundo diferentes técnicas de visualização e que são utilizados para analisar e verificar a estrutura de uma ontologia. No caso da ferramenta que foi desenvolvida, é necessário ter acesso visual não apenas a esse gráfico, mas também às informações contidas em cada um dos conceitos e esquemas. Não seria adequado o aluno selecionar um nó de um gráfico gerado por um editor de

ontologias e depois precisar abrir as informações relacionadas a este nó em uma nova janela, já que isso dificultaria o uso do sistema.

Sendo assim, foi realizada uma pesquisa com o objetivo de se encontrar o programa mais adequado para implementar a parte do sistema relacionada à apresentação da estrutura gráfica dos padrões e das regras da gramática. Entre os *softwares* pesquisados estão os que são utilizados para elaborar os mapas mentais, que são diagramas utilizados para mostrar a relação entre diferentes conceitos, formando assim uma representação gráfica do conhecimento. Essas estruturas hierárquicas podem ser consideradas a primeira etapa para o desenvolvimento de uma ontologia. Seu método de elaboração utiliza o mesmo princípio de organização, em que os conceitos são arranjados dos mais gerais para os mais específicos.

Os programas para elaboração de mapas mentais são muito mais intuitivos e simples de serem utilizados do que os editores de ontologias. Podem ser citados como exemplos desses aplicativos o VUE (Visual Understanding Environment) e o Touchgraph Navigator. O primeiro deles, assim como os demais, apresenta uma interface que valoriza o gráfico que está sendo elaborado. Dentro de seus nós, podem ser inseridos, por exemplo, *links*, imagens, textos etc. A **Figura 103** mostra um mapa mental desenvolvido em VUE baseado na estrutura hierárquica desenvolvida para o sistema. Após montar o mapa conceitual, o usuário pode utilizar um modo de visualização existente no aplicativo (1) para realizar uma apresentação. Por meio dele, é possível acessar as informações existentes em cada conceito do mapa (2). Contudo, após acessar a informação, o gráfico não fica mais visível, sendo necessário voltar para o modo de visualização inicial clicando em um botão do lado direito inferior da tela (3). Neste mesmo lado, na parte superior o usuário pode acessar as superclasses e subclasses em que esses conceitos estão inseridos (4).

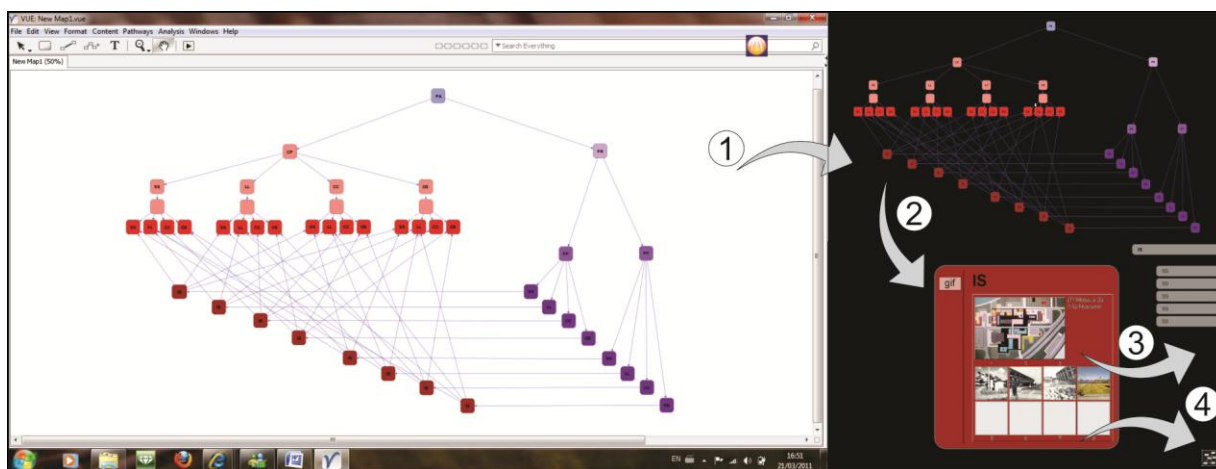


Figura 103: Implementação da estrutura em VUE

Fonte: Elaboração própria

A impossibilidade de acessar o gráfico completo no **VUE** durante o modo de apresentação o torna inadequado para ser utilizado para implementar a estrutura hierárquica do sistema e os padrões. Os alunos, após acessarem as informações de um padrão, não poderiam mais ver o gráfico em sua totalidade e acabariam se perdendo dentro da estrutura de conceitos. Sendo assim, optou-se por utilizar o navegador Touchgraph para implementar a estrutura de padrões. Os motivos para sua escolha serão descritos no item a seguir.

6.3.1.Touchgraph Navigator e a implementação dos conceitos

O navegador Touchgraph é um *software* de código aberto desenvolvido em Java¹⁷ e capaz de criar gráficos de nós interativos. Esse aplicativo oferece diversos recursos de visualização que serão descritos a seguir e que o tornam adequado para a implementação da estrutura hierárquica dos conceitos e precedentes. A base de dados do aplicativo pode ser obtida de arquivos de diferentes formatos, entre eles do Excel. A partir deles, é modelado um gráfico dinâmico que mostra as relações entre os nós gerados por meio de conexões formadas por linhas. Além da relação entre os nós dos gráficos, também é possível associar atributos a cada um deles, de modo a mostrar informações adicionais quando eles são selecionados pelo usuário. A planilha do Excel abaixo foi montada a partir da taxonomia desenvolvida para representar o conhecimento

¹⁷ **Java** é uma linguagem de programação orientada a objetos desenvolvida na década de 90 por uma equipe de programadores chefiada por James Gosling, na empresa Sun Microsystems (NIEMEYER & KNUDSEN, 2005).

de Roberto Burle Marx. Nela é arranjada a relação entre os diferentes nós. Por exemplo, a classe **projetos passado (CL-PRP)** tem como subclasse cenários (**CE**), à qual pertencem quatro diferentes classes de projeto (**PROJBM1**, **PROJBM2**, **PROJBM3** e **PROJBM4**). Nessas classes estão adicionadas as referências que se relacionarão com os conceitos do outro lado da estrutura (**PA12**, **PA23**, **PA43**, etc).

Tabela 2: Tabela com os dados da ontologia que são importados pelo Touchgraph.

CL-PP	CL-PRP	CL-PRPIN	IMAGEM	SC-PADRÃOPI N	CL-PF	CL-PRF	CL-PRFIN	SC-PADRÃOFIN	CL-PR	CL-PA	CL-CON	CL-CON-1	CL-CON-2	SC-PADRÃO1	SC-PADRÃO2
PP	CE	PROJBM01	C:\Users\Carlos Vaz\Desktop\FINAL\IM\PROJBM1.GIF	PA10	PF	CE	PROJ01	PA61	PR	PA	CO	SS	CO	PA1	PA64
		PROJBM01		PA23			PROJ01	PA12							
		PROJBM01		PA34			PROJ01	PA2							
		PROJBM01		PA32			PROJ01	PA12							
	CE	PROJBM02		PA56		CE	PROJ02	PA13					CO	PA2	PA63
		PROJBM02		PA23			PROJ02	PA23							
		PROJBM02		PA12			PROJ02	PA43							
		PROJBM02		PA37			PROJ02	PA27							
	CE	PROJBM03		PA63		CE	PROJ03	PA51					CO	PA3	PA61
		PROJBM03		PA8			PROJ03	PA41							
		PROJBM03		PA56			PROJ03	PA43							
		PROJBM03		PA23			PROJ03	PA17							
	CE	PROJBM04		PA18		CE	PROJ04	PA25					CO	PA4	PA61
		PROJBM04		PA27			PROJ04	PA35							

Fonte: Elaboração própria.

Depois que o gráfico é gerado, é possível editar sua aparência, modificando parâmetros relacionados aos nós e às ligações entre eles. No caso dos nós, é possível editar as cores, a forma, a espessura do seu contorno e o tamanho das letras. As conexões podem ser alteradas, apresentando diferentes espessuras, tipos de linhas, cor etc. Também é possível manipular o nível de proximidade que uma classe de nós tem de outra. Por meio da edição desse parâmetro, é possível modelar a forma visual do gráfico. Do lado esquerdo da área de trabalho, uma janela mostra mais informações sobre um nó selecionado pelo usuário. Nela podem ser adicionados outros dados e arquivos de imagens ou *hyperlinks*. Também é possível acessar outros nós diretamente relacionados ao que está sendo visualizado, o que facilita a navegação no sistema. Essa janela funciona da mesma maneira que o modo de apresentação do **VUE**. No entanto, neste caso, o gráfico todo sempre permanece visível. A **Figura 104** mostra o gráfico gerado a partir da planilha de Excel da página anterior.

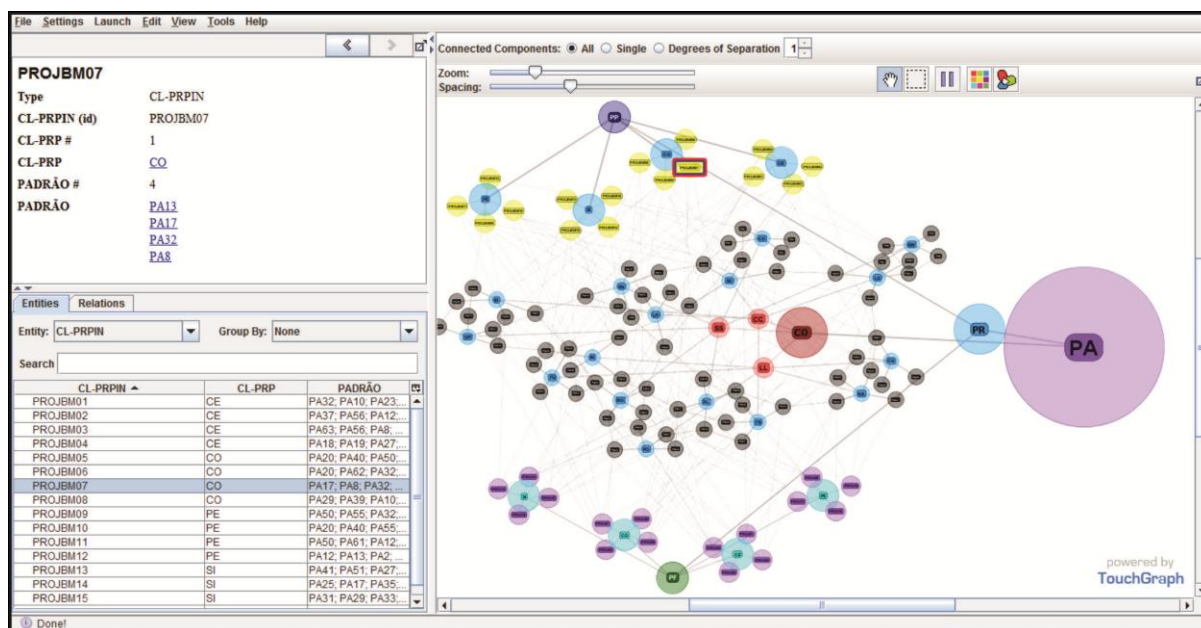


Figura 104: Gráfico gerado a partir da planilha do Excel
Fonte: Elaboração própria

A partir do gráfico de nós gerado no navegador Touchgraph é possível relacionar diretamente os conceitos, as regras esquemáticas da gramática e as referências de projeto de Roberto Burle Marx. Desse modo, a parte do sistema em que o aluno buscaria informações que o ajudariam a superar a falta de experiência como projetista pode ser implementada.

6.4. Emprego do sistema e exemplo de modelo elaborado

Neste item, será descrita a forma como os alunos deverão utilizar o sistema. Primeiramente, o usuário deverá pesquisar no sistema conceitos e referências para um problema de projeto previamente selecionado. Esta etapa deverá ser realizada no navegador Touchgraph. As regras e derivações mostrarão como o conceito deve ser utilizado, e as propriedades que o descrevem indicarão em quais situações ele deverá ser aplicado, com os respectivos resultados que podem ser obtidos. No conceito, também será indicado qual definição do Grasshopper deverá ser utilizada para gerar um componente. Após abrir o arquivo do *plug-in*, o aluno ainda poderá consultar no padrão uma série de valores pré-definidos para os parâmetros, que indicarão como obter o componente descrito. O modelo da formatação desses dados, que serão apresentados na janela do lado esquerdo do navegador Touchgraph, está ilustrado na **Figura 105**.

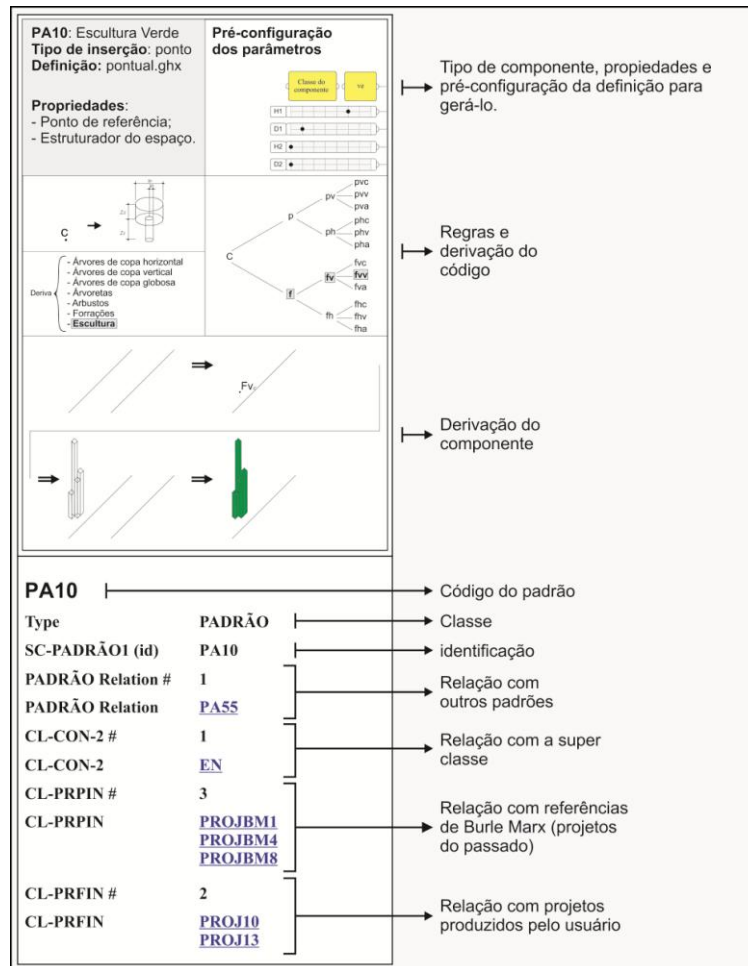


Figura 105: Ficha com as informações que serão apresentadas em um padrão
Fonte: Elaboração própria

Os valores pré-definidos não devem ser considerados fixos. Após gerar a geometria parametrizada pela primeira vez, o aluno ainda poderá modificá-la segundo as suas necessidades, por meio da alteração dos valores presentes na barra de rolagem. Caso considere aquele conceito ou esquema inadequado para solucionar o problema de projeto em que está trabalhando, poderá buscar no sistema outros padrões. Se isso não for necessário, esta solução será considerada adequada e o usuário poderá reiniciar o processo pela inserção de outro componente na composição. A **figura 106** ilustra como seria a utilização do sistema pelos alunos. Os **quadros de 1 a 3** ilustram o processo de elaboração de um modelo virtual por meio tanto da utilização do sistema de pesquisa para buscar padrões e precedentes, como das definições elaboradas no Grasshopper para inserir os componentes. O resultado final é apresentado na **figura 107**.

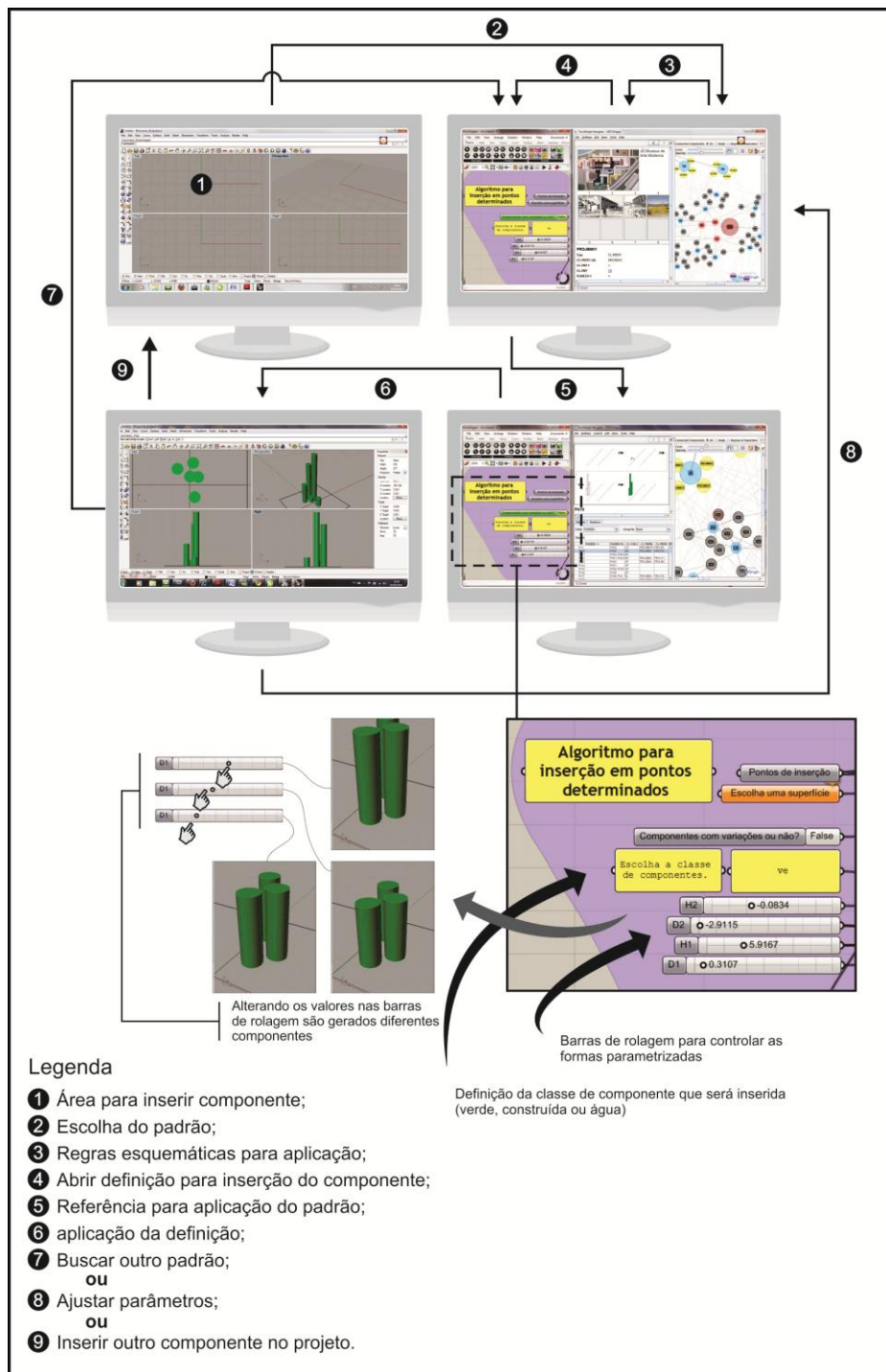
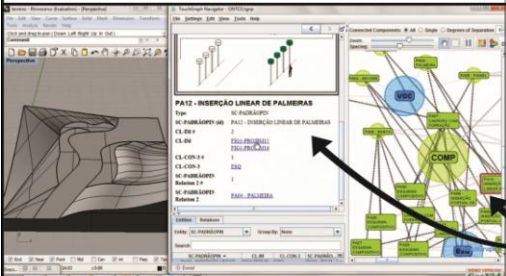
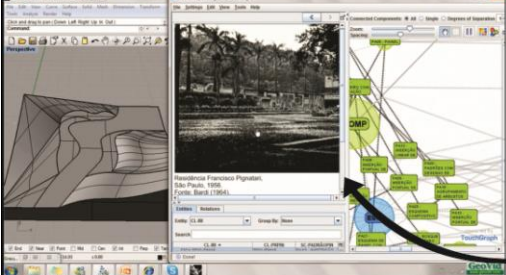
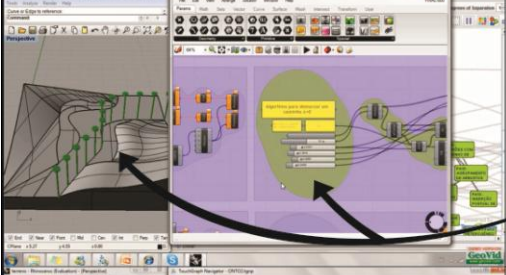
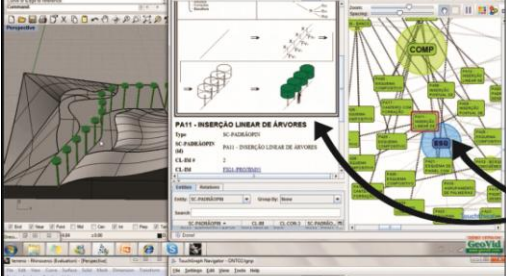
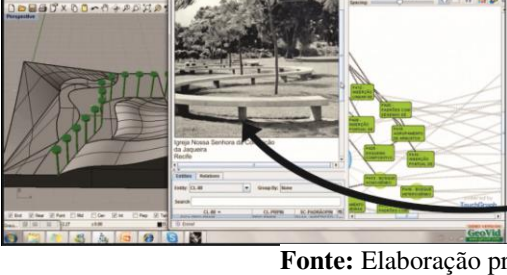


Figura 106: Esquema para a utilização do sistema

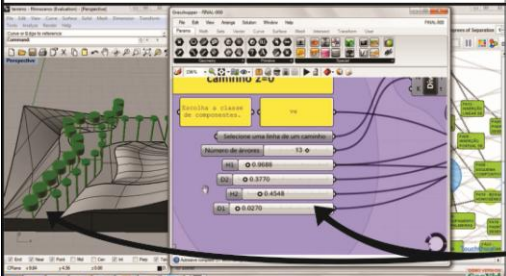
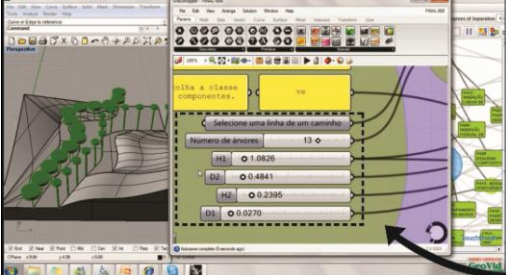
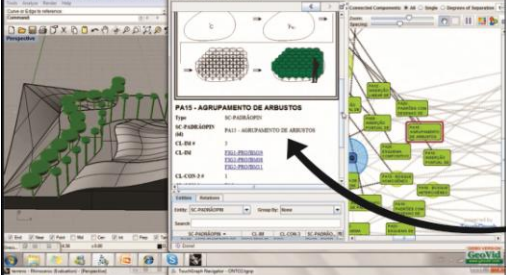
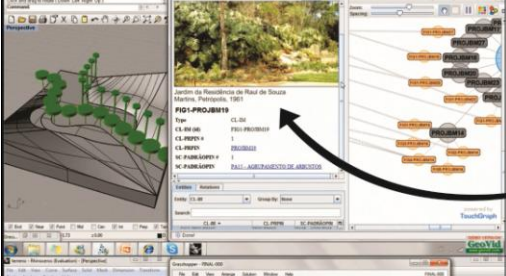
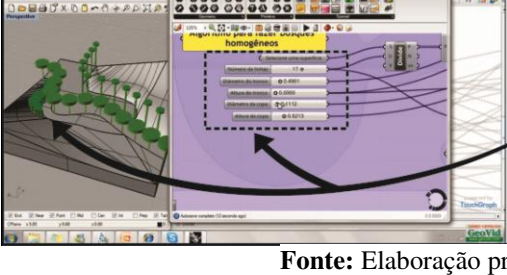
Fonte: Elaboração própria

Quadro 1: Processo de elaboração de um modelo por meio da utilização do sistema de pesquisa de padrões e precedentes e das definições do Grasshopper (parte 1)

Imagem	Descrição da etapa
	1ª etapa: Pesquisa em um padrão para inserção de palmeiras ao longo de uma linha.
	2ª etapa: Visualização das referências diretamente relacionadas com o padrão de inserção de palmeiras ao longo de uma linha. As imagens, como foi explicado, são sempre de exemplos extraídos da obra de Roberto Burle Marx.
	3ª etapa: Inserção de palmeiras ao longo de um caminho. Nesta fase é utilizada a definição do Grasshopper e é possível controlar parâmetros como altura e diâmetro do tronco e da copa.
	4ª etapa: Neste caso é pesquisado o padrão para inserção de árvores ao longo de uma linha.
	5ª etapa: Visualização das referências de projeto. Neste caso árvores ao longo de uma linha que terão a propriedade de sombrear uma área com bancos.

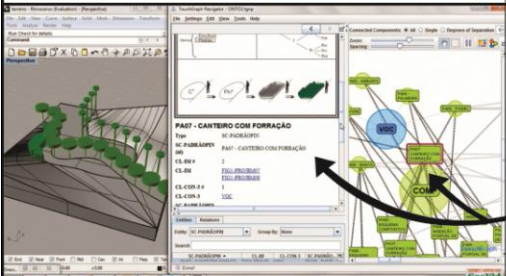
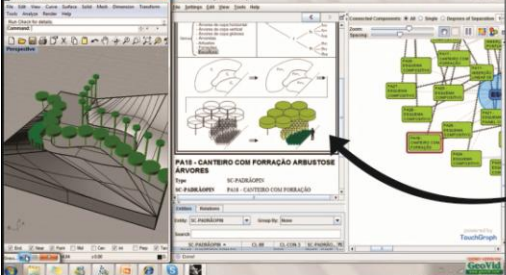
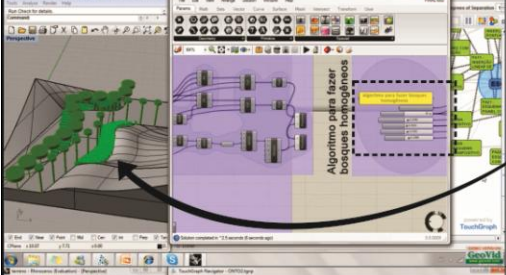
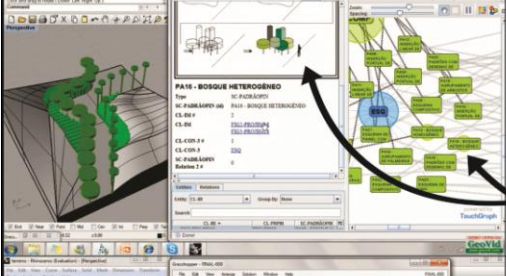
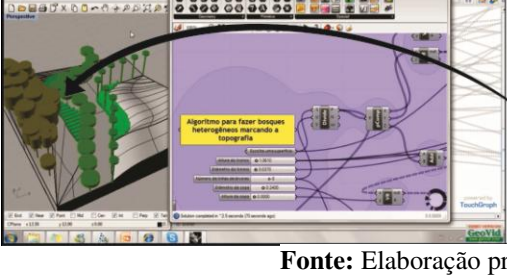
Fonte: Elaboração própria

Quadro 2: Processo de elaboração de um modelo por meio da utilização do sistema de pesquisa de padrões e precedentes e das definições do Grasshopper (parte 2)

Imagem	Descrição da etapa
	6ª etapa: A definição usada para inserir as palmeiras é a mesma que é utilizada nesta imagem para inserir as árvores. O tipo de componente que é aplicado de pendre dos parâmetros marcados nos controladores.
	7ª etapa: Exemplo de modificação dos parâmetros no Grasshopper para criar árvores com diâmetro de copa maior e mais horizontais. Gera-se deste modo no modelo um plano de cobertura.
	8ª etapa: Pesquisa em um padrão para inserção de agrupamentos de arbustos de mesma espécie.
	9ª etapa: Exemplo de referência de um agrupamento de arbustos em um projeto de Roberto Burle Marx.
	10ª etapa: Inserção dos componentes com uma Definição do Grasshopper no modelo virtual.

Fonte: Elaboração própria

Quadro 3: Processo de elaboração de um modelo por meio da utilização do sistema de pesquisa de padrões e precedentes e das definições do Grasshopper (parte 3)

Imagem	Descrição da etapa
	<p>11ª etapa:</p> <p>Pesquisa em um padrão para inserção de áreas com forração no modelo.</p>
	<p>12ª etapa:</p> <p>Pesquisa em um padrão que apresenta um esquema relacionando árvores, arbustos e forração.</p>
	<p>13ª etapa:</p> <p>Inserção de uma área de forração de um dos lados do caminho.</p>
	<p>14ª etapa:</p> <p>Pesquisa por um padrão que insere bosques heterogêneos.</p>
	<p>14ª etapa:</p> <p>Inserção de uma área com um bosque heterogêneo e finalização da composição.</p>

Fonte: Elaboração própria

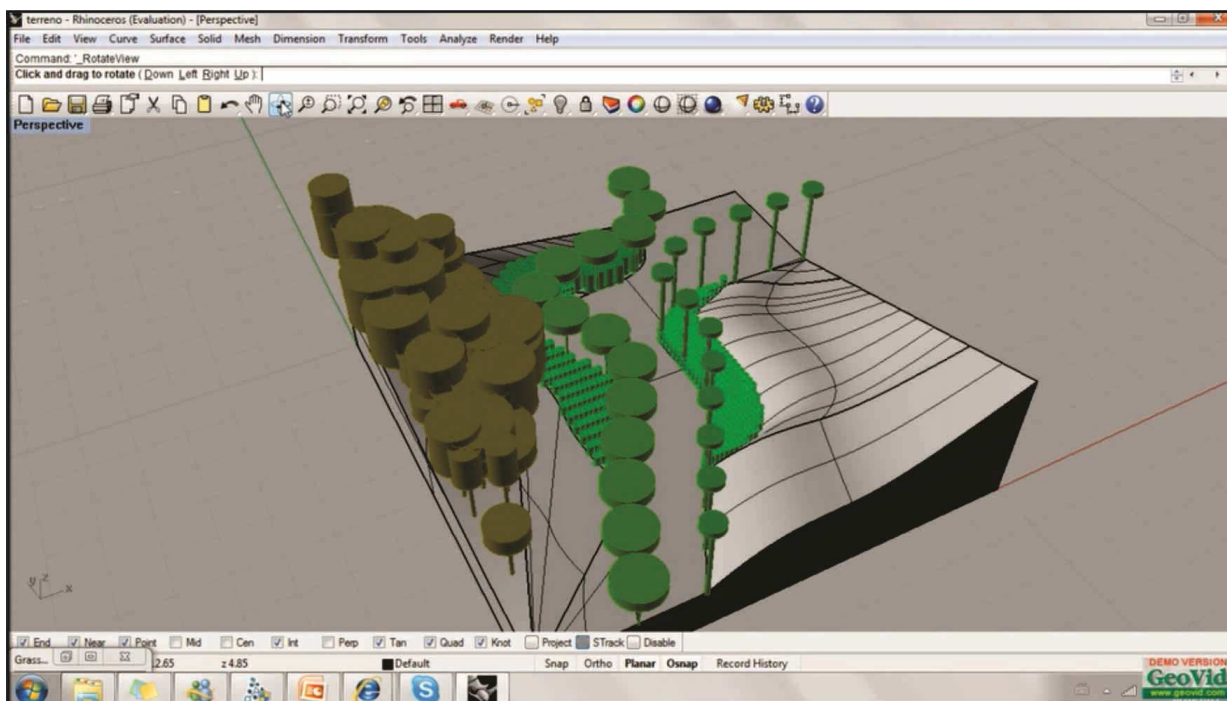


Figura 107: Modelo final
Fonte: Elaboração própria

CAPÍTULO VII – METODOLOGIA E MATERIAS PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA

Para avaliar o sistema foi realizado um Workshop com uma série de quatro exercícios de projeto paisagístico com alunos da turma do quarto ano do curso de arquitetura e urbanismo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Estes foram aplicados durante as primeiras aulas da disciplina **AU118** (Teoria e Projeto VIII: Complexidade). Esta turma foi selecionada para o experimento porque os alunos deste ano do curso de arquitetura e urbanismo já haviam realizado as disciplinas de arquitetura paisagística do curso. Sendo assim, seria possível avaliar no início do Workshop se estes haviam aprendido conceitos básicos de composição de espaços livres. Esses exercícios foram apoiados por informações e ferramentas progressivamente mais estruturadas, e tinham como objetivo comprovar a hipótese desta tese, de que um ambiente que combina diretamente conceitos e esquemas com precedentes de projeto pode colaborar para o desenvolvimento de habilidades de projeto de paisagismo.

Os três primeiros testes se basearam em um exercício de projeto de arquitetura paisagística que é aplicado em turmas do primeiro ano do curso de arquitetura e urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. O objetivo desse exercício é ensinar aos alunos conceitos de composição arquitetônica por meio da modelagem do terreno e composição com uso de elementos que representam os componentes de um espaço livre. O material empregado para a realização da tarefa é uma caixa de madeira de um metro de comprimento por cinquenta centímetros de largura e aproximadamente quinze centímetros de altura preenchida com areia. Neste volume, os alunos podem modelar um espaço fictício como se fosse um terreno. Para compor a área com elementos arquitetônicos, os alunos devem buscar gravetos, pedaços de madeira, isopor, papel, enfim, todo e qualquer tipo de material que contribua para o desenvolvimento do exercício. A **Figura 108** mostra um exemplo de projeto elaborado por um grupo de alunos durante a disciplina **AUP 224** (Paisagismo: Projeto do Entorno às Edificações).

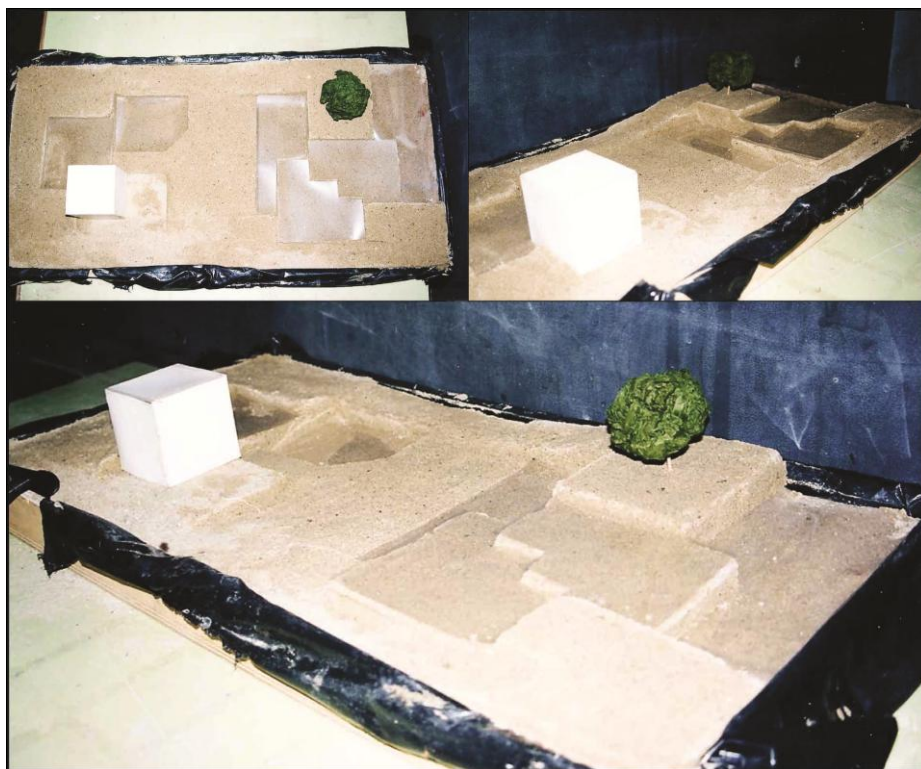


Figura 108: Composição elaborada por alunos da disciplina AUP 224 - Paisagismo: Projeto do Entorno às Edificações

Fonte: Elaboração própria

Os quatro exercícios desenvolvidos nesta tese previam a elaboração de modelos. Nos três primeiros os alunos deveriam elaborar individualmente uma maquete física com um material que foi especificamente desenvolvido para a realização da tarefa. Cada conjunto de material oferecido aos alunos tinha exatamente os mesmos elementos compositivos. O processo de escolha dos materiais mais adequados para a realização do trabalho será discutido nos próximos itens deste capítulo. Os alunos poderiam realizar todas as atividades em um aplicativo para modelagem, contudo também era objetivo testar o sistema implementado no Touchgraph com modelos físicos, pois este pode ser empregado no ensino independentemente da utilização de modelos digitais.

Nas quatro etapas os alunos tiveram que elaborar uma solução para uma área idêntica por meio da utilização de um mesmo programa de necessidades e segundo as mesmas variáveis de projeto. Na primeira etapa, como será visto, os estudantes tiveram de desenvolver um modelo físico a partir dos componentes de composição oferecidos a eles no material do exercício. Para a

elaboração desta maquete, não tiveram acesso a nenhum tipo de referência. Na segunda fase os alunos utilizaram um caderno de referências com imagens de projetos de Burle Marx. O objetivo, como será visto, era avaliar se os componentes eram arranjados segundo novos conceitos e esquemas de projeto. Na terceira etapa, os participantes do Workshop puderam realizar pesquisas no sistema implementado no Touchgraph Navigator. Neste caso o propósito era analisar se o uso do sistema colaborou para que os alunos tivessem uma evolução maior em relação ao uso apenas do caderno de referências.

Os modelos coletados na primeira etapa foram fotografados e o material foi reutilizado para as duas fases seguintes. A partir das imagens obtidas nas três primeiras etapas, os modelos desenvolvidos pelos alunos foram avaliados. Da mesma maneira que foram extraídos conceitos da obra de Roberto Burle Marx, foram investigados os possíveis conceitos que os alunos aplicaram para desenvolver suas composições. Desta forma foi possível compreender se eles conseguiram aplicar conceitos de arquitetura paisagística quando tiveram à sua disposição apenas o vocabulário (primeiro exercício), os precedentes e vocabulário (segundo exercício), e o sistema com a ontologia (terceiro exercício).

O quarto exercício consistiu na combinação entre o uso do sistema de ontologias e de modelagem paramétrica. Neste último teste a análise dos resultados foi feita separadamente, pois o ambiente de realização também foi diferente, e os alunos trabalharam em grupos. Desta maneira poderiam trocar idéias e conceitos absorvidos nas etapas anteriores. Comparar os resultados desta fase da experiência com as anteriores não seria adequado.

Ao final do workshop foi entregue aos alunos um questionário que abordava questões relacionadas às dificuldades que estes observaram, o que acharam do teste, se os precedentes colaboraram no desenvolvimento da solução, se os conceitos organizados com as referências ajudaram mais do que os precedentes isoladamente, etc.

7.1. Material para desenvolvimento do modelo físico

O experimento que foi proposto para avaliar o sistema apresenta objetivo semelhante ao exercício da caixa de areia. Contudo, neste caso os alunos não precisavam buscar os materiais. Os elementos compositivos e o substrato foram entregues aos participantes do Workshop e

representaram o vocabulário que estes poderiam utilizar no modelo. Por exemplo, um dos termos do vocabulário da arquitetura paisagística é arbusto; sendo assim, havia no material que foi disponibilizado aos alunos elementos que o representavam. Este vocabulário é o mesmo existente nas classes de componentes definidas para desenvolver a gramática para inserção de componentes (verde, construído e água).

O primeiro parâmetro que teve de ser determinado antes da seleção dos materiais que seriam usados como componentes para ser oferecidos aos alunos era a escala do modelo. Como nas três etapas iniciais do Workshop os alunos iriam trabalhar individualmente a área do modelo não deveria ocupar muito espaço. Também, como estes não tinham um período de tempo muito longo para elaborar os modelos a área para o desenvolvimento da composição não deveria ser muito extensa. Portanto, foi definida a escala 1/250 como sendo a mais adequada para a realização dos exercícios. A partir da definição da escala foi estabelecido que os modelos que seriam elaborados pelos alunos teriam uma área equivalente a 57.5 x 75.0 metros.

7.1.1. Material para base do modelo e peças para montagem dos componentes

Como substrato para o desenvolvimento dos modelos nas três primeiras etapas foi empregado a espuma fenólica, mais conhecida como espuma floral. Este material pode ser facilmente utilizado pelos alunos, pois pode ser rapidamente escavado com as próprias mãos ou com qualquer outro material rígido, como régua ou tesouras, para gerar relevos. A espuma também pode ser marcada de diferentes modos, sendo possível criar diferentes texturas que representam pisos ou forrações. A **figura 109** mostra como este material pode ser cortado de diferentes formas.



Figura 109: Exemplo de pedaço de espuma com áreas cortadas de diferentes maneiras
Fonte: Elaboração própria

Inicialmente, pensou-se em utilizar como materiais para os componentes que simulavam árvores palitos com comprimentos variados, representando troncos, e bolas de isopor de diferentes formas, para representar copas. Como forrações poderiam ser utilizados alfinetes com cabeça de plástico coloridas para simbolizar diferentes espécies de herbácea. Contudo, esses materiais não poderiam ser aplicados no modelo como arbustos ou palmeiras. Foi necessário, portanto, buscar um material mais flexível e que, a partir dele, fosse possível construir as peças representando os diferentes componentes do vocabulário. A **figura 110** mostra o substrato e os componentes sendo empregados em uma pequena composição.

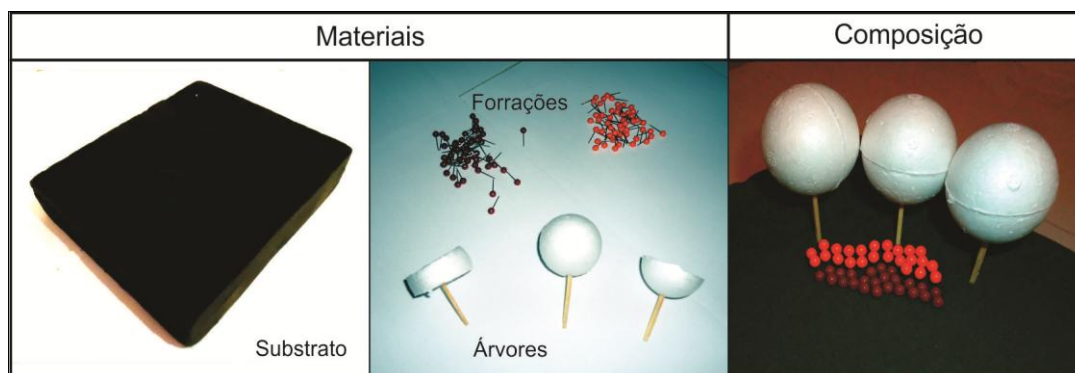


Figura 110: Exemplos de matérias que poderiam ser utilizados nas experiências e uma composição
Fonte: Elaboração própria

Como segunda opção de materiais que poderiam constituir os componentes, pensou-se no emprego de parafusos com cabeça chata, porcas sextavadas e arruelas planas de aço. Dependendo do arranjo de cada uma destas peças é possível simular palmeiras, árvores, arbustos

e forrações. Com estas peças cada uma das diferentes árvores ou palmeiras poderiam ser simplesmente montadas. Dependendo do número de peças em cada um dos parafusos é possível não apenas obter os componentes que seriam oferecidos aos alunos durante o Workshop (árvores de copa globosas, horizontal e vertical e palmeiras). Com estas matérias também podem ser obtidas outras variações, simulando assim diferentes espécies arbóreas ou de palmeiras. A **figura 111** mostra as peças utilizadas para montar os componentes a **figura 112** a família de componentes criadas e a **figura 113** variações dos componentes.

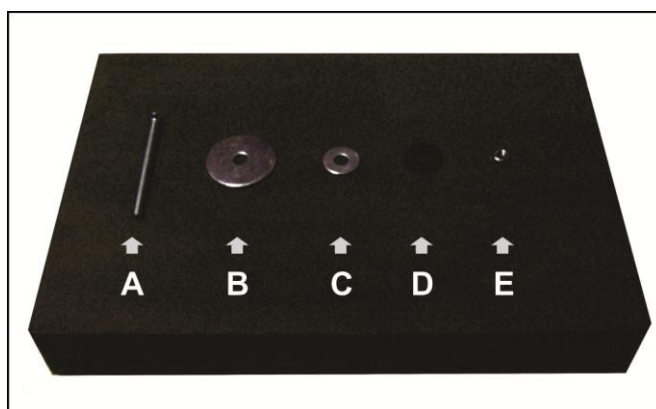


Figura 111: (A) para fuso 5/32 x 2 pol para representar troncos e fustes de palmeiras., (B) arruela 3/16 para simular copas horizontais, (C) arruelas 5/32 para representar copas de palmeiras e compor árvores de copa vertical, (D) arruela de borracha preta para compor árvores de copa globosa ou vertical, (E) porca 5/32 para montar elementos compostos do conjunto componentes

Fonte: Elaboração própria

Em relação às peças que simulariam arbustos os alunos receberiam três conjuntos de porcas de tamanho diferentes representando componentes de alturas variadas e para simular forrações dois conjuntos de arruelas com cores diferentes. Com estes materiais poderiam representar áreas de canteiro recobertas com uma ou mais espécies, formando desenhos semelhantes aos encontrados nos canteiros da Fazenda Marambáia (ver **apêndice D**, Caderno de Referências).

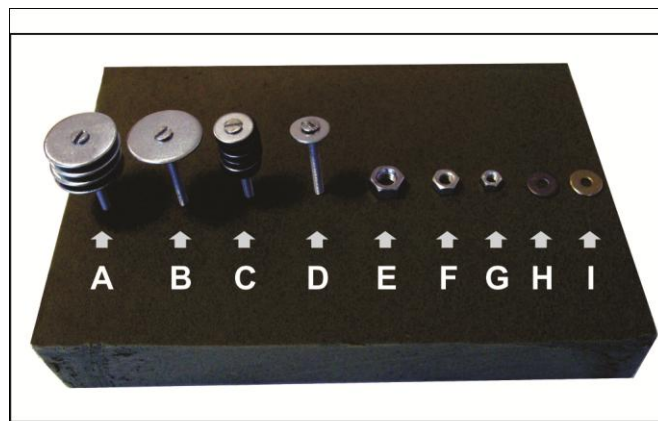


Figura 112: (A) árvore de copa globosa, (B) árvores de copa horizontal, (C) árvore de copa vertical, (D) palmeiras (E) Arbusto grande, (F) arbusto médio, (G) arbusto pequeno, e (H e I) forrações

Fonte: Elaboração própria

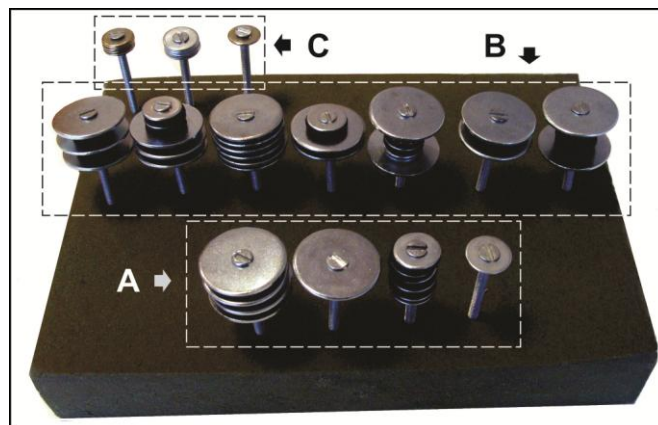


Figura 113: (A) componentes que foram distribuídos aos alunos, (B) outros arranjos dos parafusos, arruelas de aço e borracha representando outras espécies de árvores, (C) arranjo alternativo para simulação de palmeiras

Fonte: Elaboração própria

Com estes materiais os alunos também seriam capazes de reproduzir as diferentes formas de distribuição dos componentes no jardim existentes nos padrões implementados no navegador Touchgraph. Por exemplo, estes poderiam criar agrupamentos de árvores ou palmeiras da mesma espécie formando bosques homogêneos mais ou menos densos, dependendo do espaçamento entre os elementos. Também, poderiam aplicá-los isoladamente, como um componente único (**figura 114**). Outra possibilidade seria a utilização de componentes variados formando bosques heterogêneos (**figura 115**). Estas situações de projeto podem ser identificadas em projetos de Roberto Burle Marx em remanescentes naturais de vegetação ou em composições elaboradas pelo paisagista nos projetos da fazenda Marambáia, Aterro do Flamengo ou na residência Carlos Somlo (ver **apêndice D**, Caderno de Referências).

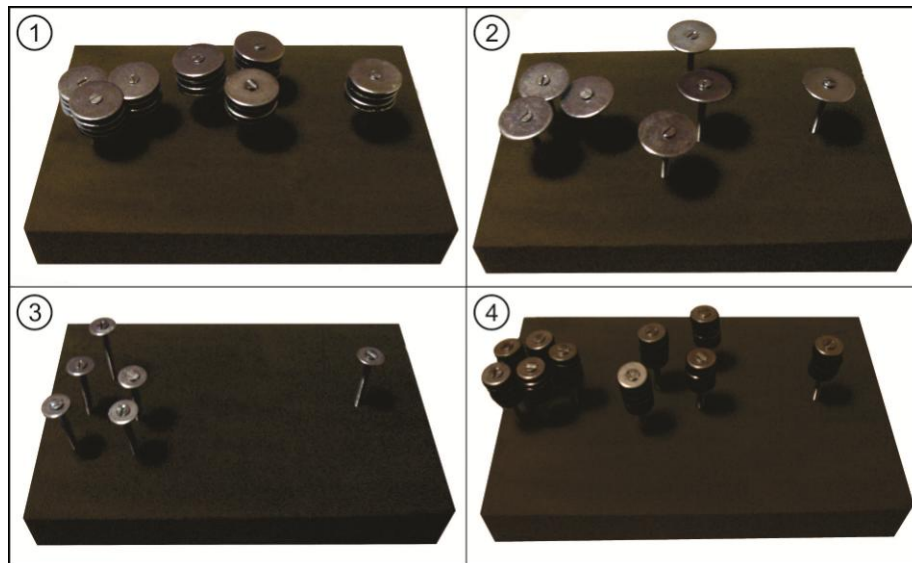


Figura 114: (1, 2 e 4) Árvores agrupadas com espaçamentos diferentes ou inserida de forma isolada. (4) palmeiras agrupadas ou aplicada como elemento único. **Fonte:** Elaboração própria



Figura 115: Exemplo de composição de um bosque heterogêneo. **Fonte:** Elaboração própria

A partir do uso deste material também pode se representar de modo adequado a inserção de árvores ou palmeiras ao longo de uma linha. A **figura 116** exemplifica a aplicação dos componentes em um modelo com variação no parâmetro de distância entre eles, hora formando planos verticais bem definidos ora mais transparentes. Esta forma de inserção dos componentes vegetais pode ser identificada nos projetos da área livre do Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro e nos Jardins da residência de Francisco Pignatari, em São Paulo (ver **apêndice D**, Caderno de Referências).

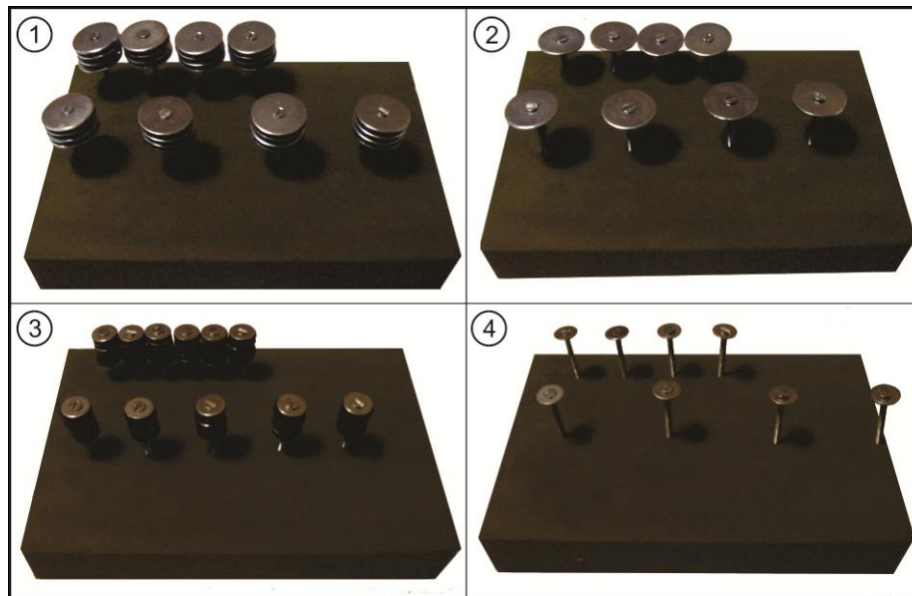


Figura 116: Exemplos de matérias que podem ser utilizados nas experiências e uma composição.
Fonte: Elaboração própria

Os parafusos selecionados para representar as partes verticais dos componentes também são compridos (duas polegadas) o suficiente para que exista a possibilidade de introduzilos a diferentes profundidades no substrato (**figura 117**). Diferentemente dos componentes modelados parametricamente com as definições do Grasshopper esta é a única variável que os alunos poderiam manipular nos elementos utilizados nas maquetes físicas sem desmontar as peças. Nos modelos virtuais existe a possibilidade de, por exemplo, modificar o diâmetro das copas. Por outro lado, componentes construídos com os parafusos, arruelas metálicas ou de borracha podem, como foi explicitado, ser arranjados de modo a gerar diferentes copas. Um exemplo de arranjo de componentes do mesmo tipo agrupados segundo diferentes alturas pode ser identificado em uma composição de palmeiras existentes no projeto de Roberto Burle Marx para a Residência Olivo Gomes, em São José dos Campos (ver **apêndice D**, Caderno de Referências)

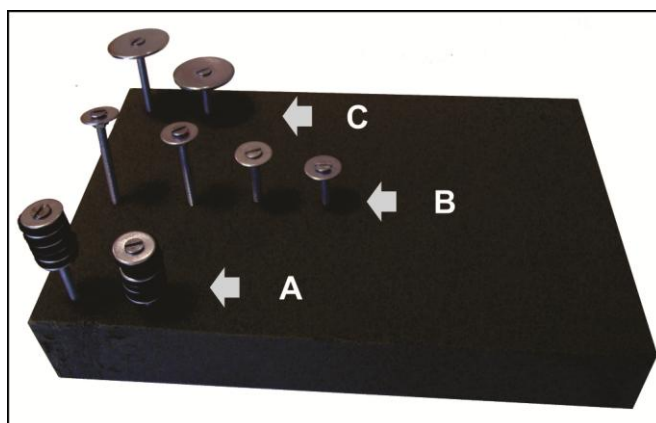


Figura 117: (A) Árvore de copa vertical, (B) Palmeiras, (C) Árvores de copa horizontal
Fonte: Elaboração própria

Para representar os pisos no jardim foi escolhido como material papel sulfite branco (**figura 118**). Com este material os alunos poderiam representar áreas de piso em que poderiam ocorrer atividades ou áreas de circulação. A partir deles estes poderiam gerar desenhos de piso tanto orgânicos como mais geométricos. Além disso, como foi explicado anteriormente, por ser a espuma fenólica um material muito macio, os alunos podem criar texturas no material, obtendo assim desenhos de piso ou forração semelhantes às encontradas nos projetos de Roberto Burle Marx para os Jardins do Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro e para os Jardins da Praça Visconde de Mauá em Teresópolis (ver apêndice D, Caderno de Referências).

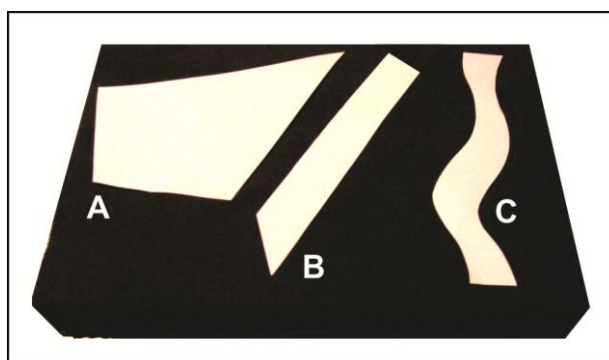


Figura 118: (A) representação de uma área de piso, (B) simulação de um caminho linear, (C) exemplo de caminho orgânico. **Fonte:** Elaboração própria

Como forma de representação de componentes construídos foi selecionado como material cartolina branca. Conforme apresentado na **figura 119**, no caso de pisos esta pode ser aplicada na espuma formando tanto desenhos orgânicos quanto geométricos. No caso de componentes como painéis, esculturas ou bancos, para os alunos também foram distribuídos

pedaços de cartolina com a largura de um centímetro e meio. Esta dimensão equivale, na escala um para duzentos e cinquenta, a aproximadamente quatro metros de altura. A determinação de tipo do componente que pode ser aplicado no material depende do parâmetro altura. Ou seja, caso a faixa de cartolina seja empregada em uma profundidade menor, esta poderá representar um painel. Se esta for aplicada em uma profundidade maior pode representar um banco. Com estes materiais é possível representar painéis como os que foram implantados nos projetos de Burle Marx para a Residência Olivo Gomes em São José dos Campos ou na Residência Olavo Fontoura no Rio de Janeiro(ver **apêndice D**, Caderno de Referências).

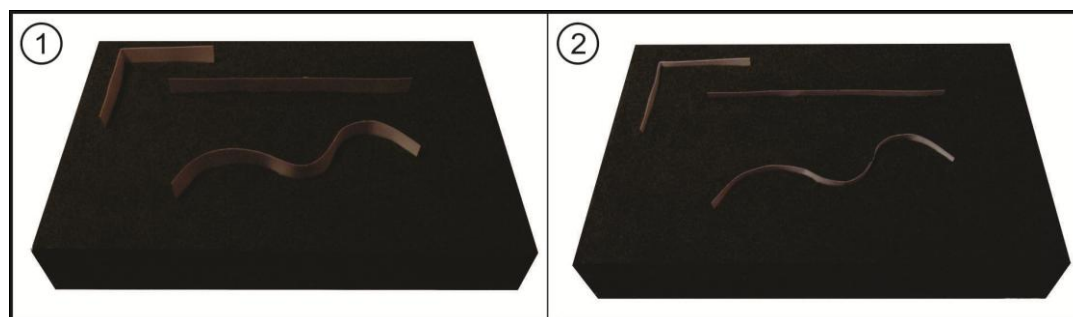


Figura 119: Exemplos de matérias que podem ser utilizados nas experiências e uma composição

Fonte: Elaboração própria















Para representar corpos d'água para os alunos também foi distribuído uma pedaço de cartolina azul cortada nas dimensões de uma folha de papel **A4**. Com este material seria possível simular nos modelos espelhos d'água, lagos, cascatas implantadas em projetos de Roberto Burle Marx.

Com estes componentes, como foi visto, é possível representar as diferentes maneiras como o paisagista Burle Marx distribuía os componentes em um projeto. Estas configurações estão também presentes na ontologia implementada no aplicativo de navegação Touchgraph Navigator e nas definições elaboradas no Grasshopper.

7.1.2. Montagem do material

Antes da realização do Workshop foi preparado para cada aluno um kit com a mesma quantidade de material. A tabela abaixo apresenta a quantidade de cada um dos componentes que foram distribuídos. Cada um dos componentes foi acondicionado em sacos plásticos etiquetados com o nome do componente. Além dos materiais que os alunos iriam utilizar diretamente nos modelos também foram oferecidas no conjunto de peças uma régua graduada, na escala um para duzentos e cinqüenta, e uma tesoura.

Tabela 3: Tabela com a quantidade de material

	Árvore de copa Globosa	10 peças		Forração 1	30 peças
	Árvore de copa vertical	10 peças		Forração 2	30 peças
	Árvore de copa horizontal	10 peças		Escala humana	05 peças
	Palmeiras	10 peças		água	01 peças
	Arbustos pequenos	30 peças		Piso / caminhos	01 peças
	Arbustos médios	30 peças		Bancos / painéis	03 peças
	Arbustos altos	30 peças		Base	03 peças

Fonte: Elaboração própria.

Cada conjunto de peças e bloco de espuma foram acondicionados em uma caixa. Nesta havia uma etiqueta que mostrava aos alunos o vocabulário que eles iriam encontrar no material. Como a intenção era de que, na primeira fase, os alunos não tivessem acesso a nenhum

tipo de referência, os participantes do workshop apenas receberam o caderno com imagens de projetos de Roberto Burle Marx no início da segunda fase, quando deveriam desenvolver um segundo modelo. A **figura 120** mostra o processo de montagem do jogo de componentes distribuídos aos alunos.



Figura 120: (1) Esquema de montagem dos componentes compostos por mais de uma peça. (2) Conjunto de materiais armazenados em sacos etiquetados (3) Imagem do jogo de materiais que foi distribuído aos alunos

Fonte: Elaboração própria

CAPÍTULO VIII - REALIZAÇÃO DO WORKSHOP E RESULTADOS OBTIDOS COM A APLICAÇÃO DOS EXERCÍCIOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos após a realização do Workshop. O método de análise dos modelos elaborados nas quatro etapas diferentes não está apenas relacionado com a evolução da solução em cada uma das fases, mas também com a aplicação dos conceitos e esquemas extraídos dos precedentes de projeto apresentados no caderno de referências ou implementados no sistema de navegação de ontologias. Na primeira etapa foi apenas avaliado se os alunos utilizaram os componentes para organizar a composição segundo conceitos de projeto semelhantes aos encontrados nos padrões implementados no sistema, e os que poderiam ter sido aprendidos nas disciplinas de arquitetura paisagística do curso de graduação. Numa segunda fase, buscou-se identificar se as situações de projeto encontradas nas imagens de referência (caderno de referências) estavam presentes nas soluções. Já na terceira etapa buscou-se observar se os alunos haviam utilizado os padrões disponíveis no sistema de ontologias em suas maquetes. Posteriormente, foi realizada uma comparação entre os modelos elaborados pelos alunos que participaram das três etapas do trabalho para identificar se houve uma evolução na organização espacial dos componentes nos modelos.

Como foi explicado, a quarta etapa foi avaliada de forma isolada, pois o objetivo era diferente. A intenção era observar se os alunos tinham utilizado de modo adequado o sistema implementado no Touchgraph Navigator e se haviam tido dificuldade em empregar este em conjunto com o Grasshopper para desenvolver um modelo virtual para o problema de projeto apresentado.

Neste capítulo também é analisado o questionário aplicado no final do Workshop. A intenção era avaliar as impressões dos alunos em relação às diferentes ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de cada um dos exercícios. A tabela abaixo apresenta o número de modelos e o tempo empregado em cada uma das etapas do trabalho com os alunos. Como é possível notar, não foram elaborados um número significativo de maquetes. O objetivo não era validar estatisticamente a hipótese de que o uso das ferramentas elaboradas na pesquisa iria contribuir no processo de ensino de projeto. Esta seria uma tarefa muito complexa, pois seria necessário

elaborar inúmeros parâmetros, tratar com diversas variáveis e ter um grande número de alunos de modo a se ter uma amostra significativa. Sendo assim, a análise dos resultados se deu qualitativamente, buscando-se uma comparação entre os resultados obtidos nas diferentes fases do Workshop. A intenção era identificar se os padrões e referências foram utilizados e se os alunos obtiveram soluções mais adequadas de projeto.

Tabela 4: Tabela com dados sobre os testes

	Tempo estimado	Etapas realizadas		Modelos
Primeiro dia	90 (45 para Cada atividade)	Modelo 1	Modelo físico	20 por etapa
		Modelo 2	Modelo física com caderno de referências	
Segundo dia	90	Modelo 3	Modelo físico e referências implementadas no Touchgraph navigator	17
Terceiro dia	90	Modelo 4		06

Fonte: Elaboração própria

8.1. Primeira etapa do Workshop – elaboração de um modelo apenas com vocabulário

Na primeira etapa, como foi explicitado, os estudantes deveriam elaborar uma solução compositiva para um área sem que tivessem assistido uma aula introdutória sobre os conceitos que envolvem a composição arquitetônica de uma área livre. Com o material que foi entregue a eles tiveram à disposição o vocabulário de conceitos que formam uma parte do universo de discurso de um paisagista, mas não tiveram conhecimento de regras, relações ou propriedades que relacionam estes conceitos. Também, não tiveram acesso a referências ou precedentes de projetos. O prazo dado para o desenvolvimento de uma solução e do modelo físico foi de cinquenta minutos.

Apesar do prazo para a elaboração das maquetes ter sido curto, rapidamente os estudantes compreenderam o objetivo do trabalho e desenvolveram a solução dentro do prazo

previsto. Mesmo não tendo sido explicado a estes, que era possível modelar o terreno, alguns alunos utilizaram réguas ou as próprias mãos para criar diferentes formas de relevo. Esta era uma possibilidade que havia sido prevista ao se escolher a espuma fenólica como base da maquete. Contudo, este processo ocorreu de forma mais tímida nesta fase do que em relação às duas etapas seguintes. Além disso, parte dos alunos criou texturas no material para representar diferentes pisos, outra das possíveis maneiras de se manipular o material.

Nesta etapa inicial foi possível notar que o processo não foi tão organizado quanto nas subsequentes. Como havia certo nível de liberdade para o desenvolvimento do trabalho, houve alguns alunos que se preocuparam em elaborar esboços em uma folha de papel antes de trabalhar com os materiais. Outros criaram diretamente suas soluções na base com os elementos distribuídos. Uma parte dos participantes do Workshop também desenhou na própria espuma um croqui do projeto. A **figura 121** mostra uma sequência de imagens em que uma aluna elabora a maquete com os componentes distribuídos em sala de aula.



Figura 121: Processo de elaboração de um modelo por um dos alunos



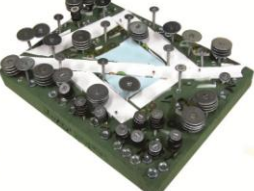
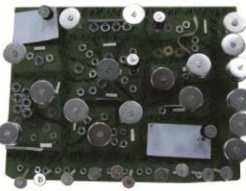


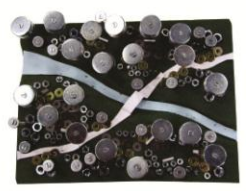

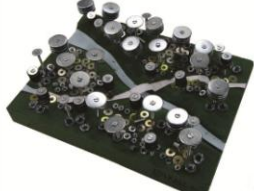









Fonte: Elaboração própria

Os modelos desenvolvidos pelos alunos estão apresentados no **Quadros de 04 a 07 das páginas 163 a 166**. Nas imagens de cada uma das maquetes é possível notar que a maioria deles empregou quase todos os componentes distribuídos. Contudo, a maioria teve dificuldade em inseri-los de modo organizado ou com a intenção de se compor novos espaços. Esta situação pode ser observada com mais clareza nos modelos elaborados pelos **alunos de 01 a 12, 19 e 20**. Em alguns casos é complicado identificar-se o que seria área de piso ou de canteiro nas soluções.

Por outro lado, uma parte dos estudantes conseguiu elaborar soluções em que os componentes como árvores e palmeiras foram distribuídas de modo a criar planos horizontais ou verticais, utilizando assim estes elementos arquitetonicamente. Nestes modelos é possível notar algumas formas de arranjo da vegetação semelhantes as que foram identificadas nos projetos paisagísticos de Roberto Burle Marx.

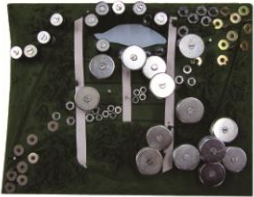


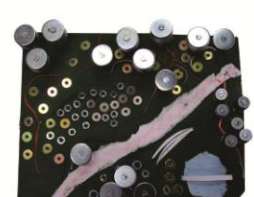





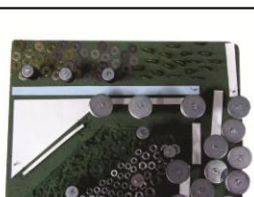


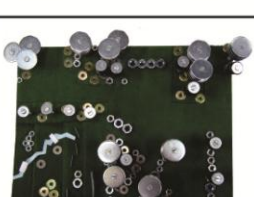
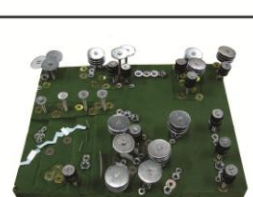




Como a turma que participou do Workshop já havia realizado as duas disciplinas de arquitetura paisagística prevista no curso provavelmente os alunos já tinham conhecimento de alguns dos conceitos ensinados em sala de aula ou haviam extraído de referências de projetos paisagísticos que haviam visto antes da realização dos exercícios. Esta situação em que os modelos apresentavam uma organização na distribuição dos componentes pode ser notada nos modelos construídos pelos **alunos 13 a 18**.

Quadro 4: Maquetes realizadas por cada um dos alunos na primeira etapa (parte 1)

Aluno 01			
Aluno 02			
Aluno 03			
Aluno 04			
Aluno 05			
Aluno 06			



















Fonte: Elaboração própria

Quadro 5: Maquetes realizadas por cada um dos alunos na primeira etapa (parte 2)

Aluno 07			
Aluno 08			
Aluno 09			
Aluno 10			
Aluno 11			
Aluno 12			

Fonte: Elaboração própria

Quadro 6: Maquetes realizadas por cada um dos alunos na primeira etapa (parte 3)

Aluno 13			
Aluno 14			
Aluno 15			
Aluno 16			
Aluno 17			
Aluno 18			

Fonte: Elaboração própria

Quadro 7: Maquetes realizadas por cada um dos alunos na primeira etapa (parte 4)



Fonte: Elaboração própria

O modelo elaborado pelo **aluno 18** é um dos que apresenta o uso mais adequado da vegetação como componente responsável por organizar o espaço livre. Este é apresentado na **figura 122**, na **página 167**. Em sua maquete é possível identificar a utilização de árvores de copa vertical formando um anteparo em relação às pessoas que observam um lago (1). A frente delas o aluno insere uma árvore como um ponto focal, próximo a uma área de piso (2). Ao longo de um dos caminhos o estudante também utiliza palmeiras para marcar o trajeto de acesso desta área e logo após inicia novamente o uso de árvores de copa vertical para emoldurar o lago (3 e 4). Atrás das palmeiras o estudante também propõe o uso de uma massa arbórea heterogênea, criando assim um volume vertical fechado (5). Neste modelo também é possível observar o uso de forrações e arbustos de modo a criar uma composição de componentes mais baixos para os mais altos (6 e 7).

Nesta primeira etapa do Workshop foi possível notar, com os resultados obtidos, que alguns alunos tiveram mais dificuldades que outros. Como estes já haviam realizado as disciplinas de arquitetura paisagística durante o curso, já deveriam ter conhecimento da necessidade de, ao se desenvolver um projeto paisagístico, utilizar a vegetação e outros componentes para modelar o espaço. Provavelmente, alguns deles tiveram dificuldade em entender como estes componentes podem ser arranjados espacialmente. Além disso, como o exercício foi iniciado propositalmente sem uma introdução, não tinham organizado em suas

memórias as referências e conceitos necessários para desenvolver uma solução para este problema.

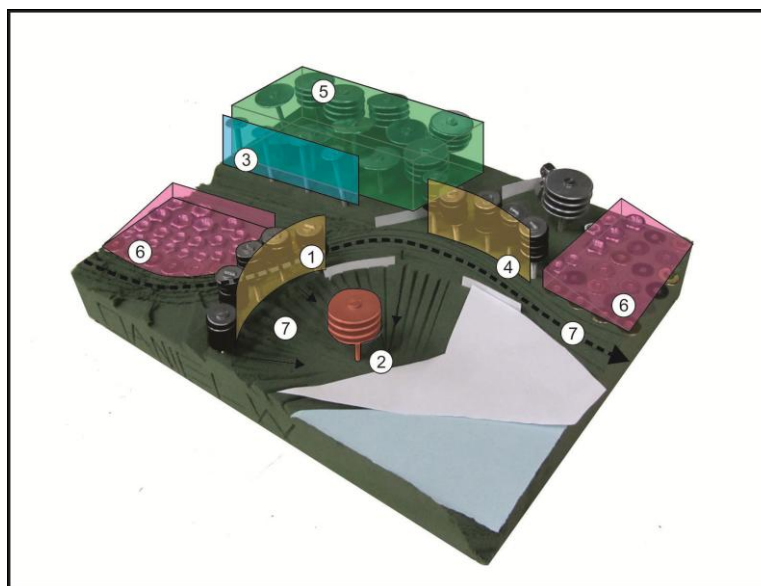


Figura 122: Análise composativa da maquete do aluno 18

Fonte: Elaboração própria

8.2. Segunda etapa do Workshop – desenvolvimento de um modelo físico como auxílio do vocabulário e de referências de projeto.

Na segunda etapa os alunos realizaram uma experiência com o mesmo objetivo da etapa anterior (elaborar uma área de lazer passivo). Contudo, além dos materiais que foram disponibilizados para a construção do modelo, também foi distribuído aos estudantes um conjunto de referências de projeto paisagísticos baseado na obra de Roberto Burle Marx. Estas referências estavam representadas por uma série de imagens de espaços livres desenvolvidos pelo paisagista (**apêndice D**). As imagens são as mesmas que foram utilizadas como referências para ilustrar os padrões que foram adicionados no aplicativo de navegação Touchgraph. Sendo assim, neste caderno havia imagens que mostravam a inserção de bancos, painéis, árvores, e arbustos, em um jardim. As imagens, no caderno de referência, foram distribuídas aleatoriamente, isto é, não havia uma página ou seção que tratava especificamente da inserção do componente banco ou árvores no modelo.

O aluno não era obrigado a utilizar estas referências para desenvolver sua solução de projeto. Cada um poderia selecionar as imagens que considerava mais adequadas no caderno e escrever, na própria página, os motivos pelos quais achava aquela referência interessante. Foi explicado verbalmente que, caso o estudante tivesse a intenção de utilizar o precedente para desenvolver sua solução de projeto deveria abstrair das figuras as relações, regras e propriedades para inserir de forma adequada os componentes na maquete. A **figura 123** ilustra o processo de seleção das imagens e uma aluna iniciando o processo de confecção de um modelo.



Figura 123: Estudantes utilizando o caderno de referencias
Fonte: Elaboração própria

Os Resultados obtidos nesta etapa estão ilustrados nos de **Quadro 8 a 12 (páginas 171 a 175)**. Neste caso, além das imagens do modelo também foram adicionadas junto a cada um dos modelos dos alunos as referências de projeto que estes haviam assinalado como interessantes e que poderiam ser utilizadas para o desenvolvimento da solução. Cada uma das maquetes foi analisada com o objetivo de se determinar se os alunos chegaram a utilizar as referências em seus projetos. Durante este processo foram identificadas três situações diferentes.

Numa primeira situação foi possível estabelecer uma relação direta entre as referências de projeto e o modelo desenvolvido. Os alunos identificaram os componentes ou formas de organizá-los em uma das referências e aplicaram diretamente este tipo de solução em

seus modelos. É possível notar uma conexão direta entre as imagens de referência e os modelos nos trabalhos realizados pelos **alunos 02, 05, 06, 10, 11, 12, 13, 15 e 17** ao **20**.

No segundo caso não é possível identificar uma relação direta entre as imagens de referência e as maquetes. Contudo, é possível estabelecer uma relação entre o projeto do aluno e a imagem. Esta situação pode ser identificada, por exemplo, no modelo elaborado pelo **aluno 07**. O aluno utiliza como referência imagens em que há um padrão regular de desenho por meio do uso de forrações no jardim. Em sua maquete o aluno gera uma solução na qual compõe não apenas a vegetação de forma regular, mas também o piso. Neste caso o estudante identificou uma forma de arranjo dos componentes que considerou adequada, abstraiu certas características e a aplicou no modelo.








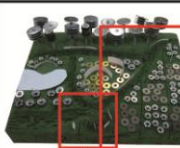



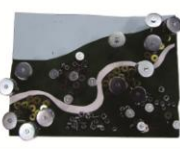




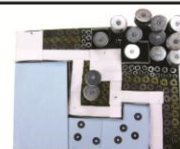
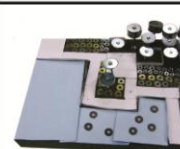




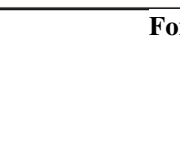


Na terceira situação não é possível notar relação alguma entre as referências selecionadas pelos alunos e o modelo desenvolvido. Existem duas explicações possíveis para este fato ter ocorrido. Na primeira delas, como os estudantes não precisavam necessariamente utilizar as referências, provavelmente escolheram algumas imagens, contudo, no momento de desenvolver a solução utilizaram os componentes segundo seus próprios conceitos e esquemas de organização espacial dos componentes. Pode ser citado como exemplo o modelo desenvolvido pelo **aluno 04**. Este marcou como referências, no caderno, bancos orgânicos de dois projetos diferentes de Roberto Burle Marx, um implantado no jardim da Igreja Nossa Senhora da Jaqueira, em Recife, e outro da Praça Salgado Filho, Rio de Janeiro (ver **apêndice D**, caderno de Referências). Contudo, sua solução apresenta um desenho de piso mais ortogonal, com bancos retilíneos. A segunda explicação que pode ser dada para a falta de relação entre os precedentes selecionados pelos alunos e seus modelos é que, mesmo tendo escolhido as imagens no caderno de referências, estes não souberam abstrair as informações mais importantes delas de modo a aplicá-las em sua maquete.

Outro fato observado nos modelos é que componentes que praticamente não haviam sido utilizados anteriormente passaram a ter ocorrência maior nesta etapa. Os painéis podem ser citados como um dos exemplos. Apenas a maquete elaborada pelo **aluno 04** tinha painéis como componentes inseridos na composição na primeira etapa. Já, na segunda fase do exercício seis alunos utilizaram este tipo de componente (**aluno 02, 06, 11, 12, 16 e 17**). Outro exemplo de elemento compositivo que passou a ser utilizado nos modelos elaborados na segunda etapa foram

os componentes escultóricos. No material entregue para os alunos para elaboração das maquetes não existia nenhuma menção em relação à possibilidade de se utilizar esculturas no jardim. Os estudantes tinham em mãos a cartolina que poderia ser usada para representar qualquer tipo de componente construído. Ou seja, o termo escultura não foi citado, contudo não havia qualquer tipo de restrição em relação à possibilidade dos estudantes inserirem este tipo de componente. No início do trabalho explicou-se que aquela série de termos faziam parte do universo de discurso de arquitetura paisagística, e que estes teriam liberdade para desenvolver o modelo como desejassem, seguindo apenas as variáveis delimitadas pelo enunciado do exercício. Os estudantes, provavelmente, tinham conhecimento de que é possível inserir este tipo de elemento em um espaço livre, pois inúmeros projetos de espaços livres contêm esculturas. No entanto, não as utilizaram. Já na segunda série de modelos desenvolvidos mais de um estudante selecionou imagens com elementos escultóricos e inseriu este tipo de componente em sua maquete. Estes casos foram observados nos modelos criados pelos alunos **02, 05 e 12**.

Além disso, foi observado em um dos casos o uso do material que representa forração para simular vegetação aquática. Isto não era esperado, pois se trata de um termo mais específico no universo de discurso de arquitetura paisagística. Esta situação foi identificada apenas na maquete desenvolvida pelo **aluno 04**.

Quadro 8: Trabalhos elaborados pelos alunos com suporte do caderno de referências (parte 1)

Aluno 01			
	 Jardim Baumann Rio de Janeiro, 1953	 Residência Olivo Gomes São José dos Campos, 1966	 Jardim da Residência Cavemelas Petrópolis, 1954
			
Aluno 02	 Jardim da Residência Cavemelas Petrópolis, 1954	 Jardim da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro	 Museu de Arte Moderna Rio de Janeiro, 1954.
			
	 Exemplo de árvore 3.	 Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jacinta Recife	 Praça Salgado Filho Rio de Janeiro, 1938
Aluno 03			
	 Museu de Arte Moderna Rio de Janeiro, 1954.	 Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jacinta Recife	 Praça Salgado Filho Rio de Janeiro, 1938
			
Aluno 04			

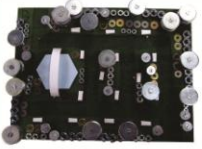

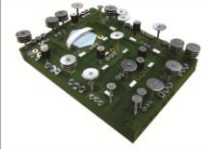




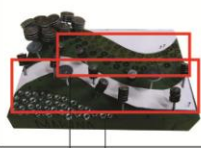



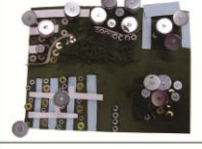
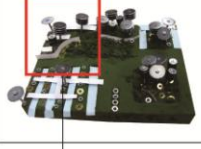




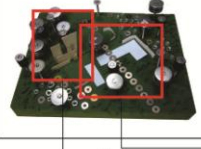




Fonte: Elaboração própria

Quadro 9: Trabalhos elaborados pelos alunos com suporte do caderno de referências (parte 2)

Aluno 05			
	Residência Odetto Monteiro Correias, 1948	Museu de Arte Moderna Rio de Janeiro, 1954	Residência Olavo Fontoura São Paulo, 1952
Aluno 06			
	Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jaqueira Recife	Residência Daniel Guimarães Rio de Janeiro, RJ, 1955	
Aluno 07			
	Jardim da Residência Cavaneles Petropolis, 1954	Museu de Arte Moderna Rio de Janeiro, 1954	Jardim da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro
Aluno 01			
	Residência Olivo Gomes São José dos Campos, 1966	Parque do Flamengo Rio de Janeiro, 1961	Jardim Residência Cavaneles Petropolis, 1954






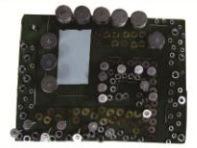






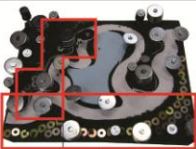





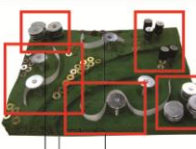



Fonte: Elaboração própria

Quadro 10: Trabalhos elaborados pelos alunos com suporte do caderno de referências (parte 3)

Aluno 09			
			
	Exemplo de formação 1	Residência Olivo Gomes São José dos Campos, 1950.	Exemplo de árvore 3
Aluno 10			
			
	Exemplo de formação 1	Residência Olivo Gomes São José dos Campos, 1950.	
Aluno 11			
			
	Residência Olavo Fontoura São Paulo, 1952	Residência David Guimarães Rio de Janeiro, RJ, 1955.	
Aluno 12			
			
	Exemplo de formação 1	Museu de Arte Moderna Rio de Janeiro, 1954.	Residência David Guimarães Rio de Janeiro, RJ, 1955.


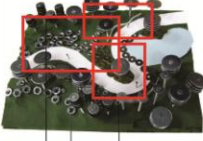





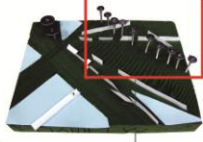




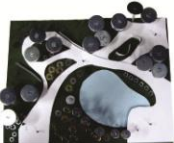





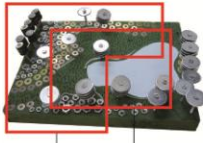



Fonte: Elaboração própria

Quadro 11: Trabalhos elaborados pelos alunos com suporte do caderno de referencias (parte 4)

Aluno 13			
	 Exemplo de formação 1	 Exemplo de formação 2	
Aluno 14			
	 Exemplo de formação 1	 Parque do Flamengo Rio de Janeiro, 1961	 Residência Olavo Gomes São José dos Campos, 1950 e 1966
Aluno 15			
	 Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jacareá Rio de Janeiro	 Exemplo de formação 1	 Jardim Residência Cavalcanti Petrópolis, 1954
Aluno 17			
	 Parque do Flamengo Rio de Janeiro, 1961	 Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jacareá Rio de Janeiro	

Fonte: Elaboração própria

Quadro 12: Trabalhos elaborados pelos alunos com suporte do caderno de referências (parte 5)

Aluno 17			
			
	<p>Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jaqueira Recife</p>	<p>Banco Nacional de Desenvolvimento Rio de Janeiro, 1974 e 1985</p>	<p>Jardim Residência Cavaneles Petrópolis, 1954</p>
Aluno 18			
			
	<p>Residência Orla Gomes São José dos Campos, 1966</p>	<p>Jardim da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro</p>	<p>Jardim da Residência Cavaneles Petrópolis, 1954</p>
Aluno 19			
			
	<p>Residência Francisco Pignatari, São Paulo, 1956. Fonte: Bard (1964).</p>	<p>Parque do Flamengo Rio de Janeiro, 1961</p>	
Aluno 20			
			
	<p>Banco Nacional de Desenvolvimento Rio de Janeiro, 1974 e 1985</p>	<p>Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jaqueira Recife</p>	

Fonte: Elaboração própria

8.3. Terceira etapa do Workshop – desenvolvimento de um modelo físico com auxílio do Touchgraph Navigator

Na terceira etapa, como foi explicitado, os estudantes também tinham como objetivo desenvolver um modelo físico de uma área de lazer passivo. Os materiais que foram utilizados para a elaboração das composições foram os mesmos da primeira e segunda etapa. Contudo, neste caso os alunos tiveram à sua disposição os precedentes analisados, convertidos em conceitos generalizados relacionados entre si (rede de padrões) e com as referências de projeto que ilustram estes conceitos. Esta informação foi disponibilizada no aplicativo Touchgraph Navigator. Para realizar o exercício o programa foi instalado em dez computadores em um atelier equipado com computadores.

Inicialmente os estudantes tiveram que trabalhar em duplas, de modo que todos tivessem como realizar a pesquisa por padrões e referências de projeto no sistema. Quando chegou o momento de desenvolver o modelo os alunos deveriam trabalhar individualmente. Contudo, alguns deles acabaram elaborando seus trabalhos conjuntamente. Antes do início do exercício foi realizada uma curta apresentação, que tinha a intenção de ensiná-los a utilizar o navegador Touchgraph. Também, foi explicado aos alunos que cada um dos padrões apresenta regras esquemáticas de gramática da forma e que estes estavam diretamente relacionadas com outros padrões e com as referências de projeto.

Após utilizar o sistema os alunos deveriam anotar em uma folha de papel quais os padrões que consideravam adequados para desenvolver o seu modelo e, se necessário, poderiam esboçar a sua solução no papel. Alguns exemplos de esquemas e anotações realizadas pelos alunos podem ser vistos no **Apêndice E**. A **figura 124** mostra a apresentação do sistema e o processo de investigação de padrões e de elaboração dos modelos por parte dos alunos.

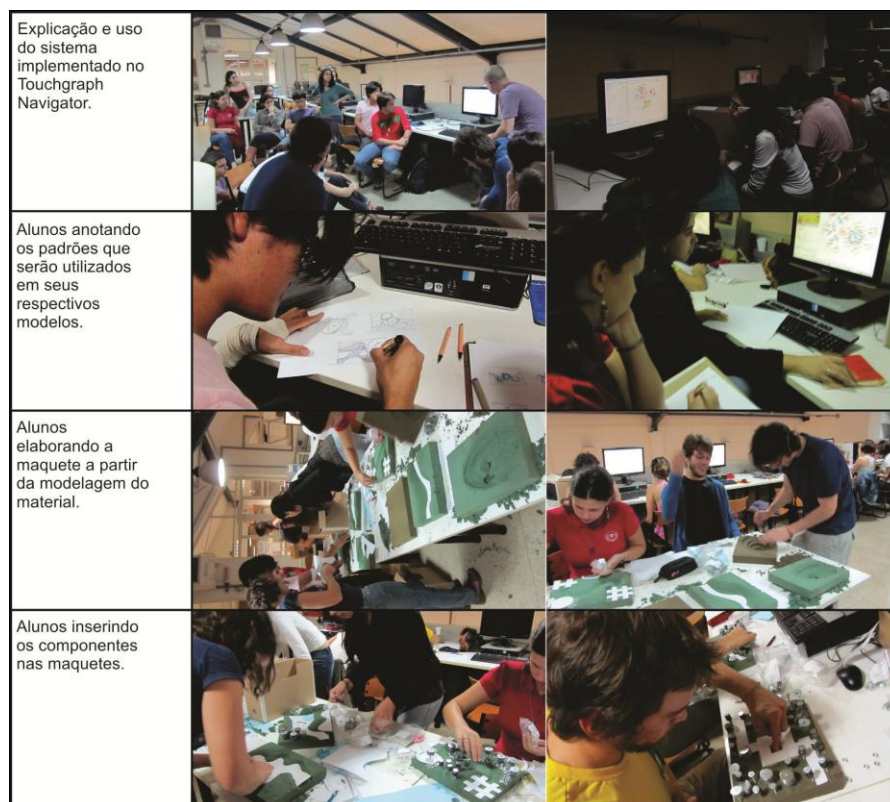


Figura 124: Desenvolvimento das maquetes com o auxílio do aplicativo Touchgraph Navigator

Fonte: Elaboração própria

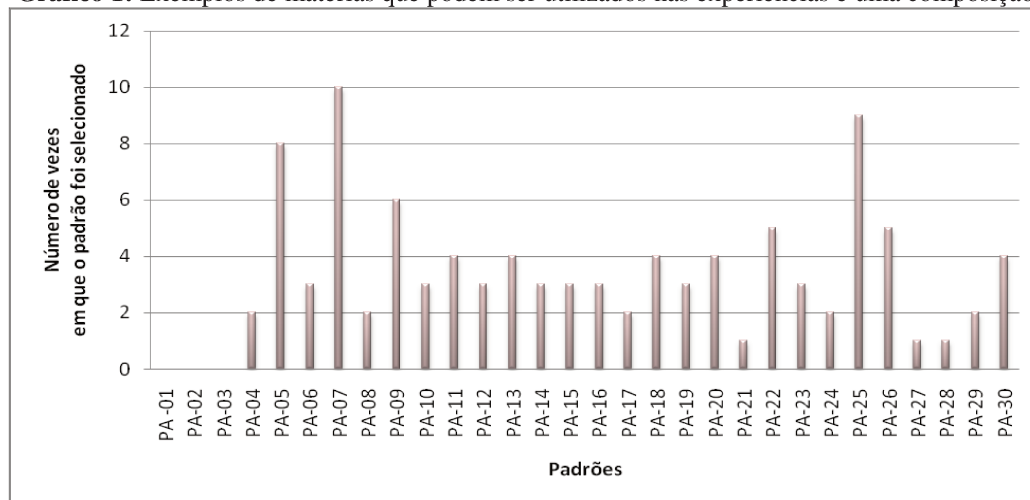
A partir dos materiais coletados foi possível montar o **quadro 13 a 15 (páginas 180 a 182)**. Nele é apresentada, além das imagens dos modelos desenvolvidos pelos alunos, a numeração dos padrões que estes consideraram como sendo referências importantes para o desenvolvimento de uma nova maquete. De modo diferente da situação anterior, nestes modelos a composição desenvolvida tem ainda mais relação direta com as referências de projeto de Roberto Burle Marx. Contudo, é complicado identificar a aplicação dos padrões nos modelos elaborados pelos alunos.

No **gráfico 1 da página 178**, foram relacionados os padrões que foram mais citados por parte dos alunos como sendo adequados para o desenvolvimento de uma solução para o problema de projeto apresentado. O **padrão 25**, por exemplo, foi citado por nove alunos em suas anotações, após realizarem a pesquisa no sistema. Este trata de um esquema de projeto que envolve o uso de formações de diferentes alturas próximas à margem de um corpo d'água. Em alguns dos modelos é possível identificar a distribuição dos componentes segundo este esquema. Esta situação pode ser identificada nas maquetes projetadas pelos **alunos 02, 03, e 11**. No

entanto, outros alunos citaram este padrão e não chegaram a utilizá-lo. Este seria o caso dos modelos elaborados pelos **alunos 04 e 18**.

Isto provavelmente ocorreu porque não era obrigatório que os alunos empregassem em seus modelos os padrões que considerassem interessantes. Sendo assim em outras maquetes é possível observar a mesma situação, foram selecionados padrões que não foram utilizados nos modelos.

Gráfico 1: Exemplos de matérias que podem ser utilizados nas experiências e uma composição



Fonte: Elaboração própria










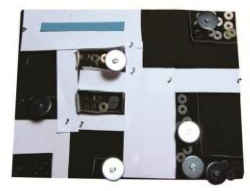


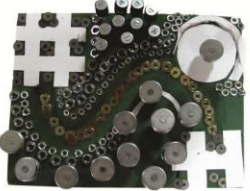


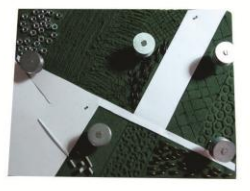


Outra situação recorrente foi a que os estudantes inseriram os componentes segundo uma determinada organização, que poderia ser encontrada em um dos padrões do sistema implementado no Touchgraph Navigator, contudo estes não citaram o seu uso nas anotações. Por exemplo, o **padrão 12** (Palmeiras ao longo de uma linha) foi citado por três alunos como sendo adequados para a elaboração da maquete (**03, 06 e 14**). Nos modelos desenvolvidos por dois deles é possível identificar a sua aplicação (**alunos 03 e 14**). Por outro lado, o **aluno 06**, que marcou este padrão não o utilizou. Esta situação é coerente com a anterior, o estudante marca o padrão, mas não aplica. Contudo, em outras maquetes também é possível identificar o arranjo destes componentes segundo o esquema apresentado neste padrão (**alunos 02, 13, 17 e 18**). Nestes casos os estudantes não citaram o uso deste padrão.

Esta situação pode ter duas explicações possíveis. Uma delas é que os alunos provavelmente já deveriam ter este esquema de arranjo do componente palmeira como uma referência, mesmo antes do uso do sistema. A outra é que, durante o processo de navegação no

aplicativo Touchgraph, os alunos visualizaram outros padrões, além dos que marcaram na folha de anotações. Como resultado, eles também foram influenciados por eles. Sendo assim estes aparecem em seus modelos mesmo não tendo sido identificados.












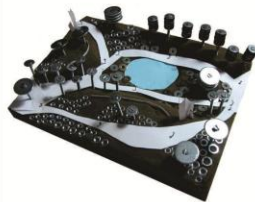






Durante este exercício alguns alunos foram entrevistados e foi perguntado a eles quais os padrões que estes aplicaram nos modelos. Durante o discurso foi possível notar que estes conseguiram relacionar os elementos e seus arranjos com uma função espacial. Por exemplo, enquanto explicavam o padrão que estava utilizando e davam o motivo pelo qual o haviam escolhido usavam expressões como: “para criar um plano vertical”, “para gerar um plano de cobertura”, “para criar um agrupamento homogêneo”, etc.

Quadro 13: Maquetes desenvolvidas pelos alunos com o auxílio do aplicativo Touchgraph Navigator (parte 1)

				PADRÕES
Aluno 01				PA 09 PA 10 PA 14 PA 16 PA 22 PA 24 PA 26
Aluno 02				PA 17 PA 18 PA 20 PA 22 PA 25 PA 29
Aluno 03				PA 07 PA 11 PA 12 PA 16 PA 21 PA 25 PA 28 PA 29
Aluno 04				PA 05 PA 07 PA 14 PA 20 PA 23 PA 25 PA 30
Aluno 06				PA 12 PA 18 PA 20 PA 27 PA 30
Aluno 07 e 10				PA 04 PA 07 PA 09 PA 14






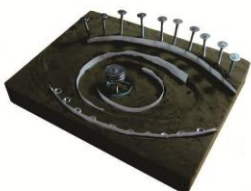
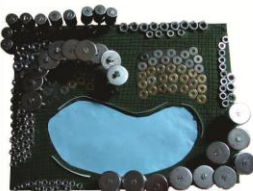








Fonte: Elaboração própria

Quadro 14: Maquetes desenvolvidas pelos alunos com o auxílio do aplicativo Touchgraph Navigator (parte 2)

				PADRÕES
Aluno 08 e 12				PA 09 PA 11 PA 13 PA 15 PA 18 PA 19 PA 22 PA 25 PA 26 PA 30
Aluno 09				PA 07 PA 10 PA 19 PA 26
Aluno 11				PA 05 PA 07 PA 11 PA 19 PA 20 PA 25 PA 30
Aluno 13				PA 05 PA 07 PA 08 PA 09 PA 10 PA 23 PA 22 PA 26
Aluno 14				PA 12 PA 13 PA 16 PA 24
Aluno 15				PA 05 PA 06 PA 07 PA 11 PA 25

Fonte: Elaboração própria

Quadro 15: Maquetes desenvolvidas pelos alunos com o auxílio do aplicativo Touchgraph Navigator (parte 3)

10. Maquetes desenvolvidas pelos alunos com o auxílio do aplicativo Topograph Navigator				PADRÕES
Aluno 17				PA 05 PA 06 PA 07 PA 18
Aluno 18				PA 05 PA 06 PA 15 PA 23 PA 25
Aluno 19				PA 07 PA 08 PA 09 PA 13 PA 25 PA 26
Aluno 20				PA 05 PA 13 PA 17 PA 18 PA 22 PA 25
Aluno N				PA 04 PA 05 PA 07 PA 09 PA 15

Fonte: Elaboração própria

8.3.1. Comparação entre os modelos físicos desenvolvidos pelos alunos nas três primeiras etapas do Workshop

Os quadros **16** e **17** das **páginas 185 e 186**, contêm uma imagem ilustrativa de cada um dos modelos desenvolvidos na primeira, segunda e terceira etapas do Workshop. Foram incluídos apenas os modelos dos alunos que participaram em todas as fases e que desenvolveram seus modelos individualmente. A partir da comparação direta entre os modelos desenvolvidos pelos alunos foi possível observar diferentes situações em relação à evolução dos trabalhos e ao uso dos conceitos existentes no sistema.

Primeiro, após o uso das referências e do sistema com os padrões, a maioria dos estudantes conseguiu inserir elementos como árvores, palmeiras, arbustos e forração de modo a compor arquitetonicamente o espaço. Podem ser citados como exemplos de evolução em relação à elaboração de uma solução de projeto, os modelos desenvolvidos pelos **alunos 02, 03, 06, 09 e 20**. Nestes casos nota-se a ausência de referências e esquemas para distribuição dos componentes, principalmente, nas maquetes elaboradas pelos alunos na primeira etapa. Contudo, o resultado obtido na última etapa do trabalho, que envolvia a elaboração de modelos físicos, é visível o uso dos componentes segundo as referências de projeto de Roberto Burle Marx. Por exemplo, o **aluno 03**, em sua primeira solução insere a maior parte dos componentes de modo aleatório no modelo. Já no segundo exercício existe uma maior organização espacial e no terceiro realmente percebe-se o uso dos conceitos e esquemas apresentados no sistema. Em seu último modelo é possível observar o uso de palmeiras ou árvores ao longo de uma linha (**PA – 11 e PA - 12**), de bosques heterogêneos (**PA - 16**) e a utilização do esquema de forrações e arbustos próximos à beira de um corpo d'água. (**PA - 25**).

Outra situação identificada foi a dos alunos que já tinham, provavelmente, algumas referências de projeto e conceitos organizados em sua memória. Nestes casos é possível notar o uso dos componentes de forma mais organizada desde o primeiro exercício. Mesmo assim, com o uso das referências e do sistema implementado no Touchgraph Navigator, o trabalho deles evoluiu e em seus modelos finais é possível identificar o uso dos componentes segundo novos arranjos espaciais. Podem ser citados como exemplos as maquetes dos **alunos 13 a 15 e 17**.

No primeiro modelo destes alunos pode-se identificar o uso dos componentes árvore e palmeira arranjados de forma a criar planos verticais ora mais opacos ora mais transparentes.











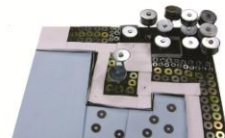
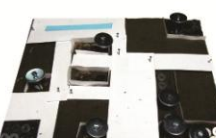









Provavelmente, este é um esquema de organização dos elementos que estes estudantes já conheciam antes do início do Workshop. Com o uso do sistema, como ferramenta de auxílio, nas maquetes elaboradas na terceira etapa surgem novos esquemas de organização dos componentes nos modelos. Por exemplo, o **aluno 13**, em seu modelo utiliza árvores ao longo de linha para formar planos de cobertura e uma árvore como um ponto de referência no piso. Estes arranjos não foram empregados em seus modelos das etapas anteriores.

Apesar da evolução no trabalho da maioria dos alunos, alguns ainda apresentaram dificuldade de compor de modo adequado os componentes nos modelos, independentemente do uso do sistema. Esta situação pode ser observada nos modelos elaborados pelos **alunos 01, 04 e 19**. Este número pode ser considerado pequeno, pois na primeira etapa oito alunos apresentaram deficiências no uso dos componentes para elaborar suas composições. Sendo assim, dos quatorze alunos que participaram de todas etapas do Workshop, apenas três precisariam de atendimento individual para reforçar os conceitos contidos nas referências e padrões. Isto pode ser considerado um bom resultado levando-se em conta que foram gastas apenas cinco horas e cinquenta minutos para a realização de todas as atividades. Como foi explicado, durante este período de tempo não foi realizada nenhuma apresentação sobre conceitos de arquitetura paisagística. Todo o material que tratava deste tema estava presente nas referências e nos padrões implementados no sistema de ontologias.

Em relação à linguagem dos modelos, alguns alunos foram influenciados pelas referências de projeto de Burle Marx, principalmente em relação ao desenho orgânico da circulação e de corpos d'água. Nota-se esta situação principalmente nas soluções dos **alunos 02, 05 e 15**. Nestes casos observa-se uma mudança clara de estratégia compositiva do primeiro exercício para o segundo.














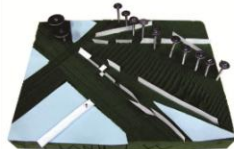




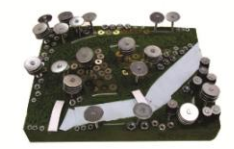

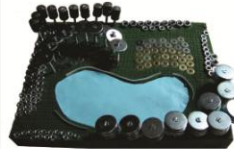
Contudo, outros estudantes mantiveram suas regras próprias de composição. Por exemplo, nos modelos elaborados pelo **aluno 18**, não se observa uma mudança na forma com que este desenvolve suas soluções. Independentemente do uso do caderno de referências na segunda etapa ele mantém uma estratégia de projeto similar nas três etapas. Em outras maquetes nota-se o uso dos esquemas de projetos identificados na obra de Burle Marx, no entanto, não se observa na composição uma relação tão clara como nas soluções elaboradas pelos **alunos 02, 05 e 15**.

Quadro 16: Quadro de comparação evolutiva das maquetes realizadas pelos alunos nas três primeiras etapas do workshop (parte 1)

	Primeira etapa	Segunda etapa	Terceira etapa
Aluno 01			
Aluno 02			
Aluno 03			
Aluno 04			
Aluno 06			
Aluno 09			
Aluno 11			

Fonte: Elaboração própria

Quadro 17: Quadro de comparação evolutiva das maquetes realizadas pelos alunos nas três primeiras etapas do workshop (parte 2)

	Primeira etapa	Segunda etapa	Terceira etapa
Aluno 13			
Aluno 14			
Aluno 15			
Aluno 17			
Aluno 18			
Aluno 19			
Aluno 20			

Fonte: Elaboração própria

8.4. Quarta etapa do Workshop – teste com a ontologia implementada no Touchgraph Navigator para a elaboração de um modelo virtual

A quarta etapa do Workshop tinha como objetivo não mais empregar o uso de modelos físicos para o desenvolvimento das soluções de projeto. Nela os alunos deveriam utilizar o Touchgraph Navigator, em conjunto com o aplicativo para modelagem paramétrica Grasshopper. Portanto, neste exercício o trabalho foi totalmente elaborado em meio virtual.

Contrariamente às etapas anteriores o processo foi realizado em grupos de três alunos e não individualmente. O motivo pelo qual preferiu-se esta configuração para conduzir esta etapa do trabalho foi por que existia uma preocupação em relação à possível dificuldade que os alunos teriam em utilizar o Grasshopper para modelar parametricamente suas soluções de projeto. Se isto ocorresse não seria viável auxiliar todos os alunos enquanto estes estivessem desenvolvendo os seus modelos virtuais. Em grupos, os estudantes poderiam ajudar uns aos outros. Como será visto adiante, todos os grupos conseguiram chegar a soluções satisfatórias.

Para facilitar o trabalho dos alunos foi definido um desenho de circulação (**Apêndice F**) em planta para uma área com proporções semelhantes àquela utilizada nos exercícios com maquetes físicas. Como na etapa anterior, os alunos receberam uma folha de papel na qual desenvolver um esboço da solução e, também deveriam anotar os padrões que consideravam adequados. Após pesquisar as referências no sistema e elaborar um croqui os grupos passaram a trabalhar com o Grasshopper, inserindo os componentes no Rhinoceros, por meio da utilização das definições apresentadas no **Apêndice A**. A área na qual estes deveriam adicionar os componentes também já havia sido modelada sendo que os alunos apenas precisavam demarcar as linhas ou áreas de inserção dos elementos compositivos para montar suas soluções. Esta estratégia contribuiu para que os grupos conseguissem trabalhar de modo mais eficiente. A **figura 125** mostra os alunos realizando a pesquisa no Touchgraph Navigator, o processo de utilização das definições do Grasshopper e um exemplo de solução.



Figura 125: Construção de uma maquete virtual utilizando o aplicativo Grasshopper.

Fonte: Elaboração própria

Os quadros **18** e **19** (nas **páginas 190** e **191**) contêm os modelos desenvolvidos nesta etapa do Workshop. Junto de cada uma das soluções está a imagem do esboço elaborado pelos estudantes. Em primeiro lugar é importante observar que os modelos geométricos digitais e os croquis são semelhantes. Isto indica que os alunos conseguiram transpor suas idéias do papel ao computador, por meio do uso do Grasshopper, de forma praticamente integral. Caso estes tivessem dificuldades em usar as definições elaboradas para inserir os componentes parametricamente no Rhinoceros, provavelmente, estas seriam diferentes, pois os alunos buscariam caminhos alternativos ou simplificariam suas idéias.

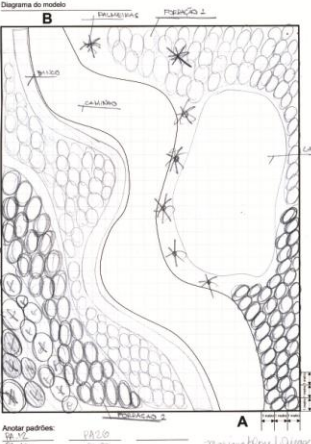
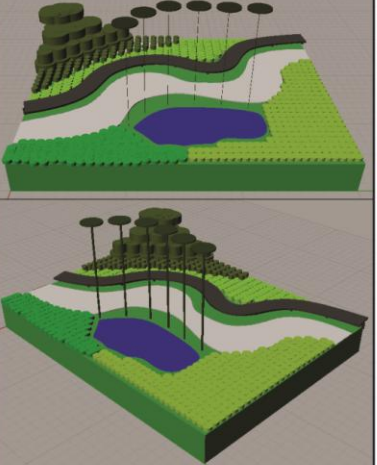
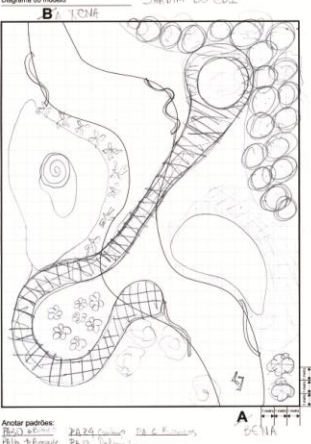
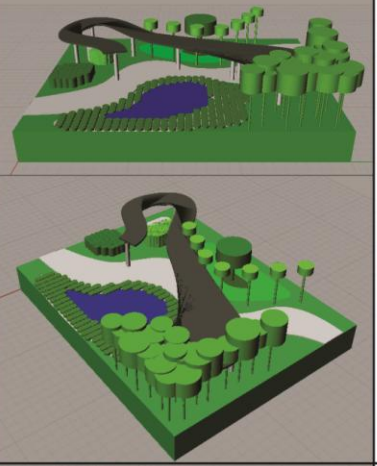

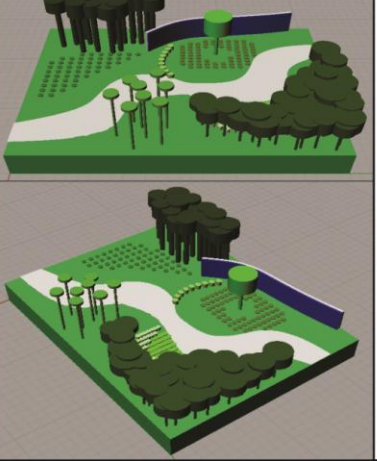
Como foi explicado, nas soluções elaboradas pelos alunos o resultado compositivo foi satisfatório, na maior parte dos casos. Contudo, alguns ainda tiveram dificuldades não tanto em relação a forma como deveriam inserir os componentes de modo a trabalhar arquitetonicamente o modelo. O problema ficou mais visível em relação a como usar os componentes arranjados segundo um esquema com outros componentes. Por exemplo, o grupo que desenvolveu a primeira solução apresentada no **quadro 18**, utilizou o **padrão 12** para inserir palmeiras entre um caminho e um lago. Esta solução não parece ser a mais adequada, pois seria muito mais lógico se estes tivessem as usado para emoldurar o lago. Outra situação inconsistente pode ser observada no modelo elaborado pelo grupo que aparece em segundo lugar no mesmo quadro. Neste caso os alunos inseriram as palmeiras, também segundo o **padrão 12**. No entanto,

inseriram estas entre o caminho e uma árvore adicionada de forma isolada, como um ponto focal do jardim. Esta pode ser considerada uma incongruência, pois as palmeiras poderiam também estar emoldurando este componente, não interferindo na sua visualização.

Provavelmente, estas situações poderiam ter sido evitadas se houvessem outros esquemas ou restrições que indicassem como os alunos deveriam relacionar os componentes inseridos nos modelos. Ou por meio de atendimentos como professor que discutiria com os alunos a melhor forma de compor os elementos.

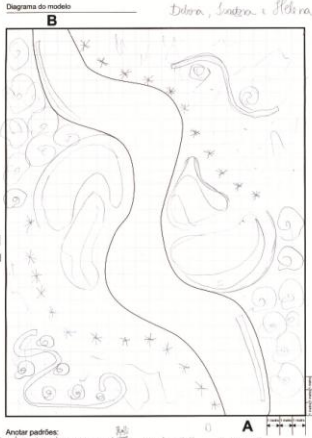
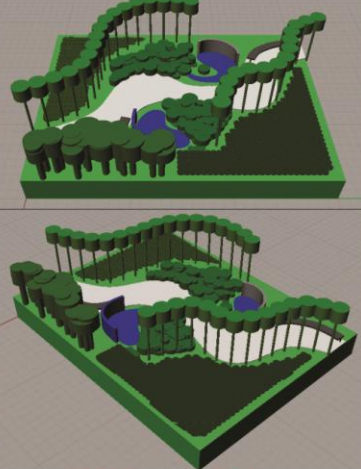
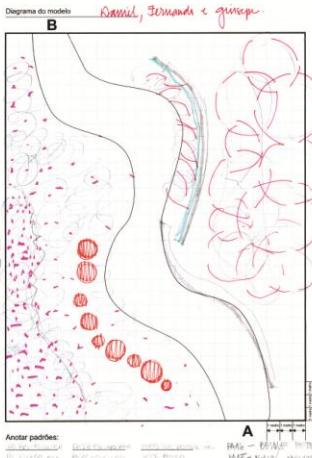
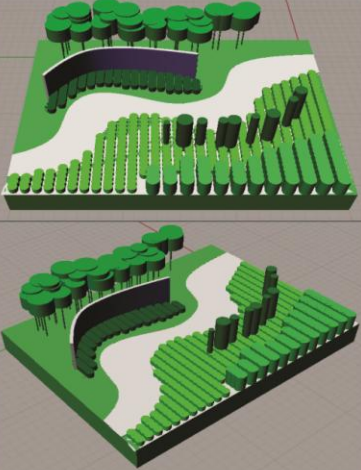
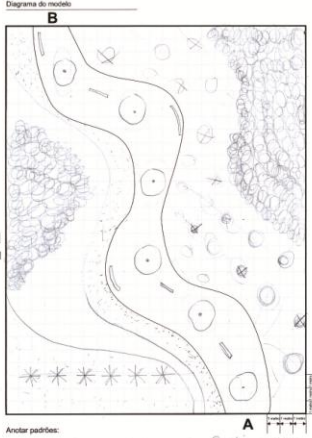
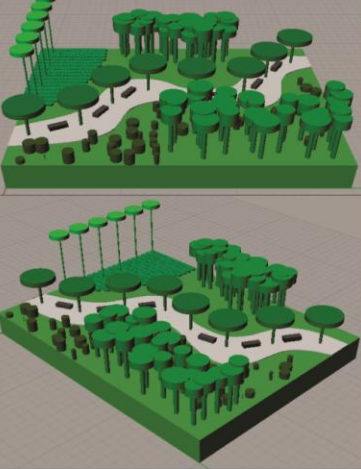
O modelo que apresenta o melhor resultado quanto à forma em que os elementos foram inseridos gerando assim a composição do plano de massas é o primeiro apresentado no **quadro 19**. Neste caso os alunos souberam utilizar de modo adequado o **padrão 12**. Inseriram palmeiras ao longo do caminho, contudo em parte da composição estas se afastam em relação ao caminho para possibilitar a aplicação de agrupamentos de arbustos e de painéis com cascatas que deságuam em espelhos d'água. Os mesmos alunos também aplicaram o **padrão 16** para inserir um bosque heterogêneo. Neste caso as relações entre os componentes foi muito mais adequada do que nas composições anteriores.

Quadro 18: Esboço e modelo virtual desenvolvidos por cada grupo, no quarto exercício (parte 1)

	Esboço	Modelo	Padrões
Grupo 01			PA - 07 PA - 10 PA - 12 PA - 26
Grupo 02			PA - 07 PA - 10 PA - 12 PA - 26
Grupo 03			PA - 07 PA - 10 PA - 12 PA - 26

Fonte: Elaboração própria

Quadro 19: Esboço e modelo virtual desenvolvidos por cada grupo, no quarto exercício (parte 2)

	Esboço	Modelo	Padrões
Grupo 04			PA - 05 PA - 07 PA - 09 PA - 12 PA - 16 PA - 26 PA - 28
Grupo 05			PA - 06 PA - 09 PA - 15 PA - 16 PA - 22 PA - 23 PA - 25 PA - 30 PA - 28
Grupo 06			PA - 06 PA - 07 PA - 11 PA - 12 PA - 16

Fonte: Elaboração própria

8.5. Resultado dos questionários

Após a realização do Workshop os alunos receberam via e-mail um questionário sobre as atividades realizadas em sala de aula. Por meio dele foi possível coletar informações sobre a sua impressão em relação ao processo e se tiveram dificuldades ou não em utilizar o sistema. As respostas são apresentadas no **quadro 20**, na **página 196**.

As duas primeiras perguntas que foram realizadas no questionário relacionavam-se ao uso das referências e do processo de pesquisa no sistema antes da elaboração do segundo e do terceiro modelo. Sobre a utilização do caderno de referências no segundo exercício pouco mais da metade dos alunos considerou que este colaborou para o desenvolvimento da solução para a maquete, enquanto a outra metade achou que não. Já o uso dos conceitos e esquemas implementados no navegador foi considerado positivo por mais de 70% dos alunos.

A terceira e a quarta questão tinham como objetivo avaliar se o navegador utilizado para inserir os conceitos e os esquemas e as definições do Grasshopper eram ferramentas muito complicadas de serem utilizadas. A maior parte dos alunos, diferentemente do que se pensava, não tiveram dificuldades para utilizar o navegador. Pouco mais de 90% deles acharam que o Touchgraph não foi uma ferramenta difícil de ser utilizada. Este fato foi realmente verificado durante a realização do Workshop. Os alunos rapidamente se adaptaram a interface do aplicativo e não tiveram dificuldades em navegar nele.

O mesmo ocorreu com as definições elaboradas no Grasshopper para criar modelos a partir de componentes parametrizados. Pouco menos de 90% dos alunos afirmaram não ter dificuldades em utilizar este aplicativo. Contudo, como estes pertenciam ao quarto ano do curso de arquitetura e urbanismo e já tinham realizado disciplinas de CAD 2D e 3D era de se esperar que não tivessem tanta dificuldade. Outro fato que colaborou para que os estudantes se adaptassem rapidamente foi que parte dos alunos já tinha aprendido Grasshopper na disciplina Informática aplicada III: CAD no processo criativo. Contudo, não era esperado um resultado tão satisfatório, pois os alunos tiveram que trabalhar com os dois aplicativos simultaneamente.

A quinta questão abordava o uso de modelos físicos e dos virtuais durante os exercícios. Se os alunos consideravam mais interessante o uso de computadores para criar modelos virtuais ou preferiam elaborar modelos físicos das soluções. Neste caso, mais de 70% dos participantes do Workshop consideraram ambas as propostas de trabalho adequadas.

Portanto, mesmo com o uso do computador e de uma ferramenta de modelagem paramétrica os alunos ainda têm interesse em trabalhar com maquetes físicas.

A sexta pergunta do questionário tinha como intenção esclarecer se os alunos consideravam que o uso do sistema colaborou para que estes compreendessem melhor conceitos de arquitetura paisagística. Neste caso todos os participantes do Workshop acharam que a utilização do navegador como ferramenta de projeto ajudou na compreensão de conceitos de arquitetura paisagística.

A sétima pergunta tinha como objetivo esclarecer se os alunos consideravam que um sistema como foi o apresentado a eles, implementado em um navegador on-line, poderia colaborar no processo de projeto. Neste caso, era necessário justificar a resposta se esta fosse positiva ou negativa. Neste caso, mais de 80% dos alunos avaliaram que o uso de um sistema com estas características seria ferramenta que poderia cooperar no processo de projeto. A principal justificativa que os alunos deram relacionava-se à facilidade de consulta e organização das referências de projeto no sistema. Esta resposta é condizente com os resultados obtidos durante as atividades do Workshop, pois os alunos realmente tiveram uma evolução em relação ao uso dos componentes para elaborar soluções de projeto.

Quadro 20: Quadro de perguntas elaboradas aos alunos no final do workshop, e respectiva análise dos resultados

01 Você considera que o uso de referências, para o desenvolvimento do modelo na segunda etapa do trabalho foi positivo?

	n° de respostas	%
sim	08	54
não	00	46
indiferente	07	00

02 No caso do terceiro modelo, o uso do Navegador com referências organizadas pelos padrões colaborou para organizar melhor as ideias?

	n° de respostas	%
sim	11	72.3
não	03	20
indiferente	01	6.7

03 Foi complicado utilizar o navegador em que estavam implementados os padrões e referências?

	n° de respostas	%
sim	01	6.7
não	14	92.7
indiferente	00	00

04 No caso da quarta etapa, em que foi utilizado o Rhinoceros / Grasshopper, desenvolver o modelo foi muito complicado?

	n° de respostas	%
sim	13	00
não	01	00
indiferente	01	00

05 O que você achou mais interessante em todo o processo, o uso dos modelos físicos ou virtuais (Rhinoceros)?

	n° de respostas	%
físicos	03	20
virtuais	01	6.7
indiferente	11	72.3

06 Você acha que este sistema, com modelos físicos e virtuais aliado ao uso dos padrões ajudou a esclarecer conceitos de projeto paisagístico?

	n° de respostas	%
sim	15	100
não	00	00
indiferente	00	00

07 Você considera que um sistema com padrões on-line, sendo alimentado constantemente por novas referências e padrões pode ser uma boa ferramenta de projeto? Justifique sua resposta. (Justificativas no Apêndice G)

	n° de respostas	%
sim	13	86.6
não	01	6.7
indiferente	01	6.7

08 Descreva o que você achou do processo, seus pontos positivos e negativos (descreva em um parágrafo)?
Respostas no Apêndice G

Fonte: Elaboração própria

A última pergunta do questionário, uma questão aberta e dissertativa, tinha como finalidade obter opiniões sobre a condução das atividades realizadas no Workshop. O que os alunos acharam do processo, seus pontos positivos e negativos. Parte dos alunos considerou interessante o uso tanto de modelos físicos como virtuais no trabalho. Um dos estudantes considerou que a padronização dos componentes para a elaboração do modelo físico facilitou a compreensão dos conceitos apresentados no sistema. Neste caso, nenhum aluno comentou que os componentes que lhes foram entregues para elaborar os modelos físicos teria inibido o processo criativo. Por outro lado, um dos estudantes afirmou que, na etapa de elaboração do modelo virtual, o fato da inserção dos componentes ser automatizada contribuiu para resultados mais parecidos com os padrões contidos no sistema de navegação. Esta afirmação é muito interessante, pois significa que este aluno entendeu que as definições do Grasshopper seguiam as mesmas regras de inserção de componentes existentes nos padrões do sistema de ontologias. Estas regras já haviam sido apresentadas na terceira etapa, sendo assim os alunos poderiam tê-las utilizado. Contudo, quando inseriram os elementos na maquete tinham maior liberdade, pois poderiam fazer isso da forma que achassem mais adequada.

Em relação aos pontos negativos, parte dos alunos considerou que o tempo foi curto para o desenvolvimento das etapas do trabalho, principalmente quando foram sendo agregadas novas informações e ferramentas para o desenvolvimento dos modelos. Contudo, todos os alunos conseguiram chegar a soluções de projeto em todas as etapas do Workshop. Na terceira etapa, quando foi utilizado pela primeira vez o Touchgraph Navigator, foi dado aos alunos mais tempo para desenvolver o modelo e terminou o exercício antes do tempo limite. Já na quarta etapa, em que havia uma preocupação real de que estes não conseguissem utilizar o navegador e o aplicativo de modelagem paramétrica, eles conseguiram realizar a tarefa até o final. Apenas um estudante criticou o fato de ter de desenvolver o modelo virtual em grupo. Porém, como foi afirmado anteriormente, havia um receio que estes tivessem dificuldade em trabalhar sozinhos com o Grasshopper.

CONCLUSÕES

A realização dos exercícios de projeto propostos para o teste do sistema mostrou, por meio da elaboração dos modelos, que os alunos compreenderam melhor os conceitos de arquitetura paisagística. Os resultados apontaram a importância do uso de referências de projeto para o ensino, não apenas de paisagismo, mas também de arquitetura ou urbanismo. Contudo, este processo não deve ser somente realizado por meio da utilização de imagens de projeto, mas com o auxílio de regras que colaborem com a abstração das variáveis e parâmetros que compõem as soluções. A partir do momento que os estudantes começaram a trabalhar com a informação organizada no sistema, tiveram menos dificuldades para compor suas soluções de projeto. Isto significa que necessitariam de menos auxílio do professor para sanar suas dúvidas. Sendo assim este poderia ensinar outros conceitos e avançar em outras questões de projetos relacionadas à arquitetura paisagística.

Como foi visto, no sistema apresentado foram utilizadas regras de gramática da forma, sendo que esta se mostrou adequada para representar conceitos e esquemas de projeto. Por meio delas foi possível sistematizar e tornar mais objetiva a informação apresentada. O uso de derivações representando esquemas em conjunto com as referências extraídas da obra de Burle Marx não fez com que os estudantes passassem a projetar como este paisagista, segundo seu estilo, mas colaborou para que estes conseguissem arranjar de modo mais organizado os elementos que compõem um jardim. O sistema funcionou realmente como uma ferramenta que auxilia e colabora durante o processo de projeto.

O desenvolvimento das regras de gramática da forma também viabilizou a elaboração dos algoritmos no aplicativo Grasshopper. Isto permitiu que uma das fases dos exercícios, como foi visto, fosse completamente realizada em meio digital. No entanto, os resultados obtidos por meio da elaboração dos modelos físicos também revelaram a importância do uso de ferramentas tradicionais de projeto para elaboração de soluções. Além disso, os alunos demonstraram interesse em desenvolver seus trabalhos não apenas em aplicativos CAD, mas também em desenhar e modelar maquetes físicas. Sendo assim, uma modalidade de representação não exclui a outra. O sistema de pesquisa poderia ser utilizado como ferramenta de auxílio independentemente da mídia que o projetista esteja utilizando para representar suas idéias.

A classificação dos símbolos para a elaboração do plano conceitual e dos componentes que normalmente podem ser encontrados em um projeto paisagístico também foi parte importante do processo, pois a partir dela que foi possível desenvolver o material para a elaboração do modelo físico. A utilização dos mesmos termos contribuiu para que os alunos identificassem no sistema o vocabulário presente no material entregue a eles. O uso de modelos tanto físicos como virtuais possibilita afirmar que o sistema de pesquisa desenvolvido pode ser utilizado tanto em turmas do primeiro ano de graduação em arquitetura e urbanismo quanto em turmas que estão nas etapas finais do curso. Os alunos que estão no início do curso e que não têm familiaridade com os sistemas CAD podem usar o sistema de pesquisa para elaborar projetos no papel ou em modelos físicos. Por outro lado, estudantes que já realizaram disciplinas de computação podem desenvolver modelos em meio digital, com ferramentas CAD avançadas. Caso houvesse maior interesse dos alunos em aprenderem conceitos de programação, estes necessariamente não precisariam utilizar as definições do Grasshopper elaboradas para gerar os componentes parametricamente, mas poderiam alterá-las de modo a inserir outros elementos na composição e de outras maneiras.

Neste trabalho foram selecionados como referências projetos de Roberto Burle Marx, como foi explicado, por este ser um dos grandes projetistas de espaços livres brasileiros. A partir destas referências foram identificados esquemas de organização de elementos compositivos em seus jardins. Como resultado, o protótipo pode ser considerado uma importante ferramenta para compreender como este paisagista compunha seus espaços livres. Referências de outros projetistas, não apenas da arquitetura paisagística, poderiam ter servido de base para o desenvolvimento do sistema. Nele poderiam ser estudadas as obras de arquitetos em que a obra é sistematicamente utilizada como precedente não apenas por estudantes, mas também por outros projetistas.

Além disso, o sistema de pesquisa de referências e de esquemas de projeto tem potencial de ser utilizado como uma base do conhecimento em que podem ser constantemente agregados novos dados por parte do usuário. Na fase de análise das informações o projetista poderia inserir novos dados para utilizar na etapa de síntese das soluções de projeto. A cada novo trabalho este poderia armazenar novos dados e ter acesso aos que utilizou anteriormente. A navegação no sistema colaboraria para a organização da biblioteca de referências presente em sua

própria memória. Conceitos e esquemas que estariam perdidos em sua mente seriam facilmente recuperados, reorganizados e reaplicados. Como este banco de dados seria desenvolvido constantemente pelo usuário, durante o processo de pesquisa este saberia identificar na estrutura hierarquia, que ele mesmo modelou, os conceitos e esquemas de modo mais eficiente. Esta situação é completamente diferente da investigação normalmente realizada por meio de livros de arquitetos renomados, pela internet ou qualquer outra forma de armazenamento de dados convencionais. Deste modo o projetista perde tempo não apenas reorganizando as referências, mas também rearranjando e buscando novamente precedentes. Portanto, um sistema de pesquisa como o que foi apresentado neste trabalho não traria benefícios apenas no ensino, mas também ocasionaria uma significativa melhoria no gerenciamento das informações durante o processo de projeto também profissionalmente.

Outra possibilidade de aplicação deste sistema, com uma abrangência maior, seria por meio da sua disponibilização na rede mundial de computadores. Contudo, esta dependeria da padronização na formalização dos conceitos que representam o domínio de conhecimento e de um aplicativo específico para sua implementação. Como o protótipo foi concebido em um programa adaptado para viabilizar o teste com os alunos alguns de seus recursos, principalmente em relação à introdução de novos dados não seria adequado para que diferentes usuários inserissem novas informações. No Touchgraph Navigator, apenas uma pessoa gerencia a entrada de dados e modela a estrutura hierárquica que gerencia o gráfico interativo. Desenvolvendo um programa em que cada projetista pode inserir novas informações pela internet seria possível representar de modo mais abrangente o domínio do conhecimento da arquitetura e urbanismo.

Uma das características que tal sistema poderia ter é auto-organização dos dados. Por exemplo, após a inserção de novos conceitos, esquemas e referências, e da realização de sucessivas pesquisas este poderia apresentar os itens mais acessados com maior destaque. No gráfico que apresenta os padrões mais procurados no terceiro exercício, é possível notar que alguns deles foram menos utilizados que outros, sendo assim estes poderiam ser representados na estrutura com menor ênfase.

Um obstáculo que deveria ser enfrentado relaciona-se a inteligibilidade do gráfico interativo que seria ampliado constantemente, dificultando a navegação no sistema. Nos exercícios realizados com os alunos o número de conceitos, não era muito amplo. Portanto, a

quantidade de nós gerados ainda permitia a fácil pesquisa de informações. Modelar um sistema que apresente um gráfico capaz de ser navegado, mesmo com a ampliação constante de novos dados seria um desafio. Mesmo assim esta seria uma importante ferramenta de armazenamento estruturado e organizado do conhecimento na área de projeto arquitetônico, urbanístico ou paisagístico.

Apesar de, nestas experiências, ter sido validada a hipótese de que um sistema que estrutura de modo organizado as relações entre conceitos e esquemas de projeto com as referências pode colaborar no ensino de arquitetura paisagística, há amplas possibilidades de ser dada continuidade a este trabalho em diferentes frentes de pesquisa. A modelagem do conhecimento com o objetivo de se desenvolver ferramentas educacionais de projeto e o uso de sistemas generativos de projeto pode contribuir para que alunos aprendam de forma mais rápida conceitos básicos de projeto. O professor, estando livre desta tarefa, pode se dedicar mais a estimular a criatividade dos alunos, de forma explorar o potencial de cada um deles.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, W. H. **Roberto Burle Marx: the unnatural art of the garden**. Nova York: Museum of Modern Art, 1991.
- AKIN, Omer. Case-based instruction strategies in Architecture Design Studies. v. 23, n.4, p. 407-471, Jul., 2002.
- AKIN, O.; AKIN, C. On the process of creativity in puzzles, inventions and designs. **Automation in Construction**: v. 7, n. 2, p. 123-138, 1998.
- ALANI, H. TGVizTab: An Ontology Visualisation Extension for Protégé. In: **Knowledge Capture**, 1, 2003, Florida. *Workshop on Visualization Information in Knowledge Engineering*, Florida, 2003.
- ASIMOV, M. **Introduction to Design**. Nova Jersey: Prentice-Hall, 1962.
- HEJLSBERG, A.; WILTAMURTH, S.; GOLD, P. **The C# Programming Language**. Boston: Addison Wesley, 2004.
- AISH, R; WOODBURY, R. Multi-level Interaction in Parametric Design. In: **SmartGraphics**, 5, 2005, Frauenwörth Cloister. Proceedings 5th International Symposium Smart Graphics, Berlin, 2005.
- ALEXANDER, Christopher, *et al.* (org.). **The Oregon experiment**. Nova York: Oxford University Press, 1979.
- ALEXANDER, Christopher, *et al.* (org.). **A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction**. Nova York: Oxford University Press, 1977.
- ALEXANDER, Christopher. **The timeless way of building**. Nova York: Oxford University Press, 1979.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- BAR-HILLEL, Y. **Language and Information: Selected Essays on their Theory and Application**. Massachussetz: Addison-Wesley Reading, 1964.
- BARTLETT, F. C. **Thinking: an experimental and social study**. Londres: George Allen and Unwin, 1958.
- BEIRÃO, José; DUARTE, José; STOUFFS, Rudi. Structuring a Generative Model for Urban Design - Linking GIS to Shape Grammars. In: **Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe (ECAADE)**, 26, 2008, Antuérpia. Proceedings of the 26th

eCAADe Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, Antwerp, 2008.

BENEVOLO, Leonardo. **História da arquitetura moderna**. São Paulo: Perspectiva, 1998.

BUELINCKX, H. Wren's language of City church designs: a formal generative classification. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: v. 20, n.2, p. 645-676, 1993.

BURNETT, Margaret, **Visual Programming**. **Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering**, Nova York: John Wiley & Sons Inc., p.275-283, 1999.

BUZAN, Tony. **The Mind Map Book**. Londres: Penguin Books, 1996.

CELANI, G. **CAD criativo**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003.

CHANDRASEKARAN, B., JOSEPHSON, J., BENJAMINS, V. Ontology of Tasks and Methods. In: **Workshop on Knowledge Acquisition Modeling and Management**, 11, 1998, Alberta. Proceedings Eleventh Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management, Alberta, 1998. Disponível em: < <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW98/KAW98Proc.html>>. Acesso em: 20 de abr. 2011.

CHOMSKY, Noam. **Aspects of the theory of Syntax**. Massachusetts: The MIT Press Cambridge, 1965.

COUSINS, Frank; RILEY, Phil M. **The wood-carver of Salem: Samuel McIntire, his life and work**. Boston: Boston, Little, Brown, and Company, 1916. Disponível em: < <http://www.archive.org/details/woodcarverofsale00cous>>. Acesso em: 20 de abr. 2011.

CLARK, R.C.; NGUYEN, F.; SWELLER, J. **Efficiency in learning**. São Francisco: Jossey-Bass Pfeiffer, 2006.

COSTA, L. **Roberto Burle Marx: senhor de Guaratiba**. In: Queiroz, P. et alii. **Burle Marx: homenagem à natureza**. Petrópolis: Vozes, 1979.

CORCHO, O.; FERNANDEZ-LOPEZ, M.; GOMEZ-PEREZ, A.. Data & Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? **Knowledge Engineering**: v. 46, n. 1, p. 41–64, 2003.

CORMEN *et al.* (org.). **Introduction to algorithms**. Cambridge: MIT Press, 2001.

DESCARTES, René. **Discurso do Método**. Tradução de Enrico Corvisieri. São Paulo: Nova Cultural, 2004.

DOURADO, Guilherme Mazza. **Modernidade verde: jardins de Roberto Burle Marx**. 2000, 254 p., Dissertação de mestrado, EESC - Universidade de São Paulo.

DEVILLERS, O. The Delaunay Hierarchy. **International Journal Foundations of Computer Science**: v. 13 n. 2, p. 163–180, 2002. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.164.2147&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 20 de abr. 2011.

DUARTE, J. P. **Customizing mass housing: a discursive grammar for Siza's Malagueira houses**. 2001, 536 p., Tese de doutorado, School of Architecture and Planning - MIT.

EASTMAN, C. Cognitive processes and ill-defined problems: a case study from design. In: **International Joint Conference on Artificial Intelligence**, 1, 1969. Washington. Proceedings of the 1st international joint conference on Artificial intelligence, Morgan Kaufmann Publishers, Washington, 1969, p.669-690.

EBELL, MH. Visual programming languages. **MD Comput**: v. 5, n. 10, p.305-11, Set.-Out., 1993.

ELIOVSON, Sima. **The gardens of Roberto Burle Marx**. Nova York: H.N. Abrams/Sagapress, 1991.

Encyclopedia Britannica. Capability Brown. In: Encyclopedia Britannica on-line. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/81572/Lancelot-Brown>>. Acesso em: 10 de Abr. 2010.

FALBO, R. **Integração do conhecimento em um ambiente de desenvolvimento de software**. 1998, 205 p., Tese de doutorado, COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

FISCHER, T.; HERR, C. M. Teaching generative design, In: **International Generative Art Conference**, 4, 2001, Milão. Proceedings of the 4th International Generative Art Conference, Milão, Ed. SODDU, 2001. Disponível em: <<http://www.generativeart.com>>. Acesso em: 10 de Abr. 2010.

FLEMING, Laurence. **Roberto Burle Marx: um retrato**. Rio de Janeiro: Editora Index, 1996.

FLEMMING, Ulrich. The secret of the Casa Giuliani Frigerio. **Environment and Planning: Planning and Design**, Londres: n.8, p. 87-96, 1981.

FLEMMING, Ulrich. More than the sum of parts: the grammar of Queen Anne houses. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: n.14, p. 323-350, 1987.

FLORIO, W. Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura, In: **SEMINÁRIO TIC**, 3, 2007, Porto Alegre. Anais do seminário de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil, Porto Alegre, 2007. CD – ROM.

FIGUEIROLA, Valentina. Linguagem única: padrões de Christopher Alexander servem de referência para projeto de residência. **Revista AU: arquitetura e urbanismo**. São Paulo: Editora Pini, set. 2008 .

FISCHER, T. and HERR, C. M. Teaching Generative Design. In: **International Generative Art Conference**, 4, 2001, Milão. Proceedings of the 4th International Generative Art Conference, Milão, 2001. Disponível em: <<http://www.generativeart.com>>. Acesso em: 20 de abr. 2011.

GARZA, A. G. S.; MAHER, M. L. Evolving design layout cases to satisfy Feng Shui constraints, 1999. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/238434.html>>. Acesso em: 25 de abr. 2010.

GELERNTER, Mark. **Sources of Architectural Form: A Critical History of Western Design Theory**. Manchester: Manchester University Press, 1995.

GENESERETH, M. and NILSSON. N.J. **Logical Foundations of Artificial Intelligence**. San Mateo: Morgan- Kaufmann, 1987.

GERO, J. S. Design prototypes: a knowledgerepresentation schema design. **AI Magazine**: v. 11, n. 4, pg. 26-36, 1990.

GIPS, J. **Computer Implementation of Shape Grammars**. Workshop on Shape Computation, MIT, 1999. Disponível em: < <http://www.shapegrammar.org/implement.pdf>>. Acesso em: 10 de Abr. 2010.

GRESSLER, Lori Alice. **Introdução à pesquisa: projetos e relatórios**. São Paulo: Editora Loyola, 2003.

GRUBER, T. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. **International Journal Hum+an-Computer Studies**: Elsevier, v.43, p.907-928, 1995.

GUDWIN, Ricardo R. **Linguagens de Programação - Notas de aula para a disciplina EA877**. Campinas: UNICAMP, 1997.

HERNANDEZ, Carlos Roberto Barrios. *Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi*. **Design Studies**: v. 27, n. 3, 2006.

HORRIDGE, M *et al.* (org.). **A practical guide to building OWL ontologies using Protege 4 and CO-ODE tools**. The University Of Manchester, 2009. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/238434.html>>. Acesso em: 25 de abr. 2010.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S.; FRANCO, F. M. de. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva; 2001. p. 2566

JELLICOE, J.A.; JELLICOE, S. **The Landscape of Man**. Londres: Thames & Hudson, 1975.

JONES, J. C. The state of the art in design methods. Emerging methos in environmental design and planning. Gary T. Moore, ed. Massachusetts: MIT Press, 1970, pg. 3-8.

KALAY, Yehuda. **Architecture's New Media**: principles, theories, and methods of computer aided design. Boston: MIT press, 2004.

KNELLER, George F. **Arte e ciência da criatividade**. São Paulo: IBRASA, 1973.

KIRSCH, J L; KIRSCH R A. The structure of paintings: formal grammar and design. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: n. 7, p. 227-238, 1980.

KNIGHT, Terry W. The generation of Hepplewhite-style chair back designs. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: n. 7, p. 227-238, 1980.

_____. The Forty-one Steps: the languages of Japanese tea-room designs. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: n. 8, p. 97-114, 1981.

_____. Mughul gardens revisited. **Environment and Planning B: Planning and Design**: Londres, n. 17, p. 73-84, 1990.

_____. **Transformations in Design**: a Formal Approach to Stylistic Change and Innovation in the Visual Arts. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

KNIGHT, T. W. **Shape grammars in education and practice**: history and prospects. Departament of architecture school of architecture & planning. MIT. <<http://www.mit.edu/~tknight/IJDC/>> Acessado em 16/03/2011.

KNIGHT, T. W.; STINY, G. Classical and Nonclassical computation. **Architectural Research Quartely**: n.5, p.355-372, 2001.

KIRSCH, J. L.; KIRSCH, R. A. The structure of paintings: formal grammars and design. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: n. 13, p. 163-176, 1986.

KONING, H.; EIZEMBURG, J. The Language of the Prairie: Frank Lloyd Wright's Prairie Houses. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: v. 8, n. 3, p. 295-323, 1981.

LAWSON, B. **How Designers Think**. Londres: Butterworths, 1980.

LYONS, Jonh. **As idéias de Chomsky**. Tradução de Octanny Silveira da Mota e Leônidas Hegenberg. São Paulo: Cultrix, 1970.

LEMOS, A. C. Carlos. **Cozinhas, etc.** São Paulo: Editora Perspectiva, 1978.

LEMOS, Carlos A. C. **Casa Paulista**: história das moradias anteriores ao ecletismo trazido pelo café. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999.

LOMAX, Paul. **Learning VBscript**. Sebastopol, CA: O'Reilly & Associates, 1997.

MACEDO, Sílvio Soares. Roberto Burle Marx and the founding of modern Brazilian landscape architecture. In: Vaccarino, R. et alii. **Roberto Burle Marx**: landscapes reflected. New York: Princeton Architectural Press, with Harvard University, Graduate School of Design, 1998.

MACEDO, S. S. **Quadro do Paisagismo no Brasil**. São Paulo: FAUUSP / QUAPÁ, 1999.

MACEDO, S. S. O paisagismo moderno brasileiro – além de Burle Marx. **Paisagens em Debate**: revista eletrônica da área de Paisagem e Ambiente: n. 1, Out., 2003. Disponível em: < <http://www.usp.br/fau/depprojeto/gdpa/paisagens/artigos/2003SilvioM-Burle.pdf>>. Acesso em: 25 de maio 2010.

MACEDO, S. S. ; SAKATA, F. M. G. **Parques Urbanos no Brasil**. I. ed. São Paulo: EDUSP / Imprensa Oficial, 2002.

MACEDO, S. S. ; ROBBA, F. **Praças Brasileiras**. I. ed. São Paulo: EDUSP / Imprensa Oficial, 2002.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Editora Atlas, 2001.

MARCH, L.; EARL, C.F. On counting architectural plans. **Environment and planning B: Planing and Design**, Londres: v. 4, n. 1, p. 57-80, 1977.

MARCH, L.; STEADMAN, P. **The geometry of environment: an introduction to spatial organization in design**. Londres: RIBA Publications, 1971.

MARCH L.; STINY, G. Spatial systems in architecture and design: some history and logic. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: v. 12, p. 31-53, 1985.

MEIRELLES, Celia Regina Moretti; MEDRANO, Ricardo Hernan. Arquitetura e concepção estrutural: a utilização de cascas em obras de Felix Candela, Eladio Dieste e Oscar Niemeyer. **Cadernos ProARQ**, Rio de Janeiro: n. 15, pg. 125-135, Dez., 2010.

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two - some limits on our capacity for processing information. **Psychological Review**: v. 101, n. 2, p. 343-352, 1956

MISSELL, Caroline. **Ontologias como alternativa para representação do conhecimento**. 2005, 80 p., Trabalho de conclusão de curso, Curso de especialização em WEB e sistemas de informação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MITCHELL, W. J. The theoretical foundation of computer-aided architectural design. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: v.2, p. 127-150, 1975.

MITCHELL W. J. **The Logic of Architecture**. Cambridge: MIT Press, 1990.

MONEDERO, J. Parametric design - a review and some experiences. In: **Education in Computer Aided Architectural Design in Europe**, 15, 1997, Viena. 15th eCAADe conference proceedings - challenges of the future, Viena, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, 1997, p. 369-377.

MONEDERO, J. Parametric design: a review and some experiences. **Automation in Construction**: v.9, p. 369-377. 2000.

MONTERO, Marta Iris. **Burle Marx: paisajes líricos**. Buenos Aires: Iris, 1997.

MOTLOCH, John L. **Introduction to Landscape Design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

MOORE, Charles; MITCHELL, William; TURNBULL, William. **The Poetics of Gardens**. Massachusetts: The MIT press, 1988

NIEMEYER, P.; KNUDSEN, J. **Learning Java**. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2005.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D.: 2000, Ontology Development 101: A Guide to creating your first Ontology, Stanford KSL Technical Report KSL-01-05.

OXMAN, Rivka. Precedents in design: a computational model for the organization of precedent knowledge. **Design Studies**: Elsevier, v. 15, n. 2, p. 141-157, 1994.

OXMAN, Rivka. Think-maps: teaching design thinking in design education. **Design Studies**: Elsevier, v. 25, n. 1, Jan., p. 63-94, 2004

PHILIPS, Stephen. Parametric design: a brief history. **arcCA Magazine**: v. 10, n. 1, p. 24-28, Apr., 2010.

POLIÃO, Marco Vitruvius. **Da Arquitetura**. Tradução e notas de Marco Aurélio Lagonegro. São Paulo: Hucitec; Fundação para a Pesquisa Ambiental, 1999.

POON, J.; MAHER, M. L. Co-evolution and emergence in design. **Artificial Intelligence in Engineering**, Amsterdam: Elsevier, v. 11, n. 3, p. 319-327, 1997.

POST, Emil. Formal Reductions of the General Combinatorial Decision Problem. **American Journal of Mathematics**: v.65, n. 2, p. 197-215, 1943.

RIOS, Jocelma Almeida. Ontologias: alternativa para a representação do conhecimento explícito organizacional. In: **Encontro Nacional de Ciência da Informação**, 6, 2005, Salvador. Anais do CINFORM VI, Salvador, 2005. Disponível em: < <http://dici.ibict.br/archive/00000478/01/JocelmaRiosOntologias.pdf>>. Acesso em: 27 mar., 2009.

POON, J.; MAHER, M. L. Co-evolution and Emergence in Design. **Artificial Intelligence in Engineering**: v.11, n.3, p. 319-327, 1997.

PEARCE, M., GOEL, A. K.; KOLODNER, I. L.; ZIMRING, C., SENTOSA, L.; BILLINGTON, R. Case-based Design Support: A Case Study in Architectural Design. **IEEE Expert**: v. 7, n. 5, p. 14-20, 1992.

PUPO, Regiane; PINHEIRO, Érica; MENDES, Gelly; KOWALTOWSKI, Doris; CELANI, Gabriela. A design teaching method using shape grammar. In: **Graphica**, 7, 2007, Curitiba. Resumos do Graphica, 2007.

REID, G. W. **Landscape graphics** – plan, section and perspective of landscape spaces. Nova York: Watson- Guptill publications, 2002.

ROWE, Peter G. **Design thinking**. Boston: The MIT, 1987.

RUWET, Nicolas. **Introdução à gramática gerativa**. São Paulo: Editora Perspectiva, 2001.

SALIM, Flora Dilys; BURRY, Jane. Software Openness: Evaluating Parameters of Parametric Modeling Tools to Support Creativity and Multidisciplinary Design Integration. In: **International Conference on Computational Science and Its Applications**, 9, 2010, Fukuoka. Proceedings ICCSA 2010, Fukuoka, 2010.

SEGAWA, Hugo. **Arquiteturas No Brasil 1900-1990**. São Paulo: EDUSP, 1998.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**: diretrizes para o trabalho didático-científico na universidade. São Paulo: Cortez & Morales, 1979.

SIMONDS, J.O. **Landscape architecture**: a manual of land planning and design. Nova York: McGraw-Hill, 1997.

STEADMAN P. Graph theoretic representation of architectural arrangement. **Architectural Research and Teaching**: v.2, p. 161-172, 1973.

STINY, G. **Pictorial and Formal Aspects of Shapes and Shape Grammars**. Suíça: Birkhauser, 1975.

STINY, G.; GIPS, J. **Algorithmic Aesthetics**. Berkeley: University of California Press, 1978.

STINY G and GIPS J. Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture. **Information Processing**, Amsterdam: v. 71, p. 1460-1465, 1972.

STINY, G.; GIPS, J. Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture. In: IFIP Congress 71, Ljubljana, 1972. Proceedings Information Processing 71, North Holland, 1972.

STINY, G.; MITCHELL, W. J. The Palladian Grammar. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: v. 5, p. 5-18, 1978.

STINY, G.; MITCHELL, W. J. The grammar of paradise: on the generation of Mughal gardens. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Londres: n. 7, p. 209-226, 1980.

STOUFFS, R; KRISHNAMURTI, R. Data views, data recognition, design queries and design rules. In: Design Computing and Cognition 04, 1, 2004, Proceedings of the first Design Cognition Conference, Cambridge. Kluwer Academic Publishers Kluwer, Dordrecht, 2004, p. 219-238.

SILVA, Jonathas M. P. Retrospectiva de criação de instrumentos para o ensino de paisagismo. **Paisagem e ambiente**, São Paulo: n. 15, p. 71-79, 2002.

SWELLER, John. Cognitive load, theory, learning difficulty, and instructional design. **Learning and Instruction**: v.4, n.4, p. 295-312, 1994.

TERZIDIS, K. **Algorithmic Architecture**. Cambridge: MIT Press, 2006.

UHR, L. **Pattern recognition, learning and thought**: computer-programmed models of higher mental processes. New Jersey: Prentice-Hall, 1973.

VAZ, C.; CELANI, M. G. ,A pattern language for Roberto Burle Marx landscape design. In: Kacprzyk, Janusz. **Studies in Computational Intelligence**. Berlin: Springer - verlag, 2010, v.314, Cap. 11, p. 207-219/

VIGNOLI, Giacomo da Barozzi. **Regola delli ordini d'architettura**. Roma: Per Matteo Gregório Rossi, 1718.

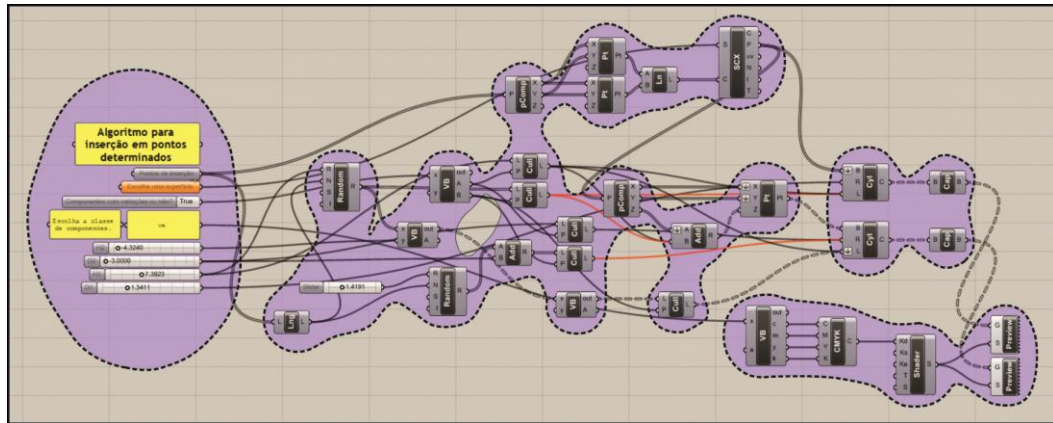
WHITESITT, J. Eldon. **Boolean algebra and its applications**. Londres: Addison – Wesley publishing, 1962.

YESSIOS, C. I. A Fractal Studio. In: Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA), 1987, Raleigh. ACADIA Conference Proceedings, Carolina do Norte, University of North Carolina press, 1987, p. 168-182.

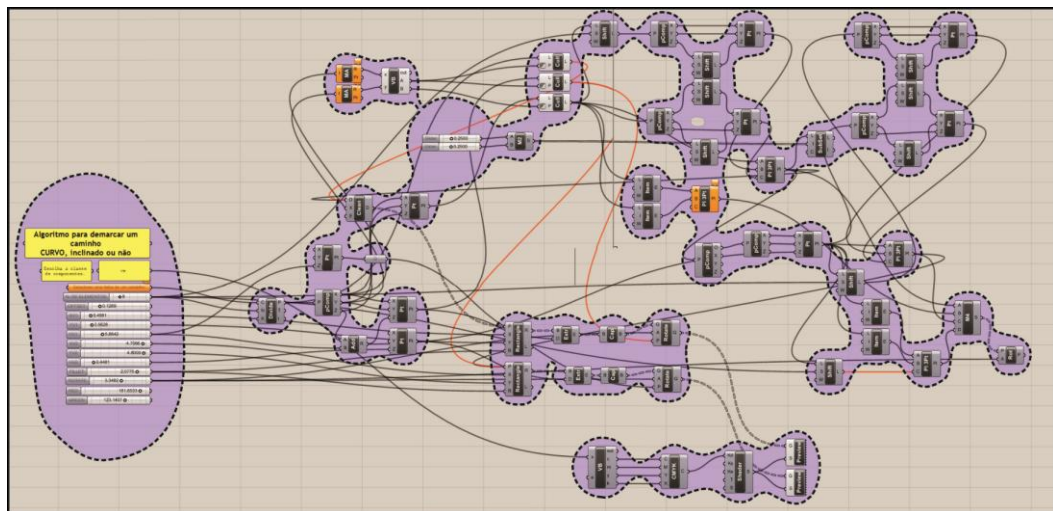
APÊNDICES

Apêndice A – Definições do Grasshopper

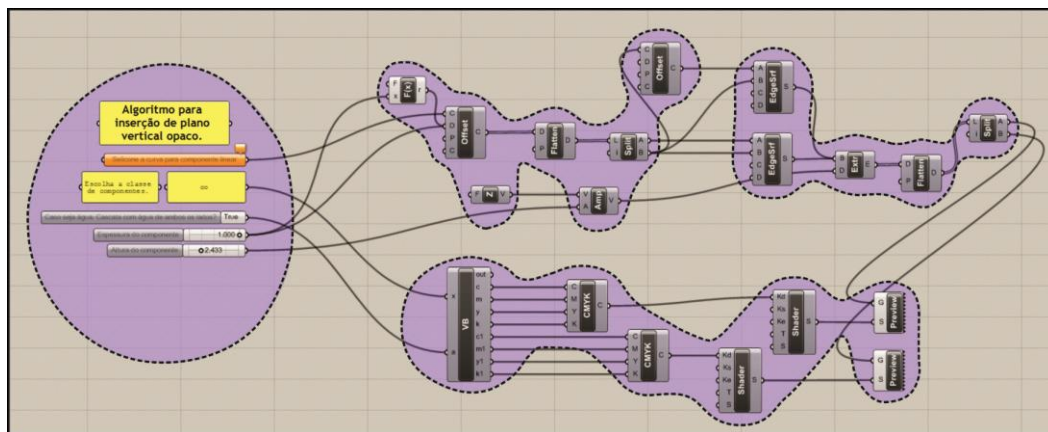
Definição 1: Inserção de componentes em pontos.



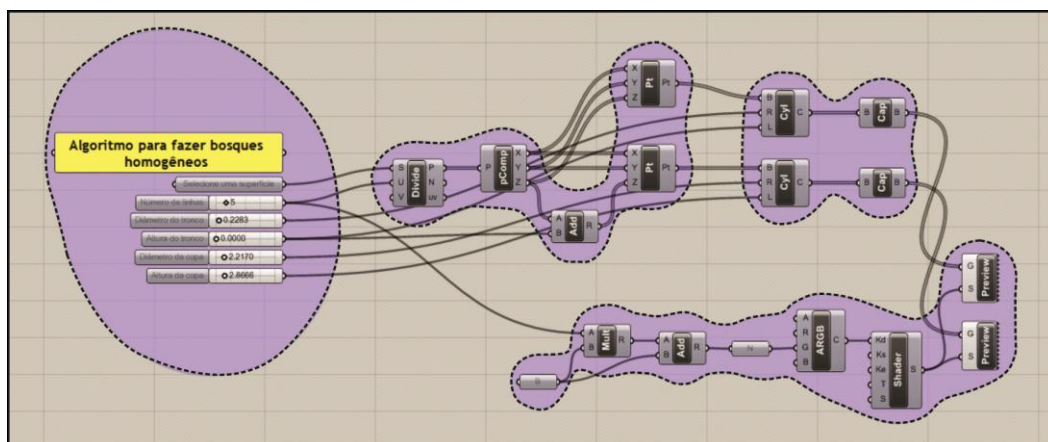
Definição 2: Inserção de componentes em linha.



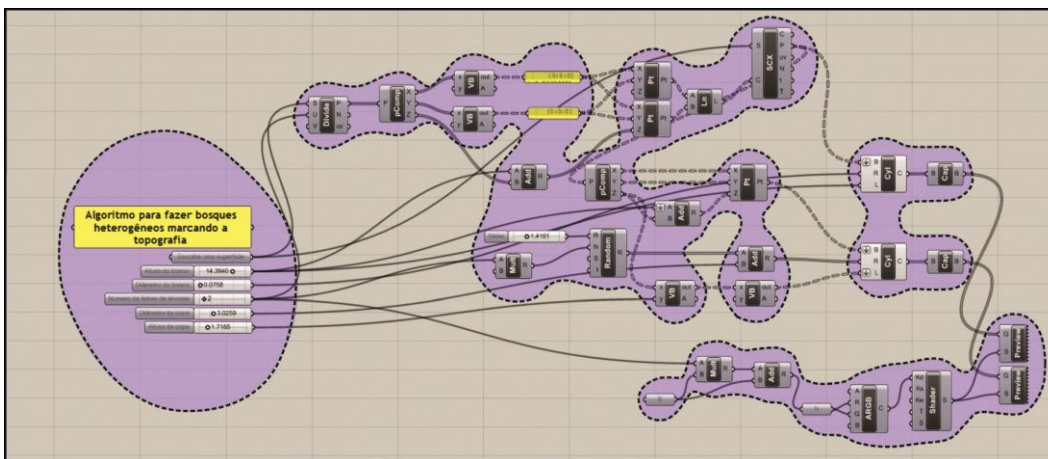
Definição 3: Inserção de componentes em linha contínuos.



Definição 4: Inserção de componentes áreas (homogêneo).

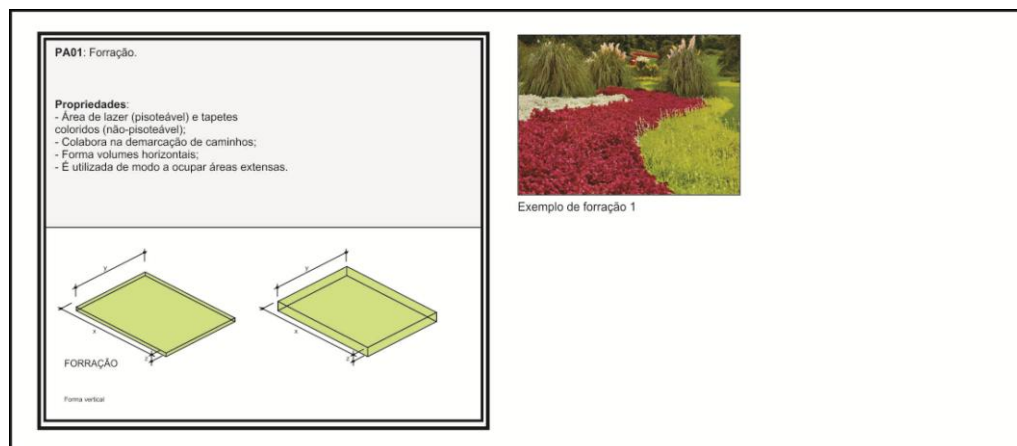


Definição 5: Inserção de componentes áreas (homogêneo).

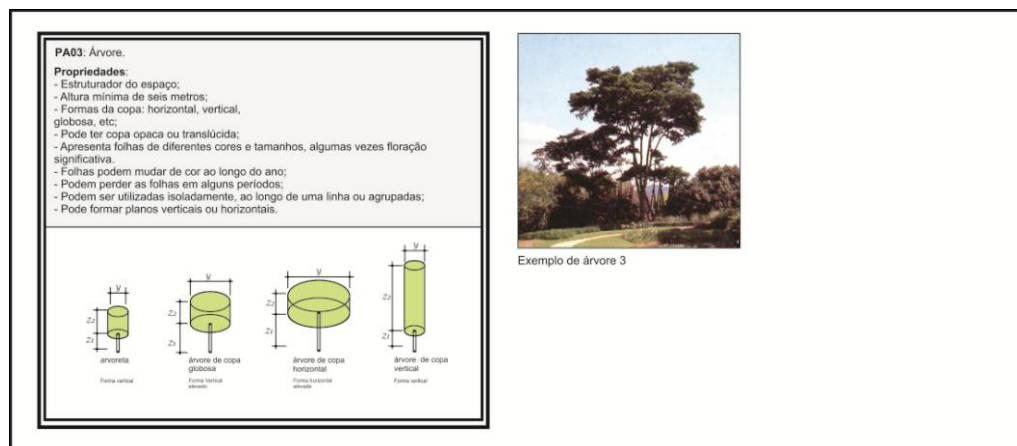


Apêndice B - Padrões e imagens de referência

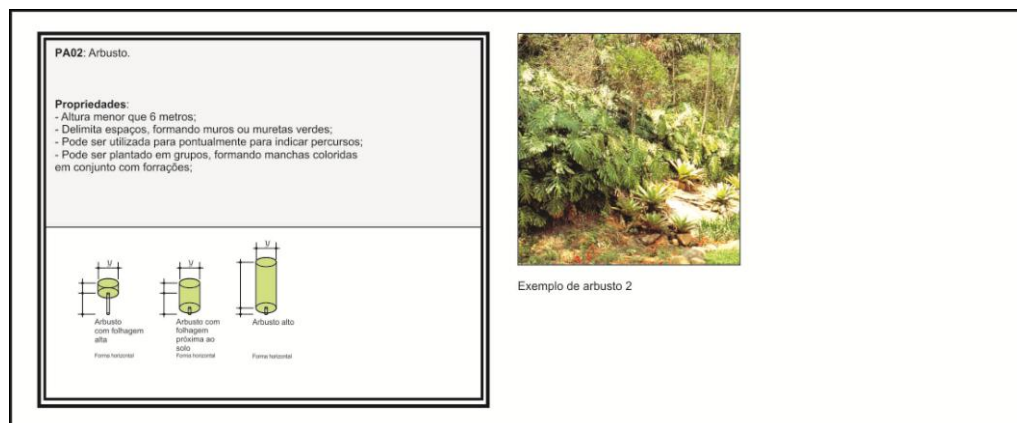
PADRÃO 01: Forração



PADRÃO 02: Árvore



PADRÃO 03: Arbusto

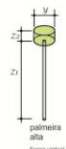



PADRÃO 04: Palmeira


PA04: Palmeira.

Propriedades:

- Estruturador do espaço;
- Pode ser utilizada isoladamente, ao longo de uma ou em agrupamentos;
- Pode formar um plano vertical;
- Pode ser utilizada para reforçar um trajeto;
- Não densificam calçadas e edificações;
- Altura de 70 cm a 30 metros.

Forma vertical



Exemplo de palmeira 3

PADRÃO 05: Painél

PA05: Painél.

Propriedades:

- Estruturador do espaço;
- Forma plano vertical opaco.

Pré-configuração dos parâmetros

Classe do componente

HT

D1

H2

D2

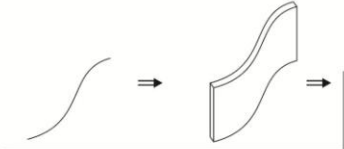
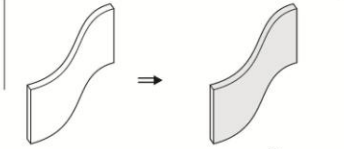
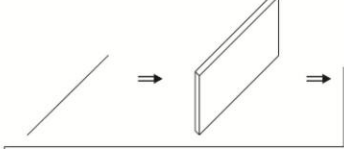
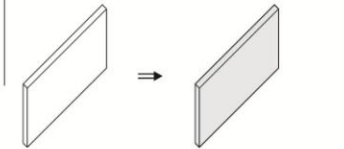
VE


HT

D1


H2

D2









Residência Cândido Guinle de Paula Machado
Rio de Janeiro, 1966.



Residência Olavo Fontoura
São Paulo, 1952.



Edifício Manchete
Rio de Janeiro, 1969.

PADRÃO 06: Banco

<p>PA06: Banco.</p> <p>Propriedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colabora na delimitação de espaços; - Compõe áreas de lazer passivo; - Pode resultar de uma mureta de um canteiro elevado; - Dependendo da forma pode ser permeável ou formar um bloco opaco. 	<h3>Pré-configuração dos parâmetros</h3>	<p>Praça Salgado Filho Rio de Janeiro, 1938</p>
<p>R22</p>	<p>R23</p>	<p>Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jaqueira Recife, 1951</p>
		<p>Residência Homero de Souza e Silva Rio de Janeiro, 1960</p>

PADRÃO 07: Canteiro com forração

PA07: Canteiro com forração.
Tipo de inserção: Em uma área.
Definição: Pedras em uma área.

Propriedades:

- Planos horizontais composto com pisos;
- Possibilita a melhor delimitação de um canteiro ou caminho;
- Pode ser utilizado para compor em conjunto com os demais componentes da classe verde e os pertencentes as classes água e construído.

Deriva

- Arbustos;
- Forrações;
- Esculturas;
- Pedras.

Exemplo de forração 2

PADRÃO 08: Inserção pontual de arbustos

PA08: Inserção pontual de arbustos.
Tipo de inserção: Inserção em pontos variados.
Definição: pontual. ghx

Propriedades:

- Composição vegetal mais livre;
- Referência ou ponto focal.

Deriva

- Árvores de copa horizontal
- Árvores de copa vertical
- Árvores de copa globosa
- Arvoretas
- Arbustos
- Forrações
- Escultura

Forma arbust

Pré-configuração dos parâmetros

Classe de componente

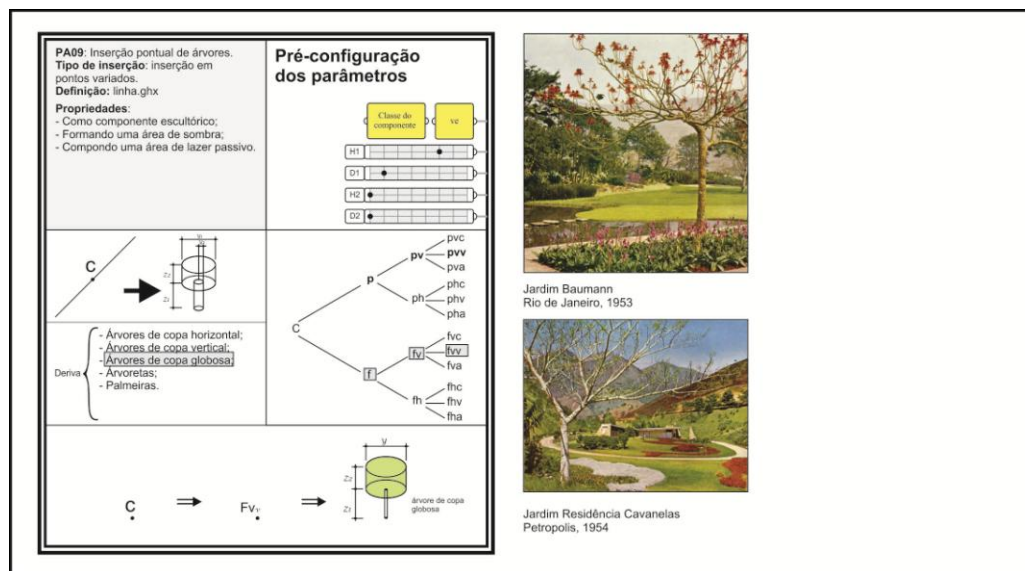
vz

H1	[Barra com ponto no início]
D1	[Barra com ponto no início]
H2	[Barra com ponto no início]
D2	[Barra com ponto no início]

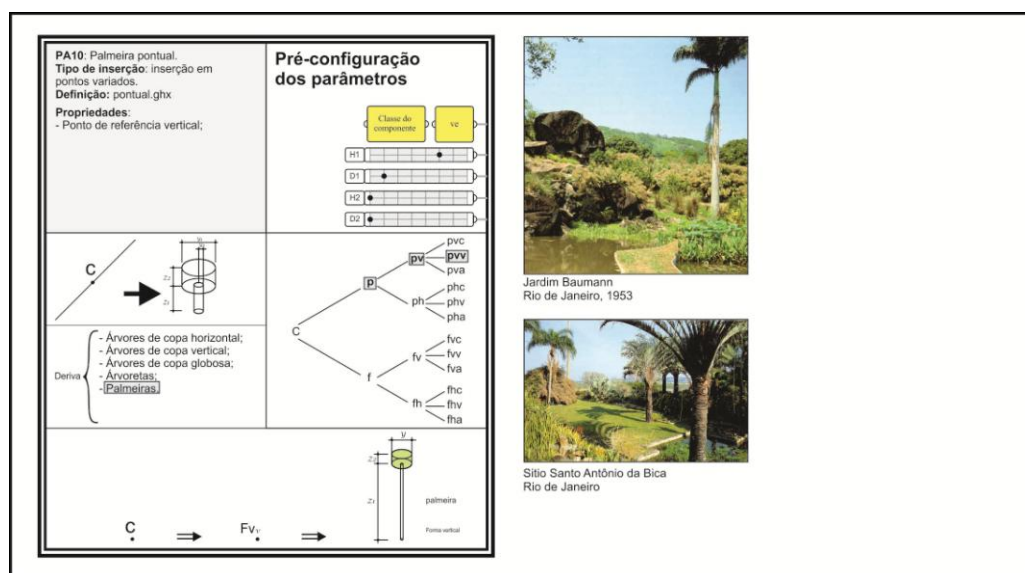
Parque do Flamengo
Rio de Janeiro, 1961

Banco Safra
São Paulo, 1983

PADRÃO 09: Inserção pontual de árvores



PADRÃO 10: Palmeira pontual



PADRÃO 11: Inserção linear de árvores

PA11: Inserção linear de árvores
Tipo de inserção: ao longo de uma linha
Definição: linha.gtx

Propriedades:

- Estruturador do espaço;
- Forma plano vertical com cobertura;
- Compõe com bancos para formar áreas de lazer passivo.

Pré-configuração dos parâmetros

Deriva

- Árvores de copa horizontal
- Árvores de copa vertical
- Árvores de copa globosa
- Arboretas
- Arbustos
- Forrações
- Escultura

Residência Olivo Gomes
São José dos Campos, 1966

Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jaqueira
Recife

PADRÃO 12: Inserção linear de palmeiras

PA12: Inserção linear de palmeiras.
Tipo de inserção: ao longo de uma linha
Definição: linha.gtx

Propriedades:

- Estruturador do espaço;
- Plano Transparente vertical;
- direcionador no espaço.

Pré-configuração dos parâmetros

Deriva

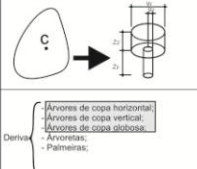
- Árvores de copa horizontal
- Árvores de copa vertical
- Árvores de copa globosa
- Arboretas
- Arbustos
- Forrações
- Escultura

Centro Empresarial do Rio,
Rio de Janeiro, 1981.
Fonte: Montero (2001)

Residência Francisco Pignatari,
São Paulo, 1956.
Fonte: Bardi (1964).

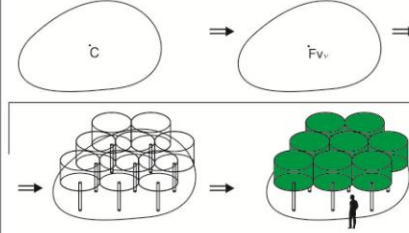
PADRÃO 13: Bosque homogêneo

PA13: Bosque homogêneo.
Tipo de inserção: em uma superfície.
Definição: superfície.glx
Propriedades:
 - Estruturador do espaço;
 - Forma um maciço verde;
 - Áreas sombreadas;
 - Utilizado em áreas específicas para contrastar com bosques heterogêneos ou com outros maciços de outras espécies.

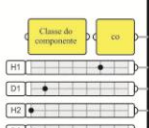


Deriva

- Árvores de copa horizontal;
- Árvores de copa vertical;
- Árvores de copa globosa;
- Anonissas;
- Palmeiras;



Pré-configuração dos parâmetros

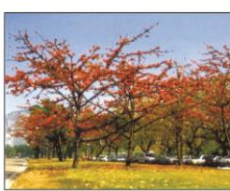


Classes do componente: C, vc


HT, DT, H2, D2

Deriva


- pvc
- pvv
- pva
- phc
- phv
- pha
- fvc
- fvv
- fva
- fhc
- fhv
- fha



Parque do Flamengo
Rio de Janeiro, 1961



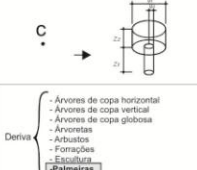
Residência Olivo Gomes
São José dos Campos, 1950.



Residência Odette Monteiro,
Petrópolis, 1948.

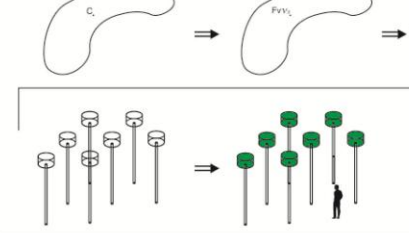
PADRÃO 14: Agrupamento de palmeiras

PA14: Agrupamento de palmeiras
Tipo de inserção: em uma superfície.
Definição: superfície.glx
Propriedades:
 - Ponto focal;
 - Estruturador do espaço;
 - Transparência.

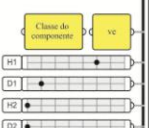


Deriva

- Árvores de copa horizontal;
- Árvores de copa vertical;
- Árvores de copa globosa;
- Anonissas;
- Arbustos;
- Forrações;
- Esculturas;
- Palmeiras;



Pré-configuração dos parâmetros




Classes do componente: C, vc


HT, DT, H2, D2

Deriva


- pvc
- pvv
- pva
- phc
- phv
- pha
- fvc
- fvv
- fva
- fhc
- fhv
- fha



Residência Olivo Gomes
São José dos Campos, 1950 e 1966

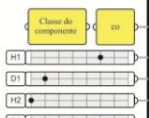

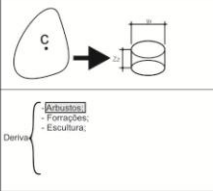
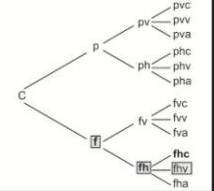

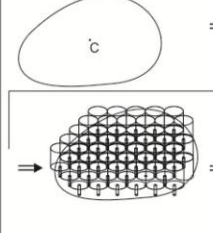
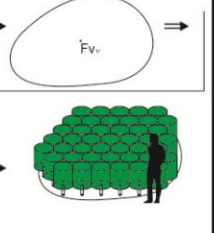
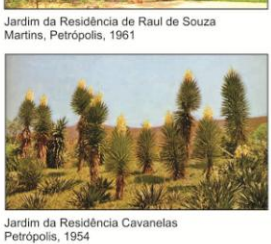


Residência Olivo Gomes
São José dos Campos, 1950 e 1966

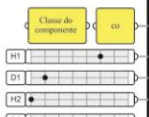
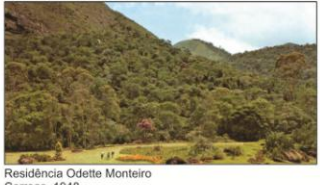
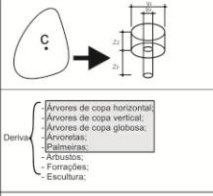
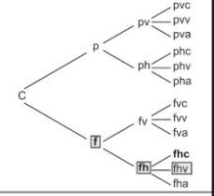

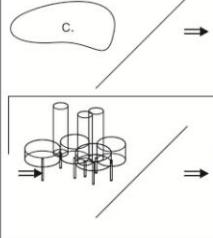
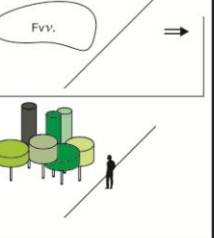



Praça Salgado Filho
Rio de Janeiro, 1938.

PADRÃO 15: Agrupamento de arbustos

<p>PA15: Agrupamento de arbustos. Tipo de inserção: em uma superfície Definição: superfície.glx Propriedades: - Estruturador do espaço; - Forma vertical opaca; - Maciço diversificado natural.</p>	<p>Pré-configuração dos parâmetros</p> 	 <p>Edifício Sede da Petrobras Rio de Janeiro, 1961</p>
 <p>Deriva</p>		 <p>Jardim da Residência de Raul de Souza Martins, Petrópolis, 1961</p>
		 <p>Jardim da Residência Cavanelas Petrópolis, 1954</p>

PADRÃO 16: Bosque heterogêneo

<p>PA16: Bosque heterogêneo. Tipo de inserção: em uma superfície Definição: superfície.glx Propriedades: - Estruturador do espaço; - Forma vertical opaca; - Maciço diversificado natural; - Recuperação de áreas degradadas. - Deve compor, em grandes áreas a base do projeto paisagístico.</p>	<p>Pré-configuração dos parâmetros</p> 	 <p>Residência Odette Monteiro Correias, 1948</p>
 <p>Deriva</p>		 <p>Residência Odette Monteiro Correias, 1948</p>
		 <p>Residência Odette Monteiro Correias, 1948</p>

PADRÃO 17: Canteiro com forração e arbustos homogêneos

PA17: Canteiro com forração e arbustos homogêneos
Tipo de inserção: em uma superfície.
Definição: superfície.ghx
Propriedades:
 - Estruturador do espaço;
 - Composição ascendente.

Pré-configuração dos parâmetros

Deriva

- Árvores de copa horizontal
- Árvores de copa vertical
- Árvores de copa globosa
- Arboretas
- Arbustos
- Forrações
- Escultura

Praça Visconde de Maua
Petrópolis, 1944.

Fazenda Marambáia
Petrópolis, 1948.

PADRÃO 18: Canteiros com forração variadas

PA18: Canteiros com forração, arbustos e árvores
Tipo de inserção: em uma superfície (forrações e arbustos) e pontual para árvores.
Definição: superfície.ghx e pontual.ghx
Propriedades:
 - Estruturador do espaço;
 - Diversidade de classes de vegetação;
 - Emoldura limites do jardim ou de áreas abertas.

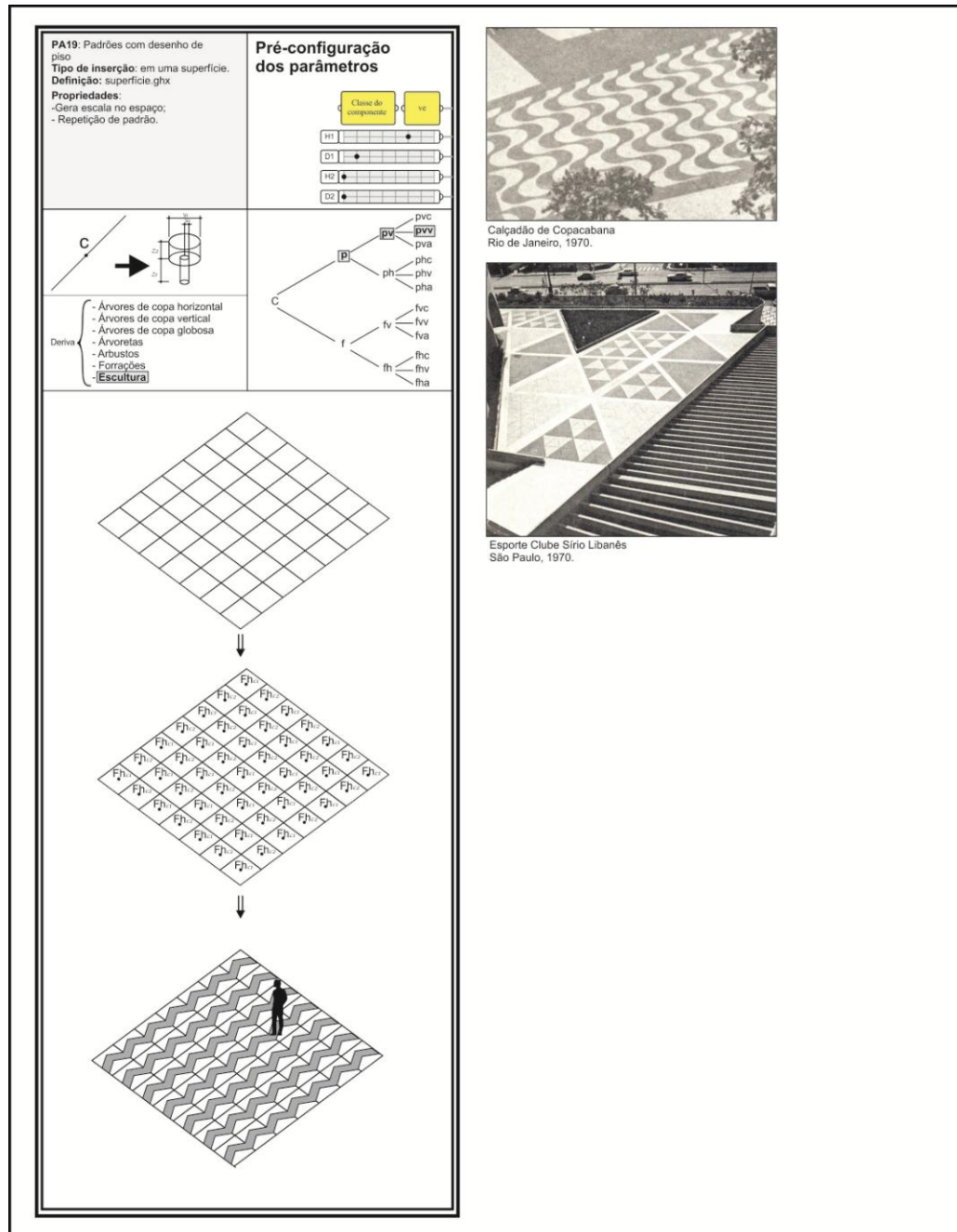
Pré-configuração dos parâmetros

Deriva

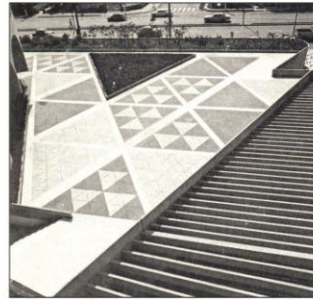
- Árvores de copa horizontal
- Árvores de copa vertical
- Árvores de copa globosa
- Arboretas
- Arbustos
- Forrações
- Escultura

Parque del Este
Caracas, Venezuela, 1956.

PADRÃO 19: Padrões com desenho de piso



Calçadão de Copacabana
Rio de Janeiro, 1970.



Esporte Clube Sírio Libanês
São Paulo, 1970.

PADRÃO 20: Padrões com desenho de forração

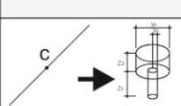
PA20: Padrões com desenho de forração

Tipo de inserção: em uma superfície.

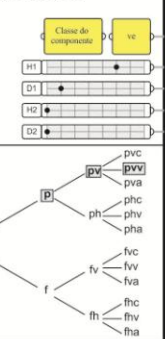
Definição: superfície.gfx

Propriedades:

- Gera escala;
- Padrão de repetição.

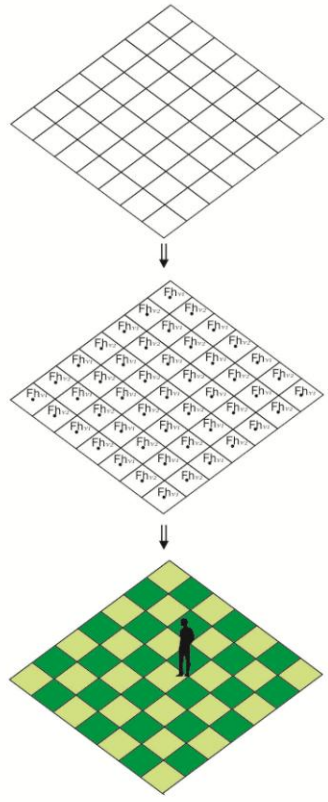



Pre-configuração dos parâmetros




Deriva

- Árvores de copa horizontal
- Árvores de copa vertical
- Árvores de copa globosa
- Árvoretas
- Arbustos
- Forrações
- Escultura






Jardim da Residência Cavanelas
Petrópolis, 1954

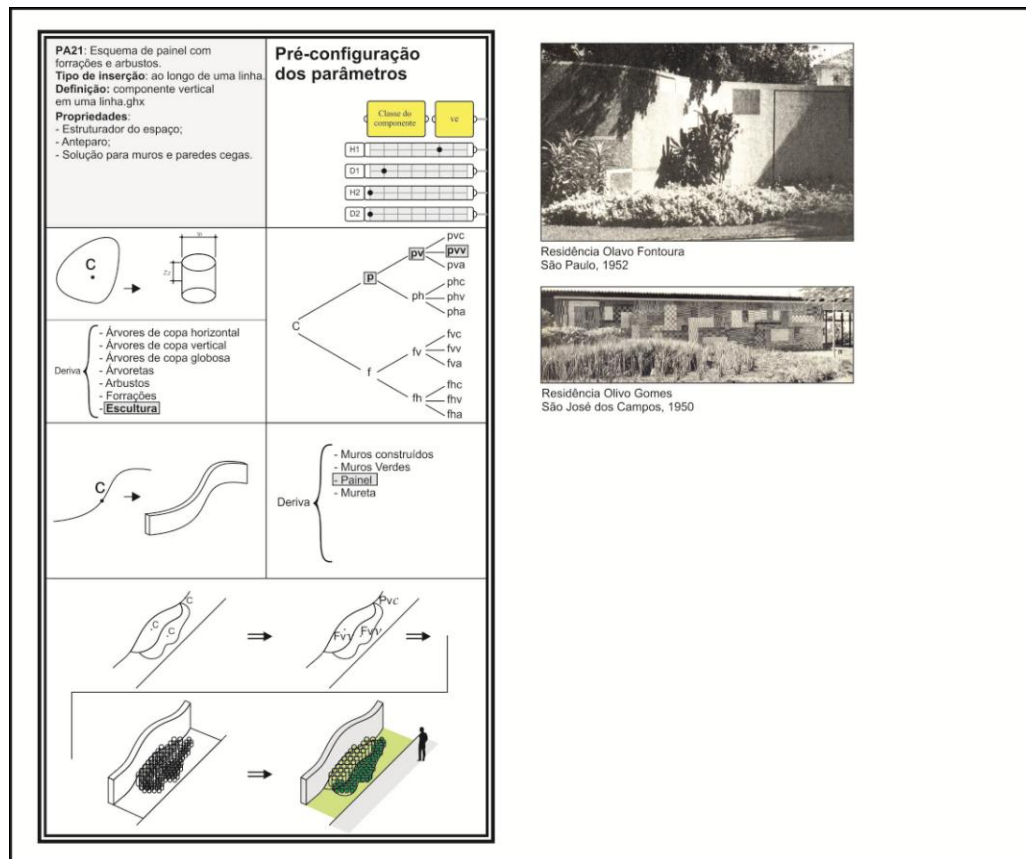


Museu de Arte Moderna
Rio de Janeiro, 1954

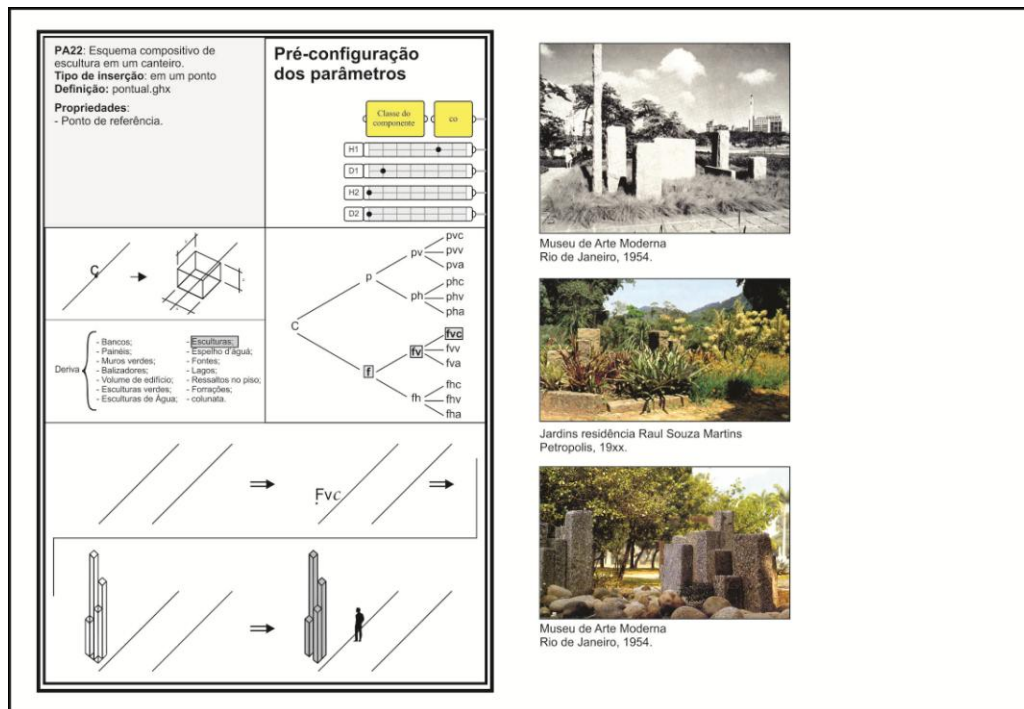


Jardim da Faculdade de
Arquitetura da Universidade
Federal do Rio de Janeiro

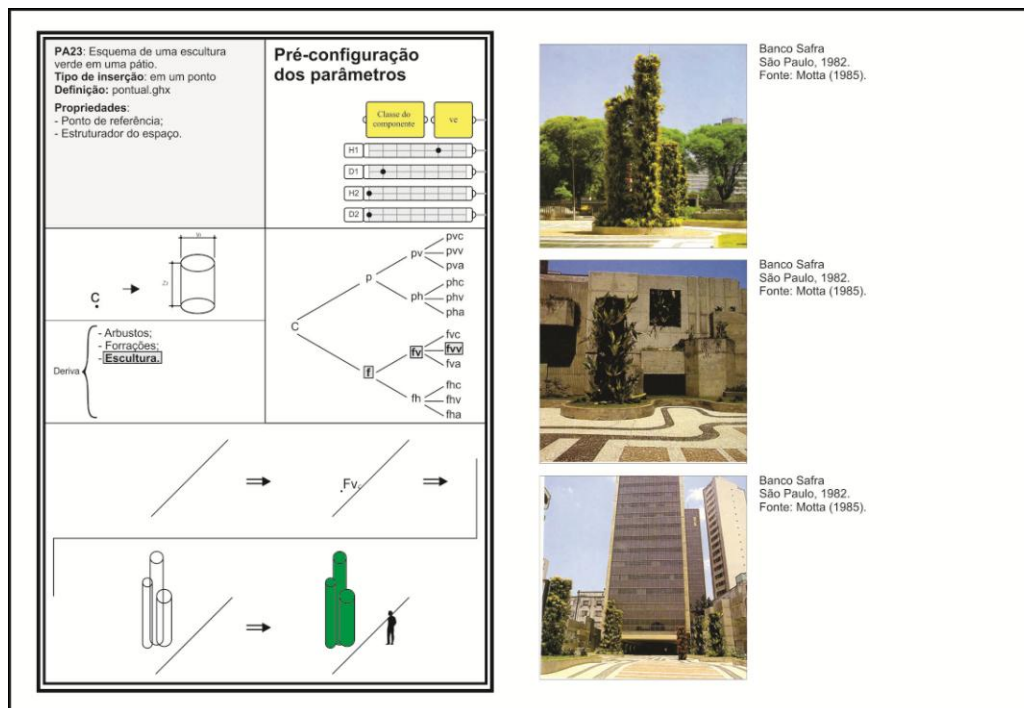
PADRÃO 21: Esquema de painel com forrações e arbustos



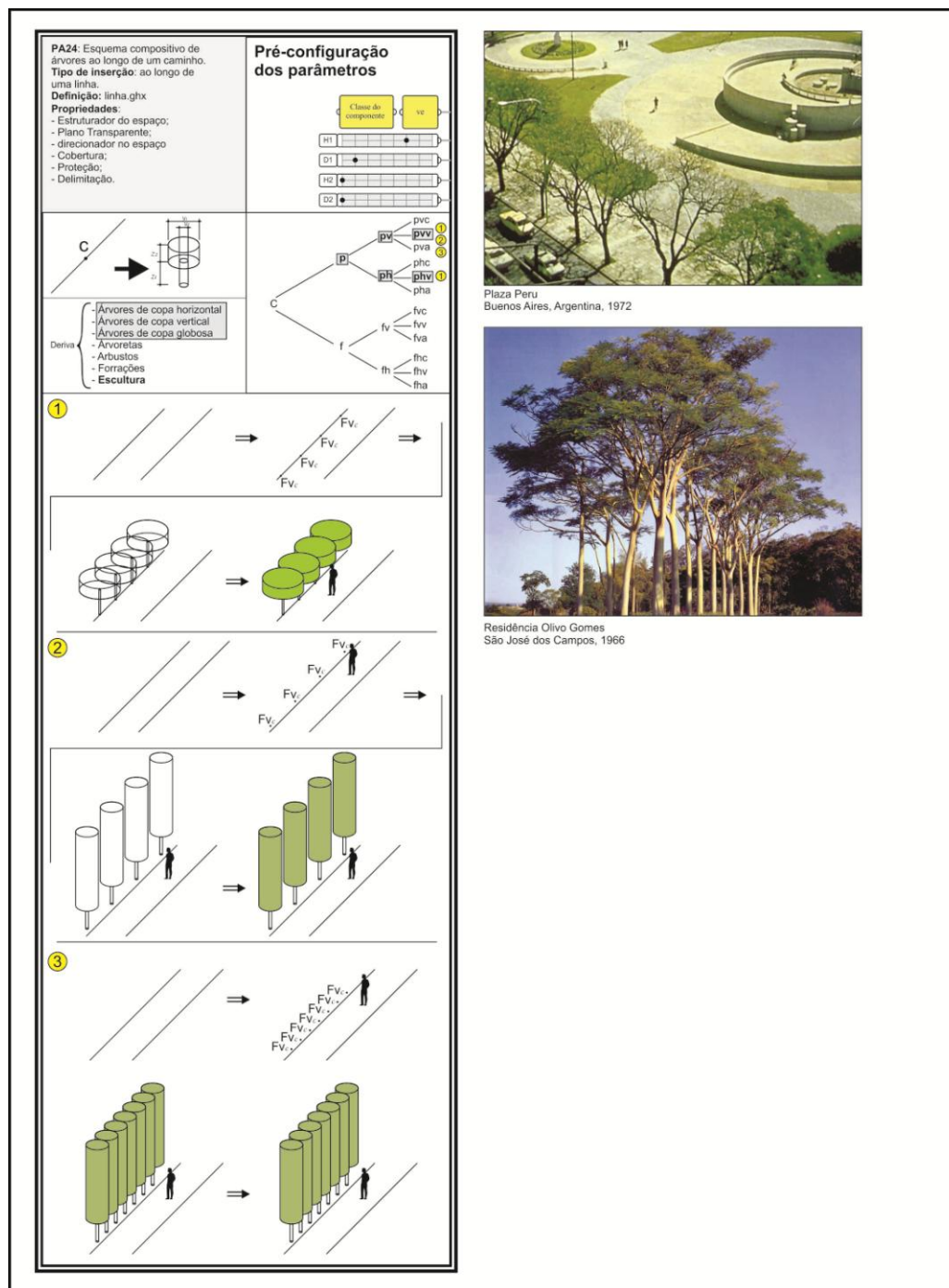
PADRÃO22: Esquema compositivo de escultura em um canteiro



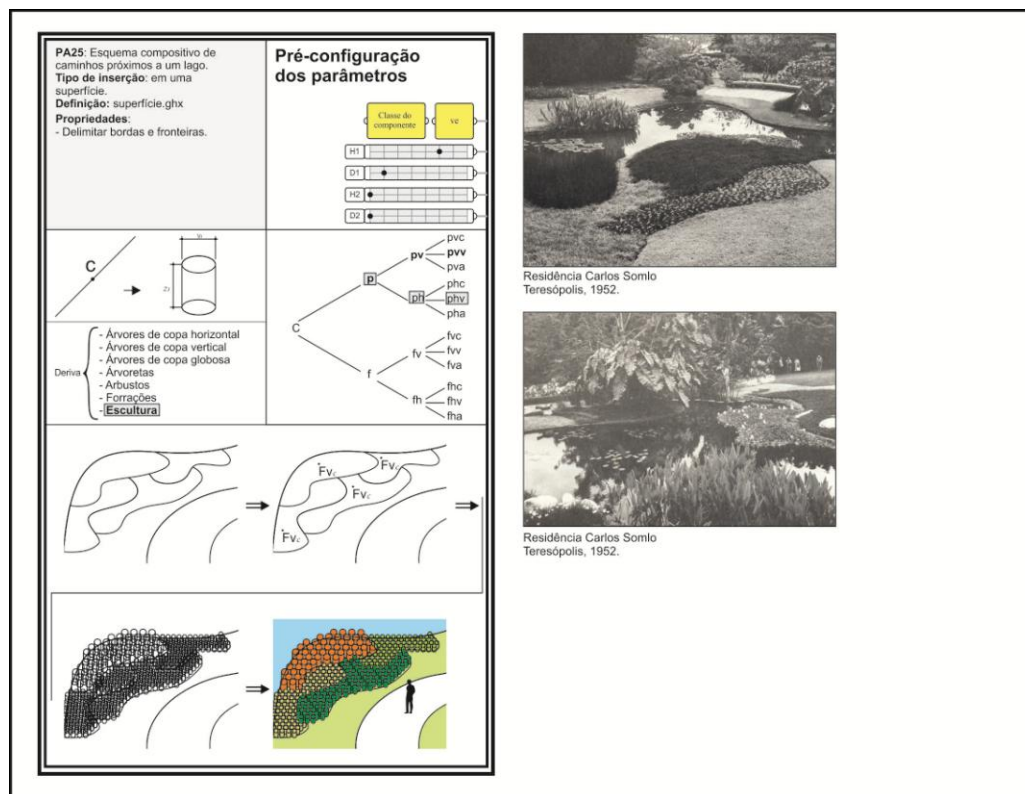
PADRÃO 23: Esquema de uma escultura verde em um pátio



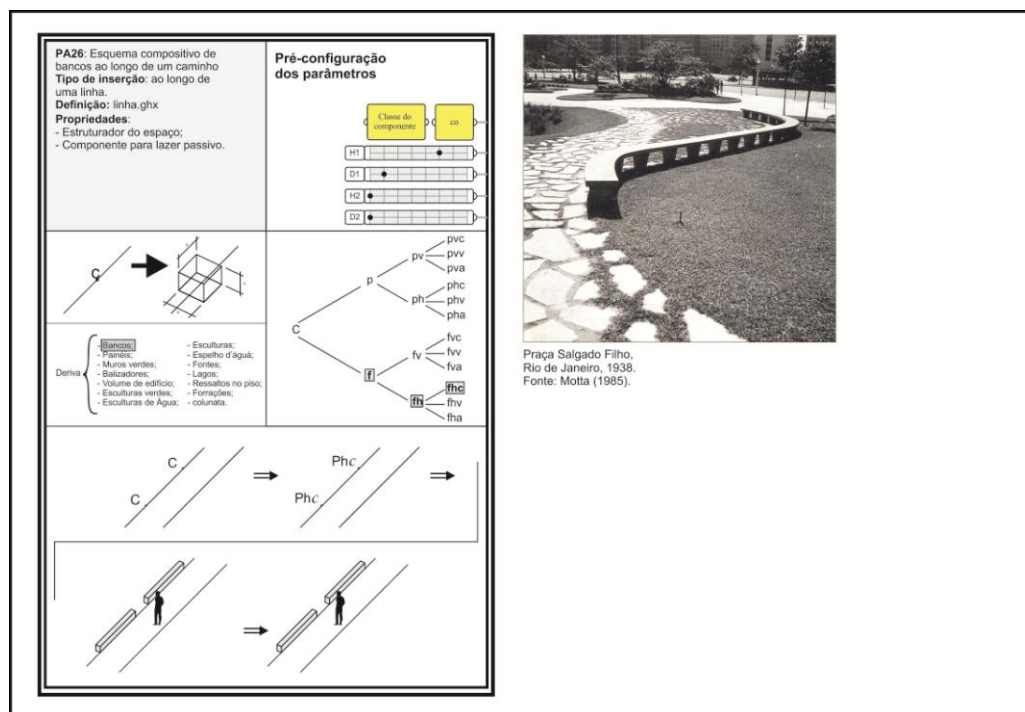
PADRÃO 24: Esquema compositivo de árvores ao longo de um caminho



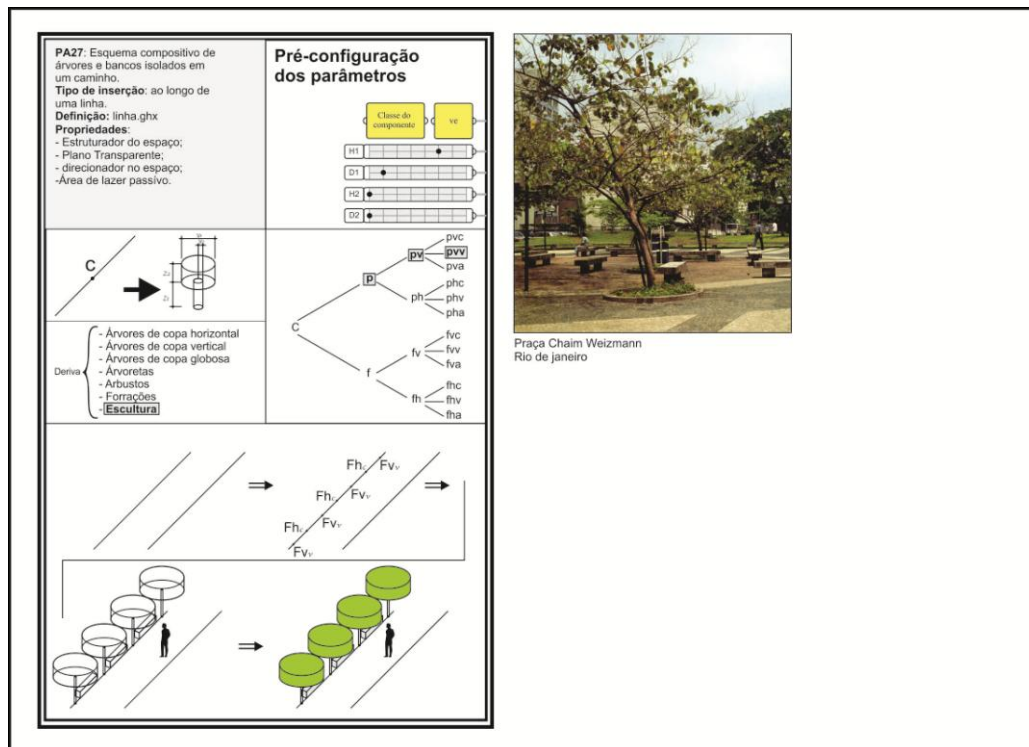
PADRÃO 25: Esquema compositivo de caminhos próximos a um lago



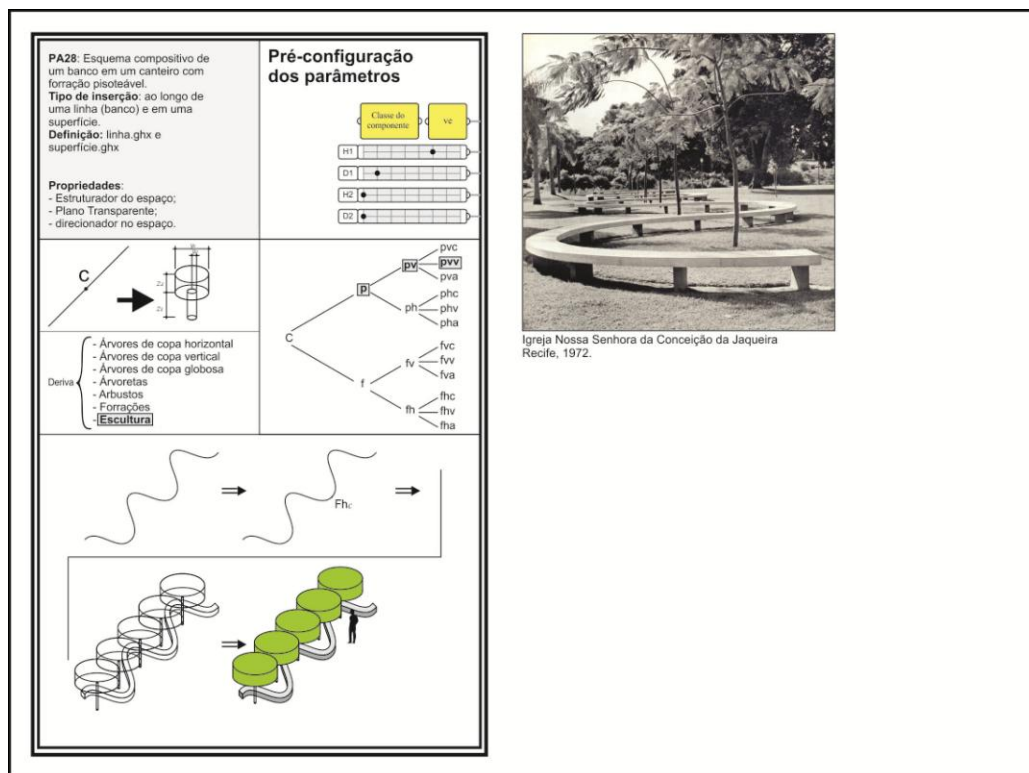
PADRÃO26: Esquema compositivo de bancos ao longo de um caminho



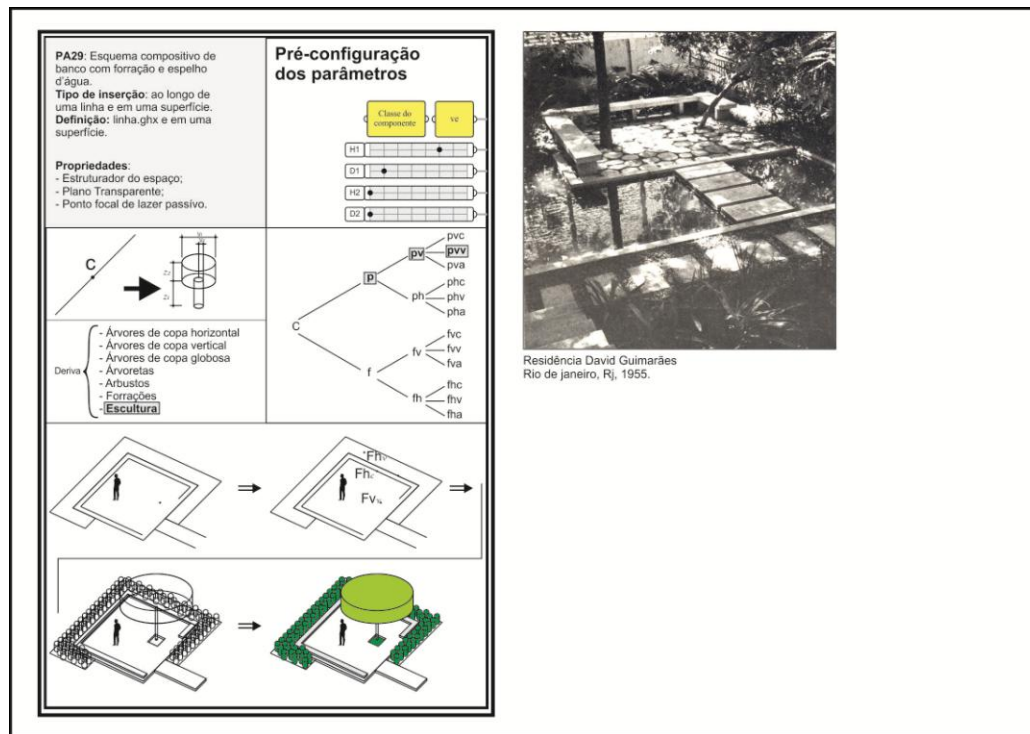
PADRÃO 27: Esquema compositivo de bancos e árvores em caminho



PADRÃO28: Esquema compositivo de bancos em um canteiro pisoteável

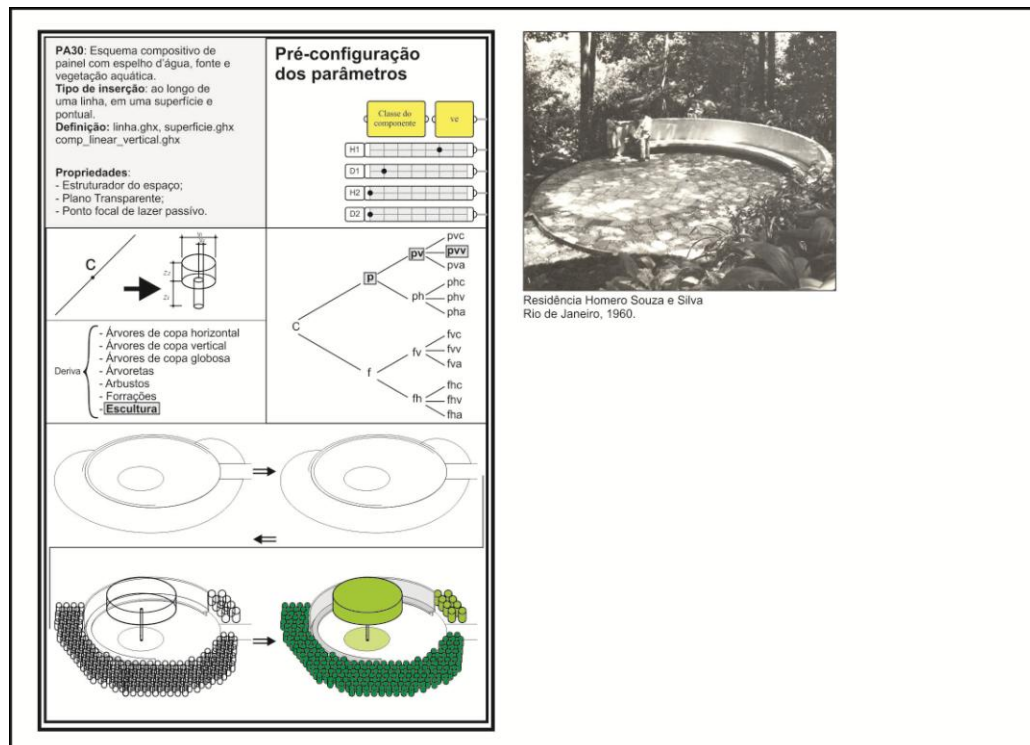


PADRÃO29: Esquema compositivo de banco com forração e espelho d'água



Residência David Guimarães
Rio de Janeiro, RJ, 1955.

PADRÃO30: Esquema de um estar



Residência Homero Souza e Silva
Rio de Janeiro, 1960.

Apêndice C – Enunciado do exercício 1 e 2 do Workshop

Enunciado

Parte 1:

A partir do material fornecido projetar uma área de lazer passivo. Considerar o ponto A como a entrada do terreno e o ponto B como a saída.

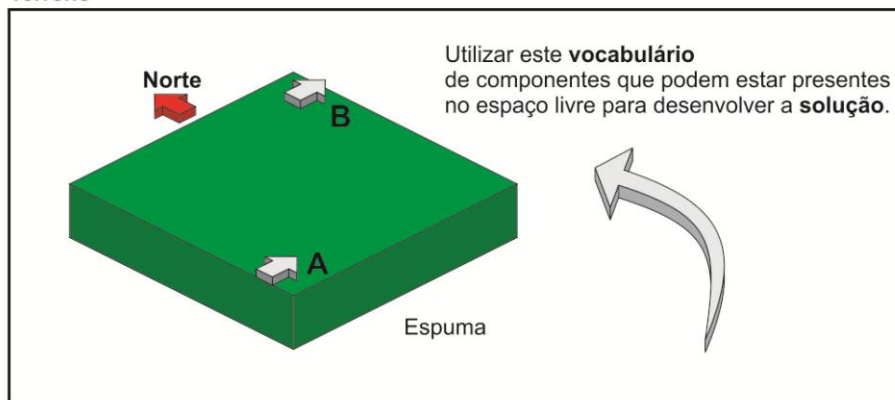
Tempo estimado: 50 minutos.

Parte 2:

Projetar novamente a área de lazer passivo com auxílio do caderno de referências fornecido.

Tempo estimado: 50 minutos.

Terreno



Vocabulário

	Árvore de copa globosa 10 peças		Árvore de copa horizontal 10 peças		Arbusto alto 30 peças		Escala humana 05 peças
	Palmeira 10 peças		Árvore de copa vertical 10 peças		Forração tipo 1 30 peças		Forração tipo 2 30 peças
	Arbusto baixo 30 peças		Arbusto médio 30 peças		Água Folha de Papel		Piso Paineis bancos Folha de Papel

Apêndice D – Caderno de referências

caderno de referências



Exemplo de forração 3



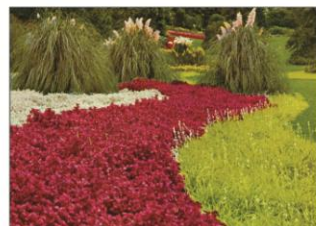
Exemplo de arbusto 2



Exemplo de arbusto 1



Parque do Flamengo
Rio de Janeiro, 1961



Exemplo de forração 1



Residência Francisco Pignatari,
São Paulo, 1956.
Fonte: Bardi (1964).



Exemplo de forração 2



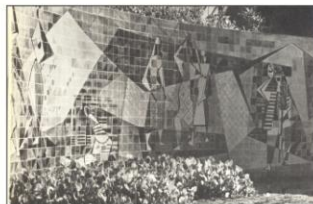
Residência Olivo Gomes
São José dos Campos, 1966



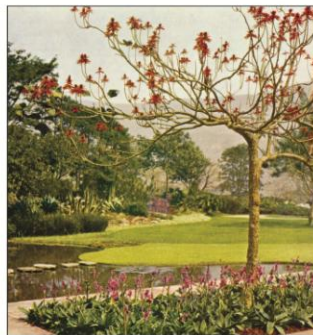
Exemplo de árvore 3



Residência Cândido Guinle de Paula Machado
Rio de Janeiro, 1966.



Residência Olavo Fontoura
São Paulo, 1952.



Jardim Baumann
Rio de Janeiro, 1953



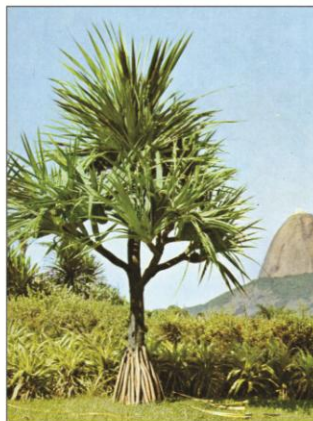
Praça Salgado Filho
Rio de Janeiro, 1938



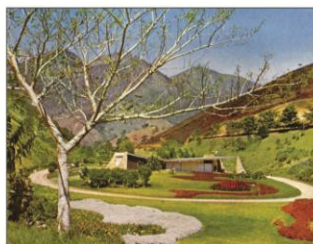
Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jaqueira
Recife, 1951



Residência Homero de Souza e Silva
Rio de Janeiro, 1960



Parque do Flamengo
Rio de Janeiro, 1961



Jardim Residência Cavanelas
Petropolis, 1954



Edifício Sede da Petrobras
Rio de Janeiro, 1961



Residência Odette Monteiro
Correas, 1948



Praça Salgado Filho
Rio de Janeiro, 1938.



Banco Nacional de Desenvolvimento
Rio de Janeiro, 1974 e 1985



Jardim da Residência de Raul de Souza
Martins, Petrópolis, 1961



Jardim da Residência Cavanelas
Petrópolis, 1954



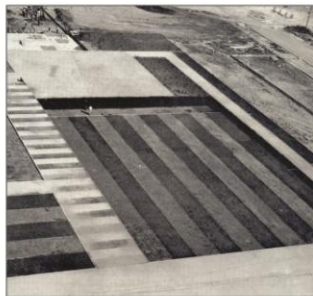
Jardim da Residência Cavanelas
Petrópolis, 1954



Museu de Arte Moderna
Rio de Janeiro, 1954



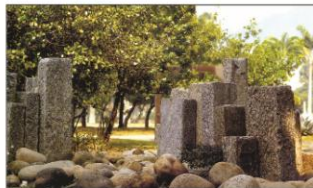
Residência Odette Monteiro
Correas, 1948



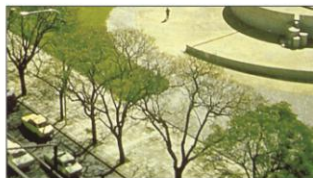
Jardim da Faculdade de
Arquitetura da Universidade
Federal do Rio de Janeiro



Residência Olavo Fontoura
São Paulo, 1952



Museu de Arte Moderna
Rio de Janeiro, 1954.



Praça Peru
Buenos Aires, 1972.



Edifício Manchete
Rio de Janeiro, 1969.



Residência Olivo Gomes
São José dos Campos, 1950



Museu de Arte Moderna
Rio de Janeiro, 1954.



Jardins residência Raul Souza Martins
Petropolis, 19xx.



Banco Safra
São Paulo, 1982.
Fonte: Motta (1985).



Residência Olivo Gomes
São José dos Campos, 1950 e 1966



Praça Visconde de Maua
Petrópolis, 1944.



Fazenda Marambáia
Petrópolis, 1948.



Igreja Nossa Senhora da Conceição da Jaqueira
Recife, 1972.



Residência David Guimarães
Rio de Janeiro, RJ, 1955.



Praça Salgado Filho,
Rio de Janeiro, 1938.
Fonte: Motta (1985).

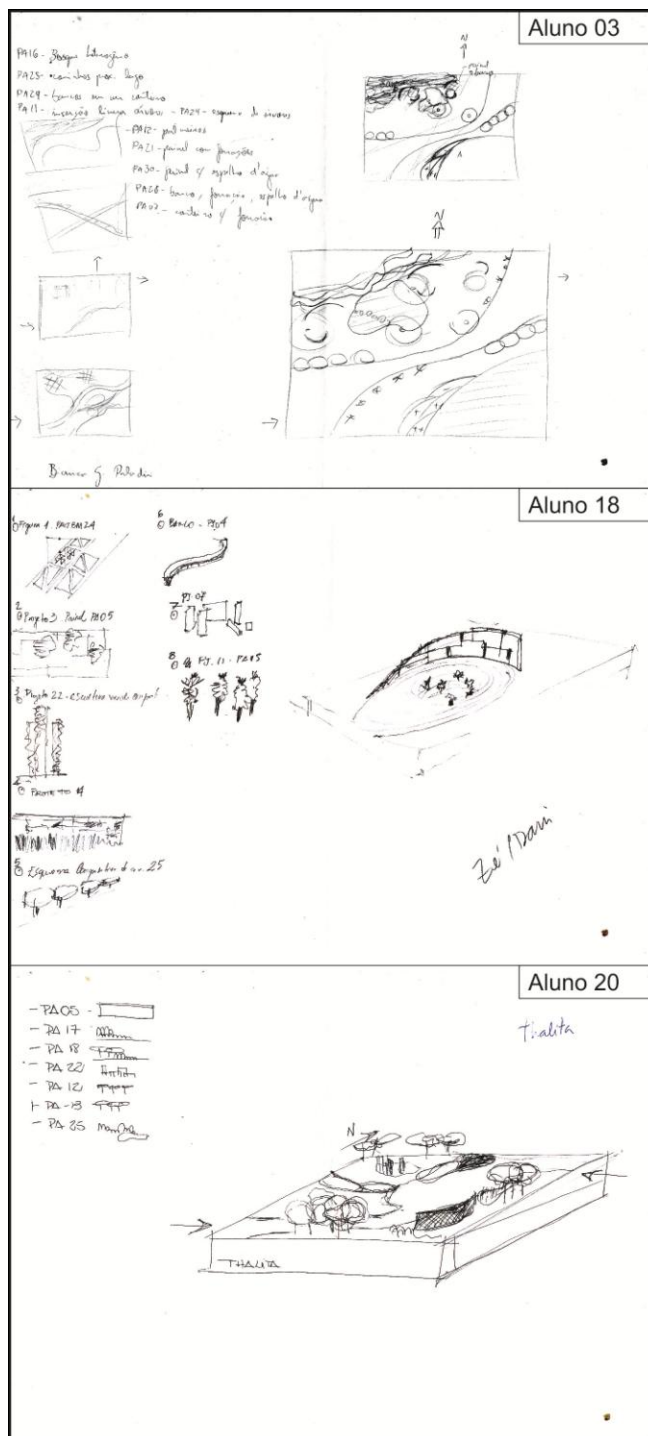


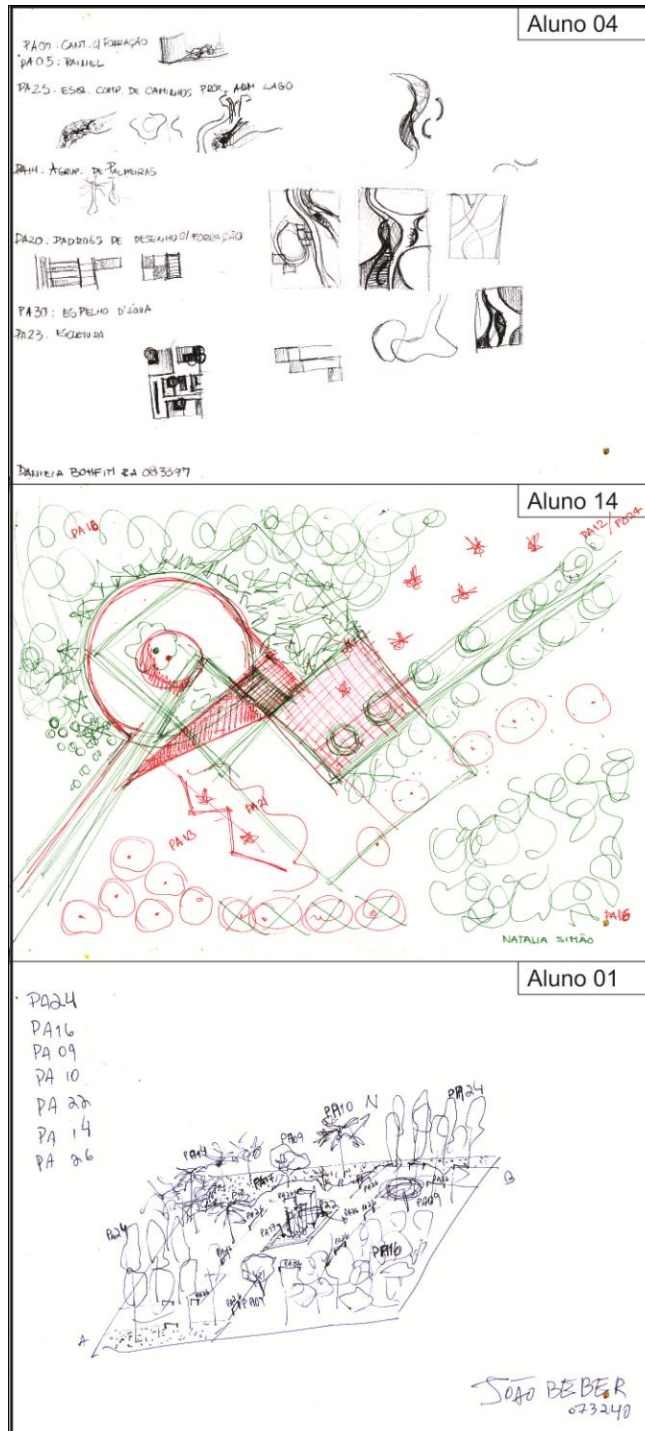
Residência Rubens Martins Teixeira
Petrópolis, 1950.



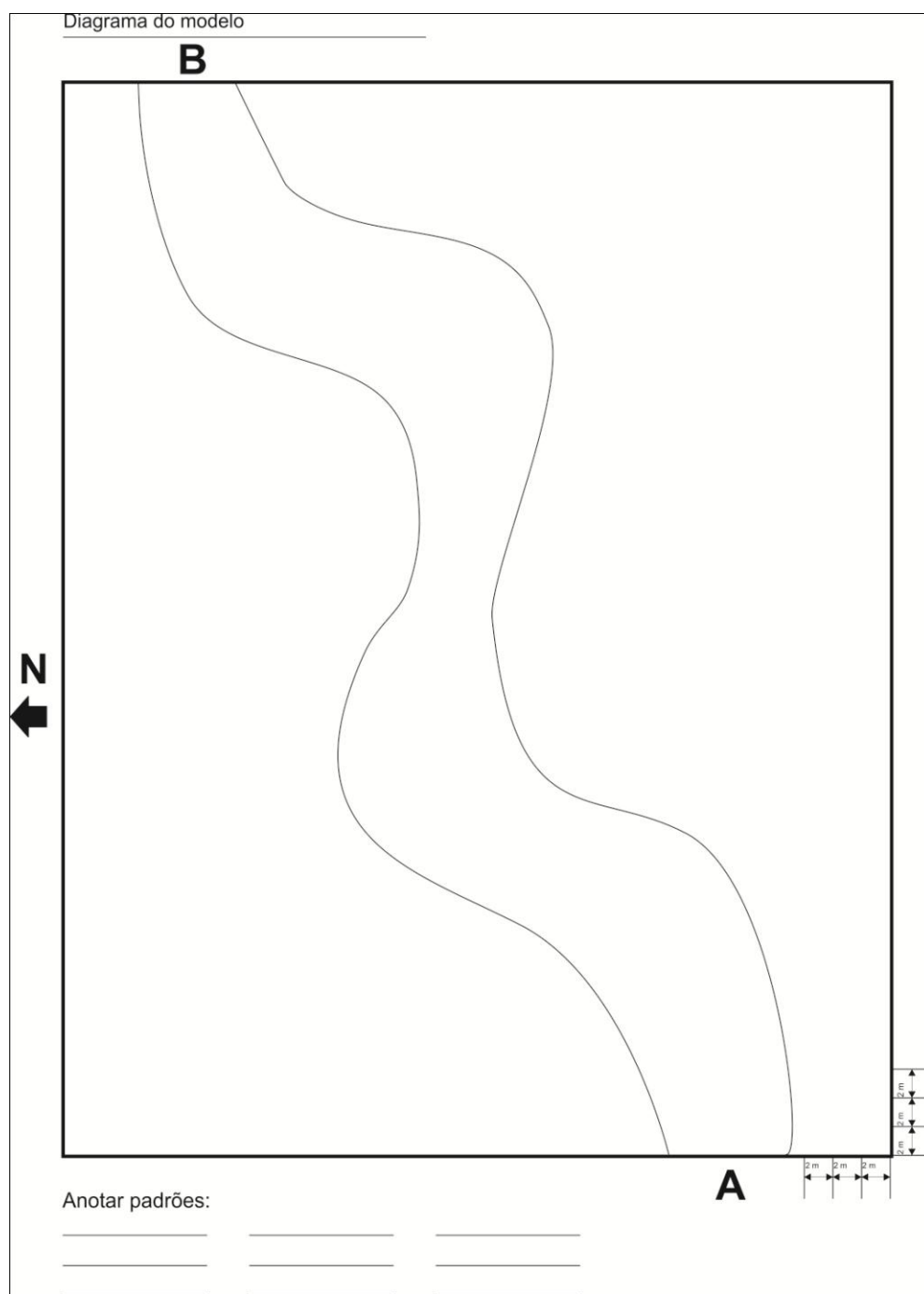
Centro Empresarial do Rio,
Rio de Janeiro, 1981.
Fonte: Montero (2001)

Apêndice E – Esquemas alunos etapa 3 do Workshop





Apêndice F – Planta do terreno para alunos desenvolverem diagrama e marcarem padrões



Apêndice G – Respostas das questões dissertativas do questionário

QUESTÃO 09

Nome	Você considera que um sistema com padrões on-line, sendo alimentado constantemente por novas referências e padrões pode ser uma boa ferramenta de projeto?
Não se identificou	Sem comentários
Não se identificou	Sem comentários
Não se identificou	Sem comentários
Não se identificou	Sem comentários
Giusepe	Manter-se atento às novas discussões e práticas do paisagismo é enriquecedor e necessário, independentemente do momento em que se encontra o profissional arquiteto e urbanista.
João Beber	Uma renovação de referencias, de forma organizada, sempre resulta em boa ferramenta de projeto, pois as referencias orientam muito e abrem um leque de possibilidades maior.
Não se identificou	Sem comentários
Mariana bertani baptista	Acredito que um banco de dados de referencias de projeto on-line é bastante útil pela facilidade de consulta a diversos temas/projetos/exemplos, oque torna o processo de projeto mais rápido, mais focado e consequentemente mais produtivo, além de ser um meio para a maior divulgação das referencias.
Diego Henrique Prestes	O banco de dados de referências projetuais oferece um repertorio maior de soluções, o que permite o maior embasamento dos conceitos do projeto.
Isadora	A separação por padrões colabora para a sistematização das referências, organização e criação de um olhar próprio sobre elas. Desta maneira, permite o pensamento no projeto em grupos de elementos concisos, conformando um projeto melhor estruturado.
Fernando	A existência de um banco de dados que trabalha com referências específicas de determinadas obras, sejam elas arquitetônicas ou paisagísticas, pode se tornar uma ferramenta fantástica de projeto. Seria algo semelhante aos componentes que podem ser baixados por determinados programas e facilitam muito o trabalho, mas nesse caso trabalhando com questões mais teóricas e de pesquisa.
Não se identificou	Sem comentários
Não se identificou	Acho que sim, pois, por meio de um sistema como este, é possível acessar facilmente muita informação de forma mais organizada e não é necessário ficar pesquisando aleatoriamente dados em livros, revistas, internet, etc.
Não se identificou	Eu acho que seria interessante, mesmo por que nunca vi algo assim antes. Não conheço um local para buscar referências de projeto deste tipo.

QUESTÃO 10

Nome	Descreva o que você achou do processo, seus pontos positivos e negativos (descreva em um parágrafo)?
Não se identificou	Acho que o uso das referências na segunda etapa limitou o processo criativo. Pode ter organizado algumas idéias, mas não existiam parâmetros para compreender o que era visto. Já a parte virtual era de excelente material, mas a ferramenta do Rhinoceros levava certo tempo, porque necessitava um projeto prévio ao invés de ir direto ao programa.
Não se identificou	Pontos positivos: Manuseio físico dos elementos básicos do paisagismo, principalmente vegetais, os quais foram muito bem definidos e especificados; fixação dos conceitos e possibilidade de aplicação sistemática. Pontos negativos: ausência da cor na prática do

	exercício, ferramenta também muito importante no paisagismo; e falha na gestão do tempo, pois quanto mais informação era agregada às etapas, maior deveria ser o tempo dedicado para a execução dos trabalhos, de modo que a riqueza de informações agregada se perdia pela pressa e atropelamento de idéias, muitas vezes abortadas.
Não se identificou	O processo foi um interessante exercício de projeto ao pensar um espaço usando variáveis técnicas e referências. O programa de referências se mostrou útil em mostrar idéias de como aplicar um conceito só tornando-se pouco falho em ser muito confuso para encontrar o conceito desejado
Não se identificou	O uso de referências projetuais facilita bastante na elaboração e aprofundamento de um projeto. O navegador para acesso a essas referências e outros padrões certamente facilita e acelera a pesquisa, embora a interface não seja muito clara. Em relação ao uso padronizado de uma linguagem em modelos físicos, facilitou bastante o entendimento de noções paisagísticas, pela facilidade com que pudemos observar o andamento de nossos próprios trabalhos e de nossos colegas.
Giusepe	O processo de experimentação do projeto no espaço, seja digital ou físico, consiste em um eficiente método para o estudo de espacialidades criadas durante o desenvolvimento de ideias. Consiste em um processo de projeto, não somente experimentação.
João Beber	Achei muito interessante trabalhar a partir de um mesmo programa de necessidades, porque gerou resultados muito diferentes, conforme o foco de cada etapa.
Não se identificou	O trabalho de construção paisagística feita com o auxílio de modelos físicos, elementos pré definidos e referências é muito interessante pelas possíveis abordagens que podem ser tomadas. Ao receber o mesmo material que os colegas, vemos que podem existir diversas soluções possíveis. Aprendemos muito com as diversas abordagens ao mesmo tema.
Mariana bertani baptista	numa visão geral achei o processo muito interessante, porque permitiu que eu tivesse uma percepção clara do processo de projeto 'sem' e 'com' referências projetuais. Como participante achei que o ponto positivo foi projetar a maquete física através da base de dados eletrônica, porque a consulta foi extremamente rápida e clara, e o resultado da maquete física foi bastante agradável. O ponto negativo talvez tenha sido desenvolver a maquete virtual em trio, acabei por não me identificar tanto com o projeto, como ocorreu nas fases anteriores.
Diego Henrique Prestes	Sem comentários
Isadora	O processo foi interessante do ponto de vista de como utilizar referências projetuais de maneira mais eficiente, entretanto, pareceu um pouco extenso a realização de quatro atividades. A meu ver houve uma grande diferença na concepção das duas praças na primeira etapa (sem e com o uso de referências), mas entre esta última e a terceira praça (com o uso do sistema online) não observei um avanço tão significativo. Talvez por causa do pouco tempo que tivemos para absorver a nova idéia, já que na quarta praça (rhino) estes conceitos sistematizados já estavam mais sedimentados, e fizemos uso deles com maior liberdade.
Fernando	No caso do modelo físico, a já existência de elementos compositivos e a possibilidade de manuseamento tornava a experiência interessante e até divertida, gerando composições livres. Com o uso do Rhinoceros aliado ao Grasshopper a experiência não foi tão modificada, já que todos os elementos estavam lá, entretanto a automatização de alguns processos tornava os modelos mais fiéis as referências, ao mesmo tempo que retirava um pouco da liberdade na composição.
Não se identificou	Acredito que não se pode escolher entre a produção em modelo físico e modelo virtual, a união das duas linguagens faz parte de um processo de conceituação formal. Lidar com os dois meios de projeto torna o produto final muito mais consistente.
Não se identificou	Eu achei um processo muito interessante. No entanto, acredito que devia ter tido mais tempo para trabalhar com o Grasshopper. É muito interessante.
Não se identificou	Um processo muito legal. Apesar de aparentemente ser difícil usar o navegador, não tive nenhuma dificuldade. Em relação ao Grasshopper, como na realidade não tive de criar nenhuma das ferramentas, foi fácil trabalhar com ele. Gostei muito de trabalhar com maquetes tanto físicas como virtuais.

