

CARLOS EDUARDO VERZOLA VAZ E MARIA GABRIELA CAFFARENA CELANI

Um método de ensino de projeto baseado em precedentes: sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística

Developing knowledge based design education method: using generative systems and ontology to teach landscape design

Um método de ensino de projeto baseado em precedentes: sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística

Developing knowledge based design education method: using generative systems and ontology to teach landscape design

Carlos Eduardo Verzola Vaz possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2003) e mestrado e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Pernambuco, no departamento de Expressão Gráfica. cevv00@gmail.com

Maria Gabriela Caffarena Celani possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2003) e mestrado e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente é professor adjunto da Universidade Federal de Pernambuco, no departamento de Expressão Gráfica. celani@fec.unicamp.br

Carlos Eduardo Verzola Vaz was graduated in Architecture and Urbanism at the University of São Paulo (2003) and received his Master's Degree and PhD in Civil Engineering from the State University of Campinas (UNICAMP). He is currently an Associate Professor at the Federal University of Pernambuco, in the Graphic Expression Department. cevv00@gmail.com

Maria Gabriela Caffarena Celani was graduated in Architecture and received her Master's Degree from the School of Architecture and Urbanism of the University of São Paulo (FAU-USP), PhD from the Massachusetts Institute of Technology (MIT), associate professor qualification from the State University of Campinas (UNICAMP) and post-doctoral studies at the Technical University of Lisbon. She is a researcher and professor for the Architecture and Urbanism course at UNICAMP, where she created and coordinates the Laboratory of Automation and Prototyping for Architecture and Construction (LAPAC) and the Contemporary Theories and Technologies Applied to Design research group. celani@fec.unicamp.br

RESUMO

O objetivo deste artigo é propor uma base de dados com soluções de projeto paisagístico que colabore para que estudantes aprendam conceitos básicos de projeto auxiliando-os a aplicar este novo conhecimento utilizando como referência soluções desenvolvidas por arquitetos experientes. O sistema é baseado em uma ontologia que contém conceitos e instâncias de projeto. A informação necessária para a compreensão do conceito é representada por meio de regras esquemáticas de uma gramática da forma e cada um destes conceitos é relacionado com uma ou mais instâncias de projeto. A primeira etapa para o desenvolvimento deste sistema envolveu a elaboração de uma taxonomia para a ontologia. Esta taxonomia se baseia na estrutura da linguagem de padrões de Christopher Alexander e na estrutura hierárquica de diferentes livros e manuais de arquitetura paisagística. Um protótipo do sistema foi desenvolvido, com exemplos de boa conduta de projeto extraídos do trabalho do paisagista brasileiro Roberto Burle Marx. Além do sistema para pesquisar conceitos de projeto e precedentes, também foi elaborado um módulo interativo implementado em uma ferramenta de design paramétrico. Este módulo permite que os alunos gerem soluções em um modelo digital, inserindo automaticamente diferentes componentes paramétricos, tais como grupos de árvores, arbustos, esculturas, etc. A eficácia do sistema foi verificada em um *workshop* realizado com estudantes de graduação. Os testes permitiram verificar que o uso do sistema pode colaborar com o processo de ensino sem intervir na qualidade da solução de projeto dos alunos. Em um futuro próximo, está prevista a implementação de uma versão on-line na qual os alunos poderão inserir novos conceitos e precedentes, expandindo assim o sistema.

Palavras-chave: Ontologia. Roberto Burle Marx. Arquitetura paisagística. Linguagem de padrões.

Abstract

The objective of this paper is to propose a database for landscape design solutions to help students learn basic design concepts and assist them in applying this new knowledge by using solutions developed by experienced architects as references. The system is based on an ontology that contains design concepts and instances. The necessary information for understanding a concept is represented by means of schematic rules from a shape grammar, and each concept is connected to one or more design instances (solutions). The first step for developing this system consisted of setting up the taxonomy for the ontology. This taxonomy was based on the structure of Christopher Alexander's pattern language and the hierarchical structure of different landscape books and manuals. A prototype of the system was developed, with examples of good design practices taken from the work of Brazilian landscape architect Roberto Burle Marx. In addition to the structure for researching design concepts and precedents, an interactive module was also created, implemented in a parametric design tool. This module enables students to generate solutions in a digital model and automatically insert different parametric components, such as groups of trees, bushes and sculptures, etc. The effectiveness of the system was verified in a workshop held with undergraduate students. The tests helped confirm that the use of the system can assist in the teaching process, without infringing upon the quality of the students' design solutions. In the near future, the plan is to implement an online version where students will be able to insert new concepts and precedents, thus expanding the system.

Keywords: Ontology. Roberto Burle Marx. Landscape architecture. Pattern language.

Introdução

Segundo Sweller (1994, p. 295-296), quando uma habilidade intelectual é recentemente adquirida, ela só pode ser utilizada por meio de um esforço cognitivo considerável. Com o tempo e prática, sua aplicação torna-se automática sendo exigido menos esforço mental para operá-la. Enquanto isto não ocorre, a performance para a realização de uma tarefa é lenta e propensa ao erro. Apesar da dificuldade causada pela situação de se estar estudando um novo assunto, nem sempre encontramos um método adequado de aprendizado que contribua para o aumento da eficiência no ensino.

Por exemplo, de acordo com Akin (2002, p. 407-409), o método de instrução nos cursos de projeto pode causar dificuldades motivacionais e insuficiência no processo de 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, p. 27), 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. A ideia de esquemas tem como origem os estudos de Bartlett (1958, p. 168) sobre o pensamento humano e a memória, no qual este desenvolveu a noção de imagem internalizada. De acordo com o autor, um esquema representa uma organização ativa de experiências passadas, a qual pode ser utilizada para estruturar e interpretar eventos futuros. O arquiteto experiente, diferentemente dos alunos, já apresenta uma série de esquemas, formulados a partir de práticas passadas, capazes de colaborar na geração de inúmeras soluções. Por sua inexperiência, os alunos têm grande dificuldade em estabelecer esquemas organizados, pois não têm o conhecimento de um profissional qualificado.

Como resultado, muitas vezes o estudante 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, estes 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.

As referências são soluções elaboradas por especialistas – arquitetos experientes – utilizadas para exemplificar o que seria uma boa conduta de projeto. Apesar desta forma de ensino muitas vezes funcionar de modo satisfatório, o aluno acaba por aprender a partir de um resultado, não tendo assim acesso às informações que envolvem o processo de desenvolvimento da solução. Como consequência, estes sentem dificuldade em aplicar os princípios de forma adequada, necessitando de um guia que os ajude a processar as informações. Os professores dificilmente têm a capacidade de atender a todas as dúvidas em sala de aula e isso acaba permitindo erros de projeto básicos, que são geralmente identificados em fases mais avançadas do trabalho.

Este artigo apresenta os resultados obtidos em uma pesquisa que propõe um sistema implementado em computador que visa dar apoio aos alunos durante o processo de tomada de decisão para solucionar problemas de projeto. O modelo desenvolvido relaciona os conceitos, esquemas e precedentes de projeto por meio de uma ontologia (GENESERETH & NILSSON, 1987). Como veremos adiante, os conceitos presentes na ontologia são representados pelo vocabulário existente no universo de discurso do projetista. Os esquemas são definidos pela aplicação deste vocabulário, por meio de regras de uma gramática da forma (STINY, 1972) e os precedentes ilustram instâncias destes esquemas. A hipótese deste trabalho é que o uso de um sistema baseado em conceitos, esquemas e precedentes de projeto pode colaborar no aumento da eficiência do ensino sem que haja a redução da qualidade do trabalho ou o cerceamento da criatividade do aluno.

O artigo aborda duas importantes etapas do processo de investigação. A primeira consiste no desenvolvimento de um modelo que relaciona adequadamente conceitos, esquemas e referências de projeto e a segunda trata da validação da hipótese da pesquisa. Nas seções que tratam do desenvolvimento do modelo, serão abordados assuntos como a linguagem de padrões de Christopher Alexander (ALEXANDER, 1977), carga cognitiva (SWEELER, 1994) e a gramática da forma (STINY, 1972). As seções relacionadas à validação da hipótese tratam dos métodos e materiais empregados durante um dos exercícios em que os alunos desenvolveram soluções de projeto paisagístico com o auxílio do sistema, por meio da elaboração de um modelo digital em um sistema de modelagem paramétrica visual. Sendo assim, todas as etapas do processo de elaboração da solução ocorreram em ambiente computacional.

No protótipo desenvolvido nesta pesquisa, o sistema está preenchido com conceitos existentes no universo de discurso de um paisagista. Já os esquemas e precedentes foram extraídos da obra do paisagista Roberto Burle Marx. Este projetista foi escolhido pois pode ser considerado um especialista na área de projetos de espaços livres. 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 de seus projetos, sendo que suas criações

podem ser consideradas referências da arquitetura paisagística mundial. Sendo assim, sua obra contém uma parcela expressiva dos conceitos e esquemas pertencentes ao universo do discurso da arquitetura paisagística aplicados em soluções que podem ser consideradas importantes referências de projeto.

Modelo do sistema – como organizar o conhecimento?

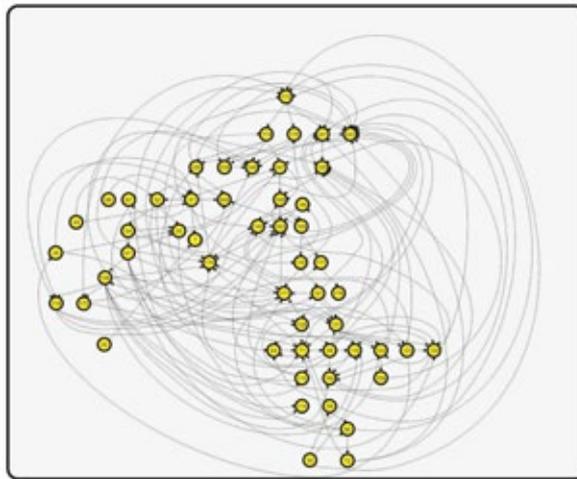
Em 1637, Descartes publicou o famoso tratado intitulado Discurso do Método. Nesse texto, o autor propunha um método de raciocínio para a resolução de problemas de modo a se encontrar a verdade científica dividido em quatro preceitos:

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).

Descartes sugere 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. A partir desta abordagem, originou-se uma estratégia de desenvolvimento de algoritmos existente na área da ciência da computação, chamada '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). Este mesmo tipo de estrutura pode ser identificado na linguagem de padrões de Christopher Alexander.

A linguagem de padrões é formada por uma série de unidades de informação chamadas de padrões. Cada padrão contém o corpo de conhecimento necessário para solucionar um problema específico de projeto, ou seja, um pequeno esquema para a resolução de problemas descrito de forma verbal, associado a diagramas e imagens ilustrativas. Os padrões sempre apresentam a mesma formatação, ou seja, as informações são estruturadas da mesma maneira em todos eles. No livro *A Pattern language*, estão reunidos 253 padrões organizados em ordem numérica crescente. Os que apresentam numeração menor tratam

de problemas de projeto em uma escala maior, como a cidade. Quanto maior o número do padrão este trata de questões menores que envolvem, por exemplo, a escala do edifício ou jardim. Cada um deles é conectado a outros padrões formando uma complexa rede. À primeira vista, o que importa na linguagem de Alexander é esta estrutura de conexão direta entre padrões, representada na figura 1.



Contudo, os padrões também estão organizados segundo uma hierarquia de classes que contribui para que o leitor encontre rapidamente a unidade que deseja utilizar. O padrão Acesso à Água¹ (número 25), por exemplo, pertence à superclasse Caráter de um ambiente local². Esta, por sua vez, é subclasse de Cidade³, que pertence a superclasse *Pattern language*. Veja o esquema [A] apresentado na figura 2.

Esta estrutura de organização desenvolvida por Alexander é adequada para modelar, como será vista a parte do sistema que se relaciona com a organização dos conceitos e esquemas de projetos. No entanto, na linguagem de padrões de Alexander não é dada tanta relevância para as instâncias que os padrões podem gerar, ou seja, as soluções ou precedentes. Em seu sistema, as referências, ilustradas por meio de imagens, representam um único padrão. Entretanto, uma imagem de um edifício ou espaço livre pode representar mais de um, pois o arquiteto, ao projetar, reúne uma série de padrões (ou esquemas) e os aplica simultaneamente para desenvolver uma solução. Para poder relacionar as referências de projeto externamente aos padrões foi necessário buscar alternativas que possibilitassem a complementação da taxonomia do sistema.

1. *Access to Water*

2. *Character of a local environment*

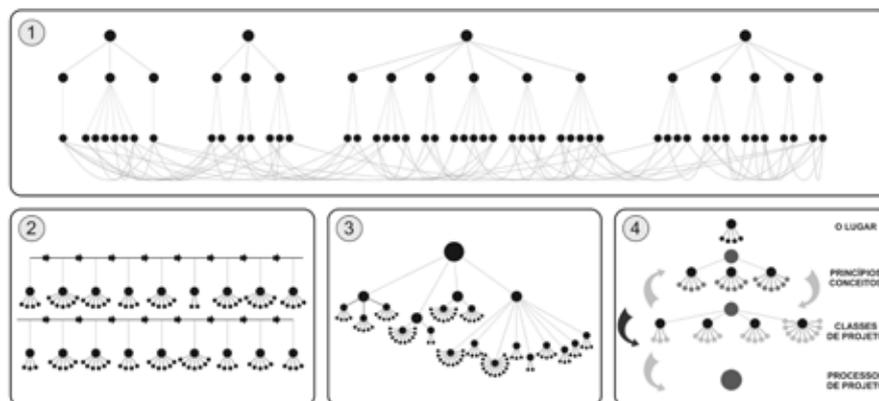
3. *Towns*

Um dos métodos utilizados para se obter o modelo final foi alcançado por meio do estudo das estruturas organizacionais de diferentes manuais de arquitetura paisagística.

Os manuais são um tipo de livro que tem a 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. Cada uma destas unidades apresenta os dados necessários para resolver um ou diversos problemas de projeto. Em alguns casos, os manuais contêm exemplos de soluções desenvolvidas por um projetista para ilustrar os conceitos e esquemas 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, contudo não apresentam o mesmo grau de formalização em sua estrutura e nem em seu conteúdo.

Nesta etapa do trabalho, foram selecionados mais três livros, além do manual com os padrões de Alexander. A partir deles, foram elaborados diagramas que mostram como a sua informação foi estruturada. A figura 2 ilustra as diferentes formas de organização elaboradas pelos seus autores.

FIGURA 2
Esquemas elaborados a partir de livros de paisagismo
Fonte: elaboração própria



O esquema 1 na figura 2 foi construído a partir do livro *A pattern language*, de Alexander (1977). Nele, é possível notar a organização dos padrões como foi explicitado no item anterior. 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, contudo não há a padronização das informações para solucionar um problema. A distribuição dos capítulos segundo temas como circulação, construção de espaços ou a água no jardim representa uma compartimentação 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. Neste caso, não se trata de um manual com diferentes conceitos de projeto, mas de uma coletânea de jardins (instâncias) que tenta 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. Nesse livro, as informações sobre os conceitos de projeto, empregados em diferentes momentos da história, são extraídas a partir da análise das instâncias. Estes princípios colaboram para classificar cada um dos jardins como sendo pertencente a um período.

A quarta e última estrutura foi elaborada a partir da organização do conteúdo existente em *The poetics of Garden* (MOORE, MITCHELL & TURNBULL, 1990). Nele, é atribuída a mesma importância tanto para as instâncias como para os conceitos e esquemas de projeto. O primeiro capítulo mostra a necessidade da compreensão do *Genius Loci* para se iniciar o processo de equação das variáveis de um problema de projeto. Nesta etapa de análise, o projetista organiza as informações que darão a fundamentação necessária para o desenvolvimento de uma ideia.

O segundo capítulo abriga os principais conceitos e componentes que um jardim deve apresentar, isto é, o conhecimento que deverá ser aplicado sobre as variáveis equacionadas na etapa precedente. Este conteúdo está dividido em itens que servem para classificar os diferentes conceitos de projeto. A informação é apresentada em formato de texto e com imagens, ilustrações 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. Estas são descritas de forma clara e objetiva, sendo que há uma nítida relação com os princípios ensinados no capítulo anterior. Sendo assim, existe uma forma organizada de relacionar instâncias e conceitos.

O último capítulo do livro apresenta cinco diálogos diferentes entre os projetistas responsáveis pela elaboração dos jardins descritos. Em cada diálogo, há uma discussão que ilustra o processo de busca de solução para problemas de projeto que um paisagista enfrentaria atualmente. Isto ilustra como os conceitos de projeto, mesmo de jardins antigos, podem ser utilizados para solucionar problemas do presente.

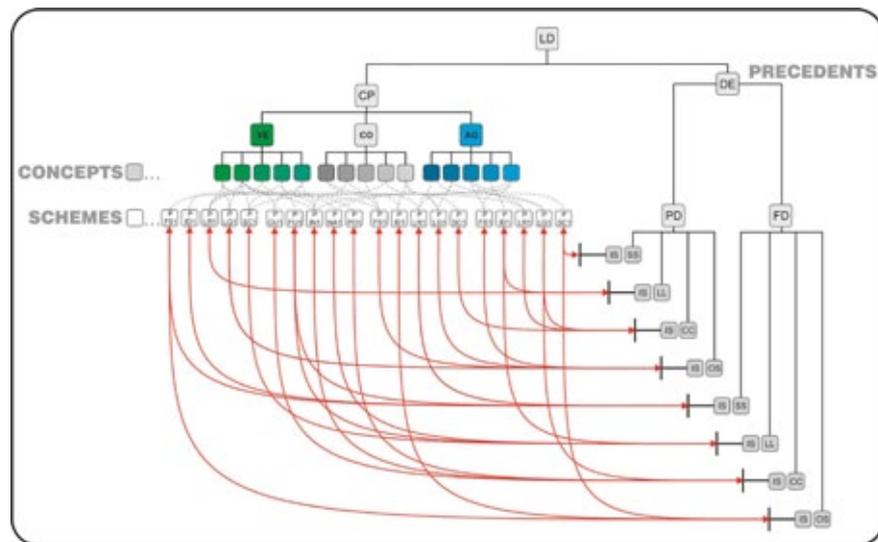
A partir das estruturas descritas acima, foi elaborado um modelo do sistema. Este contém características da organização presente na linguagem de padrões de Alexander e na obra *The poetics of Garden*. Do lado esquerdo do diagrama da figura 3, na superclasse CP (conceitos de projeto), estão organizados os conceitos em três subclasses diferentes (VERDE, CONSTRUÇÃO e ÁGUA). Os esquemas

são formados pela união de um ou mais conceitos e se relacionam entre si formando assim uma rede de conexões semelhante à da linguagem de padrões de Alexander. À direita da imagem, em PR (Projetos), existem duas subclasses que são PP (projetos do passado) e PF (projetos do futuro). Cada uma delas apresenta quatro subclasses que são CE (Cenários), PE (Peregrinação), CO (Colecção) e SI (Simetrias). Nelas, são armazenados os projetos do passado e do futuro. Estas classes também apresentam conexões que as relacionam com os esquemas de projetos organizados do outro lado do diagrama. A partir deste sistema, os alunos podem empregar estes conceitos e comparar as suas soluções – projetos do presente – com as desenvolvidas pelo projetista brasileiro. No modelo do sistema, é possível notar que a relação entre um precedente pode se dar com mais de um esquema, pois em uma imagem de projeto é possível identificar esquemas com diferentes graus de complexidade.

FIGURA 3

Modelo de hierarquia de classes do sistema

Fonte: autores



Representação da informação – vocabulário como conceitos, conceitos e regras que formam esquemas

Em 1956, George Miller desenvolveu estudos que mostravam que o sistema cognitivo humano apenas consegue processar 7 ± 2 dígitos simultaneamente. Caso estes elementos sejam excedidos, o raciocínio e o aprendizado ficam prejudicados. A partir dos trabalhos de Miller (1956), foram realizadas, por mais de 25 anos, pesquisas que resultaram em princípios que hoje formam a base da teoria da carga cognitiva. Algumas atividades cognitivas, segundo Clark, Nguyen & Sweller (2006), apresentam carga menor, como ‘aprender o vocabulário de uma

língua'. Por outro lado, 'criar sentenças com estas palavras' apresenta uma carga cognitiva maior. Um ambiente de aprendizagem apropriado, de acordo com os princípios da Teoria da Carga Cognitiva, minimiza recursos mentais desnecessários possibilitando a maximização do aprendizado.

Como foi visto acima, os padrões na linguagem de Alexander (1977) apresentam uma mesma formatação. Contudo, mesmo com todos os padrões contendo os mesmos elementos, sua utilização é complicada, pois cada um deles apresenta grande quantidade de informação, representando assim esquemas de projeto complexos. Além disso, quando um projetista busca empregar a linguagem de Alexander, não trabalha apenas com um, mas com inúmeros padrões. Sendo assim, usar um sistema com tal complexidade em sala de aula torna-se inviável. A maneira encontrada para contornar este problema foi trabalhar com esquemas menos complexos, representados por regras e derivações de uma gramática da forma. A utilização de regras esquemáticas de gramáticas da forma (STINY, 1972) possibilita a leitura e compreensão mais rápidas da informação necessária não sobrecarregando o aluno. Por meio destes esquemas mais simples, os alunos podem solucionar um problema complexo e depois adicionar gradativamente mais conteúdo, formando assim novos esquemas mais sofisticados.

Como o objetivo deste trabalho era implementar um protótipo que colaborasse para o desenvolvimento de um projeto paisagístico, foram apenas inseridos conceitos relacionados a esta área do conhecimento. Estes foram "traduzidos" para um vocabulário de uma gramática da forma e agrupados nas três classes que fazem parte do modelo da figura 4. A primeira, como foi explicado, é chamada de **VERDE** e inclui termos como árvore, palmeira, arbusto etc. A segunda é denominada **CONSTRUÇÃO**, dela fazem parte colunatas, pergolado, coberturas etc. A terceira classe chama-se **ÁGUA**, nela estão presentes conceitos como lago, cascata, fonte, espelho d'água etc. A distribuição dos conceitos segundo estas classes permite a sua adequada organização e possibilita que estes possam ser encontrados no sistema. Contudo, se esses conceitos forem acessados sem que haja uma regra que indique como podem ser utilizados, eles não tem muita função. São como palavras de um vocabulário que, quando estão isoladas, apenas apresentam seu significado intrínseco, estando fora de um contexto. Portanto, é necessário que haja regras que possibilitem o adequado uso de um conceito. Basicamente foram consideradas três no protótipo: pontual, ao longo de uma linha e em uma área. Estas formas de inserção, como lembram Moore, Mitchell e Turnbull (1990), podem ser identificadas, por exemplo, nas paisagens inglesas de Capability Brown. Segundo os autores, as paisagens elaboradas por este projetista inglês eram formadas por pouquíssimos elementos – campos ondulantes, árvores isoladas (**PONTUAL**), grupos (**EM UMA ÁREA**) e fileiras de árvores (**AO LONGO DE UMA LINHA**), água, vaquinhos e o céu inglês. A partir destas três formas de inserção, foram elaboradas regras capazes de instanciar os conceitos em esquemas. Abaixo estão listados alguns exemplos:

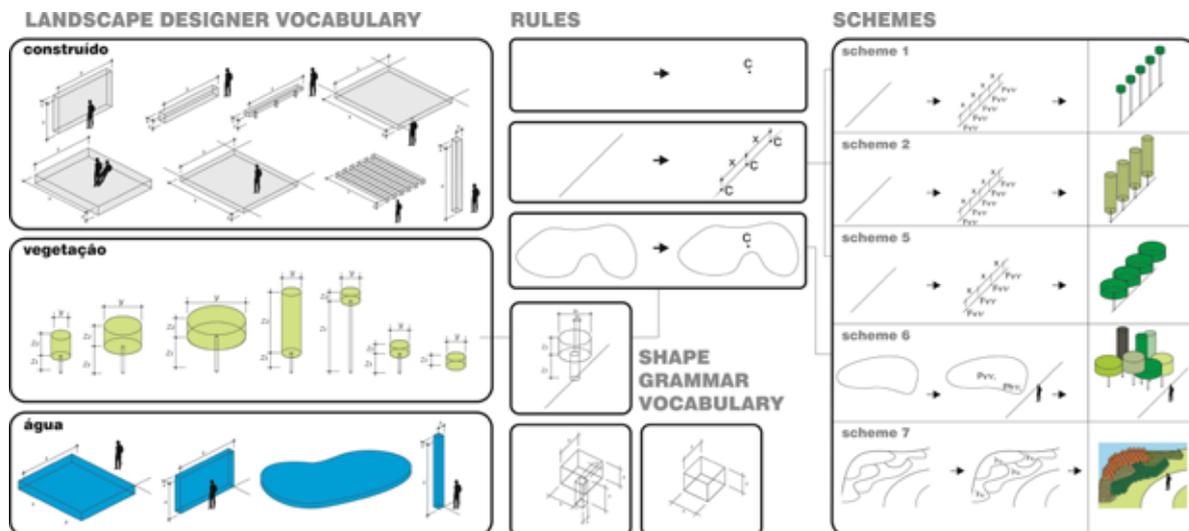


FIGURA 4

Modelo de hierarquia de classes do sistema

Fonte: autores

- Uma árvore ou palmeira isolada em um canteiro;
- A inserção linear de componentes, que pode representar uma série de palmeiras plantadas ao longo de um caminho;
- A inserção de componentes em uma área, que pode formar, por exemplo, um bosque com uma ou mais espécies de árvores.

Estes são esquemas simples que podem ser encontrados na obra de boa parte dos arquitetos paisagistas. Além deles, o sistema também abriga esquemas que são recorrentemente encontrados na obra de Burle Marx. Os exemplos destas situações, como foi explicitado, também podem ser identificados no outro ramo do modelo apresentado, em que estão organizados os precedentes de projeto (instâncias dos esquemas). Cada esquema apresenta uma série de propriedades que possibilita ao usuário utilizá-lo de forma correta. Por exemplo, o esquema 'palmeiras ao longo de uma linha' tem como propriedades a criação de um plano vertical translúcido e a capacidade de demarcar um caminho ou direção. Se o projetista utilizá-lo para criar sombras ao longo de um caminho estará cometendo um erro. Neste caso, é mais apropriado utilizar o esquema que insere árvores de copa horizontal ao longo de uma linha.

Um protótipo do sistema foi implementado no aplicativo capaz de criar gráficos de nós interativos chamado *Touchgraph Navigator*. Esse programa oferece diversos recursos de visualização que o tornam adequado para representar a estrutura hierárquica dos conceitos, esquemas 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. Além destas relações, também é possível associar atributos a cada um deles, de modo a mostrar informações adicionais quando eles são selecionados pelo usuário.

Teste do sistema

O sistema foi testado por meio de um *workshop* em que foi realizado um exercício 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. O teste foi praticado durante as primeiras aulas da disciplina AU118 (Teoria e Projeto VIII: Complexidade). Esta turma foi selecionada para o experimento porque os alunos do quarto ano do curso já haviam cumprido as disciplinas de arquitetura paisagística.

O trabalho baseou-se 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, os alunos devem buscar gravetos, pedaços de madeira, isopor, papel, enfim, todo e qualquer tipo de material que contribua para o desenvolvimento do exercício. O experimento que foi proposto para avaliar o sistema apresenta objetivo semelhante ao exercício da caixa de areia. Contudo, neste caso, os alunos não elaboraram modelos físicos para assim obter uma solução para o problema proposto. As ferramentas utilizadas para a realização dos testes envolviam o uso de modelos digitais.

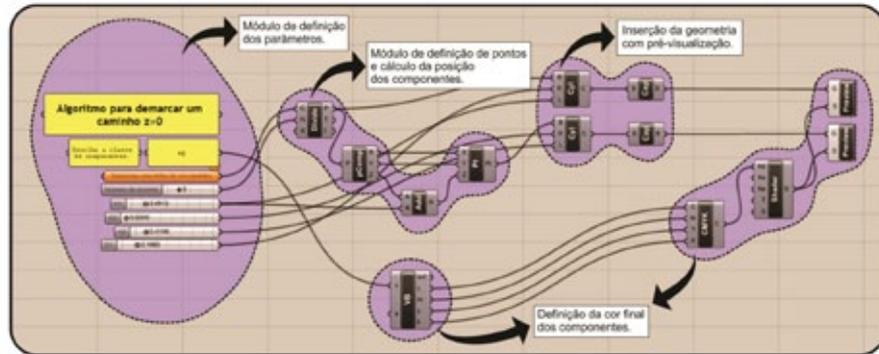
As mesmas regras utilizadas para representar os padrões foram implementadas em um *plug-in* de modelagem paramétrica do Rhinoceros, chamado Grasshopper. Para cada uma delas, foi elaborada uma **definição**⁴ que possibilita reproduzir os mesmos esquemas identificados na obra de Burle Marx, assim como inúmeros outros. A figura 5 mostra a estrutura básica dos diagramas gerados para todas as definições 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 de inserção** pontual, ao longo de uma linha ou em uma área. Após esse módulo, são inseridas as geometrias, o que equivaleria ao vocabulário 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) sendo que esse bloco define uma cor para a geometria inserida.

4. Nome dado ao arquivo do Grasshopper.

FIGURA 5

Exemplo de uma das definições elaboradas na pesquisa.

Fonte: autores



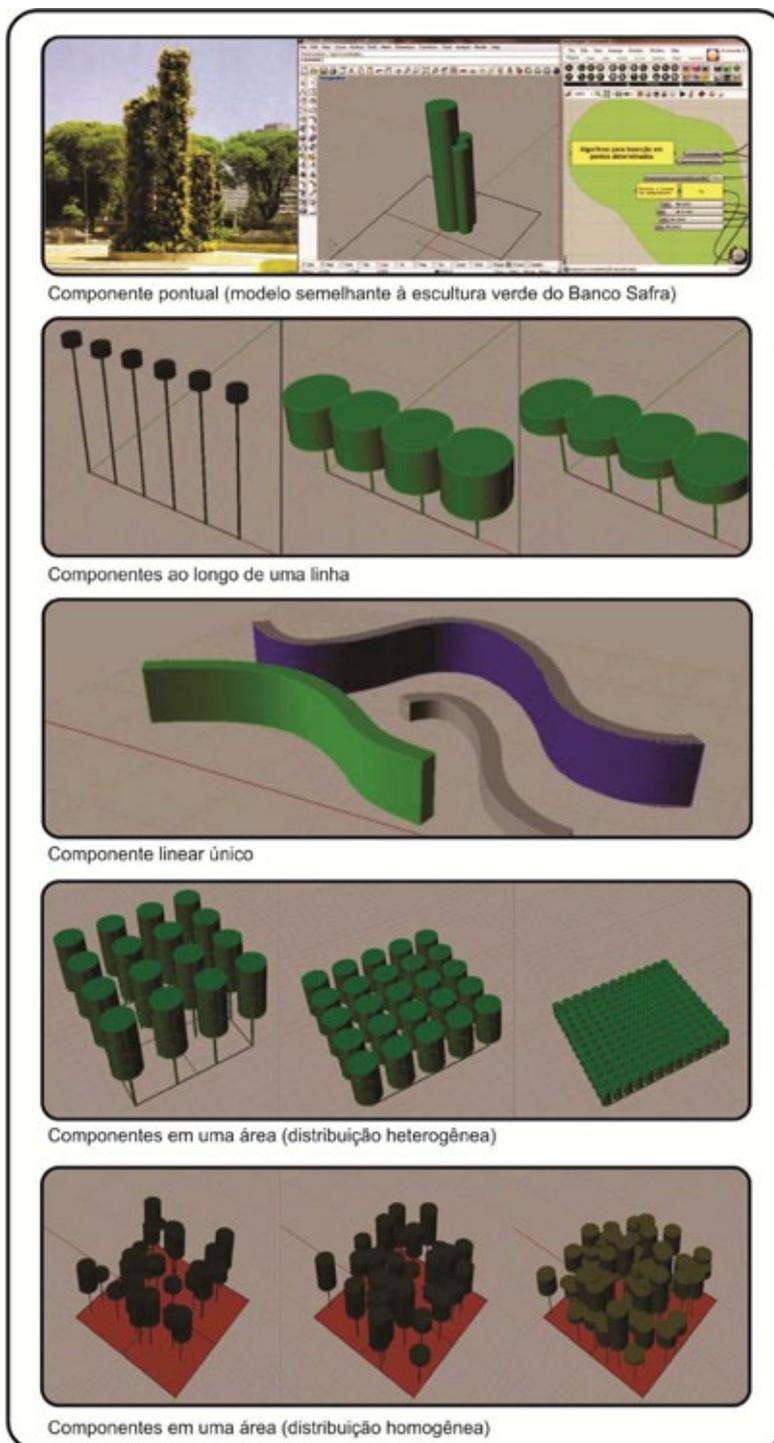
Foram elaboradas ao todo cinco definições diferentes [6], uma para inserção em pontos, duas para inserção ao longo de uma linha e outras duas para inserção dos componentes em uma área. No caso de inserção ao longo de uma linha, foi criada uma variação que não distribui os componentes pontualmente, mas como uma barreira, como, por exemplo, um muro construído ou verde (de modo contínuo). Para o caso da inserção em áreas, também foram programadas duas definições. Uma delas tem como objetivo introduzir, no modelo digital, componentes igualmente espaçados e com as mesmas dimensões. A outra insere componentes de diferentes tamanhos e heterogeneamente distribuídos. Esses dois últimos algoritmos são utilizados, principalmente, para formar áreas com vegetação arbustiva ou arbórea.

A partir do uso das definições do Grasshopper, é possível construir modelos paramétricos representando diferentes soluções para o mesmo problema de projeto e, ao mesmo tempo, pesquisar os conceitos, esquemas e referências de projeto no protótipo do sistema. A figura 7 apresenta o processo de elaboração de um modelo por meio destas ferramentas. As imagens menores ilustram a sequência de inserção de componentes segundo as diferentes regras e o resultado final.

FIGURA 6

Instâncias geradas com as cinco definições elaboradas no grasshopper.

Fonte: autores



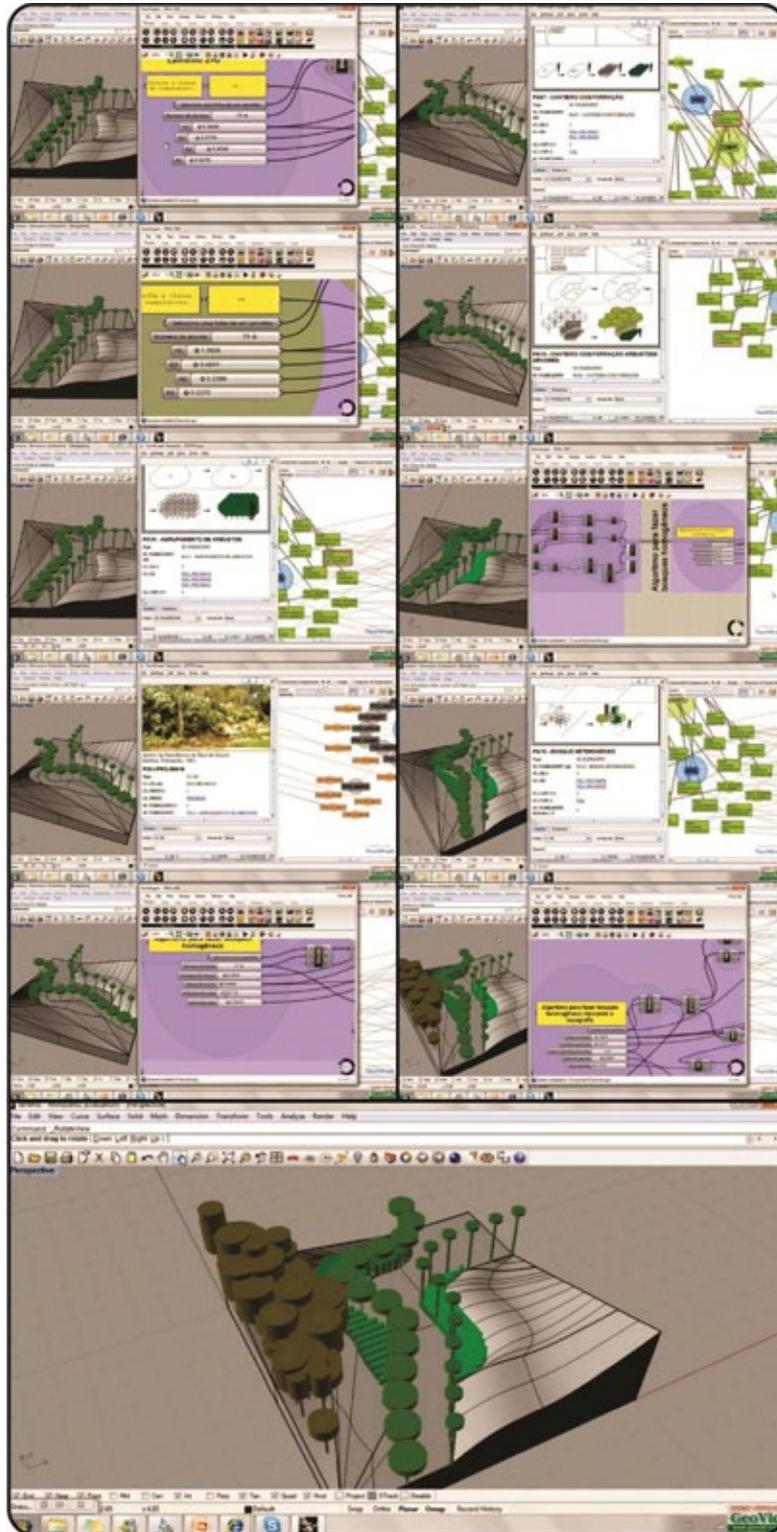
Um método de ensino de projeto baseado em precedentes: sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística

Developing knowledge based design education method: using generative systems and ontology to teach landscape design

FIGURA 7

Sequência de elaboração da solução e o resultado final.

Fonte: autores



Resultados do *workshop*

O *workshop* de teste do sistema foi realizado com a colaboração de 18 alunos, sendo que estes foram divididos em grupos de três. O motivo pelo qual se preferiu esta configuração, para conduzir o experimento, foi 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 isso ocorresse, não seria viável auxiliar todos os alunos enquanto estes estivessem desenvolvendo os modelos virtuais. Em grupos, os estudantes poderiam colaborar uns com os outros, aumentando a eficiência do processo. Antes do início do exercício, foi realizada uma aula para explicar como eles deveriam pesquisar conceitos, esquemas e precedentes no sistema e como deveriam utilizar o Grasshopper para desenvolver uma solução.

A área em que os alunos deveriam elaborar o trabalho já havia sido construída com auxílio do aplicativo de modelagem Rhinoceros, apresentando um desenho de circulação em planta. Após pesquisarem as referências no sistema e elaborarem um croqui, os grupos passaram a trabalhar com o Grasshopper, inserindo os componentes no Rhinoceros por meio da utilização das definições. A figura 8 mostra os alunos realizando a pesquisa no Touchgraph Navigator, o processo de utilização das definições do Grasshopper e um exemplo de solução.

FIGURA 8

Alunos desenvolvendo soluções em um ambiente de modelagem paramétrica, auxiliados pelo protótipo de pesquisa de conceitos, esquemas e referências.

Fonte: autores



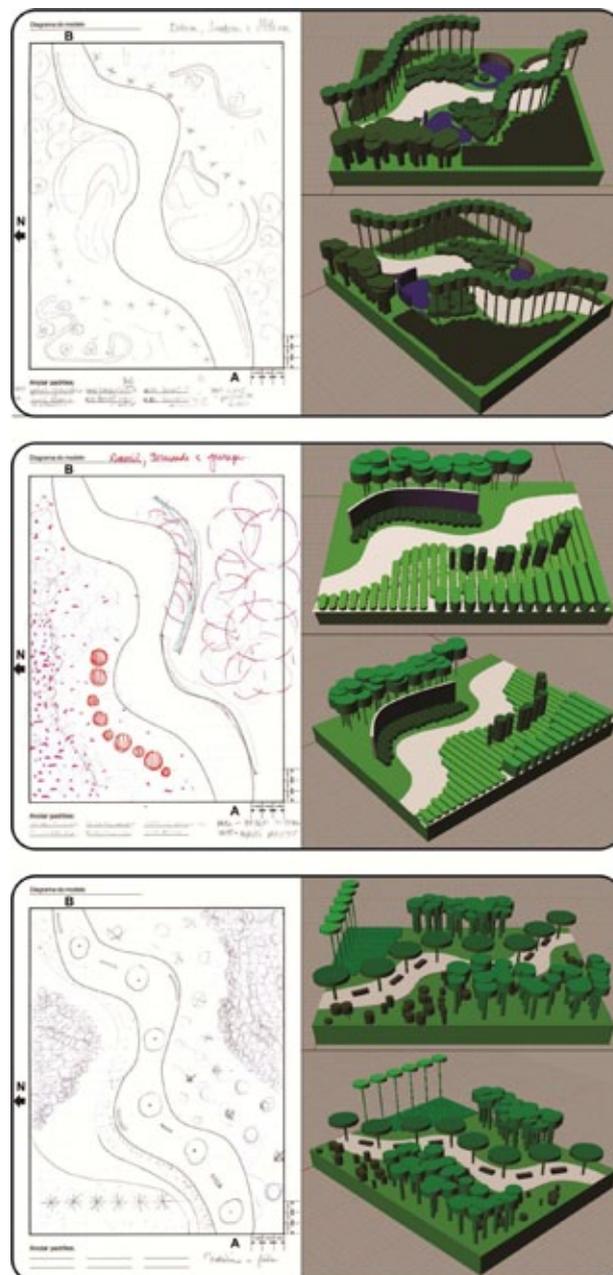
A figura 9 contém alguns dos modelos desenvolvidos durante o *workshop*. Junto de cada um deles está a imagem do esboço elaborado pelos estudantes. A partir da comparação entre ambos, é importante observar que os modelos geométricos digitais e os croquis são semelhantes. Isto indica que os alunos conseguiram transpor suas ideias 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, estas seriam provavelmente diferentes, pois os alunos buscariam

caminhos alternativos ou simplificariam suas ideias. Também é possível notar que o uso das definições e do protótipo com os conceitos, esquemas e referências contribuiu para que os alunos buscassem desenvolver as soluções de modo a compor o espaço e não como elementos apenas de preenchimento. É importante ressaltar que, durante o processo, os estudantes não tiveram nenhum tipo de apresentação sobre princípios de composição em arquitetura paisagística. Sendo assim, caso esta fosse uma situação real de ensino, o professor teria mais tempo para trabalhar outros conceitos de arquitetura paisagística, pois o sistema estaria dando suporte aos alunos em questões de projeto mais básicas.

FIGURA 9

Exemplos de soluções elaboradas pelos alunos.

Fonte: elaboração própria



Conclusões

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 eles 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.

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 estudados os projetos de arquitetos cuja 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 para 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 ele 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 o banco de dados seria desenvolvido constantemente pelo usuário, durante o processo de pesquisa, este saberia identificar na estrutura a hierarquia que 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 os precedentes. Portanto, um sistema de pesquisa como o que foi apresentado neste trabalho traria benefícios não somente ao ensino, mas também ocasionaria uma significativa melhoria – também profissionalmente – no gerenciamento das informações durante o processo de projeto.

Agradecimentos

Esta pesquisa não seria possível sem o financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

AKIN, Omer. Case-based instruction strategies in Architecture. *Design Studies*. v. 23, n. 4, pp. 407-471, jul. 2002.

ALEXANDER, Christopher, et al. (org.). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. Nova York: Oxford University Press, 1977.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

BARTLETT, F. C. *Thinking: an experimental and social study*. Londres: George Allen and Unwin, 1958.

BEIRÃO, J.; DUARTE, J.; STOUFFS, R. 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, Antuérpia, 2008.

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

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

DESCARTES, R. (1989). *Discurso do método*. Brasília: Editora Universidade de Brasília. (Original publicado em 1637).

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

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

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

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

KALAY, Y. *Architecture's new media: principles, theories, and methods of computer aided design*. Cambridge: MIT press, 2004.

LAWSON, B. *How designers think*. Londres: Butterworths, 1980.

Um método de ensino de projeto baseado em precedentes: sistemas generativos e ontologias aplicados no ensino de arquitetura paisagística

Developing knowledge based design education method: using generative systems and ontology to teach landscape design

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

MILLER, George. The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information. **Psychological Review**, n. 63, pp. 81-97, 1956.

MOORE, C.; MITCHELL, W.; TURNBULL, W. **The Poetics of Gardens**. Cambridge: The MIT press, 1988

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

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

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

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