



# Modelagem Geométrica nos estágios iniciais de aprendizagem da prática projetual em Arquitetura

Adriane Borda, Neusa Félix, Janice de Freitas Pires, and Noélia de Moraes Aguirre

**Abstract.** This work invests on delimitation of a Geometric Modeling study program directed to students at the initial stages of Architecture. It is considered that the studies promote a qualified control of the form based on recognition of parameters which define it, moreover it also allows the enlargement of the students geometric vocabulary, important to the architectural design activities. In this way, the program advances on the appropriation of new concepts which surround the investigations on architectural design processes, such as the concept of shape grammar. Observing analysis and architectural composition practices based on such concept, contents of geometric modeling which are already being used in the context of post-graduation are identified to be transposed to the graduation context, along with the initial teaching practices of architectural design. The results refer to making the didactic material available, these materials have the objective of building references for the development of design practice which explore the reflection about the processes of creation and composition of architectural form in their geometric aspects.

**Key words:** Architecture, Geometric Modeling, Shape grammar, teaching/learning

## I. INTRODUÇÃO

Este trabalho investe na delimitação de um programa de estudos de Modelagem Geométrica dirigido aos estágios iniciais da formação em Arquitetura. No contexto de graduação trabalhado, a apropriação de tecnologias de representação gráfica digital é promovida em estágios avançados de ensino da prática projetual, quando já devem existir metodologias estabelecidas, mesmo que o projetista/estudante não as tenha de maneira consciente ou sistematizada.

O propósito de inserção dos estudos referidos, nos estágios iniciais de formação, se apóia em práticas diferenciadas [1], [2], [3], que reforçam a proposta de utilização dos meios digitais de representação como potencializadoras do processo

projetual, principalmente quando associados à utilização do conceito de gramáticas da forma.

Em [3] encontra-se um relato de uma destas práticas, esquematizado na figura 1, cujos resultados, associados a uma trajetória de outros experimentos, desde Stiny em 1972, permitem considerar a importância em utilizar métodos de ensino de Projeto baseados em gramáticas da forma.

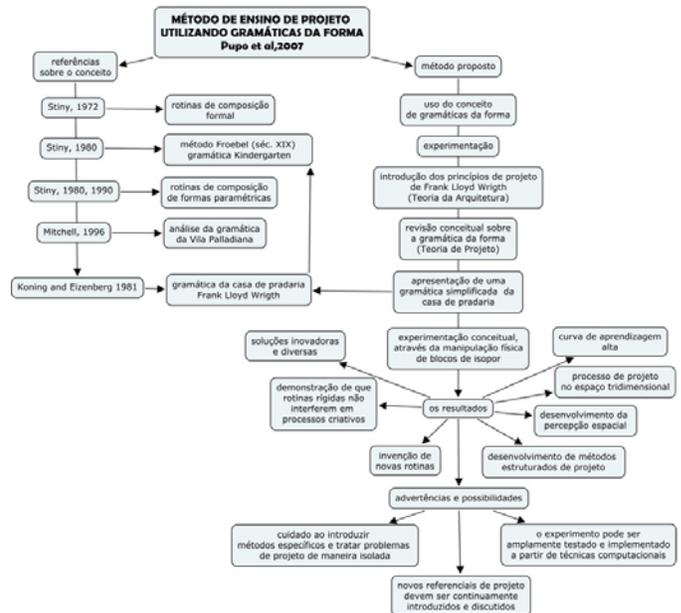


Figura 1 – Mapa conceitual relativo ao trabalho de Pupo, Pinheiro, Mendes, Kowaltowski e Celani, 2007, que realiza um experimento com gramáticas da forma em estágios iniciais do ensino de Projeto de Arquitetura.

A construção de uma gramática pode ser encarada como um mecanismo de produção de frases de uma língua específica. Este conceito, em termos arquitetônicos, refere-se às descrições baseadas na análise dos princípios generativos da

forma, considerando o projeto de arquitetura como produto de um procedimento sintático: composto por um vocabulário de formas associadas a um conjunto de regras que especifica as possíveis combinações e relações entre os elementos do vocabulário. Identificam-se duas categorias de gramáticas da forma, as denominadas analíticas e as originais. As gramáticas analíticas são desenvolvidas para descrever e analisar projetos existentes, enquanto que as gramáticas originais são as associadas com a criação de novos projetos [4].

A identificação e geração de gramáticas da forma estão sendo utilizadas tanto a partir da formalização, apoiando-se em linguagens de programação [1] [2], como a partir de procedimentos gráficos e simbólicos [5]. Em ambos tipos de análises observa-se a necessidade de reconhecimento de um amplo vocabulário e repertório geométrico capaz de permitir a identificação e descrição de tais regras formais e compositivas.

Desta maneira, se quer destacar a contribuição da abordagem de gramáticas da forma no ensino de Projeto como estratégia de ampliação de repertório e vocabulário geométrico. O estabelecimento de processos criativos é potencializado quando existe um amplo reconhecimento de geometria.

Nesta direção, ao longo dos últimos sete anos desenvolve-se um programa de pós-graduação em Gráfica Digital, em nível de especialização, cujo um dos objetivos principais é a apropriação de conceitos e procedimentos relativos à descrição da forma, de suas regras e processos compositivos, através de tecnologias de representação gráfica digital. Esta trajetória tem registrado que a exploração destas tecnologias de representação promove um domínio do controle da forma a partir da exigência de reconhecimento dos parâmetros e das regras que a definem [6].

Observam-se associações pertinentes entre os conceitos e procedimentos geométricos tratados nas experiências que utilizam gramáticas da forma no contexto de arquitetura e aqueles tratados no âmbito do programa de pós-graduação referido.

Frente a esta consideração, o presente estudo tem o propósito de selecionar saberes sistematizados em tal programa de pós-graduação, para que sejam transpostos ao contexto de graduação, com o objetivo de abordar, no estágio inicial de formação, conhecimentos geométricos necessários para a promoção de práticas educativas fundamentadas no conceito de gramáticas da forma e dirigidas ao projeto de arquitetura.

Não existe a intenção de constituição de uma disciplina, mas sim o estabelecimento de uma seqüência de estudos integrada às próprias práticas de ensino de projeto, centrando-se no processo de descrição geométrica da forma através da representação gráfica tridimensional e digital.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o propósito de selecionar os conhecimentos de Modelagem Geométrica a serem transpostos, da pós-graduação à graduação, realizam-se análises a partir de três perspectivas:

1) observando-se as “práticas locais”, que neste trabalho referem-se às atividades realizadas no âmbito da disciplina de Projeto de Arquitetura II, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAUrb da Universidade Federal de Pelotas - UFPel, oferecida no segundo semestre de formação;

2) observando-se as “práticas de referência”, através da identificação de práticas científicas e educativas que se apóiam no conceito de gramáticas da forma;

3) observando-se as associações possíveis entre as práticas de Modelagem Geométrica realizadas no âmbito da pós-graduação com as práticas de referência e as práticas locais.

Em cada instância de análise o objetivo é de identificar conceitos e procedimentos geométricos envolvidos em cada uma das práticas. Como estratégia de sistematização do estudo utiliza-se a estrutura de Mapas Conceituais [7]. Esta estrutura refere-se à representação de um conjunto de conceitos dispostos de tal modo que as relações entre eles sejam evidentes. O uso destes mapas, como metodologia para registrar processos de descrição e representação geométrica, tem sido validado no âmbito de trabalhos de ensino, pesquisa e extensão desenvolvidos pelo GEGRADI - Grupo de Estudos para o Ensino/aprendizagem de Gráfica Digital da UFPel [8]. Desta maneira, os resultados das análises são apresentados através de mapas conceituais cuja produção é facilitada pelo emprego da ferramenta Cmap Tools por permitir que os mapas sejam construídos individualmente, ou como parte de uma construção coletiva. Podem ser publicados, através da Internet, para simples visualização, ou para promover o processo colaborativo. Com uma estrutura aberta, podem ser ampliados livremente, de acordo com os processos cognitivos envolvidos, não havendo regras pré-estabelecidas. Adotando-se o mesmo tipo de representação, através de palavras chaves referentes aos conceitos e procedimentos envolvidos, busca-se facilitar a identificação das associações entre os diferentes contextos: de práticas locais (das atividades de projeto), de práticas de referência (de uso do conceito de gramáticas da forma) e das práticas da pós-graduação (disciplinas de Modelagem Geométrica I e II).

Os mapas produzidos, por sua vez, estão sendo caracterizados como materiais didáticos, por configurarem propostas de trajetórias de aprendizagem.

Por fim, para promover o processo de transposição sugerido adota-se a seguinte estratégia: disponibilização dos materiais em um sistema de acesso aberto, apoiando-se no conceito de objetos de aprendizagem [9]; promoção de atividades de extensão dirigidas aos estudantes dos estágios iniciais de formação, com o intuito de instrumentá-los para o uso das tecnologias de representação gráfica digital e de gerar uma cultura de auto-aprendizagem para o uso de objetos de aprendizagem; promoção de atividades colaborativas de ensino e pesquisa, através de desenvolvimento de estudos de pós-graduação em nível de iniciação científica (graduação), de especialização e de mestrado, promovendo a experimentação e a discussão sobre a inserção da Modelagem Geométrica e dos conceitos relativos à gramáticas da forma no âmbito de ensino de projeto nos estágios iniciais de formação em arquitetura.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados parciais deste estudo referem-se aos três tipos de instâncias de análise: das práticas locais (das atividades de Projeto), das práticas de referência (de atividades que utilizam o conceito de gramáticas da forma) e das práticas a serem transpostas, da pós-graduação à graduação (de Modelagem Geométrica).

Quanto à análise das práticas locais, foram inicialmente identificados conceitos e procedimentos geométricos envolvidos em um caso particular, de um trabalho desenvolvido por uma estudante referente a uma atividade da disciplina de Projeto Arquitetônico e Urbanístico II.

Tal atividade, denominada por “intersecção de sólidos”, consiste em projetar um objeto a partir da composição de três a cinco sólidos com pelo menos dois deles com volumes semelhantes. Embora o título da atividade faça alusão à operação de intersecção, fica claro, durante a apresentação da proposta, em aula presencial, que se refere a uma composição de sólidos que se interceptam. Existe a exigência de que o resultado da atividade seja apresentado graficamente, através de vistas ortográficas, e fisicamente, por meio de maquete. A metodologia de desenvolvimento, normalmente estabelecida pelos estudantes, compreende o lançamento de vários estudos volumétricos representados graficamente, através do desenho manual, e a produção de uma maquete física da composição eleita pelo próprio estudante. Até o momento de realização do estudo não estavam estabelecidas práticas de ensino de projeto permeadas por tecnologias digitais, pelo menos de maneira institucionalizada.

Deve-se destacar que esta atividade descrita tem a proposta de envolver somente aspectos formais, não considerando condicionantes próprios de um projeto arquitetônico, como podem ser as características do entorno, do clima, orientação, e de toda a complexidade de um programa de necessidades, permitindo assim a limitação do estudo às questões essencialmente geométricas.

A fotografia da maquete física, apresentada na figura 2, mostra o resultado da atividade desenvolvida pela estudante, no âmbito da disciplina.



Figura 2 – Maquete física do objeto envolvido no experimento, desenvolvida pela estudante Juliana Mühlberg Soares, para a disciplina de Projeto Arquitetônico e Urbanístico II, da FAURB (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFPel, Pelotas, Brasil).

O mapa da figura 3 foi realizado pela estudante após ter sido treinada para a utilização da ferramenta Cmap Tools e solicitada a descrever o processo de idealização da forma desenvolvida por ela no âmbito da disciplina de Projeto de

Arquitetura II. Através de questionamentos, durante a descrição, a estudante foi estimulada a encontrar palavras-chaves que pudessem explicitar os conceitos e procedimentos geométricos envolvidos no processo de geração da forma idealizada, que havia sido desenvolvida a partir das tecnologias tradicionais de representação, como comentado anteriormente.

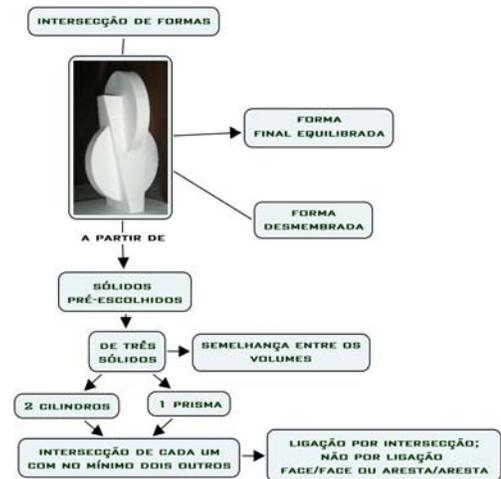


Figura 3: mapa de descrição da atividade, desenvolvido pela estudante Juliana Mühlberg Soares, para a disciplina de Projeto Arquitetônico e Urbanístico II, da FAURB (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UFPel, Pelotas, Brasil).

O mapa da figura 4 resultou do experimento de desenvolvimento da mesma atividade a partir de tecnologias de representação gráfica digital, que teve a intenção de observar os conceitos e procedimentos geométricos empregados antes e depois da utilização destas tecnologias. Deve-se destacar que o propósito do experimento é somente de identificar estas diferenças, sem considerar a dinâmica do processo de criação. Para isso a estudante foi instrumentada para reproduzir e também descrever o processo de representação a partir das tecnologias informáticas, utilizando-se então de modelos tridimensionais digitais.

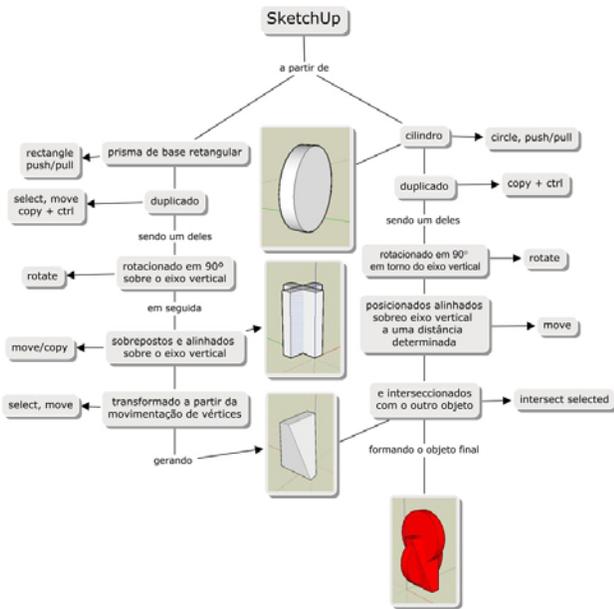


Figura 4 – Mapa conceitual de descrição do desenvolvimento da atividade a partir do software SketchUp, realizado pela estudante Juliana M. Soares.

Comparando-se os mapas das figuras 3 e 4 pode-se considerar que a estudante foi induzida pelos meios de representação digital a ampliar a descrição inicial, que se referia ao processo de representação realizado através dos meios tradicionais. Na primeira descrição a estudante se refere fundamentalmente aos tipos de figuras geométricas envolvidas e resume o processo de composição ao que denominou de operação de interseção. Na segunda descrição (figura 4) o mapa é ampliado trazendo referências quanto aos parâmetros e procedimentos de geração de cada um dos volumes envolvidos e de definição das posições relativas entre os mesmos para a composição final.

Este experimento ainda foi estendido, promovendo-se que a mesma estudante se apropriasse de outras tecnologias de representação gráfica digital. O mesmo tipo de processo realizado a partir do SketchUp foi realizado a partir do AUTOCAD e do 3DS Max. Buscou-se avaliar a possibilidade de uma maior ampliação de conceitos e procedimentos geométricos empregados quando são utilizadas diferentes tecnologias. Teve-se em conta que, mesmo que haja a tentativa de reproduzir as mesmas técnicas empregadas, as especificidades de cada uma destas ferramentas induzem ou até mesmo exigem a investigação de outros caminhos de modelagem. O mapa da figura 5 resume o resultado obtido, quando foram diversificadas as técnicas empregadas para a geração do mesmo objeto, neste caso, confirmando a hipótese levantada.

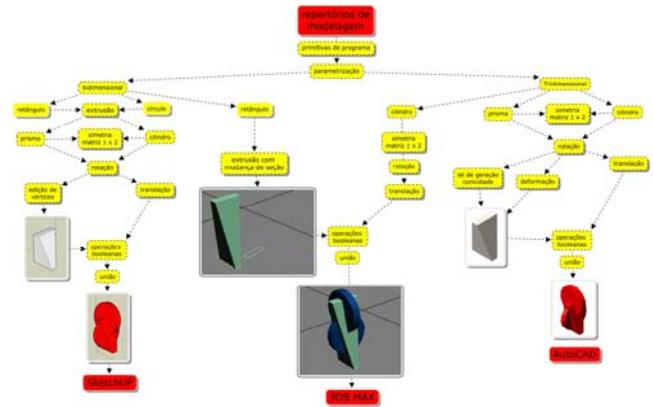


Figura 5 – Mapa conceitual de identificação do repertório de modelagem envolvido, empregado pela estudante Juliana Mühlenberg Soares, quando utilizou diferentes tecnologias para a representação de um mesmo objeto.

Entretanto, estes experimentos permitem inferir somente sobre os conceitos e procedimentos envolvidos neste caso específico. Considerando-se que cada estudante idealizou uma forma diferente, outros conceitos e procedimentos poderão ser envolvidos. Para uma compreensão mais ampla das “práticas locais”, atualmente são desenvolvidos estudos de iniciação científica e de mestrado, que partem do acompanhamento dos diversos tipos de atividades desenvolvidos na disciplina de Projeto Arquitetônico e Urbanístico II, procurando registrar os conceitos e procedimentos geométricos envolvidos em cada uma destas atividades.

A figura 6 exemplifica, através do trabalho também de um estudante, outro tipo de atividade desenvolvida na disciplina, que se refere à construção de uma forma geométrica a partir da composição de planos seriados, dispostos horizontalmente.



Figura 6 – Trabalho produzido pelo estudante Gregório Arosteguy Pereira Nunes, para a disciplina de Projeto Arquitetônico e Urbanístico II, segundo semestre de 2008.

Durante este segundo semestre de 2008 registram-se todos os tipos de atividades da disciplina em questão e elegem-se trabalhos significativos para serem analisados, incrementando assim os dados para o estudo.

As análises no âmbito das “práticas de referência” permitiram enfatizar a importância de um amplo domínio de conceitos e procedimentos geométricos para o estabelecimento de práticas de identificação e de aplicação de gramáticas da forma. Para cada caso aplicado são exigidos conhecimentos

diferenciados, próprios das formas geométricas envolvidas e das regras compositivas estabelecidas.

Em Barrios [10] encontra-se uma análise de onze obras do arquiteto Santiago Calatrava na qual o autor inicialmente procura identificar os princípios generativos comuns a este conjunto de obras, apoiando-se no conceito de gramáticas da forma. O vocabulário foi caracterizado pelos elementos estruturais fundamentais de cada obra. As regras de composição formal foram caracterizadas pelos tipos de transformações geométricas recursivas que Calatrava aplica nestes elementos para configurar toda a estrutura do edifício. A partir destas considerações são realizados experimentos de geração de novas formas que resultam da utilização do mesmo vocabulário, porém variando o tipo de transformação, dentro do espectro de possibilidades já utilizadas por Calatrava. O mapa da figura 7 representa o conjunto de transformações identificadas no estudo. O estudo destaca para a potencialidade deste tipo de análise, principalmente, para a geração de novos projetos, que igualmente manteria o ineditismo e a identidade do Arquiteto em questão.

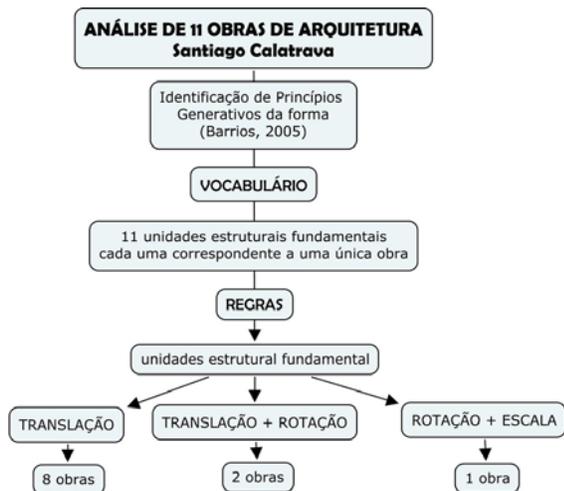


Figura 7 – Mapa conceitual relativo ao trabalho de Barrios, 2005, que analisa obras do arquiteto Santiago Calatrava sob o conceito de gramáticas da forma.

Em Mayer [4], encontra-se uma análise da obra de Niemeyer. A autora caracteriza o vocabulário e as regras de diferentes edifícios e ainda realiza associações entre os mesmos, identificando gramáticas similares. O estudo é realizado a partir da descrição dos elementos que caracterizam a singularidade da linguagem arquitetônica de Niemeyer, buscando identificar princípios generativos em sua arquitetura. A partir desses princípios aponta possibilidades posteriores de desenvolvimento de uma gramática para a obra deste arquiteto, e de aplicação destes princípios no ensino de arquitetura. A figura 8 ilustra como estão sendo representados, a partir de mapas conceituais, os conceitos e procedimentos envolvidos em cada uma das análises realizadas por Mayer, 2005.

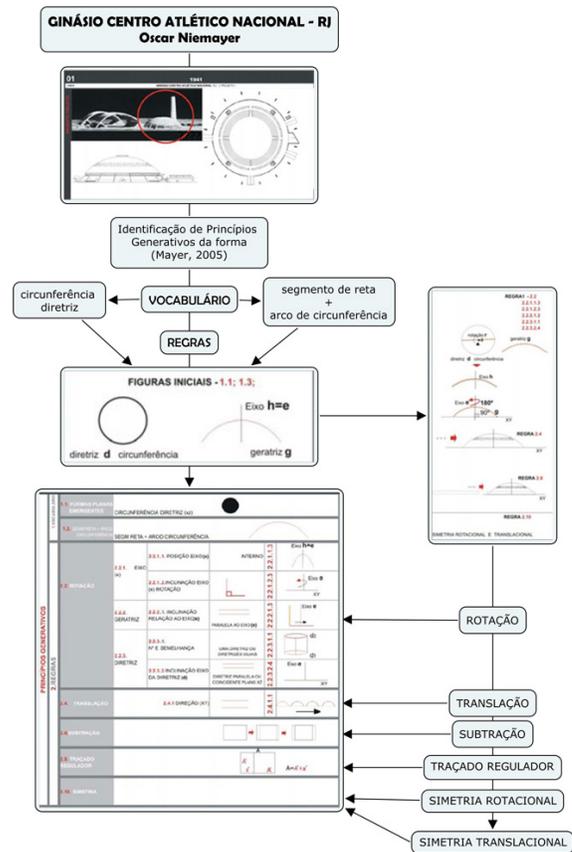


Figura 8 – Mapa conceitual relativo ao trabalho de Mayer, 2005, que analisa obras de Niemeyer sob o conceito de gramática da forma.

O mapa da figura 9 demonstra um dos detalhamentos realizados por Mayer, 2005 para descrever com precisão uma transformação por rotação. Considerando diferentes variáveis referentes à forma dos elementos envolvidos e à posição relativa entre eles, a autora identifica a regra de rotação específica utilizada por Niemeyer em determinada obra.

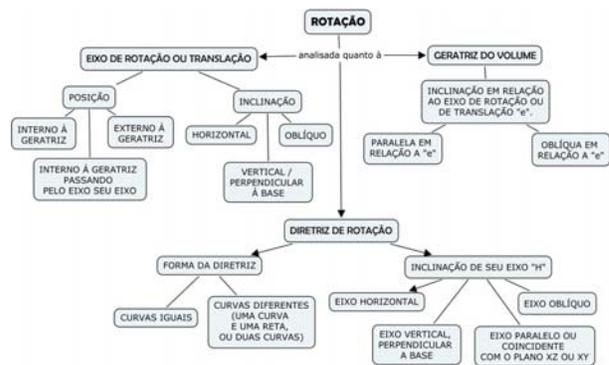


Figura 9 – Mapa conceitual de detalhamento de procedimentos de rotação, considerados em Mayer, 2005.

Este tipo de sistematização está sendo realizado, procurando-se selecionar práticas de referência, que abordem diferentes geometrias, desde composições bidimensionais a tridimensionais, que impliquem formas poliédricas, quádricas, livres, paramétricas e fractais. Desta maneira, paulatinamente,

se ampliam os dados sobre conceitos e procedimentos geométricos envolvidos em estudos com gramáticas da forma.

Os conceitos e procedimentos, envolvidos nas práticas de pós-graduação, encontram-se em grande parte, já sistematizados a partir de mapas conceituais. O mapa da figura 10 ilustra a trajetória da disciplina de Modelagem Geométrica I, adotada no curso de Especialização em Gráfica Digital/UFPel.

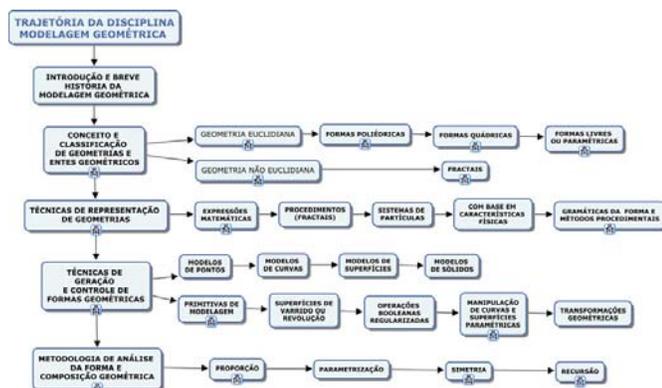


Figura 10 – Mapa Conceitual da trajetória da disciplina de Modelagem Geométrica do Curso de Especialização em Gráfica Digital, UFPel, Pelotas, Brasil.

Mesmo a partir de dados preliminares, tanto das práticas locais como das práticas de referência, é possível identificar conhecimentos importantes a serem levados desde o programa apresentado para o contexto dos estágios iniciais de ensino de projeto. E, principalmente, percebe-se que o conceito de gramáticas da forma pode ser tomado como marco teórico e procedimental para a estruturação desta transposição, considerando-se ser esta a principal contribuição deste estudo para o contexto em que se insere.

O programa de estudos apresentado propõe uma trajetória de aprendizagem que parte da revisão e ampliação do “Conceito e Classificação de Geometrias e de Entes Geométricos”. É importante destacar que no contexto de graduação trabalhado o estudo e a representação de tipologias de entes geométricos, se restringe ao âmbito da disciplina de Geometria Descritiva, que por seguir desenvolvendo traçados manuais, dirige o enfoque para o processo projetivo mais do que para a exploração da forma em si. Decorrente também dos limites das tecnologias utilizadas, não são abordados entes geométricos pertinentes a geometrias não-euclidianas e, nem mesmo formas euclidianas consideradas complexas para a representação gráfica tradicional. Neste sentido, a inserção deste tópico no ensino de graduação significa avançar no reconhecimento de tais entes geométricos, como podem ser as curvas e superfícies paramétricas (no âmbito da geometria euclidiana), e ainda trazer para a formação do arquiteto a lógica de geometrias não-euclidianas, tal como a fractal, ampliando, conseqüentemente, as possibilidades para a idealização da forma arquitetônica. Considera-se que este tópico deva preceder ou acompanhar as atividades de análise ou de geração de gramáticas da forma, pela proposta de reconhecimento de diferentes entes, que possibilita a ampliação do vocabulário geométrico.

O segundo tópico do programa refere-se às “Técnicas de Representação de Geometrias”, cujo objetivo é de identificar as correspondências entre as técnicas de representação algébrica e gráfica, compreendendo a maneira de controle da forma a partir das técnicas computacionais. Esta abordagem busca atribuir transparência à automatização dos procedimentos de transformações no espaço virtual. Incluem-se a diferenciação entre os modelos de pontos, curvas, superfícies e sólidos, para que o processo de apropriação dos recursos digitais de representação parta de ações conscientes, de seleção de técnicas compatíveis com o tipo de modelo utilizado.

A relevância desta abordagem ficou evidente no experimento realizado (no âmbito das práticas locais), quando por um processo de tentativa e erro, de exploração das técnicas disponíveis, a estudante questionava o insucesso da aplicação, por exemplo, de operações de interseção com modelos de superfície. Por outro lado, este tópico contribui para a introdução de processos de formalização de procedimentos geométricos, trazendo conceitualmente a noção de algoritmo e de cálculo matricial aplicado às operações de transformações geométricas. Embora, cada vez mais as ferramentas informáticas, que apoiam os estudos de gramáticas da forma [2] avancem para oferecer uma interface facilmente controlável por usuários não programadores, a compreensão da lógica dos modelos implementados facilita o processo de apropriação de tais recursos.

Na seqüência do programa, tem-se o tópico “Técnicas de Geração e Controle de Formas Poliédricas, Quádricas e Livres ou Paramétricas”, que objetiva além do reconhecimento de parâmetros e técnicas de geração de cada uma destas tipologias de entes geométricos, trabalhar com o conceito de geometria dinâmica, onde o controle da forma pode ser realizado de maneira interativa.

Tanto na análise das práticas locais como das práticas de referência fica explícita a importância deste tipo de abordagem, a qual trata de conceitos que transcendem a especificidade de cada tecnologia.

Na análise das práticas locais observou-se que a atividade de representação tradicional não estimulou uma descrição detalhada do processo de geração da forma, tomando cada um dos volumes como entes geométricos pré-definidos. Na segunda descrição, frente à necessidade de reconhecimento das técnicas disponíveis para a geração da forma idealizada, a representação digital promoveu a reflexão sobre as diferentes possibilidades de geração da mesma, ampliando o repertório geométrico da estudante. Destaca-se, principalmente, o reconhecimento das técnicas de extrusão com variação de seção, que induz a idealização de um vasto repertório formal e das técnicas de edição de vértices que atribuem ao modelo digital uma liberdade de controle da forma de maneira interativa.

Considera-se importante destacar a diferença de nomenclatura, detectada entre o contexto da disciplina de Projeto em questão (práticas locais) e o contexto da pós-graduação, para se referir às técnicas de interseção. Conforme comentado anteriormente, o título da atividade analisada é “interseção de sólidos”, enquanto que, a partir do conceito matemático associado às operações conjuntistas, a atividade se

refere à operação de união, neste caso com sobreposição dos elementos. Esta questão pode gerar dificuldades de compreensão das técnicas digitais, embora se possa perceber, através da palavra chave empregada no processo estabelecido no SketchUp, que esta ferramenta utiliza a mesma terminologia das práticas locais. As demais ferramentas utilizadas adotam a nomenclatura correspondente com o conceito matemático, como acontece no contexto da pós-graduação.

Entretanto, a questão mais significativa até o momento foi a demonstração, através das práticas de referência, da necessidade de detalhamento das operações de transformações, no caso de rotação, quando aplicadas em estudos de gramática da forma, demonstrados na análise do trabalho de Mayer, 2005 (figura 8). Pode-se observar que nas práticas locais esta operação foi descrita sucintamente, apoiada pela linguagem visual para ser perfeitamente compreendida. Explorar todos os parâmetros em um processo de rotação permite, em uma atividade projetual, encontrar outras possibilidades formais. Isto reforça a idéia de que o programa de Modelagem Geométrica deva estar guiado pelas práticas de referência, que permitem detectar tais detalhes de abordagem de cada tópico, no caso sobre as transformações de rotação, que podem ser estendidas ao caso de transformações por translação, como demonstra também Mayer, 2005 [4].

Seguindo-se ainda o programa, tem-se o tópico “Metodologias de Análise da Forma e Composição Geométrica”, que aborda conceitos de parametrização, proporção, simetrias e recursão.

O mapa da figura 11 refere-se ao estudo de tipos de proporções. São exploradas composições geométricas bi e tridimensionais sob cada um dos tipos estudados. A imagem que consta no mapa referido ilustra o resultado de uma das atividades de análise do tipo de proporção impressa em um determinado elemento arquitetônico, através de sua representação tridimensional.

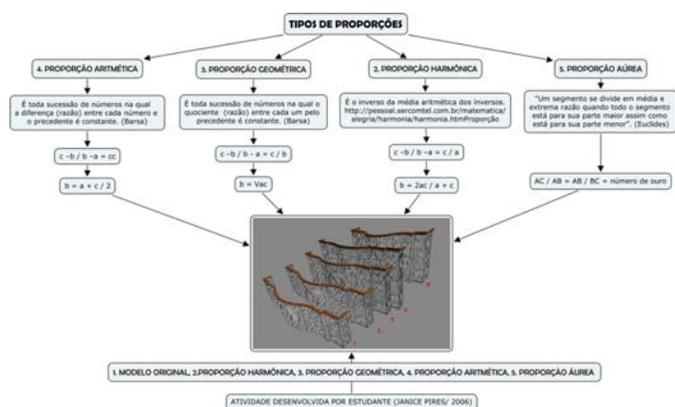


Figura 11 – Mapa Conceitual de atividade de proporção, desenvolvida pela estudante Janice Pires na disciplina de Modelagem Geométrica II do Curso de Especialização em Gráfica Digital, 2006, UFPel, Pelotas, Brasil.

O mapa da figura 12 mostra os tipos de simetrias abordados, enquanto que o da figura 13 demonstra a exploração de cada um destes tipos a partir de atividades práticas de composição, realizadas pelos estudantes.

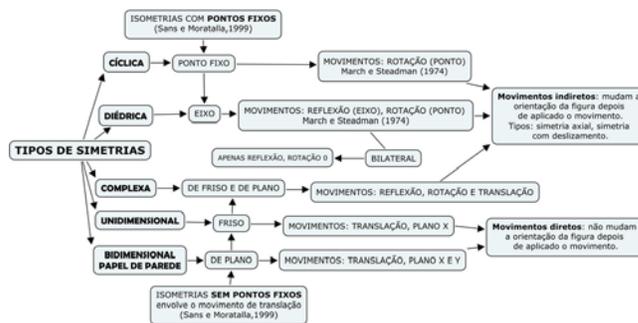


Figura 12 – Mapa Conceitual que sistematiza conteúdos do Curso de Especialização em Gráfica Digital, 2006, UFPel, Pelotas, Brasil, referente aos tipos de simetrias.

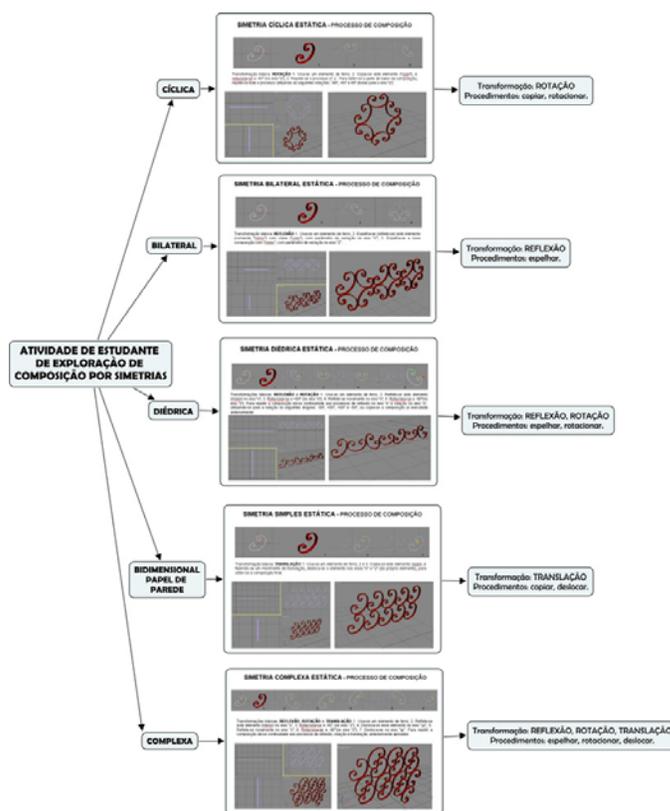


Figura 13 – Mapa Conceitual de atividade de simetria, desenvolvida pela estudante Janice Pires na disciplina de Modelagem Geométrica II do Curso de Especialização em Gráfica Digital, 2006, UFPel, Pelotas, Brasil.

O mapa da figura 14 refere-se aos conteúdos de recursão que se fundamentam na sistematização apresentada por Celani [11]. Esses conceitos estão relacionados nos materiais didáticos que servem de apoio às atividades do Curso de Especialização em Gráfica Digital.

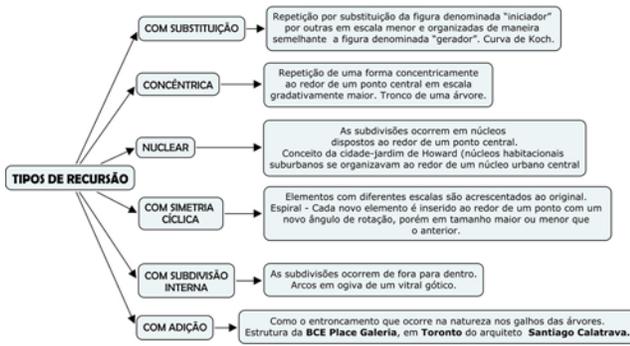


Figura 14 – Mapa Conceitual que sistematiza conteúdos do Curso de Especialização em Gráfica Digital, UFPel, Pelotas, Brasil, referentes aos conceitos de recursão.

Na figura 15 ilustram-se elementos que constituem a estrutura do arquiteto Santiago Calatrava para a BCE Place Gallery [12], em Toronto, Canadá, gerada por elementos em uma composição por processos de recursão aditiva. Esta composição se encontra identificada nos conteúdos dos materiais didáticos do Curso de Especialização em Gráfica Digital.

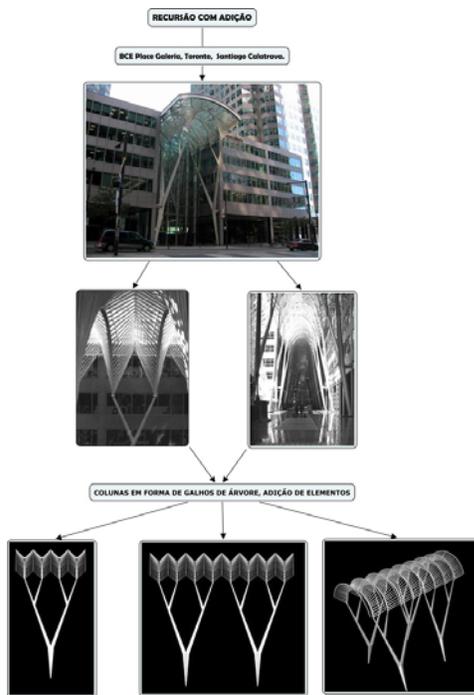


Figura 15 – Mapa Conceitual que exemplifica a estrutura de Santiago Calatrava para a BCE Place Gallery, composta por processos de recursão aditiva. Fonte das imagens: <http://www.rau-tu.unicamp.br/~luharris/dulce/bce.html>

A figura 16 ainda exemplifica a aplicação do conceito de recursão para a otimização do processo de representação gráfica digital de elementos arquitetônicos, realizada por estudante do referido Curso de Especialização.

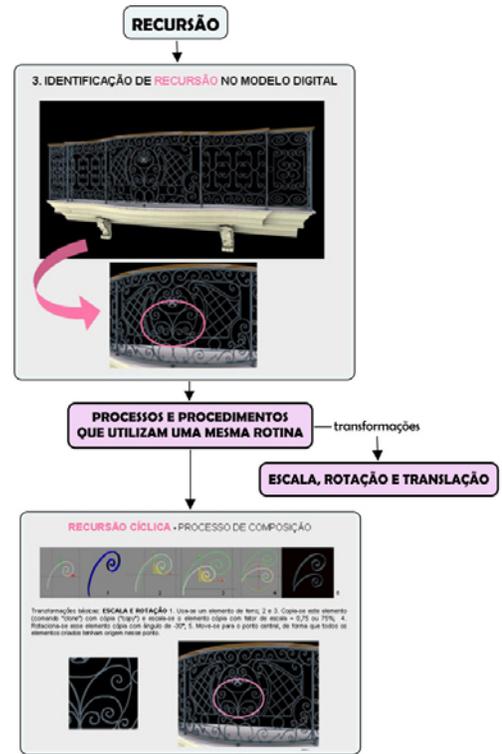


Figura 16 – Mapa Conceitual de atividade de recursão, desenvolvida pela estudante Janice Pires na disciplina de Modelagem Geométrica II do Curso de Especialização em Gráfica Digital, 2006, UFPel, Pelotas, Brasil.

O objetivo, no âmbito da pós-graduação, é de construir um conhecimento geométrico prévio, que permita a identificação de regras ou processos compositivos implícitos a uma determinada forma ou conjunto de formas para possibilitar a otimização dos processos de representação.

Considera-se que as práticas de referência permitem atribuir a este tópico um significado bem mais amplo de, justamente, promover, a partir da identificação de regras, a formulação de novas regras.

Nas práticas locais este propósito de identificação de regras não está explícito, restringindo-se a limitações para o vocabulário (número de elementos da composição e exigência de características de semelhança que também não são precisas) e para as operações compositivas (intersecção/intercaptação dos volumes). Durante a descrição, mapa da figura 3, a estudante se utiliza do procedimento de cópia, que está associado ao conceito de simetria, e também, de maneira empírica, se utiliza de procedimentos de parametrização, na medida em que ajusta o dimensionamento das “primitivas de programa” utilizadas. Nas práticas de referência observa-se a necessidade de compreensão de tais conceitos, de reconhecimento de tipos de simetrias, de proporção e recursão, assim como sobre as possibilidades de atribuição de propriedades paramétricas à forma.

Pode-se observar, com um único exemplo de outro tipo de atividade relativo às práticas locais (figura 8), a importância desta abordagem no ensino de projeto neste estágio de formação. O modelo remete a reflexões sobre a forma inicial e a lógica das transformações para chegar a forma final. A utilização de tecnologias de representação gráfica digital

promove, de certa forma, a explicitação desta lógica. Entretanto, considera-se que o conjunto das soluções apresentadas pelos estudantes, se desenvolvidas a partir de tais tecnologias e ainda discutidas sob a perspectiva de gramática da forma, podem incrementar de maneira significativa as práticas locais.

Desta maneira, considera-se que a inserção da seqüência de estudos apresentada, e revisada sob a perspectiva de uso de gramáticas da forma, é uma proposta válida, por induzir à ampliação de conceitos e procedimentos geométricos, conhecimentos prévios para a idealização do objeto arquitetônico.

Algumas ações paralelas vêm sendo promovidas para a efetivação e aprimoramento desta proposta.

O material didático utilizado no âmbito da pós-graduação está sendo disponibilizado em um ambiente de acesso aberto através da INTERNET, no @GD (<http://www.ufpel.edu.br/ifm/@gd/>) que se configura como um repositório de objetos de aprendizagem [13]. Da mesma maneira, os mapas produzidos no âmbito deste estudo são também configurados como objetos de aprendizagem e disponibilizados em tal ambiente (figura 17).



Figura 17 – Interface do @GD, Ambiente de Repositório de Objetos de Aprendizagem de Gráfica Digital, apresentando os mapas conceituais referentes às situações didáticas descrita neste estudo.

Para promover a utilização destes materiais são estruturadas atividades extracurriculares que objetivam formar tanto estudantes como professores destes estágios iniciais de formação para o projeto de arquitetura. Tem-se a expectativa de que, paulatinamente, as trajetórias de aprendizagem propostas sejam absorvidas pelas práticas locais. Através do Projeto de Extensão Oficinas de Ensino/aprendizagem de Gráfica Digital criou-se um veículo de formação contínua, tanto na modalidade presencial como a distância. Os tópicos da pós-graduação estão sendo reestruturados em módulos como, por exemplo, simetria, proporção, recursão, e configurados como Oficinas que objetivam acelerar então o processo de transposição ao contexto da graduação através de atividades extra classe.

Por outro lado, para que a proposta seja efetivamente implementada, e que estes conhecimentos estejam integrados à disciplina de projeto, investe-se nos trabalhos de iniciação

científica e de mestrado. Estes trabalhos além de seguirem ampliando os dados referentes às práticas locais e de referência, estruturam a proposta de transposição, através de experimentações em cada uma das atividades de Projeto tratadas no âmbito da disciplina referida neste trabalho.

#### IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tratou-se, neste trabalho de descrever a metodologia empregada para a estruturação de um programa de modelagem geométrica dirigido aos estágios iniciais de projeto de arquitetura.

Identificou-se, em práticas que se apoiam no conceito de gramáticas da forma, a conveniência deste conceito ser adotado como marco teórico e procedimental para a delimitação do programa referido.

Desta maneira, a partir da análise de práticas locais e de prática de referência, foi possível identificar a correspondência de conceitos e procedimentos tratados em tais práticas com àqueles tratados no programa de Modelagem Geométrica aqui referido. Além disto, apontou para a conveniência da adoção do conceito de “gramáticas da forma” como marco teórico para a estruturação de um programa de modelagem geométrica dirigido às etapas iniciais de formação em arquitetura, especificamente para o ensino de Projeto.

Estas práticas têm demonstrado a pertinência da inserção de técnicas de modelagem para a ampliação de vocabulário e repertório geométrico. Observa-se o quanto os conceitos de geometria e de gramáticas da forma podem contribuir como conhecimentos prévios para os exercícios de projeto. E também se percebe o quanto o ensino de modelagem geométrica se potencializa com o conceito de gramáticas da forma, pois estes exigem detalhamentos maiores e um amplo conhecimento sobre as regras de geração e composição da forma geométrica.

Com tudo, busca-se contribuir ao ensino de projeto, a partir do conhecimento de suas regras de geração, promovendo a reflexão sobre a prática projetual, procedimento que tradicionalmente no contexto analisado tem sido abordado de modo superficial.

#### RECONHECIMENTOS

Ao CNPQ pelo apoio com bolsa de iniciação científica, à PREC/UFPEL pelo apoio com bolsa de extensão, à estudante Juliana Mühlenberg Soares e à professora Maria da Graça Duval, professora da disciplina de Projeto de Arquitetura e Urbanismo II, que disponibilizou o espaço da disciplina para a realização deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- [1] DUARTE, José (2007) [Inserting New Technologies in Undergraduate Architectural Curricula](#), Predicting the Future [25th eCAADe Conference Proceedings / ISBN 978-0-9541183-6-5] Frankfurt am Main (Germany) 26-29 September 2007, pp. 423-430 Disponível em: <[http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?ecaade2007\\_217](http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?ecaade2007_217)>. Acesso em: 25 set 2008.
- [2] ÇOLAKOĞLU, Birgül; YAZAR, Tuğrul; UYSAL, Serkan. **Educational Experiment on Generative Tool Development** In: Architecture PatGen: Islamic Star Pattern Generator Architecture in Computro [26th

- eCAADe Conference Proceedings / ISBN 978-0-9541183-7-2] Antwerpen (Belgium) 17-20 September 2008, pp. 685-691.
- [3] PUPO, R. T.; PINHEIRO, E.; MENDES, G.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; CELANI, M. G. C. **A Design Teaching Method Using Shape Grammars**. In: VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design - Graphica 2007, 2007, Curitiba. VII International Conference on Graphics Engineering for Arts and Design - Graphica 2007, 2007.
- [4] MAYER, Rosirene. A linguagem de Oscar Niemeyer. 2003. 162 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, PROPAR). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- [5] CELANI, M. G. C. ; CYPRIANO, D. ; GODOI, G. ; VAZ, C. E. V. . **A gramática da forma como metodologia de análise e síntese em arquitetura**. Conexão (Caxias do Sul), v. 5, p. 15-20, 2007.
- [6] BORDA, A.B.A.S ; FÉLIX, Neusa Rodrigues ; PIRES, J. F. **Digital Construction and Reconstruction as a Methodology for the Teaching/ Learning of Geometry Form Representation**. In: 13th International Conference on Geometry and Graphics, 2008, Germany: Dresden. Disponível em : <<http://icgg2008.math.tu-dresden.de/abstracts/Borda.pdf>> Acesso em: 23 set 2008.
- [7] NOVAK, J. D. & A. J. CAÑAS, **The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them**, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008. Disponível em: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf> Acesso em: 29 agosto 2008.
- [8] SILVA, A. B. A. PIRES, J. F. CONILL, E. R. FÉLIX, N. R. **Avaliação e Auto-avaliação de Atividades de Representação Gráfica Digital utilizando Mapas Conceituais**. Revista Educação Gráfica. Departamento de Artes e Representação Gráfica, Unesp: Bauru, 2007, n. 11, p 87-98.
- [9] POLSANI, P. R. **Use and Abuse of Reusable Learning Objects**. Journal of Digital Information. 2003.
- [10] BARRIOS, **Symmetry, Rules and Recursion. How to design like Santiago Calatrava**. Carlos Roberto 2005.
- [11] CELANI, G. **Cad criativo**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003.
- [12] Imagens da obra de Calatrava. Disponível em: <http://www.rau-tu.unicamp.br/~juharris/dulce/bce.html> Acesso em: 30 setembro 2008.
- [13] BORDA, A. B. A. S.; FÉLIX, N. R.; BERARDI, R. C. G. **Ambiente de repositório de objetos de aprendizagem para gráfica digital**. Revista Educação Gráfica. Departamento de Artes e Representação Gráfica, Unesp: Bauru, 2006, n. 10, p 87-98



**Janice de Freitas Pires**  
**janice\_pires@hotmail.com**

Integrante colaboradora do GEGRADI, Grupo de Estudos para o ensino / aprendizagem de Gráfica Digital, da Universidade Federal de Pelotas, Brasil. É diplomada em Arquitetura e Urbanismo pela mesma Universidade. Especialista em Gráfica Digital pela UFPel. Atualmente é mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, na FAUrb, UFPel, RS/Brasil.



**Noélia de Moraes Aguirre**  
**noeliademoraes@gmail.com**

Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Pelotas, Brasil. Bolsista de iniciação científica PIBIC/CNPq onde desenvolve trabalhos junto ao Grupo de Estudos para o ensino/aprendizagem de Gráfica Digital - GEGRADI.



**Adriane Borda Almeida da Silva**  
**adribord@ufpel.tche.br**

Professora Adjunto da Universidade Federal de Pelotas, Brasil, Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Pelotas, Brasil, Mestre em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, Doutora em Filosofia e Ciências da Educação pela Universidad de Zaragoza, Espanha, título reconhecido no Brasil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul,

Atualmente em Pós-doutoramento na Faculdade de Arquitetura da KULeuven, Bélgica



**Neusa Rodrigues Felix**  
**neusarf@ufpel.tche.br**

Professora Titular da Universidade Federal de Pelotas, Brasil. Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Pelotas, Brasil. PhD em Arquitetura pela Strathclyde University, Glasgow, Escócia. Pós-doutorado na Faculdade de Arquitetura da Sydney University, Austrália.