

Estruturação do saber da biomimética, da geometria complexa e da modelagem paramétrica para o ensino de arquitetura

Structuring knowledge of biomimetics, complex geometry and parametric modeling for teaching architecture

Brunna Pereira de Oliveira, Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas.

brunnappo26@gmail.com

Janice de Freitas Pires, Doutora em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas.

janicefpires@gmail.com

Resumo

Este artigo está vinculado ao Projeto de Pesquisa AMPARA, da FAUrb/UFPel, que trata da construção de referenciais didáticos para a adoção de técnicas de modelagem paramétrica e fabricação digital de superfícies complexas da arquitetura por meio do estudo sobre o emprego de tais geometrias na prática profissional. Em trabalho anterior, foram identificadas as abordagens da Biomimética e da modelagem paramétrica como potencializadoras à exploração de tais geometrias. A partir de uma teoria didática, este estudo apresenta uma proposta de explicitação do saber envolvido na geração de geometrias complexas da natureza e da modelagem paramétrica destas. Como resultado, tal saber é estruturado em esquemas visuais – mapas conceituais – que se vinculam a uma rede de conceitos. Desse modo, o propósito é integrar tais saberes com as abordagens de arquitetura Tectônica e Estereotômica, apresentadas aos estudantes de Arquitetura e Urbanismo no atelier de projeto em estágios iniciais de formação.

Palavras-chave: Biomimética; Geometria Complexa; Estruturas de saber

Abstract

This article is linked to the Research Project AMPARA, from FAUrb/UFPel, which deals with the construction of reference structures suitable for the adoption of parametric modeling techniques and digital fabrication of complex architecture through the study of geometry on the specific use in professional practice. In a previous work, approaches from Biomimicry and parametric modeling were identified as potentiating the exploration of such geometry. From a didactic theory, it presents a proposal for an explicit study, this study in the generation of geometry of the complex of nature and the parametric modeling of these. As a result, such knowledge is constructed in visual schemes – maps that link to a network of concepts. In this way, the purpose is to integrate such knowledge with the approaches of Tectonic and Stereotomic architecture, to the students of

Architecture and Urbanism design studio in the initial years of training.

Keywords: *Biomimetics; Complex Geometry; Knowledge Structures*

1. Introdução

O presente trabalho está inserido no Projeto de AMPARA (Análise, Modelagem PARAMétrica e Fabricação Digital da geometria complexa da arquitetura: construção de referenciais didáticos para o ensino de projeto), da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAUrb) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), que possui como objetivo principal promover a construção de referenciais didáticos, por meio do estudo do emprego de superfícies complexas da arquitetura, para a adoção de técnicas de representação gráfica digital - como a modelagem paramétrica - e fabricação digital, como suporte à ação projetual. Considerando-se que a atividade de arquitetura e urbanismo tem um grande compromisso social na busca de minimizar os efeitos causados pelos processos envolvidos em todas as atividades que a permeiam – concepção projetual, escolha e manipulação dos materiais e processos construtivos e desempenho do edifício ao longo de seu ciclo de vida, os quais na maioria das vezes não contemplam a busca da sustentabilidade necessária no contexto atual de degradação ambiental – torna-se importante empregar estratégias e técnicas que sejam minimamente responsivas durante o processo projetual.

Além disso, essa questão também permeia a formação em arquitetura, sendo necessário lidar, nesse contexto, não apenas com tais estratégias, como também com a estrutura de saber subjacente, que, nos termos da Teoria da Transposição Didática e da Teoria Antropológica da Didática de CHEVALLARD (1991; 1999), é dinâmica e está em constante transformação. De acordo com essas teorias, o saber se estrutura com base em uma praxeologia da atividade humana que, dependendo do contexto no qual transita, pode sofrer transformações e adaptações e é essencialmente composto pelos seguintes elementos: uma tarefa ou um conjunto de tarefas a serem realizadas, que podem ser denominadas como um problema; as técnicas adequadas à resolução das tarefas; as tecnologias, que explicam, justificam e dão suporte ao desenvolvimento e aplicação das técnicas; e as teorias, que tem o mesmo papel em relação às tecnologias, ou seja, explicam, justificam e dão suporte a elas.

Sob essa perspectiva, na área de representação gráfica para o projeto de arquitetura, essas teorias têm sido utilizadas para identificar e explicitar as estruturas de saber que envolvem o processo projetual e a sua representação, com foco na representação gráfica digital e geometria. Nesse contexto, uma das abordagens tecnológicas atuais da área envolve o denominado projeto paramétrico, que, de acordo com WOODBURY (2010), baseia-se em um modelo digital descrito através de parâmetros e relações entre os seus entes geométricos, possibilitando uma grande variedade de soluções alternativas. Desse modo, esse tipo de processo projetual tem sido utilizado na concepção de geometrias complexas com atributos de vários tipos de desempenho, como térmico, estrutural e de conforto ambiental, possibilitando executar análises dinâmicas em tempo real por meio de modelos digitais paramétricos associativos.

Acrescido a isso, a Biomimética se apresenta como uma ciência com grande potencial para explicitar e aplicar conceitos da geometria complexa na arquitetura que possuem integração funcional e eficiência estrutural, a partir da análise dos processos dos fenômenos naturais. Isso porque, essa ciência, também denominada Biônica, consiste, segundo BENYUS (2003), no estudo dos modelos da natureza e na utilização de suas soluções e processos – formas, funções, comportamentos e metodologias – como

inspiração à resolução de problemas. Além disso, embora essa abordagem já tenha permeado soluções arquitetônicas no passado, como nas obras de Gaudí, Frei Otto e Félix Candela, nos últimos 20 anos, as formas da natureza são vistas cada vez mais como requisitos projetuais em obras arquitetônicas (POTTMANN et al, 2007). Isso ocorre porque, conforme PEREZ-GARCIA e GÓMEZ-MARTÍNEZ (2009), o desenvolvimento das estruturas da natureza se dá com o objetivo de sempre atingir soluções energéticas ideais em longos prazos, sendo estruturadas em saberes que, na arquitetura, fundamentam questões de desempenho. Desse modo, a associação da representação paramétrica e da Biomimética possibilita a geração de modelos com formas complexas e otimizadas que dão suporte não apenas à ação projetual, como também no objetivo de minimizar os efeitos causados no meio ambiente em que o projeto é inserido.

No contexto em que este trabalho se insere, observa-se no ateliê de projeto do segundo semestre do curso de arquitetura da Universidade Federal de Pelotas a introdução dos conceitos de arquitetura Tectônica e Estereotômica, fundamentados por BAEZA (2003), para aquisição da consciência construtiva e, posteriormente, a exploração de superfícies curvas, com ênfase no emprego de abóbadas. Acrescido a isso, conforme LEGAULT (2005), tais abordagens possuem grande importância no ensino de arquitetura e podem proporcionar avanços a partir de sua aplicação. No entanto, em tal contexto de ensino, a exploração do emprego de geometrias curvas no projeto de arquitetura restringe-se a classe de superfícies cônicas e cilíndricas, não abarcando formas mais complexas e otimizadas tais como as superfícies de dupla curvatura. Ademais, os métodos de concepção e de representação de tais estruturas no ateliê de projeto ainda são desenvolvidos com técnicas tradicionais de representação, sem a adoção da potencialidade do desenho paramétrico para a configuração de formas otimizadas, as quais poderiam atender alguns princípios da Biomimética.

Desse modo, tenta-se compreender de que maneiras a Biomimética e a representação gráfica digital, particularmente a modelagem paramétrica, podem se integrar e colaborar à compreensão de tais conceitos para sua inserção no ensino de arquitetura. O estudo tem como principal objetivo estruturar os saberes envolvidos na geração de geometrias complexas, visando integrá-los com as abordagens apresentadas aos estudantes de Arquitetura no atelier de projeto.

2. Procedimentos Metodológicos

O trabalho trata-se de um processo de estruturação de referenciais didáticos que passou, primeiramente, por um processo de revisão bibliográfica, realizado em OLIVEIRA, PIRES (2021), sobre as relações existentes entre a Biomimética, a Arquitetura, o processo projetual, a representação gráfica, a arquitetura Tectônica e Estereotômica e a abordagem paramétrica de projeto e de representação, com base nos estudos de SANTOS (2010), LOBACH (2000), BAEZA (2003) e REBELLO (2000).

Posteriormente, foi desenvolvida uma análise geométrica e a modelagem paramétrica do Restaurante Los Manantiales de Félix Candela. Na sequência, o mesmo foi desenvolvido para uma atividade de projeto do segundo semestre do curso de Arquitetura da UFPel, realizada, anteriormente, pela autora deste estudo na disciplina de Projeto de Arquitetura II, no ano de 2019, com técnicas tradicionais de representação, em que foi aplicado um tipo

de estrutura curva no projeto, seguindo o conceito de Estereotômica. Ambas as atividades utilizaram o software de modelagem tridimensional Rhinoceros e o plug-in de modelagem paramétrica por programação visual Grasshopper. Durante o processo, foram sendo explicitados os elementos de saber associados à representação das geometrias complexas da arquitetura integrados ao saber que envolve a atividade de projeto, de acordo com a noção estruturada de um saber, de CHEVALLARD (1999), estruturados no formato de uma rede de conceitos, em mapas conceituais, desenvolvidos no software CMAP tools (<https://cmap.ihmc.us/>). Isso se deu pela possibilidade de compartilhamento em rede, em servidores e sites, no formato html, seguindo a metodologia adotada em PIRES (2017).

3. Resultados e Discussões

A estruturação desenvolvida até então já permitiu integrar os conceitos e técnicas de modelagem paramétrica de geometrias complexas da natureza com as potencialidades da Biomimética e dos conceitos de Tectônica e Estereotômica. Nesse sentido, essa rede de conceitos organizou-se em um mapa dirigente (Figura 1) com quatro etapas principais - “Processo de Revisão: Biomimética e Representação Gráfica Digital na Arquitetura”, “Análise de Referencial Arquitetônico”, “Atividade de Projeto II” e “Nova proposta para a Cobertura da atividade de Projeto II” - as quais possuem sub estruturas organizadas em outros mapas de especificação do saber.

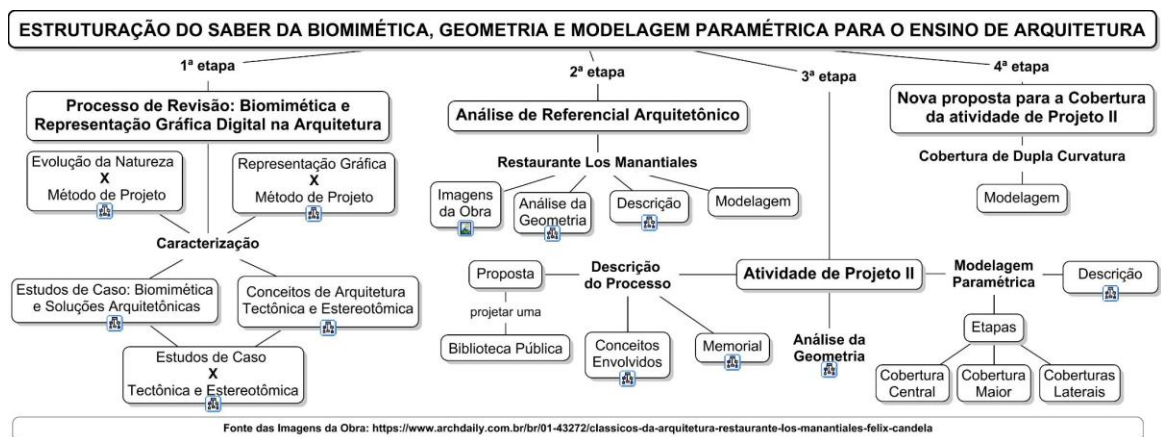


Figura 1: Mapa dirigente da estrutura de saber explicitada no estudo. Fonte: elaborado pelos autores.

Dessa maneira, a primeira etapa da estruturação da rede de conceitos consistiu em sistematizar os resultados dos referenciais do processo de revisão desenvolvido em OLIVEIRA, PIRES (2021). Os elementos explicitam como a Biomimética pode ser utilizada como suporte ao método de projeto e à obtenção de soluções arquitetônicas (Figura 2) em conjunto com a representação gráfica digital (Figura 3). Ademais, essa etapa permitiu refletir que a análise da natureza auxilia na compreensão dos termos de arquitetura Tectônica e Estereotômica de forma didática no ateliê de projeto, conforme explicitado no mapa da Figura 4.

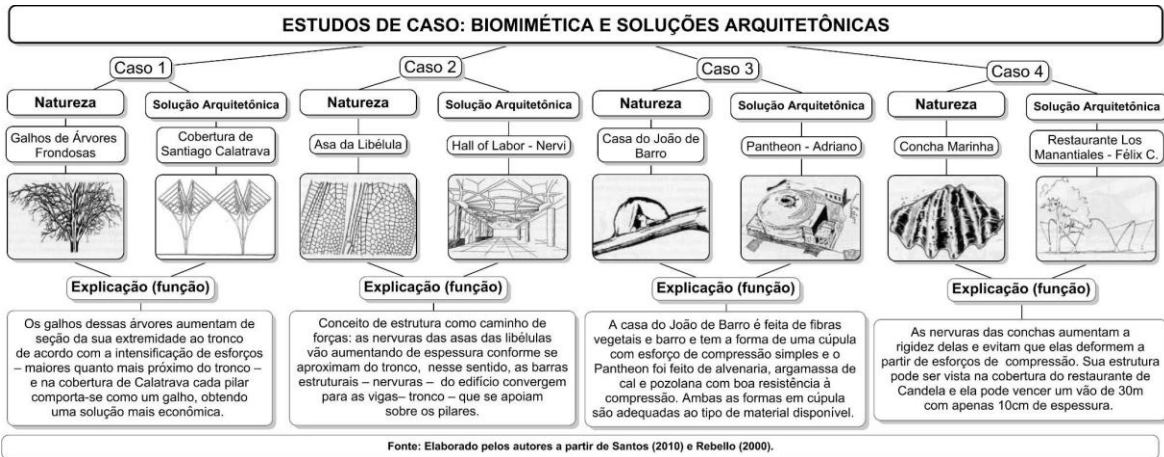


Figura 2: Estudos de Caso - parte do processo de revisão estruturado. Fonte: elaborado pelos autores.

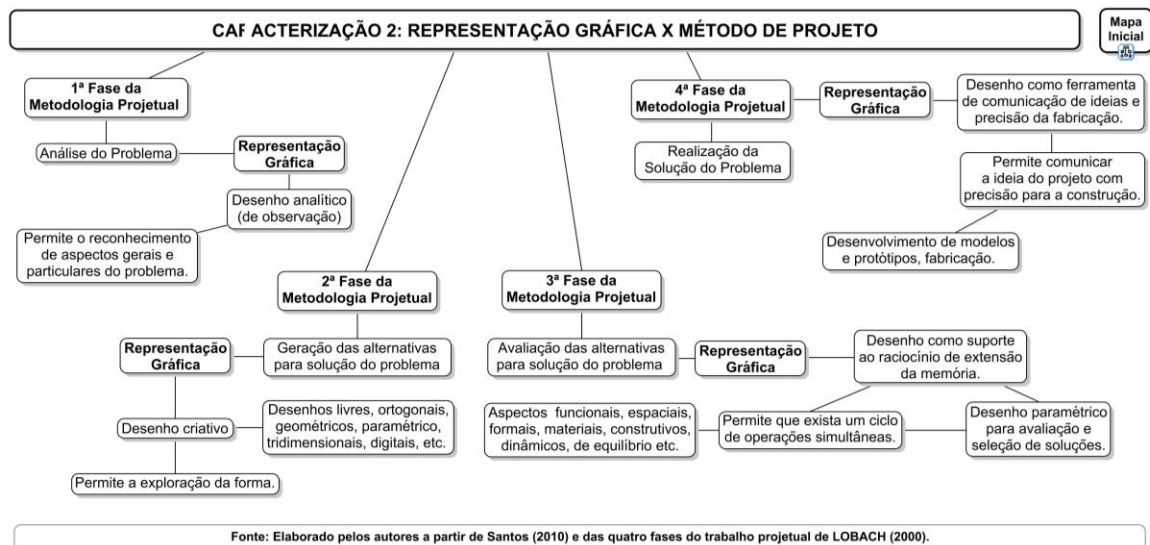


Figura 3: Representação Gráfica X Método de Projeto - parte do processo de revisão estruturado. Fonte: elaborado pelos autores.

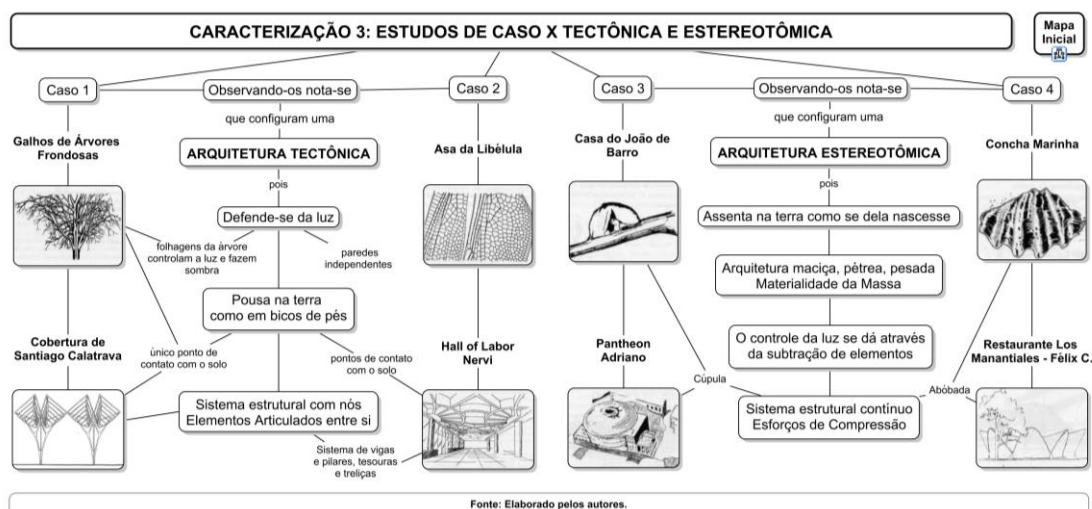


Figura 4: Estudos de Caso X Tectônica e Estereotômica - parte do processo de revisão estruturado. Fonte: elaborado pelos autores.

Posteriormente, como método de reconhecimento dos conceitos e técnicas de geração de geometrias complexas otimizadas, explicitou-se, em um mapa conceitual específico, a estrutura de saber referente à análise geométrica do Restaurante Los Manantiales de Félix Candela, que se estrutura a partir de uma composição de superfícies de dupla curvatura, assim como pode ser observado na Figura 5, e, após, a programação visual correspondente à modelagem paramétrica (Figura 6) e uma sequência estruturada e explícita dos passos dessa modelagem, ou seja, a descrição de um algoritmo, conforme a Figura 7. A escolha desse referencial se deu pela sua geometria complexa ser inspirada na natureza e pela sua relação com os conceitos abordados e identificados na etapa de estruturação anterior.

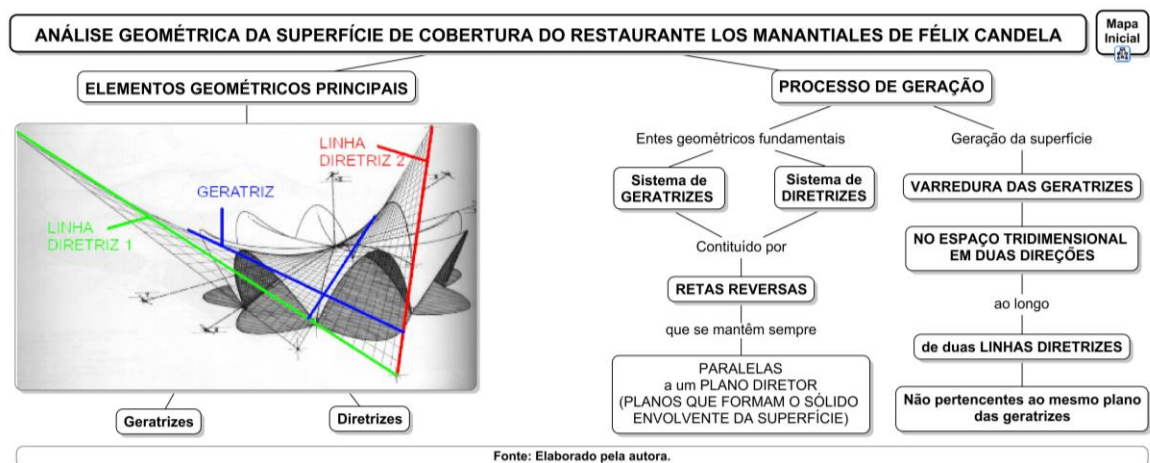


Figura 5: Análise geométrica da superfície de cobertura do Restaurante Los Manantiales de Félix Candela. Fonte: elaborado pelos autores.

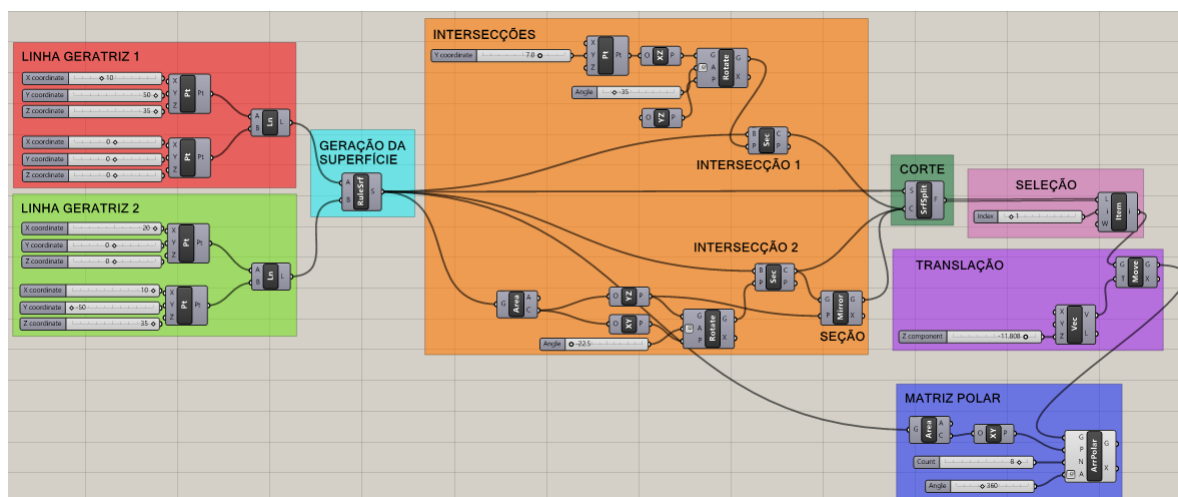


Figura 6: Programação da modelagem da superfície de cobertura do Restaurante Los Manantiales de Félix Candela. Fonte: elaborado pelos autores.

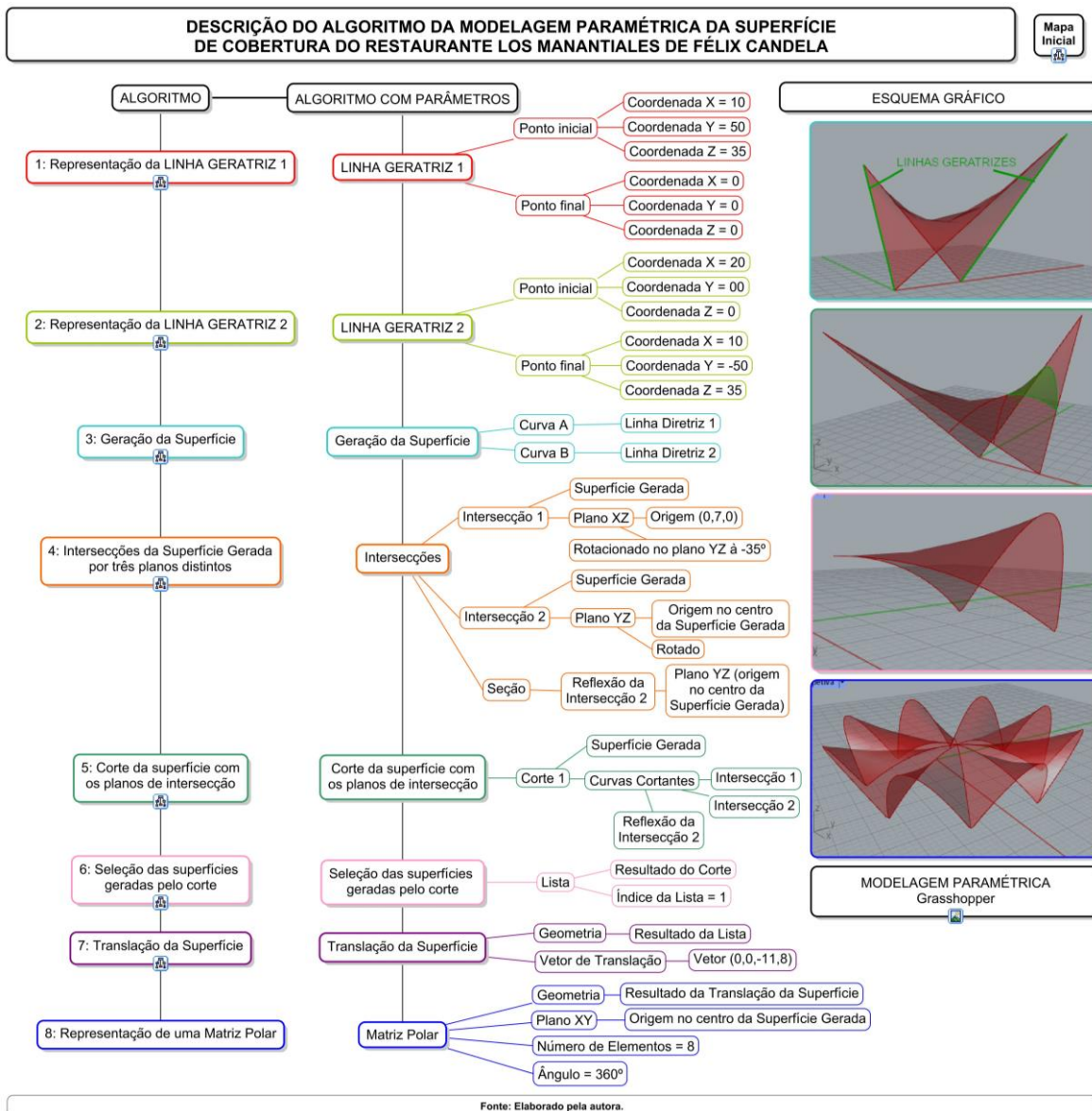


Figura 7: Descrição do algoritmo de modelagem da superfície de cobertura do Restaurante Los Manantiales de Félix Candela. Fonte: elaborado pelos autores.

Seguindo a mesma metodologia, analisaram-se os saberes da atividade de projeto desenvolvida pela autora deste trabalho para explicitar os conceitos de projeto e a geometria que a envolvem, conforme a Figura 8. Tendo-se por base tais saberes, desenvolveu-se a descrição do algoritmo para a modelagem paramétrica da estrutura utilizada nas superfícies de cobertura do projeto e a sua programação (Figura 9 e 10).

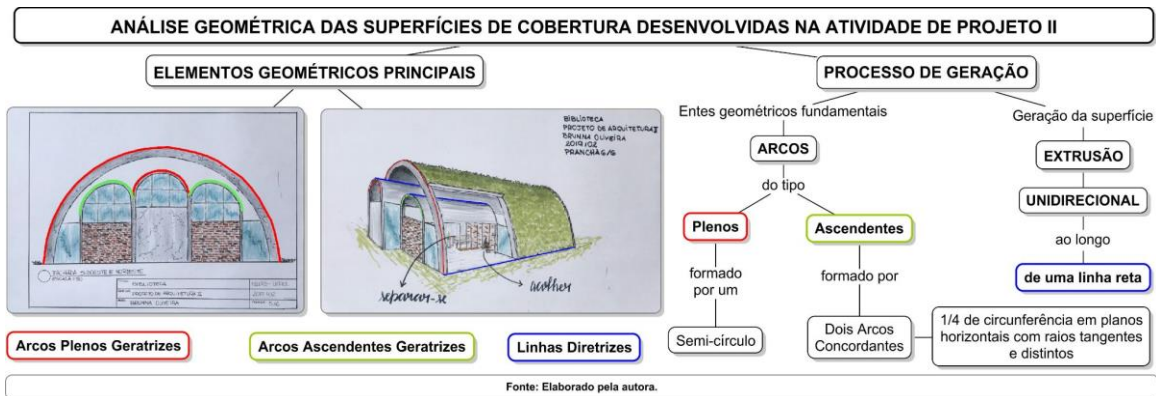


Figura 8: Análise geométrica das superfícies de cobertura desenvolvidas na atividade de Projeto II.
Fonte: elaborado pelos autores.

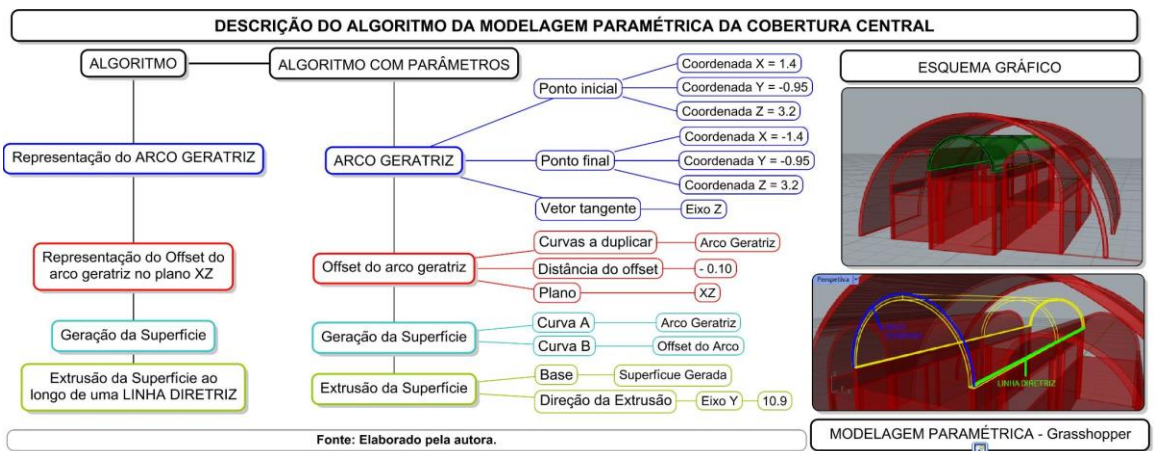


Figura 9: Descrição do algoritmo de modelagem de uma das superfícies de cobertura da atividade de projeto.
Fonte: elaborado pelos autores.

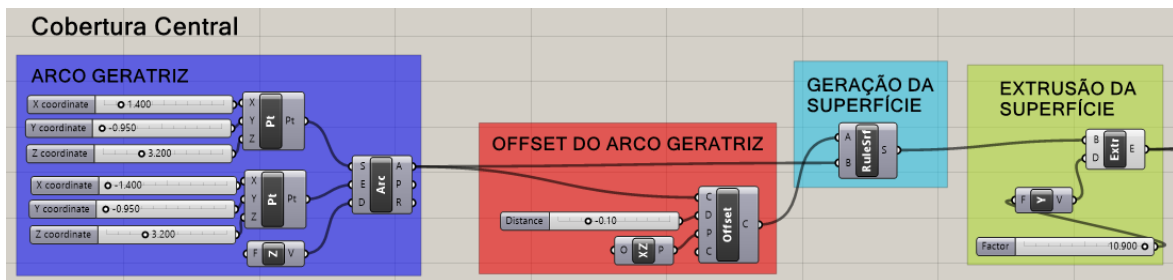


Figura 10: Programação da modelagem de uma das superfícies de cobertura da atividade de projeto.
Fonte: elaborado pelos autores.

Na sequência e por fim, realizou-se a proposição de uma nova superfície para substituir as coberturas originais da atividade de projeto, agora inspirada nas potencialidades da geometria de dupla curvatura da cobertura do Restaurante Los Manantiales de Félix Candela, com a descrição do algoritmo da nova cobertura maior, sua programação e o modelo resultante, respectivamente, conforme as Figuras 11, 12 e 13.

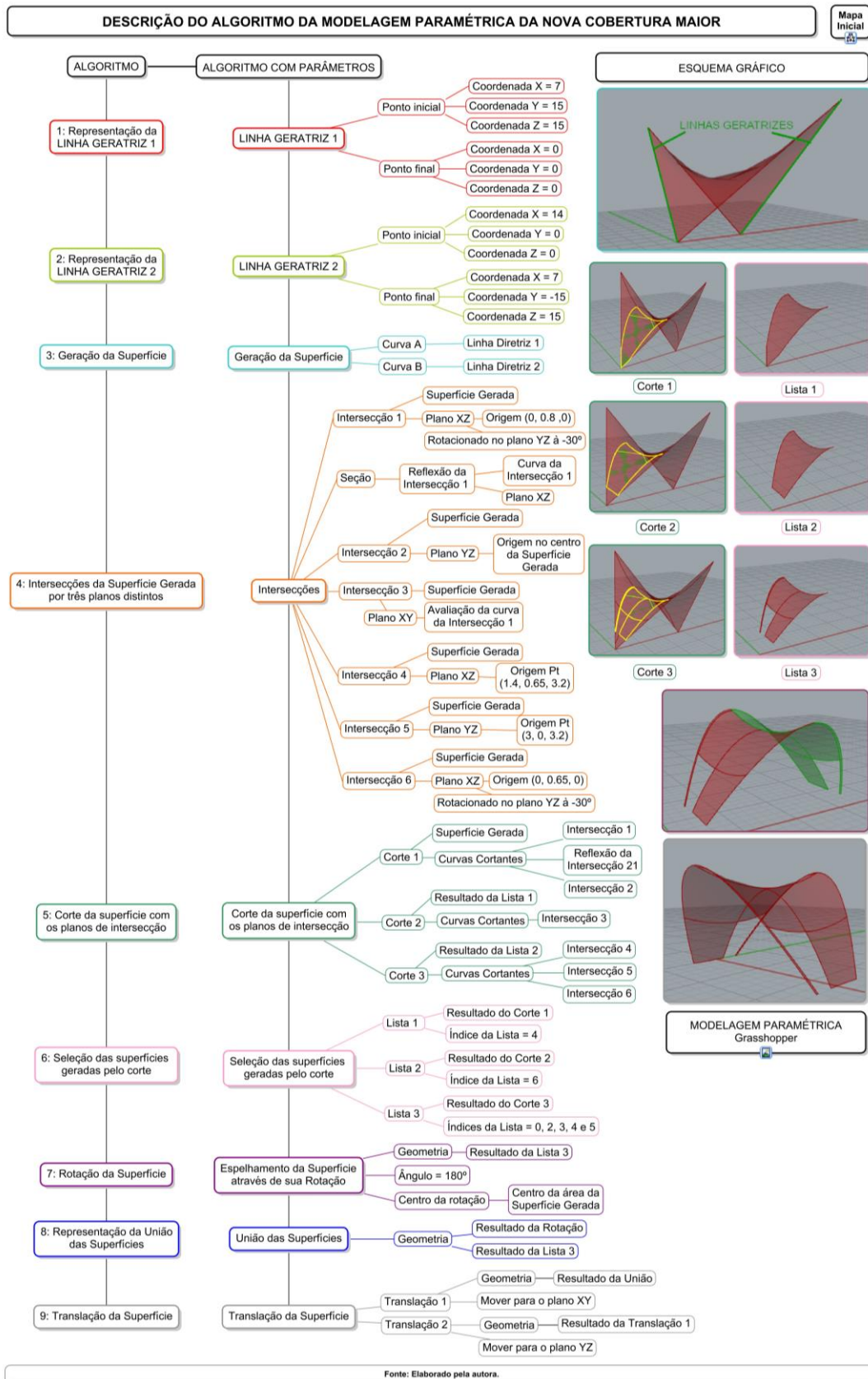


Figura 11: Descrição do algoritmo de modelagem paramétrica da nova cobertura maior. Fonte: elaborado pelos autores.

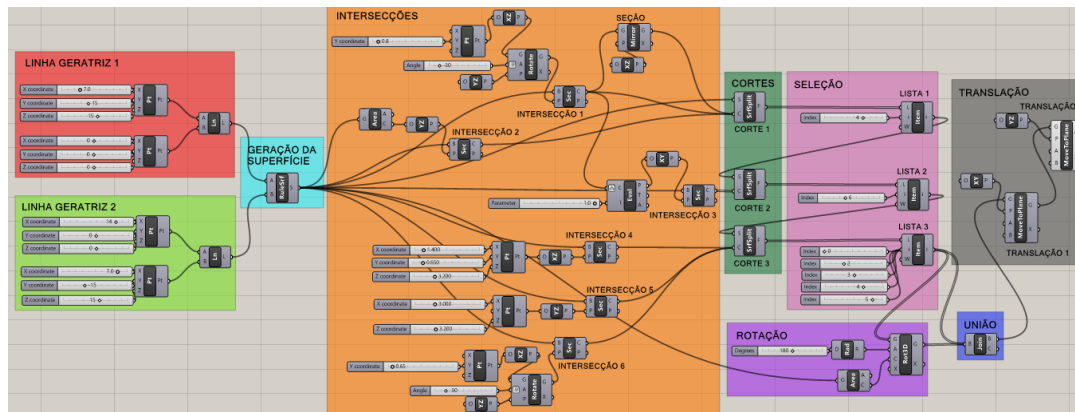


Figura 12: Programação da modelagem paramétrica da nova cobertura maior. Fonte: elaborado pelos autores.

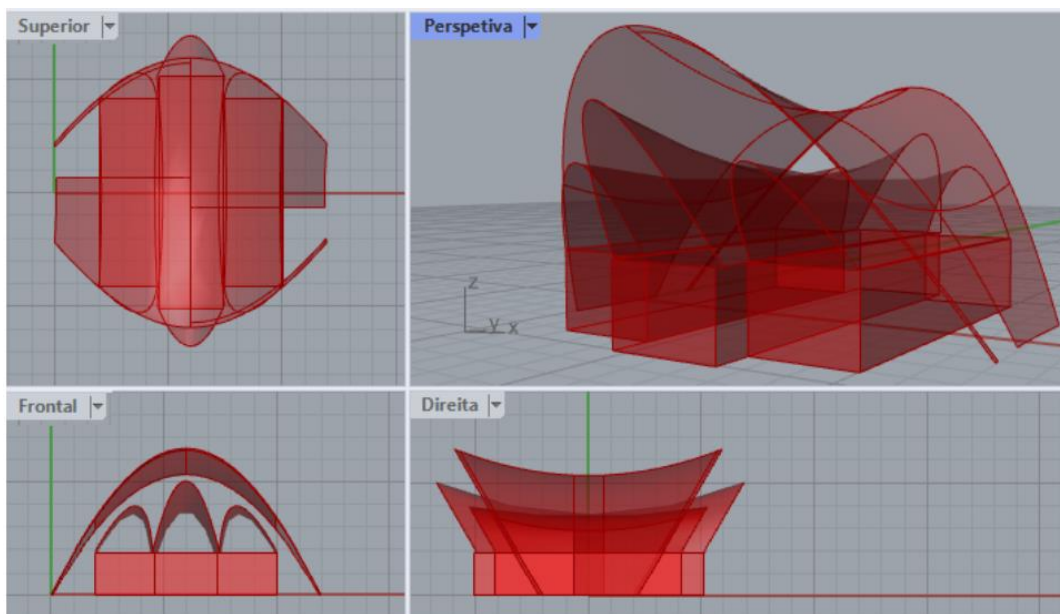


Figura 13: Modelo resultante da modelagem da atividade de projeto II com coberturas novas. Fonte: elaborado pelos autores.

4. Conclusão

O presente trabalho teve o intuito de estruturar uma rede de saberes que integra conceitos e técnicas de modelagem paramétrica de geometrias complexas da natureza, inspiradas nas potencialidades da Biomimética e nos conceitos de Tectônica e Estereotômica, a partir dos estudos de caso de arquitetura, como alternativas para soluções arquitetônicas. Nesse sentido, esses saberes se configuram não apenas como um recurso ao método projetual, mas também como subsídios importantes à ação projetual e formativa, voltada a abordagens contemporâneas de design.

Desse modo, a metodologia utilizada para a construção da rede de conceitos possibilita a promoção de processos formativos por meio de uma estrutura de saber que contempla os princípios da Teoria da Transposição Didática (CHEVALLARD, 1991) por meio da vinculação do saber em sua estrutura integral. Assim, a rede pode ser acessada para a proposição e aplicação de atividades didáticas em modelagem paramétrica no âmbito da

arquitetura, a fim de promover momentos didáticos de investigação das geometrias complexas da arquitetura, como as da natureza. Sendo assim, a associação das estruturas de saber identificadas promove uma compreensão da relação da geometria da natureza com o processo projetual e a sua representação auxiliando os acadêmicos de Arquitetura e Urbanismo a se atualizarem e apropriarem-se dos novos saberes, métodos e soluções que vem sendo produzidos e a obterem uma maior compreensão sobre o funcionamento estrutural de seus projetos.

Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq pelo apoio dado por meio da bolsa de iniciação científica no âmbito do Projeto AMPARA (UFPel).

Referências

PIRES, J. d. F., PEREIRA, A. T. C. GONÇALVES, A. Taxonomias de geometria da arquitetura contemporânea: uma abordagem didática ao ensino da modelagem paramétrica na arquitetura. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, 2017, 12(3), 27-46.

OLIVEIRA, B. P. d.; PIRES, J. d. F. Biomimética e Representação Gráfica: Abordagem Integrada ao Processo Projetual em Arquitetura. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 10, p. 180-192, 2021.

BAEZA, A. C. **De la cueva a la cabaña. Sobre lo estereotómico y lo tectónico em arquitectura**. In: BAEZA, A. C. Sustancia y circunstancia: memoria del curso 2002-2003 de las asignaturas proyectos arquitectónicos 4 e 5. Madrid: Mairea Libros, 2003.

BENYUS, J. M. **Biomimética: inovação inspirada pela natureza**. São Paulo: editora Cultrix, 2003.

CHEVALLARD, Y. El Análisis de las Prácticas Docentes en la Teoría Antropológica de Lo Didáctico. **Recherches en Didactique de Mathématiques**, Grenoble, Vol. 19, nº 2, pp. 221-266, 1999. (Traducción de Ricardo Barroso, Universidad de Sevilla). Disponível em: http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/algebra/chavallard_tad.pdf

LEGAULT, R. **La trajectoire tectonique**. In: CHUPIN, J., SIMONETTE, C.(org). Le projet tectonique. Gollion: Infólio éditions, 2005.

LOBÄCH, B. **Design industrial: bases para a configuração de produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

PEREZ-GARCIA, A.; GÓMEZ-MARTÍNEZ, F. Natural structures: strategies for geometric and morphological optimization. **Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2009**, Valencia Evolution and Trends in Design, Analysis and Construction of Shell and Spatial Structures 28 September – 2 October 2009, Universidad Politecnica de Valencia, Spain.

POTTMANN, H. ASPER, A. HOFER, M. KILIAN, A. **Architectural Geometry**. Exton, Pennsylvania: Bentley Institute Press, 2007.

REBELLO, Y.C.P. **A Concepção Estrutural e a Arquitetura**. 1º Edição. São Paulo: Zigurate Editora, 2000.

SANTOS, C. O Desenho como Processo de Aplicação da Biomimética na Arquitetura E No Design. **Revista Tópos**. Presidente Prudente: UNESP, v. 4, n. 2, 2010, p. 144 – 192.

WOODBURY, R. **Elements of Parametric Design**. London: Routledge, 2010.