



GESTÃO E TECNOLOGIA DE PROJETOS

Design Management and Technology

2017; 12(3)

Uma publicação do
Instituto de Arquitetura e Urbanismo
Universidade de São Paulo



© Gestão e Tecnologia de Projetos

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento.

Periodicidade
Quadrimestral

Tiragem
revista eletrônica



Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo [IAU-USP]
Avenida Trabalhador São-Carlense, 400 - Centro
13566-590, São Carlos - SP, Brasil
Telefone: +55 16 3373-9311
Fax: +55 16 3373-9310
www.iau.usp.br

iau usp

Ficha Catalográfica

Gestão e Tecnologia de Projetos / Universidade de São Paulo.
Instituto de Arquitetura e Urbanismo. – v. 1, n. 1 (2006) – .
– São Carlos: USP, 2006 -

Quadrimestral
ISSN 1981-1543

1. Processos e tecnologias de projetos – Periódicos.
Arquitetura. I. Universidade de São Paulo. Instituto de
Arquitetura e Urbanismo.

Apoio

Programa de Apoio às Publicações Científicas Periódicas da USP - SiBI USP

Bases de Indexação e Divulgação

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

latindex



.periodicos.

Produção e Assessoria Editorial

TIKINET

5 EDITORIAL

Dra. Underléa Miotto Bruscato, Dra. Maria Elena Tosello

9 INFORMED DESIGN DECISION-MAKING: FROM DIGITAL ANALYSIS TO URBAN DESIGN

Tomada de decisão informada em projeto: da análise digital ao desenho urbano

Camilla Pezzica, João Ventura Lopes, Alexandra Claudia Rebelo Paio

27 TAXONOMIAS DE GEOMETRIA DA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA AO ENSINO DA MODELAGEM PARAMÉTRICA NA ARQUITETURA

Taxonomies of geometry of the contemporary architecture: a didactic approach to the teaching of parametric modeling in architecture

Janice de Freitas Pires, Alice Theresinha Cybis Pereira, Alexandre Gonçalves

47 TRANÇADO: RECURSOS COMPUTACIONAIS APLICADOS NO PROCESSO DE PROJETO DE UM MOBILIÁRIO URBANO

Trançado: computational design thinking applied to a urban furniture project

Dyego Digiandomenico, Gabriele Landim, Henrique Fischer

59 OBJECTILE E AS “NOVAS PRETENSÕES” DO PROJETO PARAMÉTRICO EM ARQUITETURA

Objectile and the “new pretensions” of parametric design in architecture

Isabella de Souza Sierra, Flávio Anthero Nunes Vianna dos Santos, Elton Moura Nickel

77 O DESAFIO DO CONCEITO DE PERFORMANCE NO CAMPO DA SUSTENTABILIDADE E DO DESIGN COMPUTACIONAL

The challenge of the performance concept within the sustainability and computational design field

Marcio Nisenbaum, José Ripper Kós

93 **THREE-STEP EXPERIMENTATION ON
EMBEDDING CURVATURE TO RIGID PLANAR
MATERIALS THROUGH CUT PATTERNS**

Experimentação de três passos em incorporação de
curvatura de materiais de superfície planar rígidos por
meio de padrões de corte

Orkan Zeynel Güzelci, Sema Alaçam, Saadet Zeynep Bacınoğlu

EDITORIAL

VOLUME 12 NÚMERO 3 (2017)

Com este número dedicado a teorias e práticas de projeto em contextos digitais, damos continuidade a parceria entre a *GTP* e a Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital (SIGraDi), que provoca sinergia entre ambas as instituições, interessadas na divulgação de experiências acadêmicas, científicas e/ou profissionais inovadoras que vinculem arquitetura, design, arte e engenharia com as tecnologias.

O alcance e a política editorial da *Revista*, em concordância com os objetivos de SIGraDi em relação à difusão de trabalhos relevantes produzidos nestas áreas de atuação, abrem espaço privilegiado para a publicação de artigos originais em português, espanhol e inglês, resultado de revisão e ampliação significativas de trabalhos apresentados no congresso SIGraDi do ano anterior.

Teorias e práticas de projeto em contextos digitais constitui um dos eixos temáticos potenciais do XX Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital 2016: *CrowdThinking*, que se realizou entre os dias 9 e 11 de novembro de 2016 no Centro Cultural San Martín, em Buenos Aires (Argentina), e foi organizado pela Faculdade de Arquitetura, Design e Urbanismo da Universidade Nacional de Buenos Aires (UBA).

O congresso SIGraDi 2016 propôs refletir e debater sobre processo de projeto colaborativo, inteligência distribuída, investigação coletiva e, principalmente, transdisciplinariedade como construção, partindo de perspectivas de multiplicidade e diversidade. Estes são temas de suma importância nos campos de arquitetura, design e engenharia, como também nas áreas emergentes de ciências humanas e artes.

Design, investigação e produção colaborativa de vanguarda, somados a inteligência distribuída, desenvolvimento sustentável e teorias práticas computacionais, integram aliança fundada em diálogo e participação, que constitui uma das chaves principais para resolvermos problemáticas complexas a nível educacional, comunicacional, urbano ou territorial.

As tecnologias digitais oferecem instrumentos e estratégias com potencial para idealizar e desenvolver projetos com maior responsabilidade social e ambiental, facilitando a integração de atores, dados e conhecimentos dispersos. Essa integração permite trabalhar coletivamente com base em mediações, simulações e avaliações de desempenho, otimizando recursos através de novas metodologias de desenho, técnicas de representação e sistemas de fabricação.

Logo após o congresso, se realizou pré-seleção de 23 trabalhos avaliados pelo Comitê Científico Internacional da SIGraDi, e seus autores – provenientes de Brasil, Chile, Argentina, Portugal, Alemanha, Espanha, Turquia e Estados Unidos – foram convidados a submeter artigos ampliados, que passaram por novo processo de avaliação às cegas por pares da *Revista*. Como resultado deste processo, foram aprovados os seis artigos que apresentamos nesta edição, os quais descrevemos brevemente.

O primeiro artigo, de Pezzica, Lopes e Paio, descreve nova abordagem sobre o desenho do espaço público aberto, baseada em análise multidimensional orientada

How to cite this article:

BRUSCATO, U. M.; TOSELLO, M. E. Editorial: volume 12, número 3. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 5-6 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.140836>

para tomada de decisão e desenvolvimento de soluções arquitetônicas em evidência. Apresenta visão geral das variáveis mais relevantes de projeto e suas restrições, fornecendo informações úteis para o desenvolvimento de um desenho urbano mais sustentável, que considera os valores sociais e culturais locais.

Pires, Pereira e Gonçalves, no segundo trabalho apresentado, apresentam abordagem didática voltada ao ensino da representação gráfica digital para o projeto de arquitetura, procurando identificar estruturas de saber que suportem os conceitos geométricos empregados em obras da arquitetura contemporânea. O estudo também aporta estratégias projetuais baseadas na geometria utilizada pelos arquitetos contemporâneos, uma vez que suas representações paramétricas exigem compreensão teórica profunda de seus elementos constituintes.

O terceiro trabalho, de Digiandomenico, Landim e Fischer, discute desenvolvimento do algoritmo, parâmetros, desempenho do projeto e uso de tecnologias de prototipagem rápida e fabricação digital para análise de modelo e técnicas construtivas, execução e instalação final. O artigo contribui ao relatar e discutir a qualidade do processo aplicado, não se concentrando apenas em analisar o resultado do objeto arquitetônico, mas também em produzir insumos para reflexão e avanço da aplicação de recursos computacionais no processo de projeto em arquitetura e design.

Na sequência, temos o artigo de Duarte, Sanches e Lepri, que discorre sobre três níveis de reflexão a respeito do projeto paramétrico digital na arquitetura: 1) o *objectile* e sua relação no processo como ferramenta da variabilidade: caminho para o meta-design; 2) o *objectile* na questão da escolha dentro do processo projetual: um controle modulado; e 3) o *objectile* no impacto sobre novas formas de pensar o projeto por dentro: amnésia e inconsciência algorítmica. Buscamos entender a perturbadora mudança conceitual trazida por essa ideia de projeto baseada em “contínuo por variação”, afetando formas de pensar e conceitos como processo, controle, liberdade e escolha.

Nisenbaum e Kós discutem no quinto artigo o conceito de *performance* e sua apropriação nas áreas de pesquisa relacionadas à sustentabilidade e ao design computacional, enfocando os processos projetuais dos campos de arquitetura e urbanismo. Recentemente, termos como “design orientado pela *performance*” ou “arquitetura orientada pela *performance*”, sobretudo quando relacionados à sustentabilidade, têm figurado no vocabulário de autores e profissionais na busca por diretrizes de projeto baseadas em processos de simulação e uso sistemático de ferramentas digitais, ampliando uma visão a partir de novas interpretações teóricas e recorrendo à investigação etimológica.

Por fim, Güzelci, Alaçam e Bacinoğlu apresentam resultados de uma experimentação de três passos para integrar técnicas de modelagem e design analógico e digital. A experimentação abrange geração e incorporação de padrões de corte ao material de plano 2D e remapeamento de padrões 2D em superfícies 3D, com base em conhecimentos adquiridos na fase anterior e exploração de novas superfícies de forma livre em 3D em ambientes tanto físicos como digitais. Os autores aportam abordagens exploratórias e criativas para formação e fabricação de projetos integrativos.

Agradecemos ao editor chefe, Marcio Fabricio, pelo suporte e pela confiança que depositou em nosso trabalho.

Desejamos a todos uma ótima leitura.

Dra. Underléa Miotto Bruscato

Dra. Maria Elena Tosello

EDITORIAL

VOLUMEN 12 NÚMERO 3 (2017)

Con este número dedicado a **“Teorías y Prácticas de Diseño en Contextos Digitales”**, damos continuidad a la colaboración entre la Revista Gestión y Tecnología de Proyectos, y la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGraDi), que provoca una sinergia entre ambas instituciones interesadas en la divulgación de experiencias académicas, científicas y/o profesionales innovadoras, que vinculen la Arquitectura, el Diseño, el Arte y la Ingeniería, con las Tecnologías.

El alcance y la política editorial de la revista G&T, en coincidencia con los objetivos de SIGraDi respecto a la difusión de trabajos relevantes producidos en estas áreas de actuación, abren un espacio privilegiado para la publicación de artículos originales en portugués, español e inglés, que son el resultado de la revisión y ampliación significativa de trabajos presentados en el congreso de SIGraDi del año anterior.

“Teorías y Prácticas de Diseño en Contextos Digitales” constituyó uno de los ejes temáticos más prolíficos del XX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital 2016: *CrowdThinking*, que se realizó entre el 9 y el 11 de noviembre de 2016 en el Centro Cultural San Martín de la ciudad de Buenos Aires, Argentina, y fue organizado por la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional de Buenos Aires, UBA.

SIGraDi 2016 propuso reflexionar y debatir sobre el diseño colaborativo, la inteligencia distribuida y la investigación colectiva, pero fundamentalmente sobre la transdisciplina, como construcción desde la multiplicidad y la diversidad, temas de suma importancia en los campos de la Arquitectura, el Diseño y la Ingeniería, como también en áreas emergentes de las Ciencias Humanas y las Artes.

El diseño, la investigación y la producción colaborativa de vanguardia, sumados a la inteligencia distribuida, el desarrollo sostenible y las teorías y prácticas computacionales, integran una alianza -fundada en el diálogo y la participación- que constituye una de las claves para la resolución de problemáticas complejas a nivel educativo, comunicacional, urbano o territorial.

Las tecnologías digitales ofrecen instrumentos y estrategias con potencial para idear y desarrollar proyectos con mayor responsabilidad social y ambiental, facilitando la integración de actores, datos y conocimientos dispersos. Esta integración permite trabajar mancomunadamente en base a mediaciones, simulaciones y evaluaciones de desempeño, optimizando los recursos a través de nuevas metodologías de diseño, técnicas de representación y sistemas de fabricación.

Con posterioridad al congreso, se realizó una preselección de 23 trabajos en función a la evaluación realizada por el Comité Científico Internacional de SIGraDi, y sus autores -provenientes de Brasil, Chile, Argentina, Portugal, Alemania, España, Turquía y EEUU- fueron invitados a enviar artículos ampliados que pasaron por un nuevo proceso de evaluación a ciegas por pares de la revista. Como resultado de este proceso, fueron aprobados los 6 artículos que presentamos en esta edición, los cuales describimos brevemente a continuación.

How to cite this article:

BRUSCATO, U. M.; TOSELLO, M. E. Editorial: volumen 12, número 3. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 7-8 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.140837>

El primer artículo de Pezzica, Lopes y Paio, describe un nuevo enfoque del diseño del espacio público abierto, basado en un análisis multidimensional orientado a la toma de decisiones y al desarrollo de soluciones arquitectónicas. Presenta una visión general de las variables de diseño más relevantes y sus restricciones, proporcionando así informaciones útiles para el desarrollo de un diseño urbano más sostenible que considere los valores sociales y culturales locales.

Pires, Cybis Pereira y Gonçalves, el segundo trabajo publicado, presentan un enfoque didáctico orientado a la enseñanza de la representación gráfica digital para el proyecto de arquitectura, buscando identificar estructuras de saber que sustenten los conceptos geométricos empleados en obras de arquitectura contemporánea. El estudio también aporta estrategias proyectuales basadas en la geometría utilizada por los arquitectos contemporáneos, ya que las representaciones paramétricas de estas geometrías exigen una comprensión teórica profunda de sus elementos constituyentes.

El tercer trabajo de Digiandomenico, Landim y Fischer, discute el desarrollo del algoritmo, los parámetros, el desempeño del proyecto y el uso de tecnologías de prototipado rápido y fabricación digital para el análisis del modelo y de las técnicas constructivas, ejecución e instalación final. El artículo describe y discute la calidad del proceso aplicado, concentrándose no sólo en analizar el resultado del objeto arquitectónico, sino en producir insumos para la reflexión y el avance de la aplicación de recursos computacionales en el proceso de diseño.

A continuación, como cuarto artículo, Duarte, Sanches y Lepri presentan tres niveles de reflexión sobre el proyecto arquitectónico paramétrico: (a) el objeto y su relación en el proceso como herramienta de la variabilidad, camino hacia el meta-diseño; (b) el objeto en la cuestión de la elección dentro del proceso proyectual, un control modulado; y (c) el objeto e impacto sobre nuevas formas de pensar el proyecto por dentro, amnesia e inconsciencia algorítmica, buscando entender el perturbador cambio conceptual provocado por la idea del proyecto como un “continuo por variación”, que afecta las formas de pensar y los conceptos de proceso, control, libertad y elección.

Nisenbaum y Kos discuten en el quinto artículo, el concepto de performance y su apropiación en áreas de investigación relacionadas con la sustentabilidad y el diseño computacional, enfocando los procesos proyectuales de la Arquitectura y el Urbanismo. Recientemente, términos como “diseño orientado a la performance” o “arquitectura orientada a la performance”, sobre todo en lo relacionado con la sustentabilidad, comienzan a figurar en el vocabulario de autores y profesionales, en la búsqueda de premisas de diseño basadas en procesos de simulación y en el uso sistemático de herramientas digitales, ampliando ese enfoque a partir de nuevas interpretaciones teóricas.

Finalmente, Guzelci, Alaça y Bacinoğlu presentan los resultados de una experimentación de tres pasos para integrar diseño análogo-digital y técnicas de modelado. La experimentación abarca la generación e incorporación de patrones de corte a material plano en 2D; el mapeo de patrones 2D en superficies 3D en base a los conocimientos adquiridos en la fase anterior; y la exploración de nuevas superficies 3D de forma libre, tanto en ambientes físicos como digitales. El modelo presentado pretende contribuir a estudios pedagógicos centrados en enfoques exploratorios y creativos, para procesos de diseño y fabricación integradores.

Las editoras queremos agradecer al editor en jefe, Marcio Fabricio, por el soporte y la confianza que depositó en nuestro trabajo.

Deseamos a todos una buena lectura.

Dra. Underléa Miotto Bruscato

Dra. Maria Elena Tosello

INFORMED DESIGN DECISION-MAKING: FROM DIGITAL ANALYSIS TO URBAN DESIGN

TOMADA DE DECISÃO INFORMADA EM PROJETO: DA ANÁLISE DIGITAL AO DESENHO URBANO

Camilla Pezzica¹, João Ventura Lopes², Alexandra Claudia Rebelo Paio²

ABSTRACT: This study describes a new approach to explore the design of public open spaces based on a multidimensional analysis useful to inform decision-making and foster the development of evidence-based architectural solutions. It presents an overview of the most relevant design variables and their constraints, providing, in this way, valuable information for the elaboration of a more sustainable urban design, considerate of the local socio-cultural values. This research aims at providing holistic guidance for the development of better design proposals in contemporary urban environments. More specifically, it seeks to synchronously characterize urban spaces at a multi-scale and multidimensional level, both quantitatively and qualitatively, by collecting contributions from Space Syntax Theory, Public Life Studies, Building Science and Environmental/Comfort Analysis in public open spaces. Many advanced digital tools are used for data management purposes and to generate and test iteratively different design proposals. The proposed methodology is based on a range of tests and analyses performed in the process of developing a new experimental project for Largo da Graça, an urban square located in Lisbon's historic centre, which allowed the testing of different design solutions. This experiment generated a digital workflow for the design of the urban square, in which are registered all the steps undertaken to solve the many design problems identified by considering the efficiency targets (centrality, connectivity, enclosure, thermal comfort, security, social equity and interaction). The process comprises a sequence of comparative design reviews and records the choices made when dealing with latent information underlying changing conditions in the use of public space and the programmatic malleability of the Portuguese plaza. The description of the adopted design strategy and the examples extracted from the workflow are used to illustrate the practical approach of the proposed methodology. Ultimately, this study seeks to show how tightening the link between applied research and sustainable urban design can effectively support the design and planning of better public open spaces.

KEYWORDS: Design Methods; Public Space Design; Parametric Architecture; Multidimensional Analysis; Space Syntax.

RESUMO: Este artigo descreve uma nova abordagem ao desenho do espaço público aberto, baseada numa análise multidimensional orientada para a tomada de decisão e para o desenvolvimento de soluções arquitetônicas assentes em evidências. Apresenta uma visão geral das variáveis mais relevantes de projeto e suas restrições, fornecendo assim informações úteis para o desenvolvimento de um desenho urbano mais sustentável, que considera os valores sociais e culturais locais. Este trabalho propõe fornecer uma ferramenta de orientação holística para o desenvolvimento de melhores propostas de projeto em ambientes urbanos contemporâneos; mais especificamente, visa caracterizar de forma síncrona os espaços urbanos através de análises multiescala e multidimensional, quantitativas e qualitativas, incorporando as contribuições da sintaxe espacial, dos estudos de vida pública, da ciência da construção e da análise ambiental/conforto em espaços públicos abertos. Várias ferramentas digitais avançadas são utilizadas para gerir os dados, gerar e testar iterativamente as diferentes propostas do projeto. A metodologia proposta se baseia em diversos testes e análises executados no processo de desenvolvimento de um novo projeto experimental desenvolvido para o Largo da Graça, uma praça urbana localizada no centro histórico de Lisboa que permitiu o teste de diferentes tipos de propostas. Este experimento gerou uma estrutura processual digital para o desenho urbano da praça, no qual se registaram todas as etapas relativas à resolução de vários problemas de projeto, incluindo os objetivos de eficiência (centralidade, conectividade, compacidade,

¹ Cardiff University

² Instituto Universitário de Lisboa

Fonte de financiamento:

The first author is supported in this study by a scholarship granted by the University of Pisa, Italy, in 2015. The second author is supported by the FCT grant SFRH/BD/95148/2013. The authors acknowledge the support of the Municipality of Lisbon for the access to official cartographic and documentary data

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 24/06/2017

Aceito em: 30/08/2017

How to cite this article:

PEZZICA, C.; LOPES, J. V.; PAIO, A. C. R. Tomada de decisão informada em projeto: da análise digital ao desenho urbano: uma abordagem contemporânea à reabilitação do espaço público aberto. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 9-26 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.133936>



conforto térmico, segurança, igualdade e interação). O processo abarca uma sequência de propostas testadas e comparadas, bem como as escolhas feitas em relação às informações latentes, subjacentes às condições de mudança no uso do espaço público e à adaptabilidade programática da praça portuguesa. A estratégia de projeto adotada e os exemplos extraídos da estrutura processual digital são usados para ilustrar a abordagem prática da metodologia proposta, pretendendo assim demonstrar como o vínculo entre investigação aplicada e desenho urbano sustentável pode ser o adequado para o planejamento e o desenvolvimento de melhores soluções de espaço público.

PALAVRAS-CHAVE: Métodos de Projeto; Design do Espaço Público; Modelagem Paramétrica; Análise Multidimensional; Sintaxe Espacial.

INTRODUCTION

Urban design redevelopment projects are currently facing the challenge of creating sustainable solutions that meet the needs of local residents. However, according to Nisha and Nelson (2012), design-led initiatives have often failed their objectives because of an excess of subjectivity in the design approach, sometimes leading to gentrification problems and aggressive city re-branding, contributing to socio-economic polarisation. Consequently, there is an urgent need for alternative and more objective design methodologies able to support designers in the creation of more equitable and inclusive urban environments. The success and the sustainability of urban development projects depend on three main factors: economy, environment, and society, which are mutually dependent. In particular, social and cultural sustainability in cities is contingent upon a design of the physical environment that accounts for the identity of the place and the social habits of its users. To better deal with all these issues, this study adopts a tailored and properly integrated methodology of urban analysis and design. According to many authors (BENEDIKT, 1979; HILLIER, 1996; MADANIPOUR, 1999), people's behaviour is directly influenced by the urban morphology, which poses the conditions for the social construction of space. Therefore, designing physical urban elements that consider the local context and respond to community needs and climate issues at the same time could be an effective way for developing sustainable urban transformation projects. Ultimately, this article builds on previous work to build a framework to support evidence-based design decision-making for the creation of successful public open spaces.

Public Open Spaces are commonly acknowledged as key nodes in urban network structures and as an essential part of everyday social reality. Among them, the plaza shows the most exceptional features, displaying a unique combination of characteristics: (i) positive void shape purposely designed and defined by the surrounding vertical planes; (ii) symbolic/aesthetic importance; (ii) social value reinforced by the integration of politic and cultural activities together with communal practices of different age groups. In relation to the urban system as a whole, the origins of the diverse characterizing traits of a square are both global and local, which requires the adoption of a multi-scale and multidimensional approach. Since we can no longer approach such complex design problems without prior or parallel qualitative and quantitative analysis and the use of new technologies, a computational design research is applied as a response to variations in performing criteria (ARCHITECTURAL DESIGN, 2015). The general objectives of this work are part of an ongoing research project (PEZZICA; PAIO; LOPES, 2016; LOPES et al., 2017) whose final goals are both to create a new method to characterize and classify public open spaces able to gather descriptive and structural approaches to the study of urban form in a single process, and to foster the generation of high-quality proposals in urban design practice.

In order to prepare the ground for the research, a comprehensive literature review on the study of squares has been undertaken, including relevant studies on thermal comfort analysis for outdoors and data mining, which resulted in knowledge transfer from different disciplines for the development of the presented inductive approach to urban analysis and design. The new methodology has then been implemented and tested in a suitable case study: Largo da Graça, a Portuguese square located in Lisbon's historic centre. This experiment provided a practical example of how evaluation phases may interweave with design phases, thus influencing the generation and modification of the design proposals. Specifically, this applied research gives some insights on the possibilities of undertaking design changes when Space Syntax and Public Life Studies are a part of the decision-making process. The workflow is illustrated through the description of different design stages and of factors, indicators and multimodal ways of representing public open space, which have helped the design process. To sum up, this study presents a new way to approach the analysis, planning and design of public open spaces which invites the designer to perform a comprehensive synchronic and diachronic study of the design space. The proposed method provides insights on the socio-spatial consequences of the different design choices and thus helps to overcome the issue of subjectivity in contemporary redevelopment projects as well as the lack of systematic post-occupancy reviews of urban design interventions. Ultimately, it helps architects to learn more about design problems and also to explore further architectural ideas and understand the possible effects of their proposals (DURSUN, 2007).

This study has four sections: the first one introduces the state of the art on square analysis and design, offering an overview on the existing techniques of public life studies; the second one explains the proposed approach to the development of urban design; the third one illustrates the implementation of the method in the selected case study. Finally, the fourth section presents a critical discussion of the results and suggests further lines of research.

Theoretical framework: public open spaces, spatial analysis and public life studies

Urban morphology seeks to understand the characterizing urban gene of a given settlement together with its natural growth pattern by studying its spatial grammar and the diachronic transformation of its elements. It is widely accepted that the development of meaningful typo-morphological descriptions of urban spaces is essential for understanding the qualities trapped in urban structures and that classification has always had fundamental role in the structuring of knowledge on cities. In particular, public open spaces have a strong morphological individuality, easy to recognise and generally resilient to urban transformations. Even if we consider only modern authors in this field, we can see that the problem of the classification of public open spaces – and among them, the square – is recurring. The approaches tend to focus on squares' geometrical or functional properties and run from the more intuitive to the more analytical (CHOAY, 1973; CLOQUET, 1898; GUIDONI, 1989; KRIER, 1979; SITTE, 1953; ZUCKER, 1959). These studies concentrate on the relationship of the square with the exceptional buildings that surround it and on the social and political reasons of its creation. However, these kinds of classifications hardly apply to contemporary public open spaces, which defeat abstract generalizations. Nonetheless, the analysis of the spatial relations that exist between a square and its surrounding context may still be useful, especially if we add some quantitative information to the mainly qualitative descriptions of the past. A significant step towards the achievement of quantitative morphological descriptions was done in the 1980s, when Bill Hillier

developed the Space Syntax theory (HILLIER; HANSON, 1984). In fact, the Space Syntax community promoted the development of many analytical techniques able to capture the configurational properties of urban spaces at various scales and resolutions. Several authors (CUTINI, 2001; HILLIER et al., 1993) demonstrated the existence of a high correlation between syntactic properties and some urban phenomena. Furthermore, by studying the topological nature of space rather than its built form or shape, the Space Syntax generates non-arbitrary and reproducible spatial descriptions and representations and enables the direct comparison between different systems. The Space Syntax community has also recently provided a significant contribution to the study of squares (CAN et al., 2013; HEITOR et al., 1999; KOOHSARI et al., 2014; KUBAT et al., 2015) and the configurational analysis proved to be a valuable support tool to the design of many successful public spaces (KARIMI, 2012), such as Trafalgar Square and Nottingham Old Market Square (SPACE SYNTAX, 2004).

This study builds on these works and on the research of authors such as Cutini (2003) and Guerreiro et al. (2014), who have tried to identify the configurational conditions for squares to function as meeting and interaction spaces. The work of the former refers to the studies of Sitte (1953) to build the formula for the calculation of the *interaction index*, which discloses the hierarchy of squares in cities, whereas the latter studies the pedestrian network together with public life patterns (WHYTE, 2001) in an integrated way. Their research results show that it should be possible to build more comprehensive knowledge on squares as well as create composite models of design evaluation, by integrating the configurational analysis with other data. Specifically, field observations of configuration-related behaviours seem useful means to test configurational analysis models by validating the reliability of the outputs and their predictive capacities (ASRIANA; INDRAPRASTHA, 2016).

During field observations, counting, mapping and tracking pedestrian activity as well as using time-lapse photography can be highly valuable sources of knowledge. These techniques belong to field of public life studies, which investigates urbanity through the study of public space usage patterns. This research field only had a considerable development in the 1960s, when firstly emerged the urgency to rethink the roles of the public space from a people-centric perspective, as a response to the modernist paradigm. The work of authors such as Cullen (1961), Jacobs (1961) and Lynch (1960) falls into this tendency, which became increasingly systematic with the contributions of Gehl (2011) and Whyte (2001). Action research, area studies and behavioural mapping are just some of the techniques to study public life, which combined with Space Syntax analysis can effectively inform design decisions. Furthermore, environmental and thermal comfort analyses may help to explain some observed anomalies and seasonal phenomena and thus underpin the correct interpretation of field data (GHEL; SVARRE, 2013).

To conclude, urban design requires new effective responses to enforce the shift from a design-led product to a bottom-up process approach. To achieve this, it seems a good strategy to focus on the development of a multidimensional and interdisciplinary “learning by doing” method of performance-oriented iterative analysis and design. Therefore, this study explores the contributions of Space Syntax theory, Public Life Studies and Environmental Analysis to the design of a good public space able to make the city work better (MICHEL, 2007).

A multi-scale and multidimensional methodology for the study of public spaces

An effective framework for supporting the design of successful public open spaces must consider the non-procedural nature of the design process

and allow for a certain freedom in deciding the sequence of analysis and design. In fact, the creative process is not procedural and normally has no definite direction of flow from design activity to its evaluation. Moreover, architects consolidate or re-define their ideas by generating and reviewing different design proposals. They learn about design problems through the development and the critical assessment of solutions, rather than through a separate analysis of the problem itself (LAWSON, 2003). Therefore, this study seeks to support designers' decision-making by proposing a hands-on, open-ended approach to analysis and design (Figure 1).

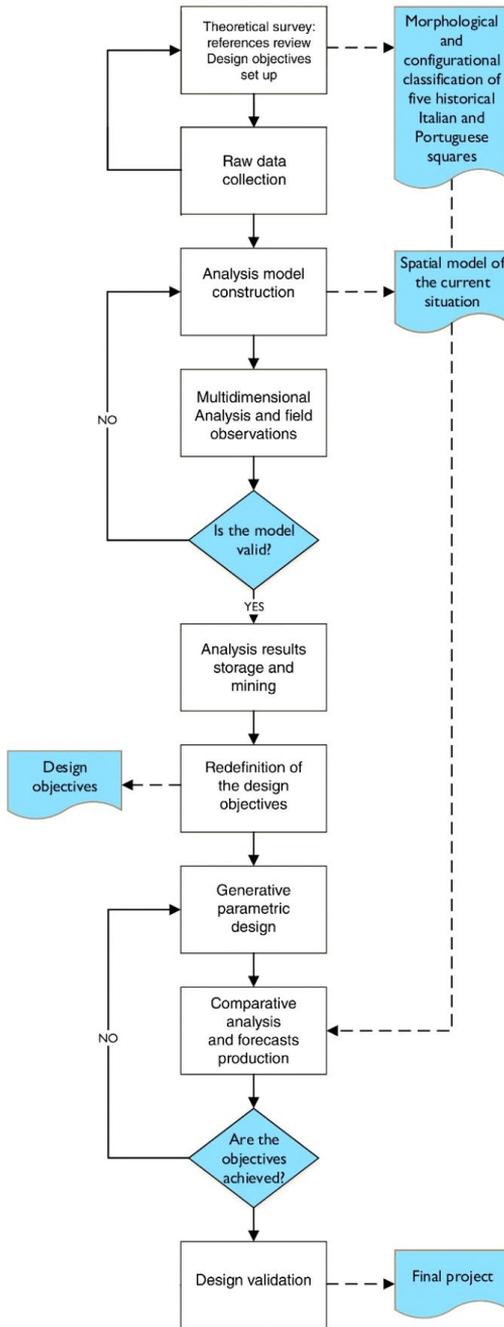


Figure 1: Flowchart of the proposed methodology

Source: the authors

The design development process encompasses the following five stages:

Stage 1: definition of the significant attributes

In the first stage, the designer surveys relevant theories and methods and collects the analysis tools. After firming the concepts and the analysis criteria a significant set of formal and spatial (metric, geometric and topological-syntactic), environmental and perceptual-cognitive attributes is defined. In this study, the analysis was restricted to a set of ten attributes divided into four main themes: 1. Accessibility and connectivity, through Visual Graph Analysis (VGA); 2. Urban System, global characteristics of the urban structure where the square is located, through Axial Analysis; 3. Uses and functions; 4. Environmental characteristics.

Stage 2: model construction and data extraction

In the second stage, the designer creates the 2D and 3D digital models of the city and the square and then processes the computation of some preliminary analyses in a semiautomatic workflow. For the production of the models and the extraction of data, many different software are required: standard CAD tools, Depthmap X (UCL), QGis and Rhino/Grasshopper together with its plugins (e.g. Ladybug and Honeybee by Mostapha Sadeghipour Roudsari; Kangaroo by Daniel Piker; and Space Syntax by Pirouz Nourian). The programming capacity of Grasshopper is particularly useful to develop algorithms for the storage and the post-processing of the information previously extracted, which could be used later on for further data analysis such as data mining (AHU; CAGDAS; SARYLDIZ, 2011; LOPES at al., 2015).

Stage 3: model validation by direct observations

In the third stage, the designer studies the square in its actual configuration by field observations. People are counted and their paths are traced on a plan while stationary activities are mapped. These studies allow the designer to ensure the reliability of the analysis model in producing accurate forecasts. This crosscheck should be done by considering the relationships between human behaviour and configurational properties as well as environmental factors.

Stage 4: development of an iterative design process

In the fourth stage, the designer finally approaches the project adopting a generative design logic, which enables the use of the analysis variables as design-driving parameters as well as project constraints. This approach enables the structuring and systematization of the iterative and interactive process between analysis and design, which is a valuable support for dealing with the experimental and probing nature of the design development process. At this stage, the visual programming interface (VPI) of Rhino/Grasshopper is extremely useful to visualise and navigate the analysis results, find efficient and appealing design solutions and ensure satisfying configurational characteristics and comfort features to the square.

Stage 5: final design audit and validation test

In the fifth stage, the designer reviews the final design outcome and numerically evaluates the effectiveness of the proposed project in improving the chosen quality parameters. Predictions on the expected transformations

in terms of public life can be done at this stage, on a theoretical basis and as a result of two comparative analyses: first between the current situation and the final design and second between the final design and other successful squares (PAIO et al., 2016).

DATA-DRIVEN DESIGN DECISION-MAKING FOR PUBLIC OPEN SPACES

The case study

The proposed methodology is implemented and tested in the case study of Largo da Graça, thus providing an exemplifying description of the strategies used to undertake design actions as well as the many assumptions behind each decision and illustrating how analyses can be used as part of setting and assessing design aims.

Largo da Graça, initially known with the name of Largo do Convento da Graça, is located at the top of the slope where the homonym convent lies, in the core of Graça neighbourhood, in Lisbon's historic centre. The surrounding area is mainly residential (urban zone A, consolidated) with a total population of 20,531 and an average dimension of families of 2 people. Apart from the locals, Largo da Graça is frequented by a high number of tourists that arrive with the popular tram 28 to visit the Miradouro da Graça, located near the eastern side of the convent. Largo da Graça has a complex character, reflected by its roughly defined and highly fragmented boundary, its diversified topography and the presence of a number of impactful elements such as high retaining walls, central green areas and a big fountain. It consists of an irregular sequence of sub-areas: one of them is monumental and linked to the convent, while the largest one shows a strong commercial vocation and is surrounded by buildings of lesser architectural interest. The existence of six toponymical inscriptions along an area of intervention of 15,620 m² proves the complex character of the place. Nonetheless, this area shows a latent potential for liveliness, which the redevelopment project aims at strengthening. Even in urban toponymy the word *largo* and the Latin *largus* are used to identify a public space in which the transit function is as important as its functioning as a gathering point, so that sometimes the word *largo* is used as a synonym for square. Despite lacking the physiognomy and the importance of a formal square, Largo da Graça already performs many of its public functions, being a public open living place, where locals and tourists meet day by day. Making it an inclusive place is therefore crucial, especially if we consider the case of Lisbon, which is currently challenged by the issue of accommodating a growing tourist population in a socially sustainable and equitable way.

Approach to analysis

This section provides a description of the strategies used to interpret the square's space considering principles, attributes and scientific procedures. The analysis leading concept is the notion of the plaza, which means size, centrality, enclosure, architectural quality and unitary image. These features are strictly dependent upon spatial properties such as visibility, connectedness and accessibility, which relate to the number of people using the streets.

Translated into Space Syntax words, the quality of a square depends on the values of the *clustering coefficient*, *connectivity* (or neighbourhood size) and *integration* indexes, which can be studied separately or combined in the

Interaction index (CUTINI, 2003). The values of the *integration* index were retrieved both at a global and at a local level. In the first case, it was useful to understand the global accessibility level of the square to spot the main routes of access from outside the Graça neighbourhood. A segment analysis was therefore processed on a bigger portion of the urban grid of Lisbon and allowed the generation of the *radius n integration* and *choice* maps (HILLIER; LIDA, 2005), representing respectively *to movement* and *through movement* according to the Space Syntax terminology. From the analysis of the area, Largo da Graça turned out to be a micro centrality with a high potential to be a great public space. Then, the analysis was repeated within a metric radius of 800 metres from the square, which corresponds to the distance that a pedestrian can walk in ten minutes. This allowed us to map the local access points and combine them with the global ones (HILLIER, 2009). Additionally, a 1-m² resolution VGA (TURNER et al., 2001) was processed to visualize the disparities in the values of the relevant syntactic indexes inside the two-dimensional space of the square. This analysis was extremely useful, for example, to highlight the areas easier to control and hence, the places of the square where people normally prefer to stay to look at other people as well as the more visually segregated zones. Finally, an agent analysis was processed to generate aggregate models of agents' movement in space (PENN; TURNER, 2001).

Besides visibility conditions, the microclimate – that is, the local climate of a specific site – has a heavy impact on whether people chose to stay in a place or not. In fact, a higher level of environmental quality is required for incrementing stationary activities. Therefore, using Lisbon's weather data (type of extension .EPW), we made a thermal analysis aiming to assure to the square a sufficient level of outdoor comfort during the entire year. Once defined the conditions of no thermal stress when the perceived outdoor temperature is between 9 and 26 degrees Celsius, Ladybug enabled us to determine the total percentage of comfortable hours in Lisbon during the entire year which resulted to be only 47%. Therefore, throughout investigation of this matter was crucial for the purpose of the project. As a result, we created a chart representing the specific comfortable (red) or uncomfortable (blue) thermal conditions of Largo da Graça for each hour of the year. This chart highlighted the extreme condition of discomfort, due to the excessive heat, that occurs from May to October in the central hours of the day, threatening the full enjoyment of the public space during the warmer season. Field visits conducted over a period of eight months (October – June 2016) helped to verify these results and to collect additional information on the social life of Largo da Graça.

To conclude, the analysis model and the obtained results have been validated by means of a number of monthly *in situ* observations in which the people's behaviour was recorded. Afterwards, the public life maps were overlapped and integrated with notes, relevant numeric data and photographic documentation within a "public life survey journal." The resulting picture appeared in good accordance with the outcomes of the analysis. At this point, the model was considered definitively validated and suitable to be used for testing the various design proposals and thus ready to actively support the design decision-making process (Figure 2).

Approach to design

The design was developed in three steps:

- The **set up**, which defines the starting point of the design based on the premises of problem framing and the general design concept;

- The **iterative development**, in which main design actions are undertaken, evaluated and acted upon with the help of the analyses and refined with the help of cross-comparisons of design alternatives;
- The **performance test**, in which the design proposal is tested against other successful examples and against itself, assessing the quality of the project.

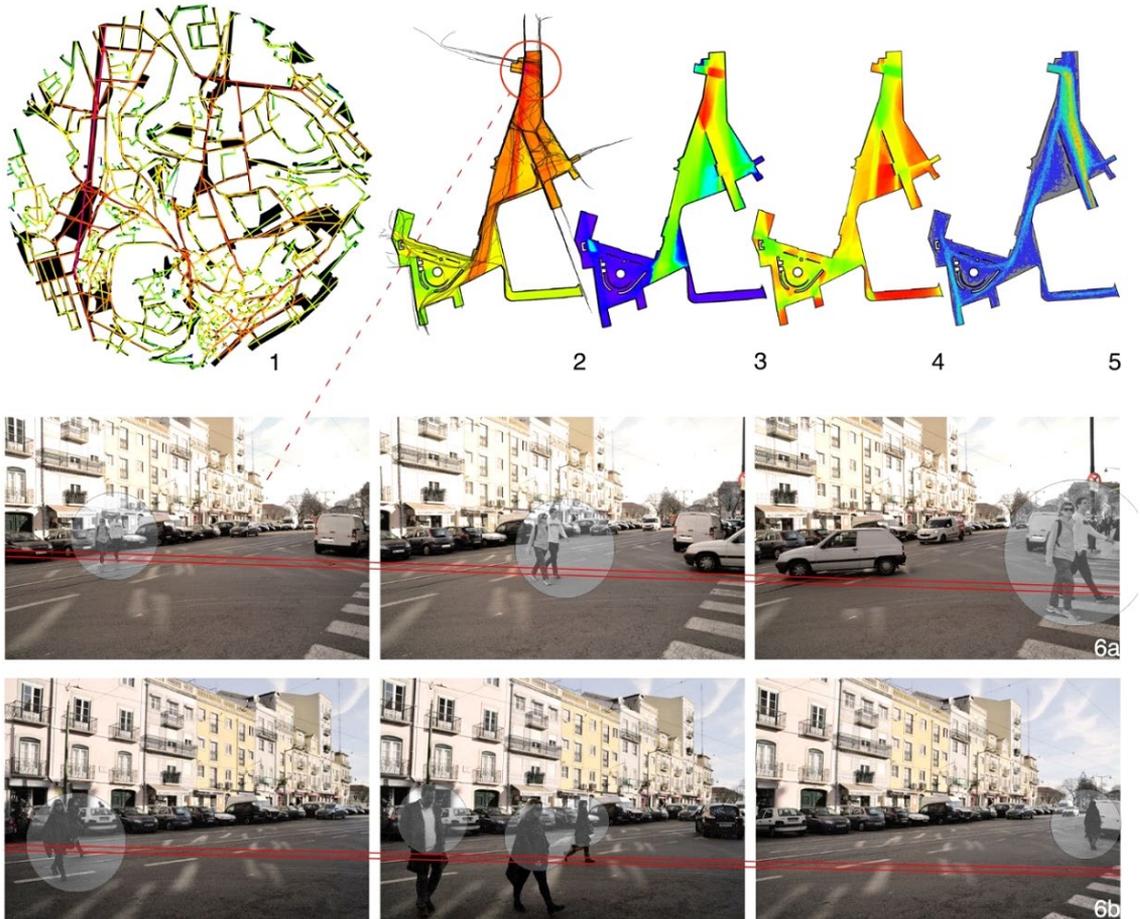


Figure 2: Square multidimensional analysis. 1. Axial integration r_3 (local accessibility map); 2. VGA integration overlaid with people tracking; 3. VGA connectivity; 4. VGA clustering coefficient; 5. Agent analysis; 6 a and b. Time-lapse photography of people informal crossing and validation of the configurational analysis through directly surveyed data
Source: the authors

Set up

The design strategy is built on the principle that only the presence of people coupled with weak or no barriers creates a public space (GHEL, 2011). The project originates from a superimposed hierarchical grid, created to structure, hierarchize and define the square’s spaces and built components, their functions and spatial dispositions. The design of the grid is parametric, thus increasing the control over the project and the possibilities of further investigations at various scales (MOTTA, 1999). The geometry and concept of the grid derive from the Portuguese tiles, the *azulejos*, which are a distinctive architectural trait of Lisbon and in particular of its oldest neighbourhoods. By doing this, the intention is to consider the *genius loci* and hence link the new project for Largo da Graça to something that recalls its identity and its history, ultimately combining a practical necessity with a local cultural feature. Moreover, the geometries of the patterns used in the design of *azulejos* have many interesting properties, among which a rigorous

multilevel hierarchical structure, which enables the same pattern to recur at different levels (Figure 3). This property allows the architect to adapt the resolution of the pattern of the grid to the different scales of interventions concerning the specific design purposes without losing track of the global algorithmic logic. To be able to scale and rotate the adopted pattern as required, we created a parametric definition by using Grasshopper, which allowed a certain degree of flexibility, especially helpful in the first phases of the design process. Starting from the pattern definition, some elements could immediately be derived: a grid of points, three main linear directions and finally an infinite set of possible areas, which have been used as the starting point for the subsequent design.

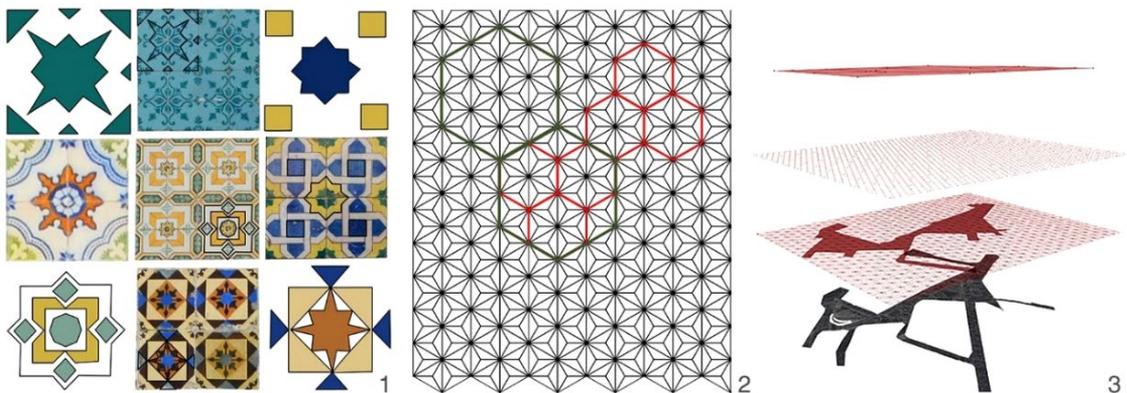


Figure 3: The grid as a design-driving concept. 1. Portuguese azulejos: A kind of glazed coloured tile traditionally used in Spanish and Portuguese buildings as a wainscot or facing; 2. Grid extracted from tiles with its multilevel hierarchical structure; 3. Superimposition of the pattern over the area of the square

Source: the authors

Iterative development

The design was iteratively redefined based on the following performance-driven design strategy.

Configuration-related features

A serious deficiency of the square, which resulted from the VGA and agent analyses, is the virtual absence of movement across the heart of the square, caused by the existing topography and the current disposition of the retaining walls (DALTON, 2003). Consequently, when it comes to the design development, the first step was to break down the visual barriers to facilitate the establishment of visual relations within the square. This led to the development of a new design proposal in which the morphology is rethought in a way that invites people inside the square, giving its shape a smoother appearance as well as a less fragmented configuration. Accordingly, the vertical connections between the different topographic levels of the square were re-designed. In the north part of the square, the 1- to 3-meters height difference in correspondence with the main street was used to build a system of consecutive and connected smaller places for interaction, whose drawing was derived from the grid. Their design originates from the necessity to invite people inside the elevated part of the square. To reach this objective it rigidly follows the Whyte (2001) *four steps maximum* principle. According to Whyte, “the area where the street and the plaza or open space meet is a key to success or failure” so that “ideally, the transition should be such that it’s hard to tell where one ends and the other begins.” The new design proposal is developed accordingly and is structured in a way that people in the lower spaces provide the show to the people sitting or walking above. As a result, the orography of the site will somehow resembles an amphitheatre. The new project considers the constraints represented by the doors along the perimeter of the square as

well as the restrictions regarding heritage buildings. The design proposal was iteratively refined until it was possible to extend the view lines across the entire area occupied by the square. In the end, the elimination of the visual barriers led to a relevant increment of the average value of the *r3 integration* index (local accessibility).

Program and materials

With the aim to physically and functionally connect the square to the surrounding buildings, the new paving was designed according to a simple principle: to adopt different textures for the places to move and for the places to stay, which are otherwise integrated in a unitary system. Special attention was put to create a continuous flooring, which passed along the main axial lines and connected all doors, thus creating a functional and wide pedestrian route-space marked by a resistant and anti-slip material. The remaining areas were subsequently divided into two qualitatively different zones: green spaces, which perform some programmatic functions and host some coherently selected botanic species, and paved areas which represent the places to stay, to seat and to contemplate. The former ones were generally located along the perimeter of the square, while the latter ones occupied the actual core of the plaza. Specifically, the areas to stay have been designed with the aim to invite stationary activities by providing a large and feasible number of places to sit, good visibility conditions and close proximity to the walking paths. All the described spatial and programmatic subdivisions are coherently highlighted by the use of different materials: black basalt for the strolling paths and white limestone for the places to stay, somehow recalling the traditional Portuguese flooring. When it comes to the places to sit, a further effort was done for improving the outdoor thermal comfort conditions during the hot months. Finally, this resulted in the introduction of a temporary lightweight shading system, whose design follows the same generative rules of the entire project.

Outdoor thermal comfort

Comfort in architecture relates to several aspects of how a space is designed and involves many psychological/perceptual factors, as for example in the case of the perception of security, which is conveyed not only by spatial configurational properties, but also by materials, colours, shapes and visual language. Among other aspects, thermal comfort, which is the satisfaction of the occupants with the surrounding thermal conditions, is essential. As a result, considering the fact that Lisbon is situated in southern Europe, which is also the hottest EU zone, it seemed vital to consider the thermal factor. In fact, good thermal conditions will ensure the possibility for everyone to engage with other occupants of the square during the entire year. Accordingly, as already anticipated, the current heat-related critical issues were solved by including within the design of the plaza a system of removable and adjustable tensioned textile membrane structures, tied to steel cable nets. The canopies, or removable sunscreens, were designed with the idea that they should leave a coherent and recognisable architectural sign all over the square. Their architectural purpose was to cover and connect the different spaces with a unifying element. Additionally, they respond to a functional necessity in a fairly sensitive way since they echo the Mediterranean and Arabic tradition of using textile shading devices to protect people from direct solar exposition. Furthermore, the decision to design this removable lightweight system was based on reasons of economic convenience, ease of assembly and disassembly, flexibility and adaptability as well as suitability of the adopted system to cover large areas without resorting to heavy and invasive structures. To sum up, the design of the

coverage responds to multiple necessities: First of all to give a unitary image to the square by clearly delimiting its space and secondly, to produce better thermal conditions during the summer, which would allow the people to enjoy more time within the square. Finally, the presence of the shadowing system reinforced the concept of the Arabic structuring pattern. In fact, the canopies were generated by adding a further dimension to the 2D geometry of the base pattern. To test and optimise their design, we used a Ladybug component called “Comfort Shade Benefit Evaluator,” which is based on the Shaderade method developed by Seargent, Niemasz and Reinhart (2011), but substitutes Shaderade’s energy simulation with an evaluation of heating and temperature degree-days, which are calculated in relation to a balance temperature set at 20 degrees Celsius. This component enabled us to perform the analysis only on a planar grid and then we projected the thermal analysis results onto the shading test surfaces, by following the direction of the average summer solar ray. The process was repeated many times, every time changing the percentage of shading areas to keep and re-calculating the savings. Based on the results, we finally identified an optimal percentage of test surfaces to keep, which resulted in the 38% of the shading test area. This choice allowed us to guarantee a saving of 5.57 degree-days, which seemed to represent the best trade-off in terms of quality *versus* cost if we consider that a 100% coverage would save just 8.92 degree-days. To conclude, the final design of the shading system was the outcome of a form-finding process that aimed to maximize the comfort revenue while minimizing the construction costs. This was evaluated by roughly considering the loads and by calculating the structural sections for each design alternative.

Additional design elements

After solving the most critical thermal issues, we focused on the other complementary factors that contribute to the improvement of the general level of environmental comfort in the square. The notion of environmental comfort depends on how the architectural-built forms engage with the occupants, who experience the surrounding environment through all of their senses. More specifically, the realisation of a comfortable environment seems to be the result of a process of harmonization among many different environmental factors such as lighting, materiality, sound, and so on. Therefore, some adjustments were made to the design of further components of the square, aiming to improve the interaction between the designed elements and the people engaging with them. As a result of public life field observations, we decided to eliminate all the fences that divided the green and the water from the people. Then, we chose to design the green spaces in a way that they helped to protect the areas at risk left uncovered by the shading system and so that they contributed to frame the wind, thus reducing the wind loads on the membranes where possible. Moreover, in the project trees were placed so that they marked the grid points and acted as visual references in leading the visitors to the centre of Largo da Graça. Additionally, we decided to move the fountain from the centre of the square to a more convenient location where people could sit, and engage in informal conversation somehow protected by the sound of water, which tends to convey a feeling of privacy. Furthermore, a new lighting system was designed according to the natural movement pattern (CHOI et al., 2006), which was firstly calculated on the base of the design model and then adjusted according to the new functional program. This resulted in a non-regular plan and height distribution of the street lamps. The benches were placed where the control index was higher, that is, near the corners. Finally, pedestrians’ safety was increased by reducing road sections and by drawing wide sidewalks and zebras in two key spots, where we registered the highest level of informal crossings.

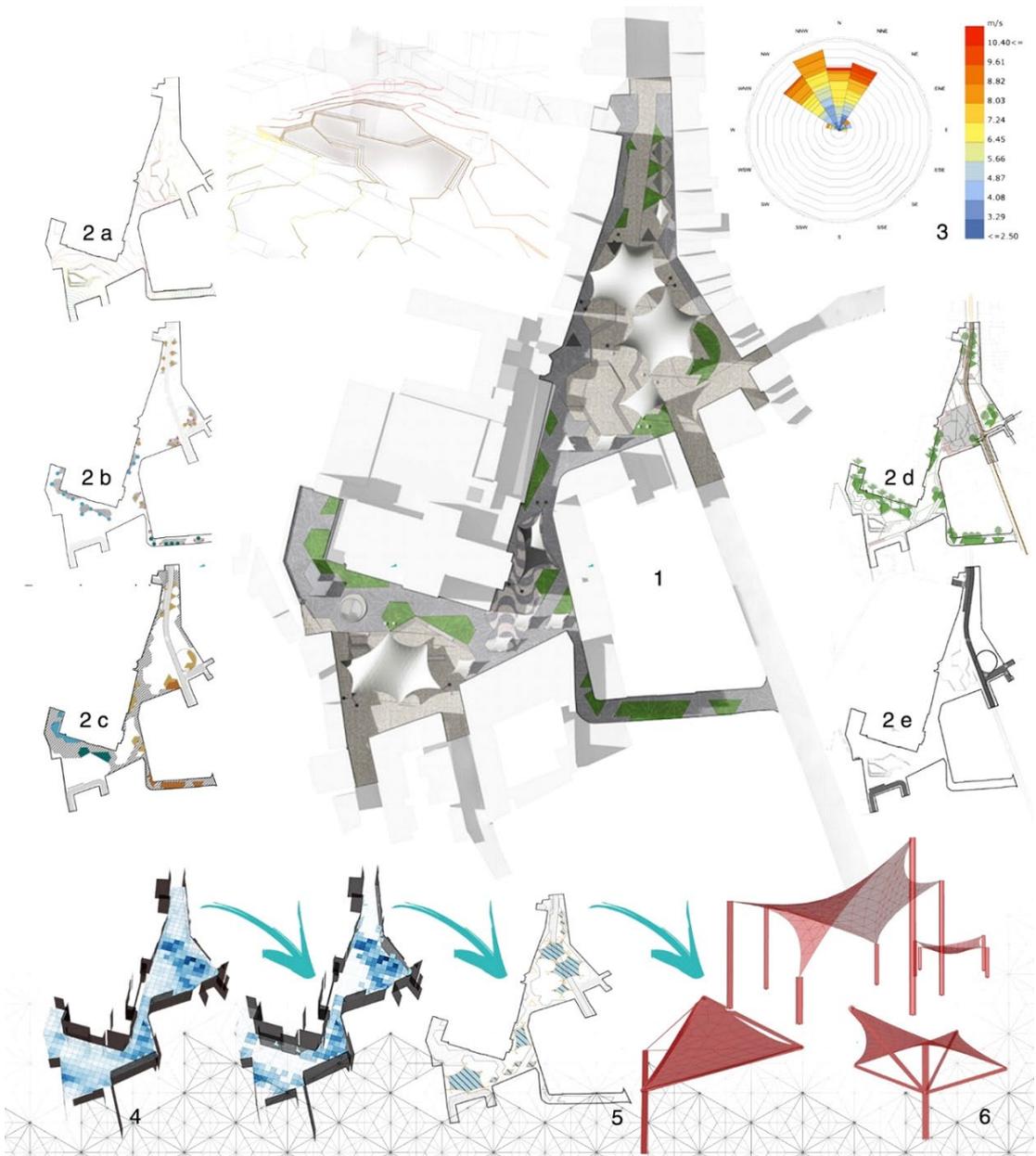


Figure 4: Iterative design development, elements from the design process. 1. Masterplan – summertime; 2. a|b|c|d|e. Layers of the developed design: (a) newly designed orography, (b) plant types, (c) pedestrian paths and linear design elements, (d) greenery and parking areas, (e) new viability design; 3. Wind speed; 4. Thermal Outdoor Comfort Analysis and shading area optimisation; 5. Canopy design and distribution; 6. Tensile structures 3D geometry generation (Kangaroo) **Source:** the authors

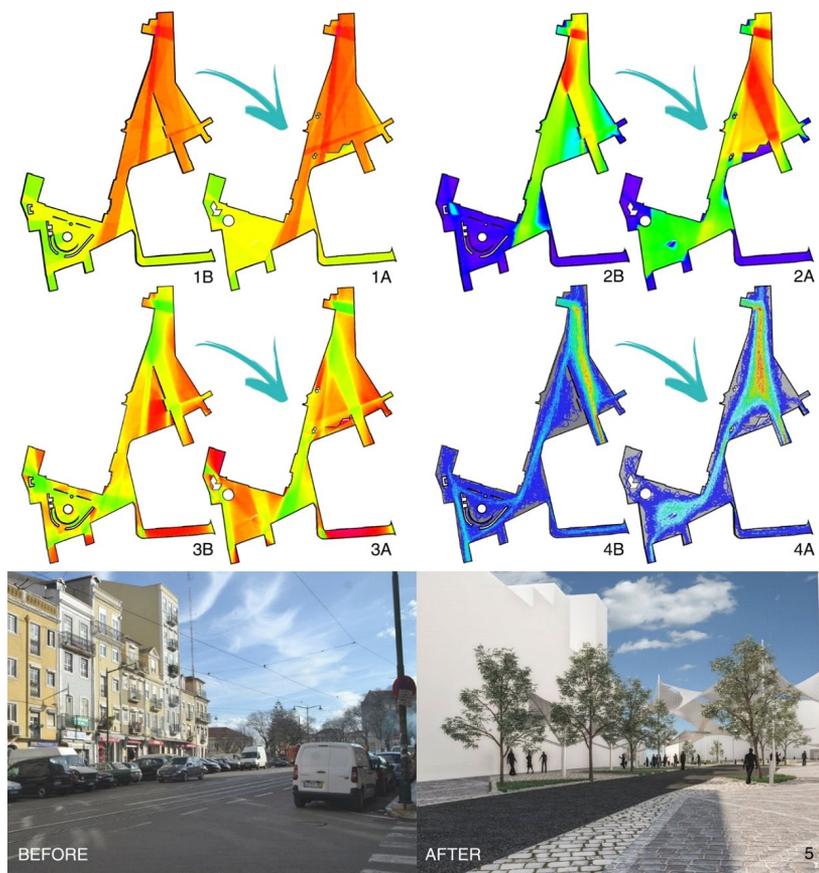
Performance final test and design validation

All interventions were organized with the objective to invite the occupation of the square and promote activities that enhance social interaction. The final design outcome was the last of a series of targeted sectorial adjustments made to allow the realization of the programmatic goals (which have been themselves re-adjusted after the analysis). The designed physical space is the hardware that should support the functioning of the general program decided for the plaza – its urbanity. The overall procedure followed a parametric generative logic to responsively adapt to future design changes, allowing a participatory design strategy and getting external specialized contributions at any phase of the design process. In the end, this type of logic seemed to perform well when it came to changing

needs, supporting interactive design decision-making and structuring the space of the square. The ultimate test of the design proposal helped assessing the quality of the final project and enabled a comparative ranking of the before and after configurations. To do this, a conclusive VGA test was made considering the final spatial layout (Figure 4). As highlighted by the results, the level of local accessibility and centrality increased along with the values of the *connectivity* index and those of the *clustering coefficient*, which, combined, resulted in an increment of 28% of the *interaction index* value. There were also tangible improvements regarding the *visual control index*: the controllable area expanded towards the central spaces of the square instead of being bounded at the corners. This was interpreted as a centralization of the stationary activities, which we believe to be the key for achieving an active occupation of the entire square's area. Another test was done using Space Syntax agent analysis, which generated a forecast on the patterns of movement of people in the newly designed space. The result of this analysis proved that the final design proposal will lead more agents inside the square and to its central areas as well (Figure 5).

Figure 5: Comparative configurational analysis (B = before and A = after). 1. VGA integration (accessibility); 2. VGA connectivity; 3. VGA clustering coefficient; 4. Agent analysis (gate count); 5. 3D view of the square: before and after

Source: the authors



CONCLUSION AND DISCUSSION

This study presented an experimental applied investigation of the potential for Space Syntax, Environmental analysis and Public life studies to contribute to the better understanding of squares for urban transformation purposes. The exploration has been assisted by the consistency and extent of the available data for Largo da Graça which fed the multidimensional analysis, which in turn provided useful guidance in the decision-making process that led to the final design output (Figure 5). The most valuable aspect of the methodology seemed to be its potential to be used as a part of an

open-ended and adaptable design and planning strategy, which potentially extends to other urban regeneration projects. The diachronic studies done as a complementary part of the process have helped to define the design objectives and have provided a valid reference for successive comparisons and design verifications. Ultimately, it is suggested that some structural difficulties in managing the complexity of contemporary public open spaces can be better addressed via the synchronous layering of contributions from several disciplines. In particular, this article shows that it is possible to identify a limited number of significant variables (*integration index, clustering coefficient, neighbourhood size, control, interaction index, gate count*) suitable for describing the features that account for the liveliness of squares and hence the quality of their performance as public spaces. The reduction of the number of variables and the customisation of the analysis helped along the design workflow to focus on the most influent aspects of the project and thus helped to increase control over the design outcomes and to simplify the iterative evaluation process. Additionally, this work shows how to illustrate the effects that design actions are likely to produce in the public realm through a few maps that convey the main concepts of a configuration-informed design. The parametric logic adopted to generate the design elements seems to have responded well to the requirements of generality and adaptability of the method, and has effectively assisted in dealing with the complexity of the design tasks in terms of design efficiency. In fact, it allowed, at any stage of the design process, the introduction of a wider spectrum of inputs, thus the implementation of any kind of further analysis for evaluation purposes. The wider research project aims to provide a solid base to support design decision-making in urban design and planning practice and offer useful guidance for the development of individual projects such as streets, squares or parks. In the end, this article presents an evidence-based cross-disciplinary analysis and design method that may help understanding the dynamics and pitfalls of many traditional decision-making tools. The presented workflow prioritises the coherency of the design development process instead of adopting a final product approach. Specifically, the proposed inductive, data-driven design procedure is methodologically relevant because is eminently agnostic, local and based on the outcomes of a number of field observations.

To conclude, this study aims to use the issue of complexity in public open spaces as an opportunity to stimulate the development of new methodologies for the transformation, regeneration and re-invigoration of these shared meeting places. By enabling the simultaneous expression of features that give spaces their uniqueness, it proposed in a highly integrated design approach to iteratively evaluate the project and produce projections in order to achieve better informed proposals for a socio-spatial retrofit, which considers notions of comfort, security, equality, use and appropriation. Future research would encompass further testing of the method in other public open spaces, the use of data mining to disclose latent relations among the relevant parameters and the computational generation of a human scale design geometry, driven by “humanised” parameters.

REFERENCES

- AHU, S.; CAGDAS, G.; SARIYLDIZ, S. A multi-dimensional exploration of urban attributes by data mining. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES, 14., 2011, Liège. **Proceedings...** Liège: Les Éditions de l'Université de Liège, 2011. p. 333-350.
- ARCHITECTURAL DESIGN. Hoboken: Wiley, v. 85, n. 6, nov./dez. 2015.
- ASRIANA, N.; INDRAPRASTHA, A. Making sense of agent-based simulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA, 21., 2016, Melbourne. **Proceedings...** Hong Kong: CAADRIA, 2016. p. 343-352.
- BENEDIKT, M. L. To take hold of space: isovists and isovist fields. **Environment and**

- Planning B:** Planning and Design, Thousand Oaks, v. 6, n. 1, p. 47-65, 1979.
- CAN, L. et al. Morphological analysis of the transformations of Konak Square in Izmir. In: INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 9., 2013, Seoul. **Proceedings...** Seoul: Sejong University, 2013. p. 39:1-39:15.
- CHOAY, F. **La città: utopie e realtà.** 2. ed. Torino: Giulio Einaudi, 1973.
- CHOI, A.-S. et al. Application of the space syntax theory to quantitative street lighting design. **Building and Environment**, Amsterdam, v. 41, n. 3, p. 355-366, 2006.
- CLOQUET, L. **Traité d'architecture: éléments de l'architecture, types d'édifices, esthétique, composition et pratique de l'architecture.** Paris: Baudry, 1898.
- CULLEN, G. **The concise townscape.** London: Routledge; New York: The Architectural Press, 1961.
- CUTINI, V. Configuration and centrality: some evidence from two Italian case studies. In: INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 3., 2001, Atlanta. **Proceedings...** Atlanta: Georgia Institute of Technology, 2001. p. 32:1-32:11.
- _____. Lines and squares: towards a configurational approach to the morphology of open spaces. In: INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 4., 2003, London. **Proceedings...** London: University College London, 2003. p. 49:1-49:14.
- DALTON, R. C. The secret is to follow your nose: route path selection and angularity. **Environment and Behaviour**, Thousand Oaks, v. 35, n. 1, p. 107-131, 2003.
- DURSUN, P. Space syntax in architectural design. In: INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 6., 2007, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul: Istanbul Technical University Faculty of Architecture, 2007. p. 56:1-56:12.
- GEHL, J. **Life between buildings: using public space.** 6. ed. London: Island Press, 2011.
- GEHL, J.; SVARRE, B. **How to study public life.** London: Island Press, 2013.
- GUERREIRO, M. R. P. et al. Networks and opportunistic urban design: a strategy for regeneration of public spaces in Lisbon. In: CAVALLO, R. et al. (Eds.). **New urban configurations.** Delft: TU Delft, 2014. p. 766-771.
- GUIDONI, E. **Storia dell'urbanistica.** Laterza, 1989.
- HEITOR, T. et al. Breaking of the medieval space: the emergence of a new city of enlightenment. In: INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 2., 1999, Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1999. v. 2, p. 55:1-55:14.
- HILLIER, B. **Space is the machine: a configurational theory of architecture.** Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1996.
- _____. Spatial sustainability in cities organic patterns and sustainable forms. In: INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 7., 2009, Stockholm. **Proceedings...** Stockholm: Royal Institute of Technology, 2009. p. K:01-K:20.
- HILLIER, B.; HANSON, J. **The social logic of space.** Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1984.
- HILLIER, B.; LIDA, S. Network and psychological effects in urban movement. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPATIAL INFORMATION THEORY, 7., 2005, Ellicottville. **Spatial Information Theory.** New York: Springer, 2005. p. 475-490.
- HILLIER, B. et al. Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Thousand Oaks, v. 20, n. 1, p. 29-66, 1993.
- JACOBS, J. **The death and life of great american cities.** New York: Random House, 1961.
- KARIMI, K. A configurational approach to analytical urban design: space syntax methodology. **Urban Design International**, New York, v. 17, n. 4, p. 297-318, 2012.
- KOOHSARI, M. J. et al. Using space syntax to assess the built environment for physical activity: applications to research on parks and public open spaces. **Leisure Sciences: an interdisciplinary journal**, Abingdon, v. 36, n. 2, p. 206-216, 2014.
- KRIER, R. **Urban space: Stadtraum.** 3. ed. London: Academy, 1979.
- KUBAT, A. S. et al. Evaluating the impacts of an urban design project: multi-phase analyses of Taksim Square and Gezi Park. In: INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 10., 2015, London. **Proceedings...** London: University College London, 2015. p. 73:1-73:17.
- LAWSON, B. **How designers think: the design process demystified.** 3. ed. New York: The Architectural Press, 2003.
- LOPES, J. V. et al. Multidimensional analysis of public open spaces: urban morphology, parametric modelling and data mining. In: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL

- DESIGN IN EUROPE, 33., 2015, Vienna. **Proceedings...** Vienna: Vienna University of Technology, 2015. v. 1, p. 351-360.
- LOPES, J. V. et al. Multidimensional study of urban squares through perimetral analysis: Three Portuguese case studies. In: INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 11., 2017, Lisbon. **Proceedings...** Lisbon: Instituto Superior Técnico, 2017. p. 85:1-85:20.
- LYNCH, K. **The image of the city**. Cambridge, MA: The MIT Press, 1960.
- MADANIPOUR, A. Why are the design and development of public spaces significant for cities? **Environment and Planning B: Planning and Design**, Thousand Oaks, v. 26, n. 6, p. 879-891, 1999.
- MICHEL, R. (Ed.). **Design research now: essays and selected projects**. Basel: Birkhäuser, 2007.
- MOTTA, E. **Reusable components for knowledge modelling: case studies in parametric design problem solving**. Amsterdam: IOS, 1999.
- NISHA, B.; NELSON, M. Making a case for evidence-informed decision making for participatory urban design. **Urban Design International**, New York, v. 17, n. 4, p. 336-348, 2012.
- PAIO, A. et al. Urban squares morphologies: contributions of a multidimensional analysis. In: NEXUS 2016: ARCHITECTURE AND MATHEMATICS CONFERENCE, 11., 2016, San Sebastián. **Proceedings...** Turin: KWB, 2016. p. 113-118.
- PENN, A.; TURNER, A. Space syntax based agent simulation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PEDESTRIAN AND EVACUATION DYNAMICS, 1., 2001, Duisburg. **Proceedings...** London: University College London, 2001. p. 99-114.
- PEZZICA C.; PAIO A.; LOPES J. V. Square design: from digital analysis to urban design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF IBERO-AMERICAN DIGITAL GRAPHIC SOCIETY, 20., 2016, Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: University of Buenos Aires, 2016. p. 86-93.
- SEARGENT, J. A.; NIEMASZ, J.; REINHART, C. F. Shaderade: combining rhinoceros and energy plus for the design of static exterior shading devices. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION, 12., 2011, Sydney. **Proceedings...** Abingdon: Taylor & Francis, 2011. p. 310-317.
- SITTE, C. **L'arte di costruire le città**. Milano: Antonio Vallardi, 1953.
- SPACE SYNTAX. **Nottingham Old Market Square: site analysis and public realm design input**. London: Space Syntax, 2004.
- TURNER, A. et al. From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space. **Environment and Planning B: Planning and Design**, Thousand Oaks, v. 28, n. 1, p. 103-121, 2001.
- WHYTE, W. H. **The social life of small urban spaces**. New York: Project for Public Spaces, 2001.
- ZUCKER, P. **Town and square: from the agora to the village green**. New York, Columbia University Press, 1959.

Camilla Pezzica
PezzicaC@cardiff.ac.uk

João Ventura Lopes
jvls@iscte.pt

Alexandra Claudia Rebelo Paio
alexandra.paio@iscte.pt

TAXONOMIAS DE GEOMETRIA DA ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA: UMA ABORDAGEM DIDÁTICA AO ENSINO DA MODELAGEM PARAMÉTRICA NA ARQUITETURA

TAXONOMIES OF GEOMETRY OF THE CONTEMPORARY ARCHITECTURE: A DIDACTIC APPROACH TO THE TEACHING OF PARAMETRIC MODELING IN ARCHITECTURE

Janice de Freitas Pires¹, Alice Theresinha Cybis Pereira¹, Alexandre Gonçalves²

RESUMO: Este trabalho tem uma abordagem didática voltada ao ensino da representação gráfica digital para o projeto de arquitetura, procurando identificar estruturas de saber que suportem os conceitos geométricos empregados em obras da arquitetura contemporânea. Diante dos avanços tecnológicos e da recente inserção do design paramétrico em escritórios e escolas de arquitetura, o estudo propõe reconhecer as técnicas de modelagem paramétrica, relacionadas a tais conceitos. Como método de explicitação das estruturas de saber são adotados os conceitos de taxonomia e ontologia, os quais permitem classificar, hierarquizar e associar os conceitos de geometria e de técnicas de modelagem paramétrica. O estudo também visa contribuir para as reflexões, no ensino de arquitetura, sobre as estratégias projetuais baseadas na geometria utilizada pelos arquitetos contemporâneos, uma vez que as representações paramétricas destas geometrias exigem uma compreensão teórica profunda de seus elementos constituintes.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Arquitetura; Modelagem Paramétrica; Arquitetura Contemporânea; Taxonomia; Ontologia.

ABSTRACT: This work has a didactic approach directed to the teaching of digital graphic representation for the architectural design. It seeks to identify structures of knowledge that support the geometric concepts employed in works of contemporary architecture. Faced with the technological advances and the recent insertion of parametric design in offices and schools of architecture, the study proposes the clarification of knowledge structures for the recognition of parametric modeling techniques related to those concepts. For such clarification, the notions of taxonomies and ontologies have been adopted, allowing the classification, hierarchization and association of the concepts of parametric modeling techniques and geometry. The study also aims to contribute to reflections, in the teaching of architecture, on the geometric design strategies used by contemporary architects, since the parametric representations of these geometries require a deeper theoretical understanding of their constituent elements.

KEYWORDS: Architecture Education; Parametric Modeling; Contemporary Architecture; Taxonomy; Ontology.

¹ Universidade Federal de Pelotas

² Universidade Federal de Santa Catarina

How to cite this article:

PIRES, J. 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*, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 27-46 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.133954>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 24/06/2017

Aceito em: 11/09/2017



INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, o crescente desenvolvimento e emprego de ferramentas digitais na prática profissional da arquitetura tem refletido em práticas formativas que objetivam tanto efetivar o uso destas tecnologias quanto apoiar a atividade projetual e seu processo de aprendizagem.

Este avanço tecnológico, particularmente a partir da década dos anos 1990, vem influenciando de maneira mais intensa o modo de produzir arquitetura (BURRY; BURRY, 2010; KOLAVERIC, 2003; POTTMANN et al., 2007; SCHNABEL, 2007; WOODBURY, 2010). Especificamente quanto aos aspectos geométricos da forma, tornou-se recorrente o uso de geometrias com nível elevado de complexidade, que não podem ser representadas ou descritas por técnicas tradicionais de representação gráfica e de construção, como são as formas que utilizam a denominada geometria euclidiana¹ (GROBMAN, 2010). Devido a isso, até então, estas geometrias complexas eram consideradas difíceis de serem tratadas no âmbito do projeto de arquitetura.

Com a adoção das tecnologias digitais na produção arquitetônica, houve a necessidade de se conhecer um conjunto de conceitos e técnicas de representação gráfica digital para projetar com tais geometrias. Neste contexto, estas novas técnicas de representação gráfica e de simulação influenciaram na mudança do modo de produção da arquitetura, abrangendo o processo de projeto desde as fases de concepção, modelagem e estudos de comportamento do objeto concebido, por meio da materialização (prototipagem) do edifício.

Esta maneira não convencional de produzir formas e de projetar em arquitetura estabeleceu-se a partir da inserção do denominado projeto paramétrico. Para Woodbury (2010), sistemas paramétricos e de geração de formas permitem ter um maior controle das possibilidades de geração de geometrias complexas e um maior número de alternativas de projeto para avaliação e seleção do projetista. Esses sistemas permitem a geração de soluções customizadas que podem ser prototipadas e avaliadas nas diferentes etapas do projeto de arquitetura.

Esta viabilidade de projetar formas com níveis mais elevados de complexidade a partir de modelos descritos parametricamente teve como consequência a necessidade de se conhecer aspectos e elementos geométricos mais específicos, que permitem definir a forma, incluindo seus processos de geração. Inserir uma base de conhecimento que amplie a formação atual do arquiteto – a qual, no Brasil, está essencialmente alicerçada na geometria euclidiana e nas técnicas projetivas de representação da geometria descritiva –, a partir de disciplinas básicas de geometria, torna-se relevante para atualizar e incrementar as práticas desenvolvidas nas disciplinas de projeto de arquitetura.

Desse modo, configura-se a necessidade, em termos didáticos, de estruturar um corpo formal de conhecimentos para suportar essa inserção, que deve abarcar o conhecimento da geometria complexa aplicada à arquitetura e sua relação com as técnicas digitais de representação gráfica. Em tais processos de ensino e aprendizagem, há dificuldade de encontrar materiais didáticos estruturados, que explicitem o conhecimento de maneira a facilitar sua apropriação e utilização durante o processo de projeto.

No contexto em que se insere este estudo, a Teoria Antropológica da Didática (CHEVALLARD, 1999), através de sua abordagem de *estruturas de saber*, tem promovido apoio a estruturação de processos de ensino e aprendizagem. Entende-se que, com interesse didático, é necessário também sistematizar este conhecimento através da representação de obras

¹ A geometria euclidiana, sistematizada e fundamentada nos postulados de Euclides, contempla a geometria plana, a geometria de figuras semelhantes e a estereometria, que estuda as relações métricas da pirâmide, do prisma, do cone, do cilindro e de polígonos regulares, especialmente do triângulo e do pentágono (CAJORI, 2007). Trata, assim, de figuras que podem ter suas propriedades estudadas a partir de seu desenvolvimento ou planificação sobre um plano reto.

da arquitetura contemporânea e do estudo das ações projetuais empregadas por seus arquitetos.

Em trabalhos anteriores (BORDA et al., 2010; PIRES; BORDA, 2010), a explicitação de estruturas de saber referentes à representação gráfica digital para o projeto de arquitetura foi associada à estruturação de *taxonomias*, que, segundo Novo (2007), são estruturas classificatórias do saber que têm por finalidade permitir a agregação de informações e dados e entender como o domínio do conhecimento é organizado em uma área ou saber específico.

A hipótese do presente estudo é a de que, através de taxonomias e ontologias que tratam da estrutura de conhecimento associada à geometria da arquitetura contemporânea e à modelagem paramétrica, seja possível sistematizar elementos didáticos de apoio ao desenvolvimento do projeto paramétrico. Objetiva-se estruturar as informações relacionadas aos conceitos geométricos e a modelagem paramétrica e suas aplicações na arquitetura contemporânea, com base no conceito de taxonomias e ontologias, de modo a gerar conhecimento para aplicação didática na arquitetura.

ENSINO DE GEOMETRIA PARA ARQUITETURA

A atuação de uma das autoras como pesquisadora e docente em um contexto particular de ensino da representação gráfica digital para arquitetura permitiu o estabelecimento de uma trajetória de investigação que apontou para a pertinência dos referenciais teóricos e metodológicos anteriormente citados.

O Projeto Probarq (Produção e Compartilhamento de Objetos de Aprendizagem para o Projeto de Arquitetura), constituído no âmbito do Grupo de Estudos para o Ensino/Aprendizagem de Gráfica Digital (Gegradi) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), no período de 2008-2013, possibilitou investigar sobre a estruturação e o compartilhamento de materiais didáticos, com base na própria estrutura de saber associada a tais materiais. Esta teria o objetivo de permitir a indexação e busca destes materiais pela associação de palavras-chave que os descrevem (taxonomias) e potencializar os processos de ensino e aprendizagem por meio das próprias descrições (conceitos, atributos, técnicas e tecnologias) associadas a tais materiais.

No contexto de tal grupo de pesquisa, em termos de proposta curricular para Arquitetura, a partir de 2010, as técnicas digitais de representação passaram a ser inseridas nas disciplinas de Geometria Descritiva, automatizando os métodos projetivos e dinamizando a exploração e a transformação da forma. Também foram adotados sistemas visuais que operam com a variação de parâmetros, os quais permitem desenvolver as representações de maneira precisa, tornando-as dinâmicas e interativas. As atividades em que estes recursos foram explorados estão exemplificadas nas Figuras 1 e 2. A Figura 1 refere-se ao estudo de superfícies curvas no espaço tridimensional e bidimensional, através da análise e representação de elementos arquitetônicos de obras referenciais em arquitetura. Os estudantes são incentivados a aplicar os conceitos geométricos para analisar as obras de arquitetura, representá-las e materializá-las utilizando técnicas de planificação e construção de modelos em papel (Figura 2).

A análise geométrica das obras se desenvolve a partir de imagens em projeção, buscando identificar os elementos primários de tais superfícies e propor as hipóteses de geração da forma tridimensional. Os estudantes também desenvolvem uma proposta de intervenção em tais geometrias, como a representação de estruturas geométricas em composição com as superfícies estudadas, utilizando-se conceitos de composição geométrica.

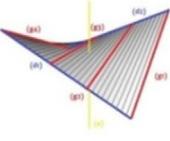
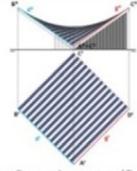
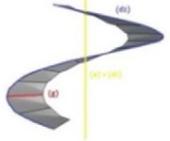
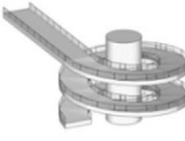
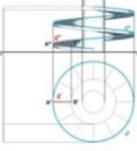
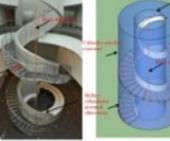
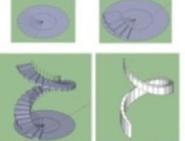
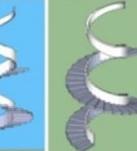
 <p>Estação de Trem Warszawa Ochota, 1963, Varsóvia, Polónia.</p>	 <p>Superfície Retilínea não desenvolvível</p>	<p>EXTRUSÃO DAS RETAS GERATRIZES AO LONGO DAS RETAS REVERSAS DIRETRIZES DO PARABOLOIDE HIPERBÓLICO ASSUMINDO POSIÇÕES REVERSAS UMA A OUTRA.</p> <p>SUPERFÍCIE GERADA POR TÉCNICA DE LOFT.</p>	 <p>Etapas do processo de geração Visualização em perspectiva cônica</p>	 <p>Visualização em vistas ortográficas</p>
 <p>Rampa da Estação Cabo Branco - Ciência, Cultura e Arte, 2008, João Pessoa, PB.</p>	 <p>Superfície Retilínea não desenvolvível</p>	<p>EXTRUSÃO DAS RETAS GERATRIZES AO LONGO DAS DIRETRIZES HÉLICAS CILINDRICAS DO HELICOIDE DE PLANO DIRETOR, ASSUMINDO POSIÇÕES REVERSAS UMA A OUTRA.</p> <p>SUPERFÍCIE GERADA POR TÉCNICA DE LOFT.</p>	 <p>Visualização em perspectiva cônica</p>	 <p>Visualização em vistas ortográficas</p>
 <p>Escada Helicoidal - Museu Salvador Dall, 2011, St. Petersburg, Flórida, USA.</p>	 <p>Superfície Retilínea não desenvolvível</p>	<p>EXTRUSÃO DAS RETAS GERATRIZES AO LONGO DAS DIRETRIZES HÉLICAS CILINDRICAS DO HELICOIDE DE PLANO DIRETOR, ASSUMINDO POSIÇÕES REVERSAS UMA A OUTRA.</p> <p>SUPERFÍCIE GERADA POR TÉCNICA DE LOFT.</p>	 <p>Etapas do processo de geração</p>	 <p>Vista frontal e perspectiva</p>

Figura 1: Atividades de análise e representação de obras de arquitetura com superfícies curvas – Disciplina de Geometria Gráfica e Digital 3 (FAUrb – UFPEl)

Fonte: Pires et al. (2013)

As análises geométricas desenvolvidas anteriormente a tais atividades geram elementos de descrição destas geometrias, os quais acabam por suportar as próprias representações. De acordo com os estudos desenvolvidos em Pires, Aguirre e Borda (2009) e Pires (2010), tais descrições configuram-se como estratégia para a aquisição e conseqüente construção de um vocabulário e repertório geométrico para a prática projetual por tratarem de um aprofundamento dos conceitos e procedimentos geométricos que abarcam diferentes níveis de complexidade formal, presentes em referenciais de arquitetura, que permitem também avançar na compreensão da geometria não euclidiana que está presente na arquitetura contemporânea.

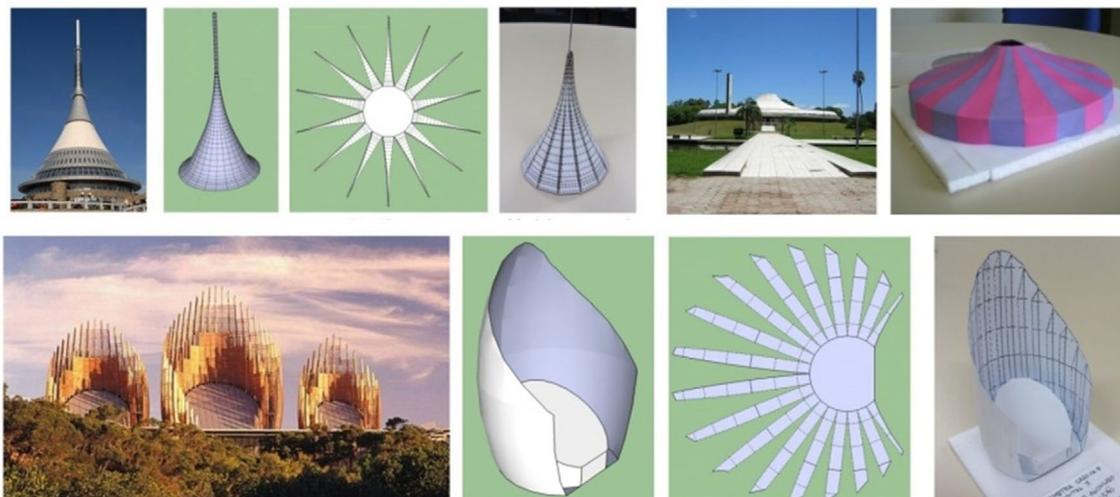


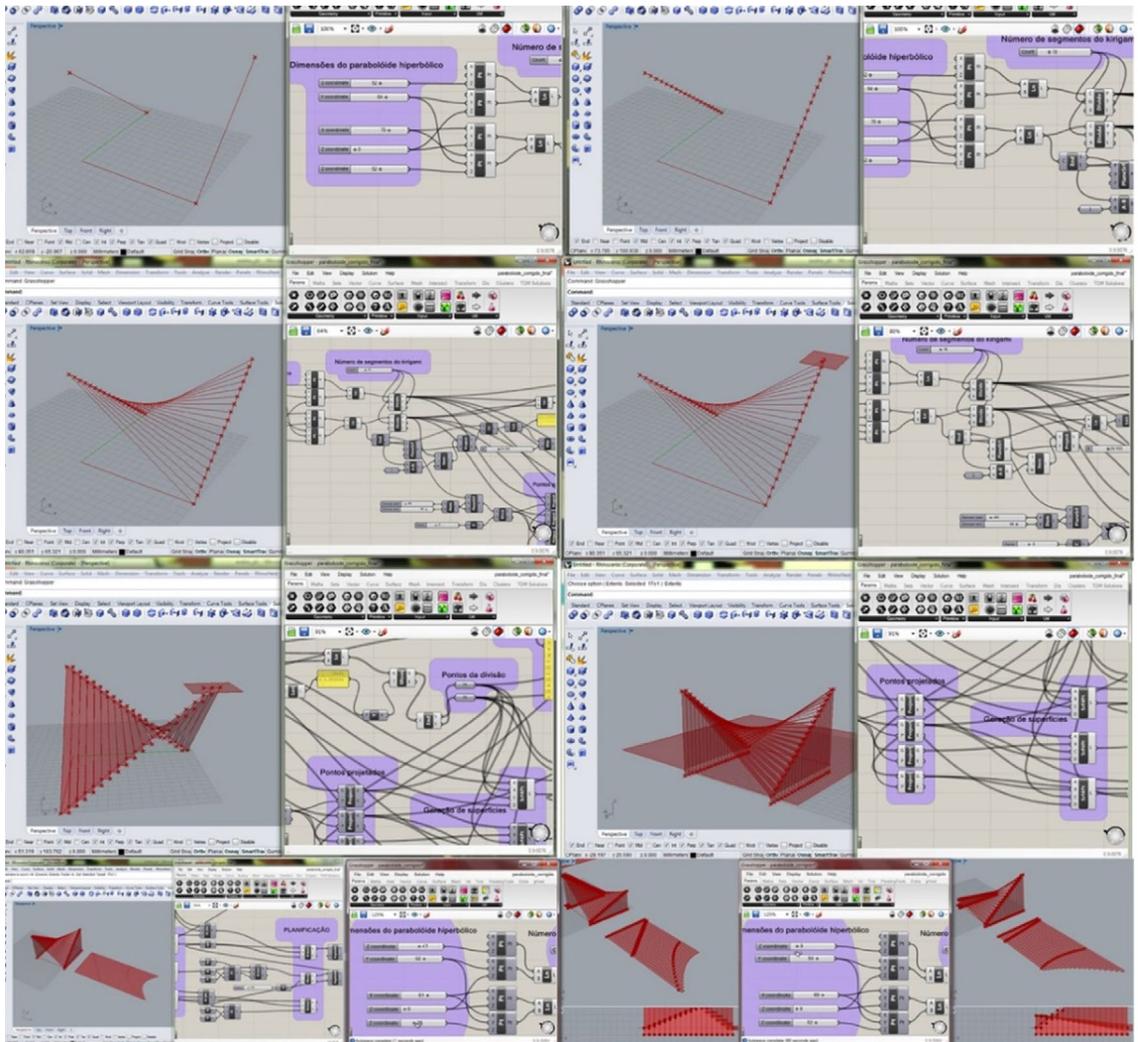
Figura 2: Atividades de geração de modelos em papel de obras de arquitetura com superfícies curvas – Disciplina de Geometria Gráfica e Digital 3 (FAUrb – UFPEl)

Fonte: Pires, Borda e Peronti (2014)

No contexto anteriormente referido, a inserção do projeto paramétrico tem se desenvolvido por meio de projetos de pesquisa e de pós-graduação. O Projeto Acorda², do grupo do grupo de pesquisa Gegradi, objetiva a Análise e Construção de Referenciais Didáticos para a inserção de Desenho

² Projeto Acorda – Análise e construção de referenciais didáticos para a inserção de desenho paramétrico e prototipagem rápida em estágios iniciais de formação em arquitetura, Chamada Universal CNPQ 2014.

Paramétrico e Prototipagem Rápida em estágios iniciais de formação em Arquitetura. Em uma das práticas desenvolvidas no âmbito deste projeto (Figura 3), identificou-se o processo de modelagem de um “kirigami tridimensional” (RAZANI, 1993) e sua planificação, com o propósito de construir modelos em papel de superfícies retilíneas não planificáveis. A modelagem aproximou a geometria de uma superfície curva, através da inserção de tiras planas sobre a superfície, as quais, ao serem cortadas, podem ser restituídas no espaço tridimensional, formando uma *superfície curva por aproximação* (POTTMANN et al., 2007).



A Figura 4 trata de um esquema de descrição de todo o processo em que foram incluídas as associações entre as estruturas de saber relativas à: *estrutura geométrica da forma*, composta basicamente por conceitos e elementos fundamentais da geometria; a sua *estrutura construtiva*, configurada por elementos geométricos que permitem representar “tiras”, as quais devem ser planificadas sobre um plano para que possam ser cortadas no material utilizado (papel, por exemplo); e as *técnicas empregadas*, que são as ações necessárias e as maneiras de executá-las para cada objetivo de modelagem.

Figura 3: Processo de formação em técnicas paramétricas de modelagem

Fonte: Workshop Projeto Acorda, Gegradi – UFPel, 2015. Ministrante: Prof.ª Gabriela Celani (Unicamp)

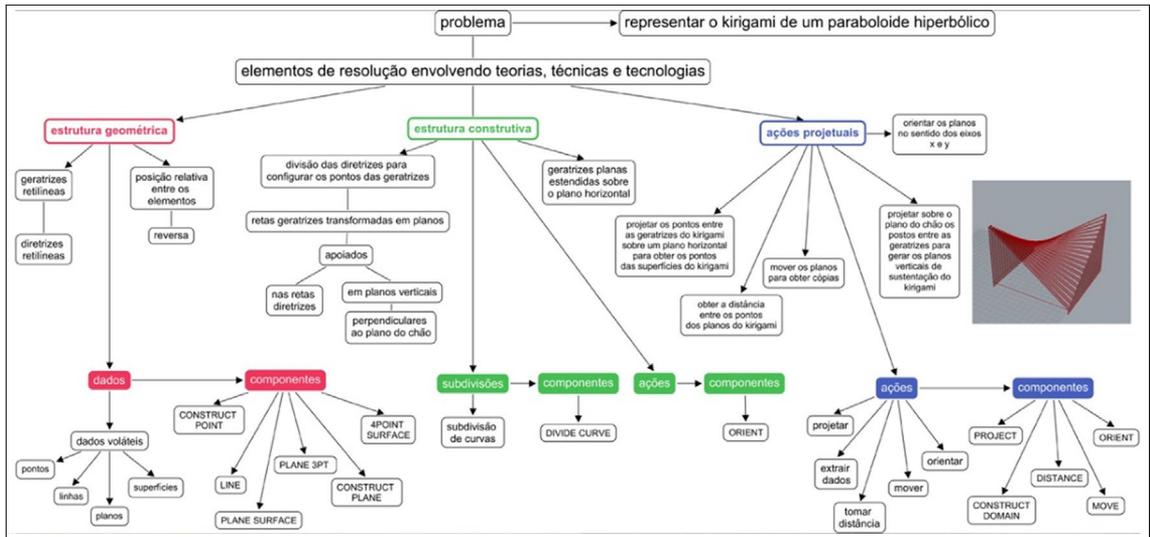


Figura 4: Material didático que estrutura os elementos de saber envolvidos na modelagem paramétrica de um *kirigami* de superfície curva retilínea não desenvolvível

Fonte: elaborada pelos autores, 2015

Outro projeto de pesquisa no qual o presente trabalho se insere é o do Laboratório de Ambientes Hipermídia para a Aprendizagem (Hiperlab), do Departamento de Expressão Gráfica da Universidade Federal de Santa Catarina. O projeto “O processo de ensino e aprendizagem de projeto mediado pelas tecnologias da informação e comunicação em arquitetura e design” se desenvolve a partir de uma “necessidade de maior integração das tecnologias no ensino de projeto e consequentemente de apoio aos professores para que possam se atualizar e contribuir para uma prática de atelier mais atual e integrada” (p. 3). Neste contexto, o projeto propõe “desenvolver métodos e procedimentos de ensino e aprendizagem de projeto mediado pelas tecnologias da informação e comunicação em arquitetura e design” (p. 4) e “aplicar este plano em um curso a distância ou semipresencial, avaliando seus resultados, para propor melhorias e adequações” (p. 5).³ Um dos principais desenvolvimentos do projeto é o de objetos de aprendizagem digitais sistematizados para compor cursos a distância e semipresenciais que integrem as Tecnologias da Informação e Comunicação no processo de projeto de Arquitetura e Design. Para isso, está sendo constituída uma rede virtual de interação entre as escolas de arquitetura e design do país, a rede TEAR_AD (Tecnologia no Ensino e Aprendizagem em Rede nas áreas de Arquitetura e Design), a qual, além de disponibilizar os materiais educacionais produzidos pelos parceiros da rede para serem reestruturados e/ou compartilhados, irá avaliá-los.

No caso desta pesquisa, os materiais têm o propósito de abarcar os conceitos da geometria complexa da arquitetura contemporânea e a descrição de seus processos de geração por meio da modelagem paramétrica, configurando taxonomias de apoio ao ensino do projeto de arquitetura.

REFERENCIAIS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

Conforme já referido, a partir dos avanços tecnológicos dos últimos anos, novos conceitos da geometria têm se mostrado potencialmente presentes na arquitetura contemporânea. Estes, segundo Pottmann (2010), apontam para um elevado nível de complexidade geométrica. Para o autor, tais saberes não são abordados e ensinados em cursos de desenho ou geometria descritiva nas escolas de arquitetura. Pottmann destaca a necessidade de um conhecimento específico destas geometrias, principalmente frente às técnicas paramétricas de modelagem, as quais possibilitam controlar

³ Projeto “O processo de ensino e aprendizagem de projeto mediado pelas tecnologias da informação e comunicação em arquitetura e design”, Chamada Universal MCTI/CNPQ nº 14/2013, Faixa B.

a geração de geometrias complexas e suas alternativas para avaliação e seleção pelo projetista.

O projeto paramétrico, entendido como um processo em que a descrição de um problema é criada usando variáveis (MONEDERO, 2000b), caracteriza-se por gerar uma gama de soluções alternativas por alteração destas variáveis, visando atingir uma solução final a partir de critérios selecionados. Estes critérios podem estar relacionados com o desempenho, a facilidade de construção, requisitos de orçamento, as necessidades do usuário, estética ou a combinação destes. Um modelo computacional paramétrico incorpora a descrição de um de um problema de design, que é representada com base em relações entre objetos controlados por tais variáveis.

De acordo com Woodbury (2010), o processo de criação de relacionamentos (necessariamente) requer uma notação formal e introduz conceitos adicionais que não tenham sido previamente considerados como parte do “pensamento de design”. O autor considera que isso pode alargar o âmbito intelectual do projeto.

Em Mitchell (1990), já havia sido enfatizada a necessidade de descrição dos edifícios pelos arquitetos e projetistas para uma avaliação crítica da produção de arquitetura. Vaz (2011) destaca que, de acordo com o pensamento de Mitchell, a partir de uma conceitualização adequada, é possível estabelecer as bases para a descrição de um edifício. Esta descrição irá conter relações e propriedades de partes do edifício, sendo possível se referir a elas diretamente ou indiretamente. Quando essa descrição é feita por meio de sentenças escritas, a conceitualização permanece implícita no vocabulário e na construção das sentenças utilizadas. Para Vaz (2011) outra possibilidade de representação da descrição é por meio de sentenças de lógica de primeira ordem. Neste caso, a conceitualização é explicitada por meio da definição de constantes, variáveis, funções e as relações que se pretende utilizar. O mesmo autor ainda destaca que uma terceira forma de explicitar uma conceitualização seria pela descrição no formato de uma ontologia. Ontologia tem sua origem na Filosofia e foi definida para estudar “o ser” ou “a existência” e suas características básicas; busca quais entidades e que tipos de entidades existem.

Uma ontologia define um vocabulário comum para domínios em que exista a necessidade de compartilhamento de informações. No contexto da computação, inclui definições interpretáveis por máquinas de conceitos básicos em um domínio e relações entre estes, sendo definida como “uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada” (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998).

Uma “especificação formal” se refere a ser processável por máquina. “Explícita” refere-se a uma definição sem ambiguidade de todos os conceitos, atributos e relacionamentos. “Conceitualização” refere-se ao modelo conceitual de um dado domínio. E “compartilhada” refere-se a um entendimento compartilhado.

Para definirmos uma ontologia, é necessário descrever: classes (ou “coisas”), nos vários domínios de interesse; relacionamentos entre estas “coisas”; e propriedades (ou atributos) que estas “coisas” devem possuir. A definição de classes e sua hierarquia constituem a taxonomia de uma ontologia.

Ontologias podem ser usadas para analisar determinado conhecimento de domínio. Conforme referido anteriormente, tem-se adotado a Teoria Antropológica da Didática, particularmente a visão estruturada do saber, para analisar saberes no contexto de ensino e aprendizagem da representação gráfica digital para arquitetura. Ao considerar que uma estrutura de saber se constitui por quatro elementos – “problema”, “técnicas” de resolução deste problema, “tecnologias” (discursos que produzem e explicam as técnicas) e “teorias” (que produzem e justificam as tecnologias) –, esta visão promove o estudo do processo dinâmico de constituição de tal estrutura, associando a um único problema elementos advindos de diversas abordagens.

As Figuras 5 e 6 ilustram a constituição de um material didático desenvolvido no contexto da Rede TEAR_AD que aborda um determinado processo de modelagem paramétrica para aplicação em arquitetura. O material está constituído por um exemplo de obra de arquitetura e o conceito geométrico associado a tal obra; pela esquematização visual de seu processo de geração; pela organização em formato de mapa conceitual de um algoritmo que descreve as etapas de geração da geometria da obra e o qual se corresponde com a esquematização visual descrita anteriormente; pelo reconhecimento dos elementos tecnológicos de definição paramétrica para este processo de geração; e, por fim, pela definição das relações entre estes elementos e os parâmetros a serem atribuídos.



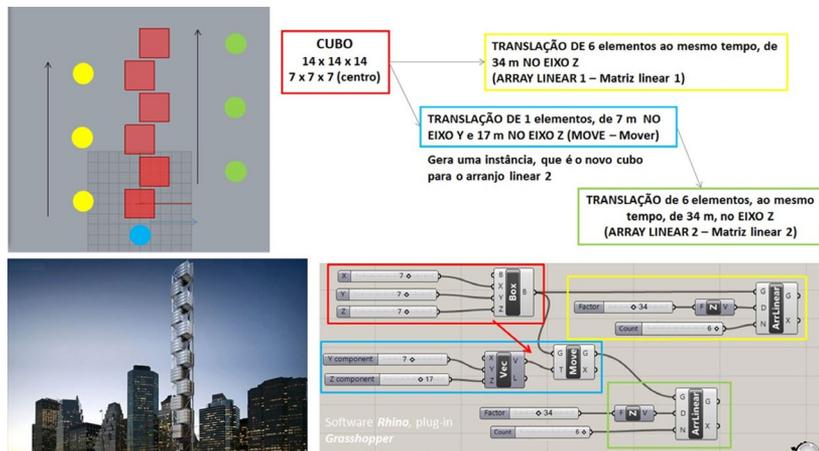
Figura 5: Terminologia que descreve um material didático da Rede TEAR_AD (UFSC) segundo teorias e técnicas de geração

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)

Os mapas e os esquemas visuais representam organizações taxonômicas relativas à geometria: a partir de uma imagem da obra 80 South Street foi feita uma análise para identificar o conceito geométrico associado ao seu processo de geração, a simetria de translação, caracterizando, em um esquema visual (à direita da Figura 5), seu principal invariante (as dimensões do objeto) e o tipo de movimento que é desenvolvido no espaço neste tipo de simetria; a caracterização da técnica de representação, uma matriz linear (*linear array*), foi descrita como sendo uma transformação geométrica de translação (*move*). Esta organização foi utilizada como base para propor um algoritmo simples que pôde ser associado ao próprio processo de modelagem paramétrica (Figura 6).

Figura 6: Material didático da rede Tear_AD (UFSC) que sistematiza o processo de modelagem paramétrica de uma obra de Santiago Calatrava

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)



MATERIAIS E MÉTODOS

Os referenciais teóricos e metodológicos referidos na seção anterior foram utilizados no desenvolvimento de uma análise sobre um conhecimento específico de geometria aplicada na arquitetura contemporânea (BURRY; BURRY, 2010), a qual será exposta no desenvolvimento do trabalho. Como método de análise dos conceitos abordados pelos autores e de sua estruturação serão aplicados modelos de ontologias. Estes são dos tipos *top-down* (definição dos conceitos mais gerais e sua especialização), *bottom-up* (definição dos conceitos mais específicos e posterior organização em classes mais gerais) e por combinação, os quais definem os conceitos mais relevantes primeiro e então os generaliza e especializa simultaneamente, de maneira apropriada (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998).

Para o desenvolvimento da análise proposta, será utilizado predominantemente o último tipo.

A análise em si desenvolve-se da seguinte maneira: inicialmente assinalam-se as palavras-chave apresentadas no texto de Burry e Burry (2010) e, com base no modelo de ontologias, estas palavras são categorizadas como resultado das relações explicitadas pelos próprios autores; após a identificação e categorização, as estruturas de saber encontradas ou palavras-chave destacadas são organizadas em mapas conceituais, com o objetivo de sistematizar os conceitos por meio da categorização do conhecimento analisado. A esta categorização também serão adicionados exemplos de obras de arquitetura que se utilizam dos conceitos identificados, conforme descrito por Burry e Burry (2010). A taxonomia será então formalizada no software Protégé⁴ para ser disposta em ambientes na internet, por intermédio da Web Ontology Language (OWL), que é utilizada para definição de ontologias para a web e endossada pelo W3C Web Ontology Working Group (STUDER; BENJAMINS; FENSEL, 1998). Na sequência, um dos conceitos será detalhado em formato de novas taxonomias, com o objetivo de abarcar a teoria e as técnicas de modelagem paramétrica. Destaca-se que os exemplos de obras de arquitetura citados por Burry e Burry (2010) serão detalhados em novas taxonomias e ontologias em etapas posteriores desta pesquisa.

A categorização destes conceitos está sendo tratada no decorrer da pesquisa como uma taxonomia de referência para o aprofundamento sobre os termos utilizados. O modelo de ontologias, por um lado, fornece um método formal para alocar as palavras em categorias e subcategorias, que são interpretadas com base na própria descrição apresentada pelos autores do texto a ser analisado. Por outro lado, é um modelo que ressalta a importância do tipo de relação entre os conceitos e possibilita estruturar o conhecimento que fundamenta estas relações, permitindo explicar em um nível mais profundo os conceitos descritos.

Para a análise proposta neste artigo, será desenvolvido o primeiro nível de uma ontologia, ou seja, a categorização dos conceitos, ou a taxonomia do saber tratado.

DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, foi selecionado um conteúdo que exemplifica conceitos geométricos e matemáticos com desenvolvimento recente, associados a aplicações arquitetônicas contemporâneas, identificados por Burry e Burry (2010). Estes, segundo os mesmos autores, se referem ao uso de *tilings* e *packings*, definidos como “partições do plano ou de um espaço tridimensional” que podem abrigar espaços arquitetônicos (Figura 7).

⁴ <http://protege.stanford.edu/>

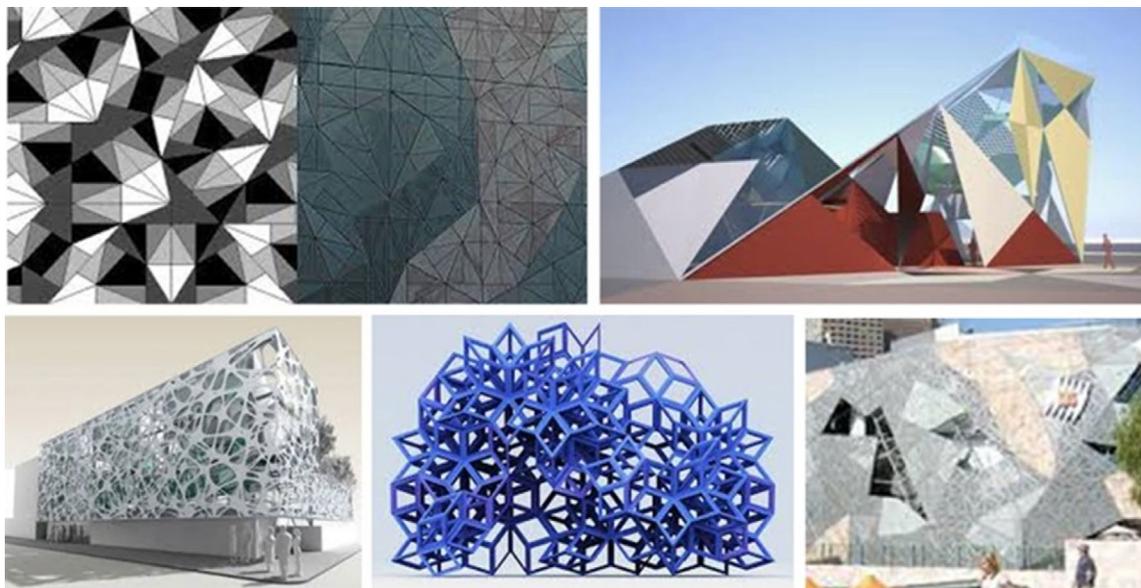


Figura 7: Exemplos de *tilings* e *packings* na arquitetura contemporânea

Fonte: Burry e Burry (2010)

Foi feita uma análise do texto apresentado pelos autores, e sobre o conteúdo destacaram-se as palavras-chave que descrevem tais conceitos arquitetônicos e matemáticos. As Figuras 8, 9 e 10 ilustram mapas conceituais que categorizam os termos identificados no texto. Para destacá-los, aplicou-se cor às palavras-chave identificadas, de modo a diferenciá-las por categorias, contemplando desde categorias mais gerais até as mais específicas (hierarquia de conceitos). Também foi feita uma diferenciação por tipos, entre a classe de conceitos arquitetônicos (na cor azul, no mapa da Figura 8), geométricos (na cor bordô, nos mapas das Figuras 8 e 9) e matemáticos (em cor laranja e marrom, no mapa da Figura 10). Conforme já referido, a classificação por hierarquia buscou identificar tanto a generalidade quanto a especificidade de cada termo, alocando-os nas classes e subclasses identificadas. Os mapas foram construídos utilizando-se a ferramenta Cmap Tools.⁵

No mapa da Figura 8 categorizam-se os termos apresentados no texto de referência de acordo com as relações explicitamente estabelecidas entre estes termos pelos próprios autores, tais como “arquitetura tradicional” e “arquitetura contemporânea”, relacionados com as subclasses “simetria” e “padrões aperiódicos”.

No mapa da Figura 9, para categorizar dois conceitos geométricos específicos, *packing* e *tiling*, utilizou-se o modelo *bottom-up* para o desenvolvimento de ontologias, alocando-se inicialmente tais conceitos na classe mais geral denominada no texto como “subdivisão do espaço”. No mesmo mapa ainda foram detalhados cada um destes conceitos, em um modelo *top-down*, criando-se novas subclasses de termos específicos do texto que estão associados, tais como “enchimento do espaço” e “partição do plano”, “espaços habitáveis” e “*space-frame* estrutural”.

O mapa da Figura 10 busca detalhar o conceito de *tiling*, associando as categorias “geometria euclidiana” e “geometria não euclidiana” e as subcategorias “periódicos” e “não periódicos”, além dos tipos identificados para cada uma destas subcategorias (“simetrias do plano”, *Ammann tiling*, *Penrose tiling* e “padrões de Voronoi”).

⁵ <http://cmap.ihmc.us/>

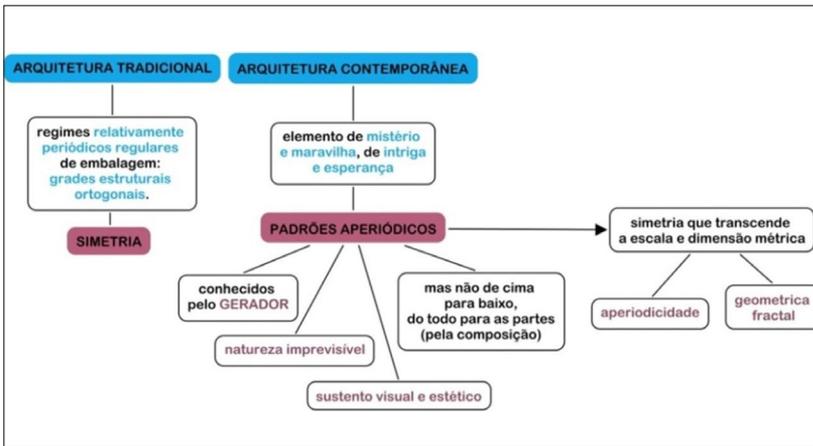


Figura 8: Mapa conceitual que destaca categorias de palavras-chave associadas a conceitos arquitetônicos (em azul) e geométricos (em bordô) relacionados à aplicação de tilings na arquitetura contemporânea

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)

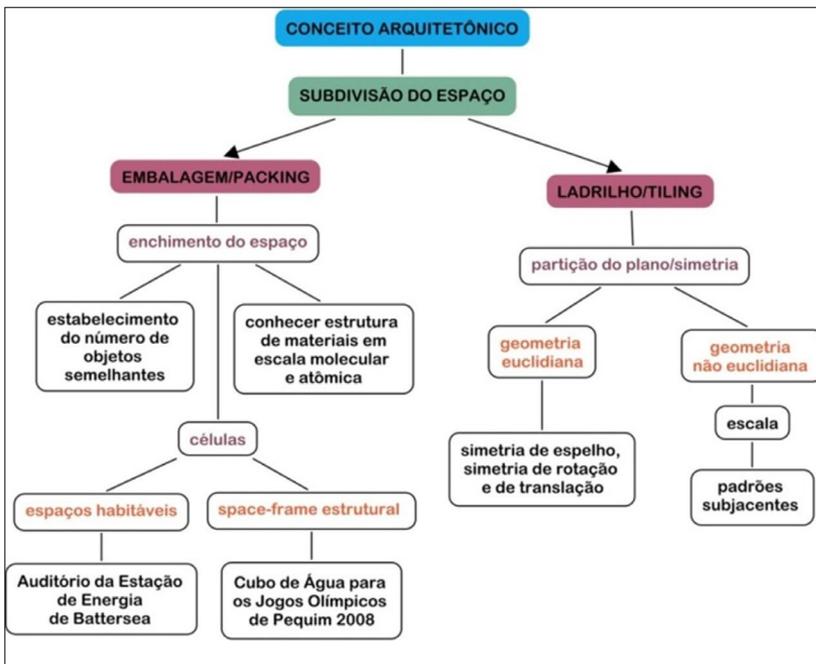


Figura 9: Mapa conceitual resultante da análise e classificação dos conceitos arquitetônicos e geométricos da arquitetura contemporânea apresentados em Burry e Burry (2010)

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)

Após esta identificação e categorização, as estruturas de saber encontradas ou palavras-chave destacadas e organizadas através dos mapas conceituais ilustrados foram reunidas em um único esquema, com o objetivo de sistematizá-las aplicando uma categorização para o conhecimento que foi analisado (Figura 11). Para isso, utilizou-se o modelo combinado da abordagem *top-down* e *bottom-up*, como referido anteriormente. Tal esquema constitui-se em uma taxonomia do saber tratado. A esta taxonomia foram adicionados exemplos de obras de arquitetura que se utilizam dos conceitos identificados, conforme descrito por Burry e Burry (2010).

Com o objetivo de dispor de uma taxonomia formalizada para ambientes na internet, transpôs-se a taxonomia para a Web Ontology Language, linguagem utilizada para definição de ontologias para a web e endossada pelo W3C Web Ontology Working Group, por meio do software Protégé (Figuras 12 e 13). A taxonomia implementada representa formalmente a estrutura apresentada no mapa da Figura 11.

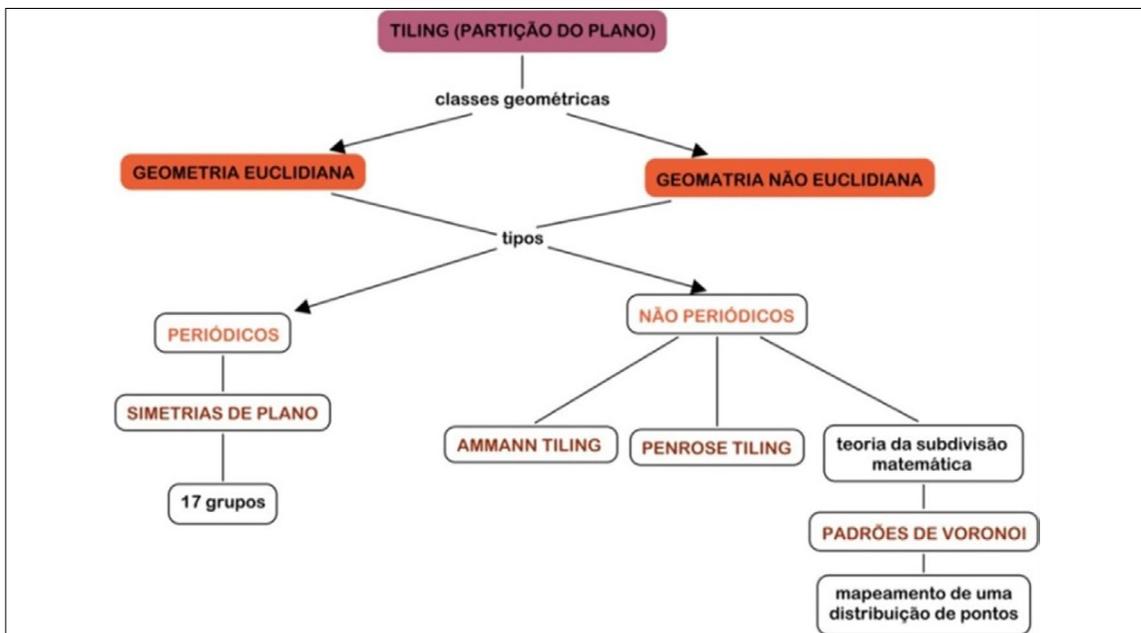


Figura 10: Mapa conceitual que destaca subcategorias de palavras-chave associadas a conceitos geométricos e matemáticos (em bordô e laranja) relacionados à aplicação de *tilings* na arquitetura contemporânea

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)

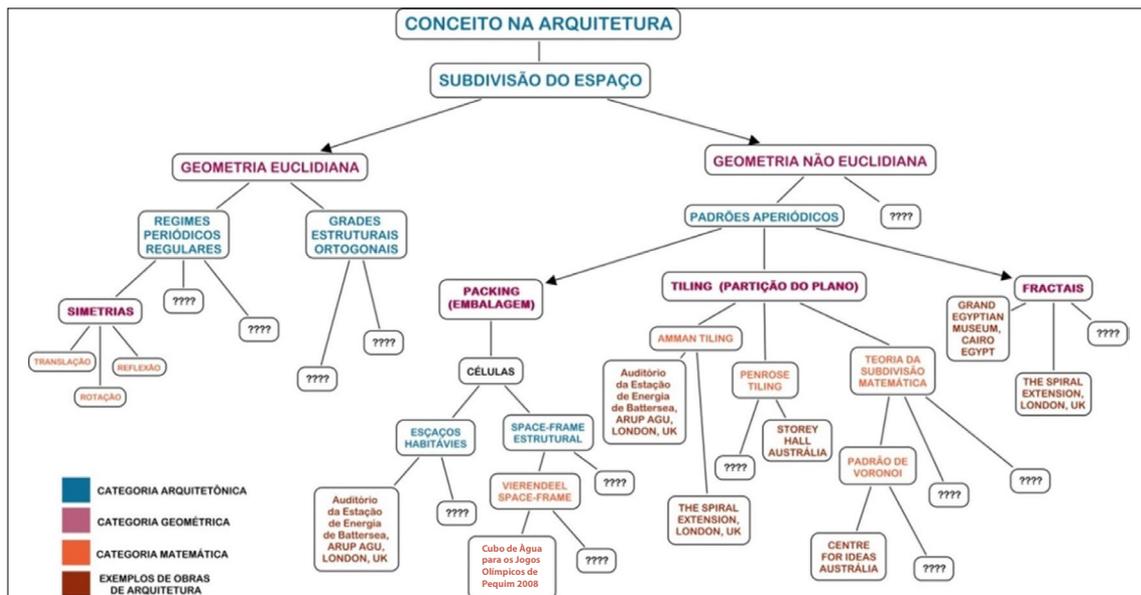
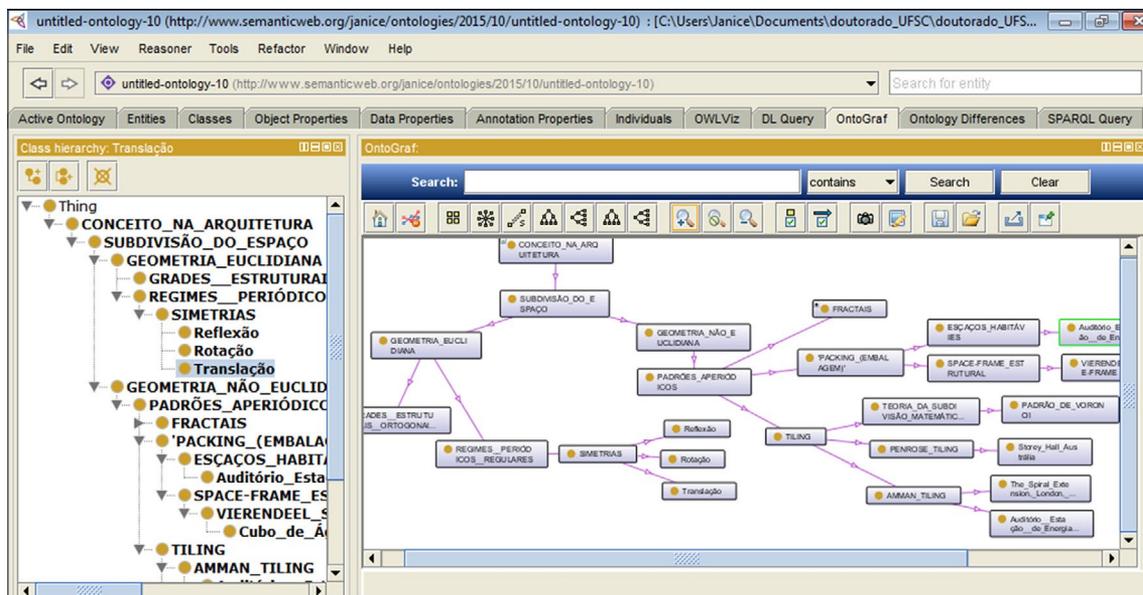


Figura 11: Mapa conceitual que categoriza e classifica em uma taxonomia os conceitos identificados durante o processo de análise

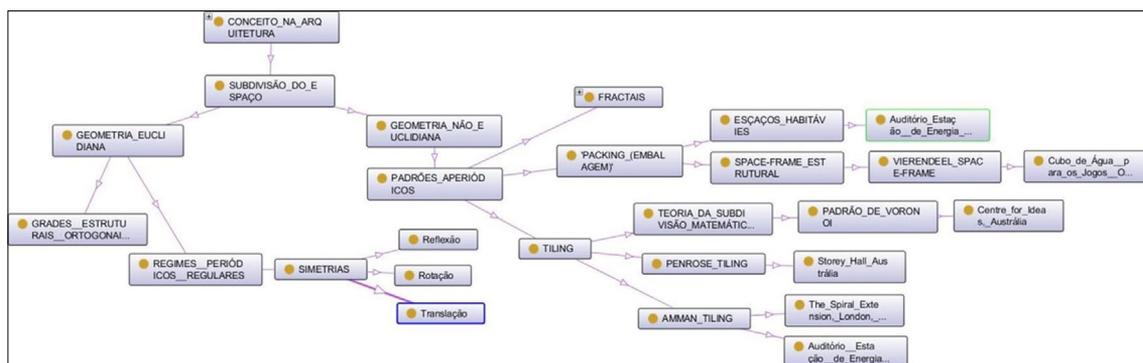
Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)



A taxonomia relativa a *tilings* exigiu um maior detalhamento, em função da complexidade envolvida em suas estruturas geométricas. Este detalhamento buscou abarcar a teoria e as técnicas de modelagem paramétrica de tais padrões não periódicos. O esquema visual da Figura 14 representa a identificação das propriedades geométricas de *tilings* não periódicos, os quais estão sendo utilizados na arquitetura contemporânea, e os principais tipos e subtipos desenvolvidos ao longo da pesquisa em torno destes conjuntos. Para que possam ser compreendidos e representados parametricamente, cada um destes tipos e subtipos necessita ser detalhado em novas taxonomias.

Figura 12: Formalização da taxonomia para web semântica, formato RDF/XML, no software Protégé

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)



Na sequência, aplicando-se a mesma metodologia anteriormente descrita de identificação e categorização de palavras-chave, foram desenvolvidas taxonomias relativas ao *tiling* P2 de Penrose. Roger Penrose investigou esses conjuntos na década de 1970 e encontrou duas peças com propriedade de aperiodicidade, os chamados *prototiles*. Esta implica que uma cópia transladada de uma pequena porção da composição de Penrose (um *tile*) nunca vai corresponder ao original. Estas pequenas porções podem ser construídas por meio de simetrias de reflexão e de rotação aplicada cinco vezes ao elemento básico da composição. Dois dos elementos encontrados por Penrose foram denominados de “dardo” e “pipa” e derivam de triângulos agudos e obtusos presentes na estrutura geométrica do pentagrama. Estes triângulos são denominados de triângulos de Robinson e, ao serem unidos em composição, geram figuras particulares que são denominadas de *tiles* de Penrose, tais como a estrela, o sol e mais cinco figuras resultantes da

Figura 13: Esquema visual da taxonomia gerado pelo OntoGraf, no software Protégé

Fonte: Pires, Gonçalves e Pereira (2016)

combinação dos *prototiles* pipa e dardo iniciais. Estes elementos estão representados no mapa da Figura 15, assim como os tipos de processos envolvidos para gerar estas figuras e a resultante composição aperiódica no plano, a partir da combinação de tais elementos.

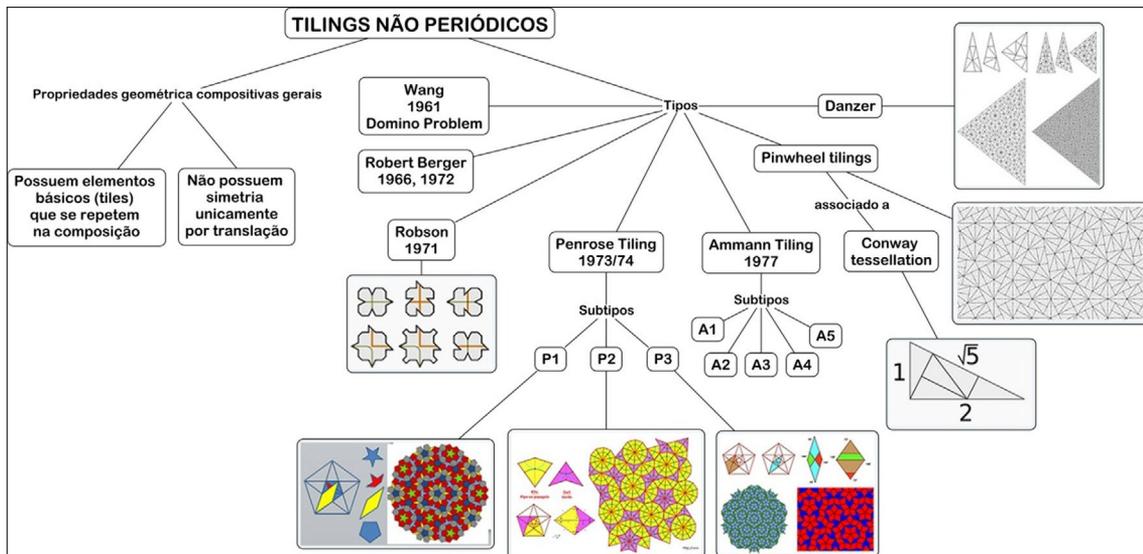


Figura 14: Taxonomia relativa às propriedades e tipos de *tilings* não periódicos

Fonte: adaptado de Bourke (2002)

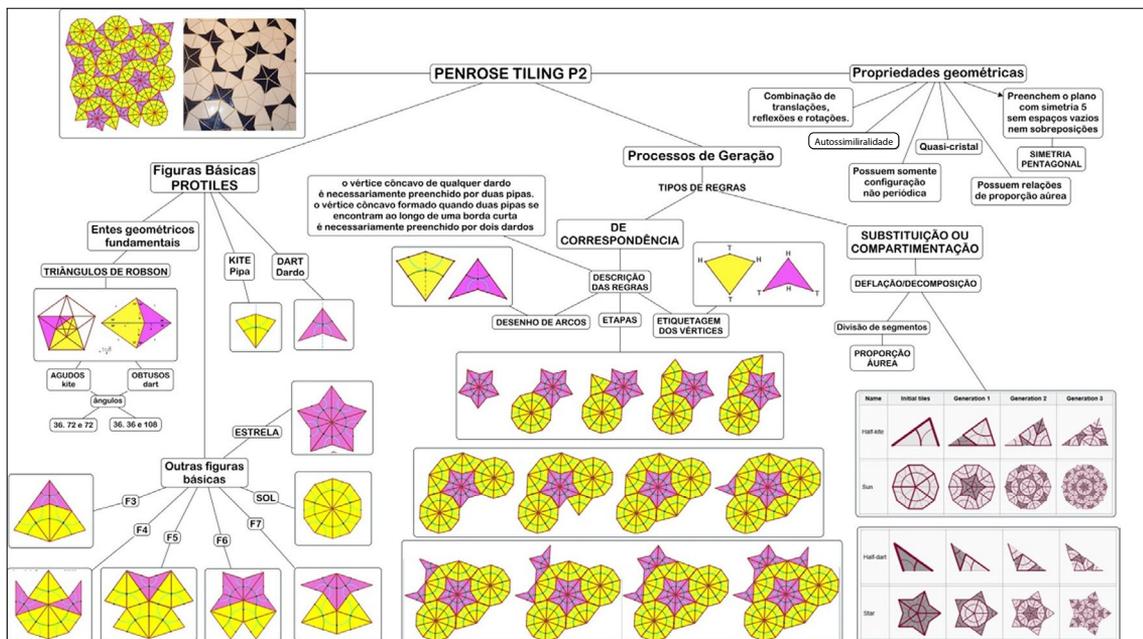


Figura 15: Taxonomia relativa às propriedades, figuras básicas e processos de geração do *tiling* P2 de Roger Penrose

Fonte: adaptada de Schultz (2010)

Destaca-se que os *prototiles* P2 podem ser unidos para formar um losango, que é uma figura de base para uma composição do tipo periódica (em que partes se repetem por simetria de translação unicamente). No entanto, para forçar uma composição ou pavimentação não periódica, Penrose e John Horton Conway derivaram regras para organizar as peças, denominadas de 'regras de correspondência', que podem ser por

“etiquetagem dos vértices”, forçando a coincidência de vértices de mesmo tipo, ou por “desenho de duas curvas” (arcos) com cores diferentes sobre as peças, de modo que duas peças adjacentes se unam fazendo coincidir os caminhos de mesma cor. Estas regras também estão representadas na Figura 15 e indicam que, em geral, o vértice côncavo de qualquer dardo é necessariamente preenchido por duas pipas, e o vértice côncavo formado quando duas pipas se encontram ao longo de uma borda curta é necessariamente preenchido por dois dardos. Importante salientar que as mesmas figuras podem também ser geradas por “regras de substituição”, em que há uma divisão das arestas dos triângulos em uma proporção áurea, gerando segmentos de reta que serão base para novos triângulos, menores, que substituirão os anteriores em um processo recursivo. Segundo Ramachandrarao, Sinha e Sanyal (2000), existe um dimensionamento de autossimilaridade neste piso que pode ser pensado como um fractal. Usando regras de substituição, Penrose descobriu os *tiles* P1 por decomposição de um pentágono em seis pentágonos menores, o que comprova a afirmação anterior. Para Austin (2005a, 2005b), este processo de geração *up-down* produz um método para parametrizar as pavimentações.

Os mapas das Figuras 16 e 17 ilustram uma proposta de modelagem paramétrica do *tiling* P2. Nesta proposta, teve-se o objetivo de reconhecer a lógica compositiva e verificar qual o potencial deste *tiling* para inserir conceitos de composição geométrica e de modelagem paramétrica, a partir de processos otimizados de geração da forma. A Figura 16 refere-se à modelagem paramétrica dos *prototiles* (pipa, dardo) e *tiles* (sol, estrela) do *tiling* P2, destacando-se as palavras-chave relativas aos entes geométricos e transformações geométricas envolvidas. Os termos também foram expressos na linguagem tecnológica que é própria da ferramenta paramétrica utilizada, o plug-in Grasshopper associado ao software Rhinoceros, como, por exemplo, uma linha orientada é denominada de *line SDL* (S=ponto inicial da curva, D=direção da curva e L=comprimento da curva).

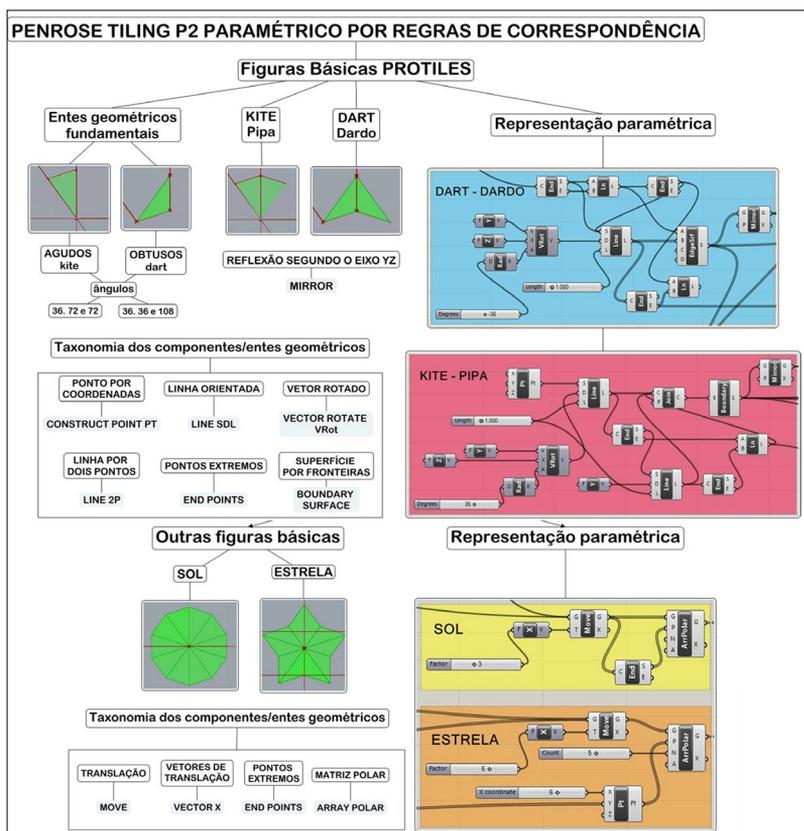
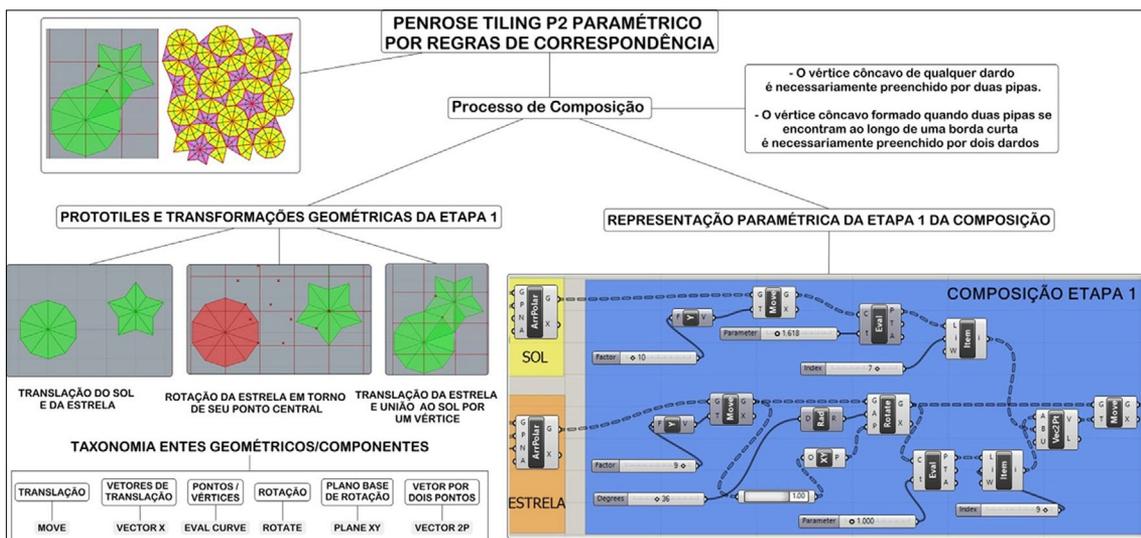


Figura 16: Taxonomia relativa à representação paramétrica dos *prototiles* e *tiles* P2 de Roger Penrose

Fonte: elaborada pelos autores

Destaca-se que as dimensões das arestas dos triângulos iniciais dos *prototiles* pipa e dardo podem ser parametrizadas como uma relação de proporção áurea, a qual otimiza o processo de representação. Na modelagem proposta, tal função não foi atribuída, desde que também são conhecidos os ângulos internos dos triângulos, os quais dois deles foram diretamente informados para representar as arestas da figura e que, por consequência direta, irão produzir uma terceira aresta que estará em proporção áurea com as duas anteriores. Outra questão importante no processo proposto é a utilização de uma “matriz polar” (*array polar*) para atribuir simultaneamente todas as reflexões dos *prototiles* necessárias para gerar as figuras estrela e sol, o que simplifica muito as etapas de representação.

A Figura 17 ilustra a etapa um, relativa ao processo de composição do *tiling* P2, em que as regras de correspondência indicam uma rotação da estrela em 36 graus e sua união ao sol a partir de um vértice específico de ambas as figuras. Esta regra, embora de descrição muito simples, envolveu muitos processos e o uso de vários componentes de parametrização, o que indica a necessidade de estruturar um espaço otimizado de modelagem, em que seja possível trabalhar com um número menor de componentes sem perder a flexibilidade da parametrização. Quanto a isso, os autores de referência indicam que a irregularidade da composição faz com que encontrar uma lógica clara de otimização seja muito difícil, desde que a união das arestas pelas regras de correspondência permite ter muitas variações locais dos desenhos, os quais se repetem poucas vezes na composição. Por isso indicam como processo adequado a uma parametrização destas composições o uso das *regras recursivas de substituição*.



DISCUSSÃO

Figura 17: Taxonomia relativa à representação paramétrica da etapa um do processo de composição do *tiling* P2 de Roger Penrose

Fonte: elaborada pelos autores

A análise sobre uma estrutura de conhecimento específica de aplicação de novos conceitos matemáticos na arquitetura contemporânea possibilitou identificar: a presença de uma sobreposição das linguagens da arquitetura, da geometria e da matemática; a falta de referenciais suficientemente claros para apoiar a categorização do conteúdo por tipos, sendo que foi percebida maior facilidade em organizar a terminologia hierarquicamente; e o detalhamento insuficiente de determinados termos e conceitos empregados no texto adotado como referência para as análises.

Também foi possível compreender que, para o contexto didático, somente a categorização hierárquica não é suficiente para sistematizar a estrutura de saber tratada. É necessário categorizar os conceitos por tipos

e, principalmente, explicitar os relacionamentos entre os termos, as suas características e a explicação/justificação que fundamenta(m) estas relações. Isso significa definir atributos para cada entidade classificada, o que configura a especificação de uma ontologia. Com isto, ficou caracterizada a pertinência ou necessidade de explicitar em um nível mais profundo a taxonomia desenvolvida, avançando para a descrição de uma ontologia que suporta o conhecimento tratado no material analisado.

Destaca-se que a taxonomia desenvolvida para detalhar o conceito de *tilings* não periódicos resultou em uma maior compreensão sobre as estratégias de divisão do plano e do espaço tridimensional utilizadas na arquitetura contemporânea, mesmo que em um momento inicial (conceitual) de preparação para a estruturação de processos de modelagem paramétrica. O que aponta para a relevância do método adotado em conjunto com as análises de arquitetura. Tal método pode ser estendido para apoiar a configuração de elementos específicos que integram a estrutura geométrica de tais obras em uma representação paramétrica. Tem-se desenvolvido os mesmos tipos de estruturas conceituais para outras terminologias associadas à geometria complexa da arquitetura, como *superfícies e serialidade*, apontadas por Burry e Burry (2010).

Por outro lado, as taxonomias até então constituídas, mesmo que não possuam a mesma potencialidade de uma ontologia, por explicitarem uma terminologia própria, têm a capacidade de subsidiar tanto a indexação de materiais em sistemas online de aprendizagem, através da atribuição de metadados de conteúdo, como de facilitar a associação de materiais sobre o mesmo assunto, ampliando a estrutura de conhecimento descrita e explicitada.

Outro importante resultado é que as representações paramétricas desenvolvidas até o momento estão permitindo refletir sobre as estratégias projetuais baseadas na geometria utilizadas por arquitetos contemporâneos devido à necessidade de se buscar uma compreensão mais profunda sobre cada elemento de parametrização, sejam estes elementos as composições irregulares muito específicas, como os *tilings* não periódicos, ou os tipos de curvas muito pouco conhecidas que se encontram configurando algumas das superfícies que estão sendo estudadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio proposto neste artigo possibilitou estruturar alguns conceitos geométricos adotados na arquitetura contemporânea, indicando a necessidade de detalhar e aprofundar a caracterização e a definição dos termos associados a tais conceitos identificados. A sistematização dos processos de modelagem paramétrica das obras de arquitetura que empregam tais conceitos geométricos irá exigir uma maior compreensão sobre alguns termos classificados, fazendo com que se delimitem conexões importantes sobre a arquitetura contemporânea e os processos de projeto de seus arquitetos.

Neste momento, estão sendo estudadas e reconhecidas taxonomias específicas que abordam os conceitos matemáticos e as técnicas de modelagem paramétrica, associadas com a definição geométrica de tais conceitos na arquitetura contemporânea. A estruturação de algumas destas taxonomias está possibilitando identificar lógicas de projeto compartilhadas entre arquitetos de períodos diferentes da história da arquitetura, ampliando o campo de investigação inicialmente proposto na pesquisa em que este trabalho está inserido.

Na continuação do trabalho, será feita a estruturação destas taxonomias em um formato específico, visando serem aplicadas no contexto de ensino de arquitetura em uma disciplina de pós-graduação. Será também feita uma avaliação destas aplicações quanto à promoção do processo de aprendizagem da modelagem paramétrica da geometria complexa da arquitetura contemporânea.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPQ, órgão financiador do projeto de pesquisa “O processo de projeto mediado pelas tecnologias de informação e comunicação”, que permitiu o desenvolvimento da rede TEAR_AD, à qual este trabalho está associado, e do Projeto Acorda (UFPEL), no qual foi desenvolvida a metodologia adotada neste trabalho. Agradecemos particularmente à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela oportunidade de realização do doutoramento em Arquitetura e Urbanismo.

REFERÊNCIAS

- AUSTIN, D. Penrose tiles talk across miles. **American Mathematical Society**: feature column, Providence, 13 ago. 2005a. Disponível em: <<https://goo.gl/7VynQ8>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- _____. Penrose tilings tied up in ribbons. **American Mathematical Society**: feature column, Providence, 5 dez. 2005b. Disponível em: <<https://goo.gl/R4aT5U>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- BORDA, A. et al. Produção e compartilhamento de objetos de aprendizagem dirigidos ao projeto de arquitetura. In: CONGRESS OF THE IBERO-AMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 14., 2010, Bogotá. **Proceedings...** Bogotá: Uniandes, 2010. v. 1, p. 104-107.
- BOURKE, P. Tiling on the plane. **Paul Bourke**, Perth, 30 jun. 2002. Disponível em: <<https://goo.gl/ck1x9t>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- BURRY, J.; BURRY, M. **The new mathematics of architecture**. London: Thames & Hudson, 2010.
- CAJORI, F. **Uma história da matemática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.
- CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en didactique des mathématiques**, Grenoble, v. 19, n. 2, p. 221-266, 1999. Disponível em: <<https://goo.gl/ZTzwZe>> Acesso em: 31 out. 2017.
- GROBMAN, J. Y. Soft[ware] boundaries: complex geometry in architectural design. In: TARAGA, H.; GAL, N. (Eds.). **The beauty of Japheth in the tents of Shem**: studies in honor of Mordechai Omer. Tel Aviv: Tel Aviv University, 2010. p. 585-599. Disponível em: <<https://goo.gl/Wt8ZaG>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- KOLAREVIC, B. **Architecture in the digital age**: design and manufacturing. New York: Spon Press, 2003.
- MITCHELL, W. J. **The logic of architecture**: design, computation, and cognition. Cambridge, MA: The MIT Press, 1990.
- MONEDERO, J. **Aplicaciones informáticas en arquitectura**. 2. ed. Barcelona: UPC, 2000a.
- _____. Parametric design: a review and some experiences. **Automation in construction**, Amsterdam, v. 9, n. 4, p. 369-377, 2000b.
- NOVO, H. **A elaboração de taxonomia**: princípios classificatórios para domínios interdisciplinares. 2007. 172 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Instituto de Artes e Comunicação Social, Universidade Federal Fluminense, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Niterói, 2007.
- PIRES, J. F. **Construção do vocabulário e repertório geométrico para os estágios iniciais da prática projetual de arquitetura**. 2010. 154 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/faurb/prograu/documentos/documentos2010/dissertacao_janice.pdf>. Acesso em: 25 maio 2011.
- PIRES, J. F.; BORDA, A. Identificação de estruturas de saber implícitas em materiais didáticos para a delimitação de uma taxonomia de domínio. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA DA UFPEL, 1., 2010, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Gráfica Universitária, 2010. v. 1, p. 1-9.
- PIRES, J. F.; BORDA, A.; PERONTI, G. Planificações parametrizadas e kirigami: aproximações possíveis para o estudo e a representação de superfícies curvas. **Blucher Design Proceedings**, São Paulo, v. 1, n. 8, p. 265-270, 2014.
- PIRES, J. F.; AGUIRRE, N. M.; BORDA, A. Ativação da memória para o projeto de arquitetura através de metadados para caracterização da forma. In: CONGRESS OF THE IBERO-AMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 13., 2009, São Paulo.

- Proceedings...** São Paulo: Mackenzie, 2009. v. 1, p. 396-398.
- PIRES, J. F. GONÇALVES, A.; PEREIRA, A. T. C. Taxonomias de geometria da arquitetura contemporânea como elementos didáticos para a prática do projeto paramétrico. **Blucher Design Proceedings**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 71-77, 2016.
- PIRES, J. F. et al. Processos de ensino aprendizagem da geometria de superfícies curvas em arquitetura e design. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 9.; INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN, 10., Florianópolis, 2013. Florianópolis: UFSC, 2013. p. 1-13.
- POTTMANN, H. Architectural geometry as design knowledge. **Architectural Design**, Hoboken, v. 80, n. 4, p. 72-77, 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/zJZgde>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- POTTMANN, H. et al. **Architectural geometry**. Exton: Bentley Institute, 2007.
- RAMACHANDRARAO, P.; SINHA, A.; SANYAL, D. On the fractal nature of Penrose tiling. **Current Science**, Bengaluru, v. 79, n. 3, p. 364-367, 2000.
- RAZANI, R. Phantastische Papierarbeiten: Faltschnittkarten selber machen, mit Anleitungen und Plänen in originalgröße. Augsburg: Augustus, 1993.
- SCHNABEL, M. A. Parametric designing in architecture. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES 2007, 12., 2007, Sydney. **Proceedings...** New York: Springer, 2007. p. 237-250.
- SCHULTZ, K. Penrose tilings. **Class Page for Kyle Schultz**, Athens, GA, 13 mar. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/BrNNUe>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- STUDER, R.; BENJAMINS, V. R.; FENSEL, D. Knowledge engineering: principles and methods. **Data & Knowledge Engineering**, Amsterdam, v. 25, n. 1-2, p. 161-197, 1998.
- VAZ, C. E. V. **Um sistema de ensino de projeto baseado no conhecimento: sistemas generativos e ontologias aplicadas no ensino de arquitetura paisagística**. 2011. 256 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.
- WOODBURY, R. F. **Elements of parametric design**. London: Routledge, 2010.

Janice de Freitas Pires
janicefpires@hotmail.com

Alice Theresinha Cybis Pereira
acybis@gmail.com

Alexandre Gonçalves
alexandre.l.goncalves@gmail.com

TRANÇADO: RECURSOS COMPUTACIONAIS APLICADOS NO PROCESSO DE PROJETO DE UM MOBILIÁRIO URBANO

TRANÇADO: COMPUTATIONAL DESIGN THINKING APPLIED TO A URBAN FURNITURE PROJECT

Dyego Digiandomenico¹, Gabriele Landim¹, Henrique Fischer²

RESUMO: Este trabalho apresenta a pesquisa, projeto e construção do mobiliário urbano Trançado, localizado no Largo da Batata, um espaço público na cidade de São Paulo. O artigo discute o desenvolvimento do algoritmo, os parâmetros, a performance do projeto e o uso das tecnologias de prototipagem rápida e da fabricação digital para a análise do modelo e das técnicas construtivas, assim como descreve detalhes da execução e instalação final. Oferece também dados da pesquisa de pós-ocupação, assim como discute a relação entre o projeto do mobiliário e seu uso real, visto que participaram do processo agentes de diferentes áreas, como profissionais, organizações e sociedade civil. A pesquisa contribui ao relatar e discutir a qualidade do processo aplicado, não se concentrando apenas em analisar o resultado do objeto arquitetônico, mas produzir insumos para a reflexão e avanço da aplicação dos recursos computacionais no processo de projeto em arquitetura e design.

PALAVRAS-CHAVE: Mobiliário Urbano; Design Computacional; Modelagem Paramétrica; Arquitetura Algorítmica; Processos Colaborativos.

ABSTRACT: This study presents the research, project and construction of the urban furniture project of Trançado, located in the Largo da Batata, a public space of the city of São Paulo. The article discusses the development of the algorithm, parameters and performance of the project and the use of rapid prototyping and digital fabrication technologies for model analysis and construction techniques, as well as details of the final assembling. It also provides post-occupation data and discusses the relationship between design process and actual use of the furniture. Stakeholders from different areas were involved: professionals, organizations and citizens. The research contributes reporting and discussing the quality of the applied process, not only focusing on analyzing the results of the final object, but producing inputs for reflection and progress of the application of computational design thinking in the architectural design process.

KEYWORDS: Urban Furniture; Computational Design; Parametric Modelling; Algorithmic Architecture; Collaborative Processes.

¹ Universidade de São Paulo

² Universidade de Buenos Aires

How to cite this article:

DIGIANDOMENICO, D.; LANDIM, G.; FISCHER, H. Trançado: recursos computacionais aplicados no processo de projeto de mobiliário urbano. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 47-58 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.134232>

Fonte de financiamento:
Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), processos nº 2016/05427-0 e nº 2016/05720-0, Instituto de Pesquisa e Inovação em Urbanismo (Ipiu)

Conflito de interesse:
Declararam não haver

Submetido em: 03/07/2017

Aceito em: 18/09/2017



INTRODUÇÃO

Durante mais de dez anos, a região do Largo da Batata passou por intensas intervenções urbanísticas decorrentes da Operação Urbana Consorciada Faria Lima, que, segundo descrição oficial, tinha por objetivo principal reorganizar os fluxos de tráfego particular e coletivo ao implantar o prolongamento da avenida Faria Lima, na cidade de São Paulo. No entanto, após a finalização das obras públicas, em 2013, o Largo da Batata, que antes era um lugar ativo e rico em atividades comerciais formais e informais, passou a ser um grande vazio pavimentado e espaço de passagem. Sem mobiliário, vegetação e instalações que possibilitassem a convivência e permanência dos visitantes e transeuntes, os moradores do entorno e frequentadores da região passaram a questionar o projeto final e o real caráter de praça pública do largo.

Durante os últimos anos, iniciativas civis de discussão sobre o uso da praça reuniram pessoas interessadas na ativação do espaço, que se organizaram e iniciaram intervenções de apropriação. Uma destas iniciativas resultou no concurso Batatalab. Segundo o instituto organizador, A Cidade Precisa de Você (2015), o tema do concurso, “Sombra”, foi definido a partir de uma pesquisa de dois meses com os frequentadores do largo sobre o que mais desejavam no local, tendo como solicitações principais a necessidade de lugares para sentar e encostar, áreas arborizadas e sombreadas e equipamentos infantis.

Assim, o projeto Trançado foi inserido como parte de uma iniciativa sem fins lucrativos de ocupação e apropriação do espaço público do Largo da Batata, promovida pelo concurso Batatalab, realizado pelo coletivo A Cidade Precisa de Você e o Instituto de Pesquisa e Inovação em Urbanismo (Ipiu).

É relevante apresentar ao leitor os dois pontos de observação que conduziram o projeto Trançado, pois, tratando-se de uma intervenção no espaço público, é necessária uma visão sistêmica que observe o trabalho contínuo, iniciado antes da instalação dos mobiliários.

O primeiro ponto importante é compreender o processo de transformação do local e as emergências surgidas a partir desse processo. Nesta escala estão envolvidos agentes que dão caráter complexo às transformações urbanas, nas esferas sociais, econômicas e políticas, em um processo já iniciado e que ainda se desenvolve. O segundo ponto é compreender todo o nível anterior, somado a uma série de necessidades funcionais, como aspectos técnicos de aprovação do projeto na subprefeitura do bairro, orçamento disponível, prazos de entrega e instalação, técnicas construtivas e solicitações funcionais do edital do concurso.

Faz parte da discussão deste artigo compreender e explicitar que o mobiliário não atende somente a aspectos técnicos e funcionais, tendo como objetivo final não só a instalação-objeto, mas um projeto que, em conjunto com os outros mobiliários instalados, contribui como uma interface na configuração geral do espaço, estimulando o convívio, as trocas e os debates.

O estado atual da arquitetura é certamente resultado de um processo bastante longo e complexo. As transformações de paradigma no processo de projeto de arquitetura é fruto de pesquisas desenvolvidas nas últimas décadas e de intrincadas relações entre tecnologias da informação, comunicação, computação, manufaturas, interfaces, conectividade e outros processos.

A fim de integrar o processo de projeto e os recursos computacionais que atualmente fazem parte das investigações das práticas de design contemporâneas, o presente artigo descreve o sistema de modelagem paramétrica, a prototipagem rápida de modelo em escala como processo auxiliar de projeto e os problemas reais encontrados durante o processo de concepção, fabricação e instalação do mobiliário urbano Trançado, no Largo da Batata, na cidade de São Paulo (Figura 1).



Figura 1: Foto do mobiliário Trançado

Fonte: Rogério Canella

O concurso teve o objetivo de testar três aspectos: “a promoção do convívio entre as pessoas, o efeito do design na perspectiva da população e a replicabilidade para outros espaços públicos de São Paulo” (ANTUNES; SOBRAL; KARPISCHEK, 2016, p. 6).

O projeto do mobiliário foi proposto ao concurso por três arquitetos pesquisadores que formam o Quasares, um coletivo de pesquisa autônomo, formado a partir da reunião de pessoas interessadas no uso de tecnologia computacional nos processos de projeto.

O método utilizado na concepção do projeto pode ser chamado de design computacional ou *computational design thinking* (CASTELLANO, 2011; OXMAN, 2006; OXMAN; GU, 2015), e seu potencial está direcionado em prover soluções mais completas e otimizar variáveis de maneira holística.

Embora muito utilizada nos últimos anos, principalmente em pesquisas acadêmicas em todo o mundo, a modelagem paramétrica ainda não faz parte da prática de projeto da grande maioria dos arquitetos brasileiros, apresentando ainda grande campo de discussão não explorado na aplicação de recursos computacionais.

A contribuição desta pesquisa é a de relatar e discutir a qualidade do processo em vez de apenas analisar seu resultado final, produzindo insumos para a reflexão e o avanço da aplicação dos recursos computacionais no processo de projeto de mobiliários urbanos.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi realizada através de abordagem exploratória com foco em identificar a eficiência dos métodos e técnicas computacionais empregadas na concepção e produção do objeto arquitetônico estudado.

Os objetivos do projeto embasam a compreensão da leitura do mobiliário enquanto experimento de métodos e técnicas do design computacional. São eles: (1) fortalecer e dar suporte a um laboratório de inovação em mobiliário urbano, no Largo da Batata, que sirva como território de testes para inspirar a melhoria de outros espaços públicos; (2) promover a pesquisa de novas tecnologias e aplicações na construção, tal como em estruturas, revestimentos, sistema de implantação e o seu desenvolvimento em uma concepção arquitetônica e estrutural apropriada; (3) promover a pesquisa de materiais e componentes construtivos e seu potencial de replicabilidade em mobiliários urbanos de praças, parques e calçadas (INSTITUTO A CIDADE PRECISA DE VOCÊ; INSTITUTO DE PESQUISA E INOVAÇÃO EM URBANISMO, 2015).

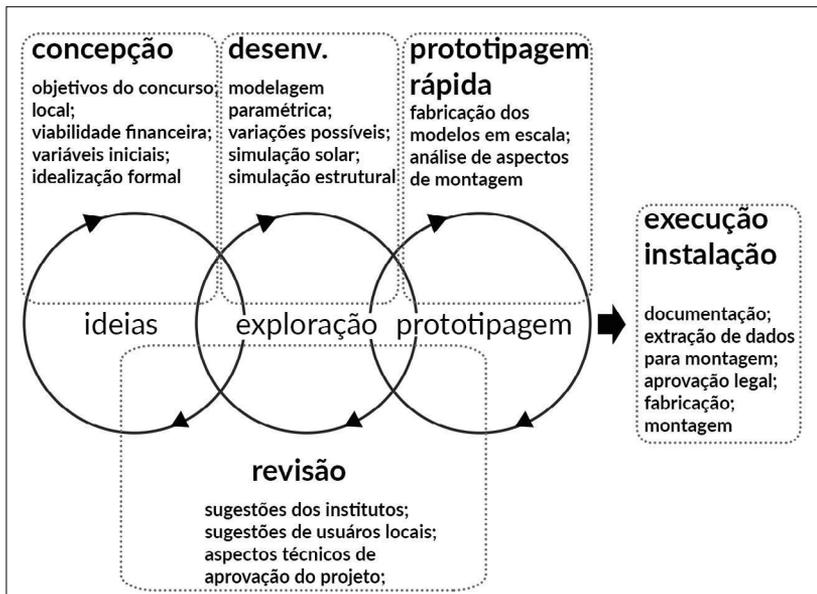
A partir dos objetivos elencados, a equipe de arquitetos realizou um planejamento para identificar, delimitar e incorporar os critérios que atuavam em cada uma das etapas do processo de projeto, que considerou

também a *expertise* de membros dos institutos e do poder público. Nesse processo, foram utilizados recursos computacionais que viabilizaram a utilização do pensamento algorítmico na construção das etapas e suas relações com todo o processo, além da parametrização na manipulação das variáveis, formalizadas através da programação visual no editor gráfico de algoritmos Grasshopper e no programa de modelagem em CAD Rhinoceros.

Os métodos e técnicas apresentados a seguir abordam desde o processo de concepção até a materialização e instalação do mobiliário em escala real, entregue como um mobiliário ao espaço público da cidade. É possível delimitar as seguintes etapas de descrição do processo de projeto: concepção, desenvolvimento, revisão (*feedback*), prototipagem e execução/instalação (Figura 2).

Figura 2: Fluxograma de etapas do processo de projeto

Fonte: Elaborada pelos autores



A concepção do projeto se embasou não só nos objetivos do concurso, mas também em questões funcionais de uso e instalação e nas características do próprio local de implantação, sem deixar de equalizar a viabilidade financeira da proposta. No desenvolvimento, foram consideradas desde a modelagem paramétrica do objeto até as simulações de insolação. Estas duas etapas foram anteriores à submissão do projeto no concurso, durando aproximadamente um mês.

Após a seleção da proposta pelo júri, houve uma revisão de acordo com novas informações que surgiram a partir de um maior contato com os usuários da praça e do retorno do próprio instituto. A partir desse ponto, o projeto evoluiu para a etapa de execução, gerando a documentação necessária para a aprovação dos órgãos competentes, orçamentos detalhados, fabricação e montagem. Do resultado do concurso até a instalação do mobiliário, as fases descritas foram executadas em aproximadamente quarenta e cinco dias.

RESULTADOS

Concepção

Entre os principais critérios que o processo de projeto levou em conta na sua concepção, com o amparo dos recursos computacionais, estão:

- 1) as condições climáticas e a relação com o entorno: privilegiar a permeabilidade com aberturas e eixos visuais na mesma medida em que sombra e conforto ambiental são proporcionados ao usuário;
- 2) a função do mobiliário e sua apropriação pelos usuários: reforçar a intenção do mobiliário de ser confortável para o encontro e a permanência, ao mesmo tempo que possui elementos que despertam a curiosidade e o caráter lúdico da instalação, explorando a complexidade formal do trançado que o recobre;
- 3) soluções estruturais: compor através de encaixes simples e componentes leves um sistema estrutural harmônico com o design do projeto e que seja capaz de resistir às cargas, esforços e intempéries no espaço público;
- 4) material e acabamento: garantir a durabilidade do mobiliário e propor o uso de materiais mais leves, que não são comumente utilizados em mobiliários públicos;
- 5) viabilidade econômica e de fabricação: todas as questões conceituais, funcionais e técnicas devem ser contempladas dentro de um orçamento limitado, definido pelo edital do concurso.

A partir do atrelamento dos parâmetros levantados pela equipe com a capacidade dos recursos computacionais, foi possível explorar a complexidade formal do mobiliário, incorporando aspectos que pudessem transcender o caráter funcional e conferissem o aspecto de experiência aos usuários do local. É nesse sentido de interface que o ciberneticista Klaus Krippendorff (2004) sugere a importância das motivações “intrínsecas” no design, que vão além das motivações “extrínsecas”, citadas pelo autor como os aspectos funcionalistas de um projeto, inseridos para justificar diretamente os resultados finais do objeto. Segundo o autor, “as experiências ótimas, o prazer de estar, a satisfação no trabalho, o desfrutar, a emoção e diversão, são intrinsecamente motivadores e são importantes forças motrizes da tecnologia, embora não reconhecíveis por métodos empíricos que celebram o extrínseco e destituem a motivação intrínseca” (KRIPPENDORFF, 2004, p. 54).

Desenvolvimento

O projeto foi desenvolvido remotamente entre a equipe, separada entre as cidades de São Paulo e Buenos Aires. Para isso, foi necessário estabelecer o método de compartilhamento e colaboração do modelo paramétrico. Foram utilizados os conceitos de organização em programação modular definidos por Daniel Davis, Jane Burry e Mark Burry (2011), e todas as ações do algoritmo foram organizadas contendo: títulos, entradas, saídas, grupo e descrição. Embora trabalhar com o agrupamento dos nós seja uma tarefa simples, os autores afirmam que esse esquema “pode aumentar significativamente a legibilidade de um modelo, o que torna mais fácil seu compartilhamento de forma colaborativa” (DAVIS; BURRY; BURRY, 2011, p. 66).

As principais características técnico-construtivas e as relações subjetivas citadas foram interpretadas pelos arquitetos e declaradas em um encadeamento de parâmetros através da programação visual. Os cruzamentos desses parâmetros deram luz às primeiras investigações e testes de desempenho da forma inicial.

As variáveis, conforme eram inseridas e consideradas no projeto, interferiam diretamente na forma, porém mantinham relações de negociação e balanceamento estipuladas pelos arquitetos, para que todo o resultado fosse reflexo das necessidades informadas. Este é um conceito básico da parametrização, onde se estabelece as relações pelas quais as partes se conectam, permitindo que o sistema projetado se encarregue de manter as concepções consistentes com as relações (WOODBURY, 2010, p. 24).

Um exemplo claro dessa relação entre os elementos listados anteriormente foi a inserção dos parâmetros que configuraram o posicionamento e complexidade do trançado das cordas na cobertura e a relação de rotação entre os pórticos estruturais, um cruzamento de três variáveis: a posição e distribuição do encordoamento em relação aos índices de incidência solar simulados computacionalmente; a quantidade e diâmetro do material de encordoamento; o desempenho estrutural simulado do posicionamento dos pórticos verticais em relação às dimensões gerais do mobiliário; e as cargas decorrentes da própria estrutura e da quantidade de cordas.

Revisão

Após o anúncio do projeto selecionado pelo júri do concurso, ao longo do desenvolvimento do projeto executivo, a equipe passou a estabelecer contato com os membros dos institutos e do movimento civil que atua na região.

O design computacional possibilitou, nesta fase, um retorno de informações obtidas ao longo das conversas e feedbacks entre os envolvidos. As mudanças e aprimoramentos do projeto puderam ser inseridos como variáveis modificadas, assim, as simulações eram facilmente recalculadas e as novas relações que ainda não estavam declaradas poderiam ser inseridas no algoritmo, aproveitando os dados e relações existentes.

Este processo de revisão é natural no processo de projeto, pois, nas etapas iniciais das propostas, é comum que os problemas de concepção não possam ser formulados de forma abrangente (LAWSON, 2005). Porém, no método tradicional de projeto, a viabilidade dessas transformações seria muito trabalhosa e praticamente impossível, devido à complexidade formal do mobiliário, o encadeamento de parâmetros e os prazos do concurso.

Como exemplos de dados que passaram a informar o projeto após o contato das equipes, podemos citar: posicionamento e implantação, que resultaram em ajustes no posicionamento e quantidade de pórticos verticais; cores e acabamentos dos materiais; fixação e montagem.

Uso das tecnologias de prototipagem rápida e fabricação digital

O uso da modelagem paramétrica na concepção de projeto fornece dados e geometrias que podem ser materializadas de maneira direta, rápida e automatizada com a fabricação digital dos modelos em escala.

Essa fase se torna fundamental durante o processo de projeto, pois permite ao projetista observar o modelo em escala e elucidar uma série de problemáticas das fases de concepção e desenvolvimento que não eram possíveis de serem identificadas com facilidade no modelo digital.

No desenvolvimento do projeto, os usos da prototipagem rápida com fabricação digital aconteceram em dois momentos. O primeiro foi a produção do modelo em escala 1:9, utilizando a máquina de corte a laser em madeira MDF 3 milímetros (Figura 3). Por se tratar de uma tecnologia de corte 2D, foi adicionada ao algoritmo a planificação das peças estruturais e a disposição na placa para o corte. Foram produzidos simultaneamente dois modelos em escala, um em cada cidade, para que a equipe pudesse continuar o desenvolvimento em consonância. Esta fase foi fundamental à viabilidade da construção real, pois foi possível prever aspectos da fixação e ordem de montagem do projeto final.

Foi identificada a necessidade de inversão da ordem das camadas do trançado. No modelo em escala, a ordem de trançado prevista inicialmente parecia adequada, pois era trançada por quem via o modelo de cima, porém, para a montagem *in loco*, seria necessário começar da camada de cordas que alcançariam o ponto mais alto da estrutura. Foram realizados ajustes na ordem das listas de dados, a fim de viabilizar a construção real.



Figura 3: Modelo em escala 1:9 produzido com máquina de corte a laser

Fonte: Elaborada pelos autores do projeto

O segundo momento de aplicação da fabricação digital foi na prototipagem de trechos da estrutura em escala real, utilizando impressão 3D para o estudo de viabilidade da fixação do encordoamento e montagem dos pórticos estruturais (Figura 4). A prototipagem deu subsídios para a tentativa de viabilizar a produção final da estrutura do mobiliário com fabricação digital, com corte a plasma das chapas e de seus respectivos furos de fixação do encordoamento e formação das partes da estrutura com as chapas dobradas em dobradeiras CNC. No entanto, com a análise de todos os parâmetros obtidos até esta fase, foi identificado que a fabricação digital do mobiliário não seria viável financeiramente, e os prazos seriam incompatíveis com os adotados pelas indústrias que poderiam prestar esse serviço.

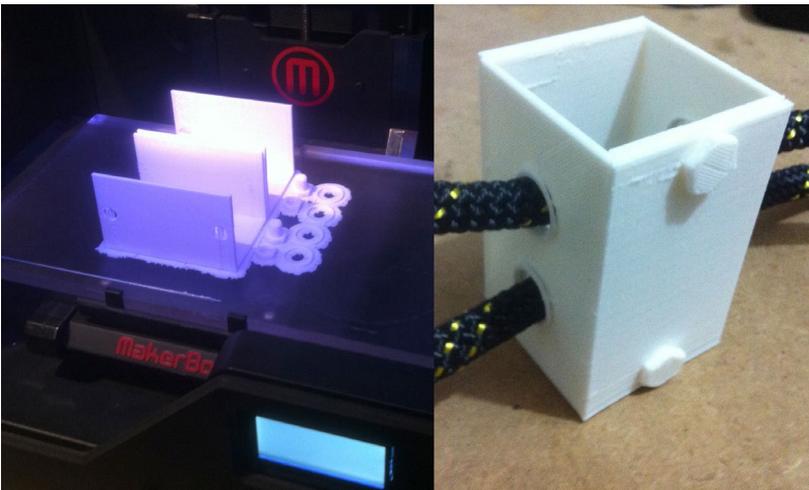


Figura 4: Protótipo em escala 1:1 produzido por impressão 3D

Fonte: Elaborada pelos autores do projeto

Sendo assim, foram reinseridos parâmetros no modelo a fim de readequá-lo à fabricação com perfis comerciais pré-fabricados, além da mudança da fixação do encordoamento através de argolas metálicas fabricadas pela serralheria. Os cálculos estruturais de desempenho dos novos perfis foram refeitos e o projeto passou da fase de finalização para o início da fabricação e montagem.

Execução e instalação

A estrutura do projeto é composta por seis pórticos metálicos verticais, posicionados paralelamente uns aos outros, fixados com travamentos

superiores em barra de ferro redondo e travamentos inferiores em barras metálicas de seção quadrada. Ao longo de cada pórtico, estão posicionadas argolas metálicas, que orientam o trançado das cordas de polietileno.

Para dar início à fabricação e montagem do projeto pelo serralheiro, foi necessário gerar a documentação tradicional de arquitetura, indicando os ângulos e cortes necessários para a fabricação, assim como o passo a passo da montagem, das soldas e das fixações.

Também foi dedicado muito tempo de supervisão à fabricação das peças, uma vez que o trabalho foi manual e utilizou técnicas simples para medição de ângulos (transferidor), cortes e identificação das peças.

A partir dos recursos computacionais utilizados na concepção e desenvolvimento do projeto, foi possível viabilizar um trançado complexo a partir da extração e organização dos dados (Figura 5). A lógica de posicionamento do encordoamento projetado está intrinsecamente ligada aos fatores estruturais, ao posicionamento geral da estrutura, aos fatores de incidência solar e à especificação técnica do material das cordas. Ou seja, todo o projeto mantém relação entre suas variáveis, não sendo possível desassociar a geração da forma de seus parâmetros.

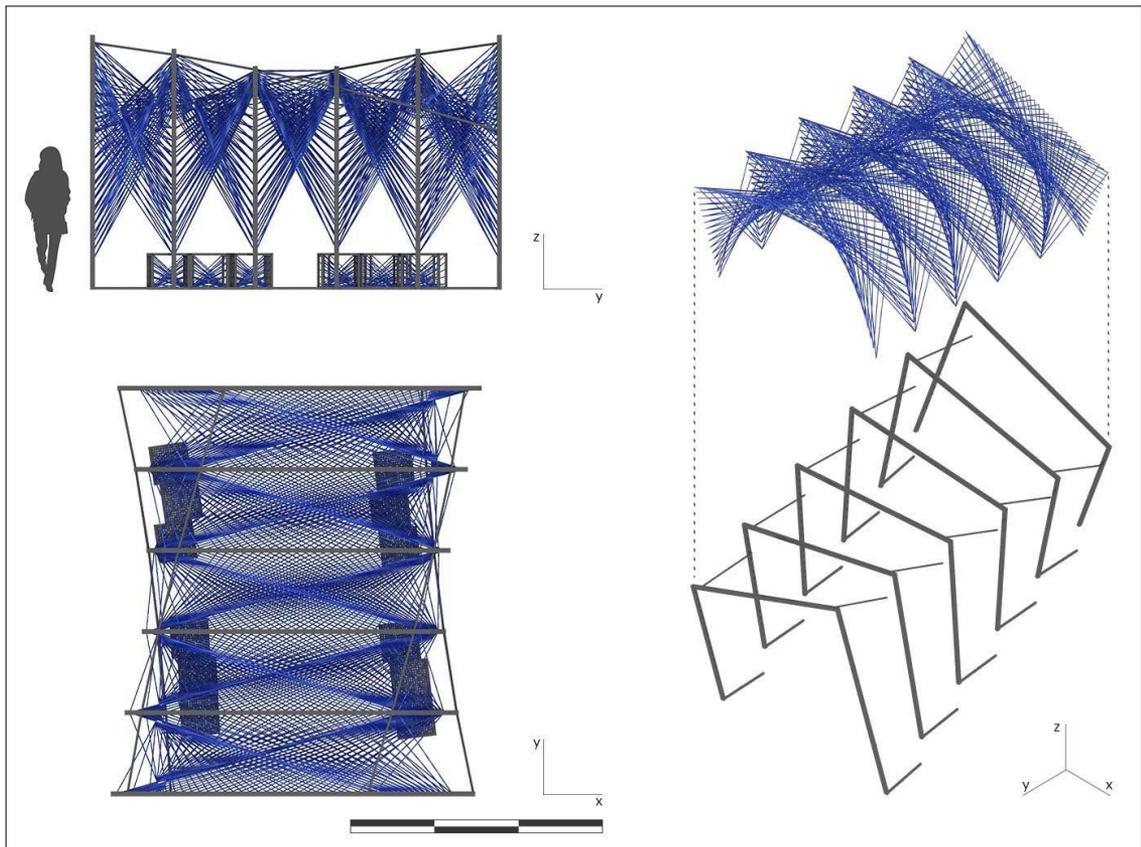


Figura 5: Vista lateral, vista superior e isométrica do projeto
Fonte: Elaborada pelos autores do projeto

A extração dos dados para a execução do encordoamento foi prevista no algoritmo e realizada a partir das observações obtidas na construção do modelo em escala (Figura 6). Foram estabelecidas quatro camadas de trançado que se sobrepõem. O documento gerado para esta ordem foi uma planilha que identificou passo a passo a ordem do trançado e pontos de fixação.

Além disso, os dados de quantificação dos materiais foram extraídos e sistematizados através do algoritmo, priorizando o consumo consciente e a economia de materiais.

Ao todo, foi necessário um dia para a instalação e montagem da estrutura (Figura 7), que contou com equipe técnica especializada, e três dias para a execução do trançado, que contou com o trabalho voluntário de autores, pesquisadores e sociedade civil.

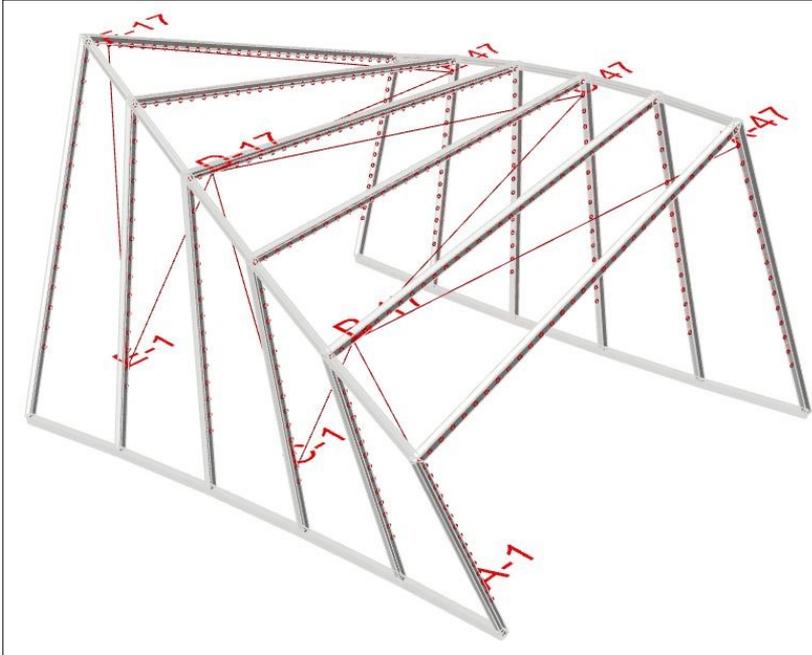


Figura 6: Modelo digital com dados de posicionamento e ordem de trançado das cordas

Fonte: Elaborada pelos autores do projeto



Figura 7: Foto do mobiliário Trançado

Fonte: Nayara Benatti

DISCUSSÃO

A produção e instalação do mobiliário Trançado contribui para, de um lado, a aplicação, reflexão e validação real do projeto feito a partir de recursos computacionais, modelagem paramétrica e fabricação digital e, de outro, contribui para o caráter de laboratório proposto pelos coletivos e sociedade civil organizada atuantes no Largo da Batata, gerando dados de utilização do espaço e insumos de pesquisa para a discussão sobre o uso e a apropriação do espaço público.

O projeto ainda fomenta e incentiva a discussão sobre a aplicação e manutenção de materiais que não são comumente usados em mobiliários urbanos e a importância da variabilidade de propostas de design na exploração de aspectos funcionais e estéticos dos mobiliários atualmente implantados na cidade (Figura 8). Também foi identificado o uso inesperado do mobiliário por crianças e jovens, que se penduram nas cordas – um uso não previsto inicialmente e que demanda manutenção constante para que o mobiliário permaneça em bom estado.

Figura 8: Foto do mobiliário Trançado ocupado

Fonte: Thiago Miagy



Foi realizada uma pesquisa de pós-ocupação pelos institutos organizadores do concurso, A Cidade Precisa de Você e Ipiu, entre abril e maio de 2016, quatro meses após a instalação do mobiliário. A pesquisa contou com 400 entrevistas com frequentadores do Largo da Batata.

Entre os dados mais relevantes publicados pela pesquisa, foi constatado que 80,8% dos entrevistados costumam frequentar o Largo da Batata, sendo que 34,3% deles frequentam diariamente o local. Também foi identificado que 81,8% dos entrevistados acreditam que o local tem sido mais frequentado após a instalação dos mobiliários, e sua implantação melhorou a interação entre as pessoas. Ao serem questionados sobre a aprovação de cada mobiliário separadamente, 83,3% dos entrevistados relataram aprovar o mobiliário Trançado (a pesquisa possui margem de erro de 5% para mais ou para menos) (ANTUNES; SOBRAL; KARPISCHEK, 2016).

Ainda segundo a pesquisa de pós-ocupação, os mobiliários vêm sendo fator de mudança no local.

Em uma cidade onde há pouco mobiliário urbano (e quase sem inovação no seu desenho), propor equipamentos que sejam o resultado de testes com mobiliário temporário, de análises de uso, mapeamento de dinâmicas sociais e envolvendo vários setores da sociedade (sociedade civil, terceiro setor, poder público e organizações privadas) é um importante avanço na qualidade dos espaços públicos. (ANTUNES; SOBRAL; KARPISCHEK, 2016, p. 8)

Muitos eventos, como festas e rodas de música e dança, passaram a acontecer por causa da implantação, e foi identificado o aumento da interação entre as pessoas e frequentadores do largo – jovens, adultos, moradores de rua, skatistas etc. (ANTUNES; SOBRAL; KARPISCHEK, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alguns aspectos da relevância dos recursos computacionais para o processo de projeto ficam evidentes: o potencial da parametrização na

concepção facilitou revisões e evoluções do processo, demonstrando aspectos positivos em abranger a pesquisa coletiva e a inserção de dados que estimulam a integração do contexto físico e cultural do local.

Quanto à fase de concepção e desenvolvimento, a prototipagem rápida mostrou-se facilitadora da materialização de modelos, o que possibilita o teste do projeto e torna seus problemas mais visíveis. Deste modo, a equipe teve amparo em visualizar problemas que dificilmente poderiam ser identificados sem o uso dessas tecnologias, o que levou a um refinamento e qualificação do processo de projeto. Além disso, a construção do modelo com fabricação digital possibilitou a produção de protótipos em duas cidades, com a rapidez necessária para que a produção fosse viabilizada dentro dos prazos.

Uma das vantagens de desenvolver o projeto através de algoritmo é ter o modelo inteiramente disponível em dados, viabilizando assim o sistema *file-to-factory* (do arquivo para a fábrica), caracterizado pela comunicação direta entre o arquivo digital e o equipamento de produção controlado numericamente, utilizado para a fabricação do projeto (PUPO, 2009, p. 103). Esse processo interfere na maneira como o arquiteto documenta o projeto, eliminando a necessidade de documentação padrão encontrada na indústria da construção civil (plantas, cortes, elevações).

Embora em ascensão e conhecidas pela facilidade de customização da produção, as práticas de fabricação digital aplicada à arquitetura ainda são restritas em São Paulo. Não foi possível encaixar no orçamento disponível os valores estimados da fabricação usando estas técnicas.

Outro fator crucial para a mudança de estratégia de fabricação foi a inviabilidade do tempo de resposta do orçamento, dificultado pela exigência da indústria em realizá-lo apenas com a documentação tradicional das peças, além da pouca receptividade em colocar na linha de produção a fabricação de uma única unidade de um projeto, o que demonstra pouco alinhamento da indústria com preceitos de fabricação digital.

Contudo, a concepção, fabricação e instalação do mobiliário demonstrou receptividade por parte dos organizadores do concurso, subprefeitura e usuários, ascendendo a discussão sobre a relevância do design também enquanto experiência a partir da estética que pode ser explorada com o uso de recursos computacionais, sem desconsiderar fatores funcionais.

Assim, foi possível observar, no decorrer das etapas, como o uso da parametrização foi fundamental para o desenvolvimento do projeto em diversos aspectos: facilidade em articular parâmetros; possibilidade de simulações; facilidade de revisão; prototipagem rápida para testes; viabilidade de trançado complexo.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, B.; SOBRAL, L.; KARPISCHEK, T. (Orgs.). **Batatalab, a publicação**: concurso de mobiliário urbano realizado por Instituto A Cidade Precisa de Você + Ipiu. São Paulo: Instituto A Cidade Precisa de Você, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/yVFjHk>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- CASTELLANO, D. Humanizing parametricism. In: ACADIA 2011 REGIONAL CONFERENCE, 1., 2011, Lincoln. **Proceedings...** Lincoln: University of Nebraska Press, 2011. p. 275-279.
- DAVIS, D.; BURRY, J.; BURRY, M. Untangling parametric schemata: enhancing collaboration through modular programming. In: COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN FUTURES 2011, 14., 2011, Liège. **Proceedings...** Liège: Les Éditions de l'Université de Liège, 2011. p. 55-68.
- INSTITUTO A CIDADE PRECISA DE VOCÊ. **Batatalab**: concurso de mobiliário urbano no Largo da Batata. 2015.
- INSTITUTO A CIDADE PRECISA DE VOCÊ; INSTITUTO DE PESQUISA E INOVAÇÃO EM URBANISMO. **Edital**: chamada pública de projetos para o concurso Batatalab. São Paulo: Instituto A Cidade Precisa de Você; Ipiu, 2015.
- KRIPPENDORFF, K. Intrinsic motivation and human-centered design. **Theoretical Issues in Ergonomic Science**, Abingdon, v. 5, n. 1,

p. 43-72, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.xvw.2015.05.001>>. Acesso em: 31 out. 2017.

LAWSON, B. **How designers think: the design process demystified**. 4. ed. Amsterdam: Elsevier, 2005.

OXMAN, R. Theory and design in the first digital age. **Design Studies**, Amsterdam, v. 27, n. 3, p. 229-265, 2006.

OXMAN, R.; GU, N. Theories and models of parametric design thinking. In: EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 33.,

2015, Vienna. **Proceedings...** Vienna: Vienna University of Technology, 2015. v. 2, p. 477-482.

PUPO, R. T. **Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto**: um novo desafio para o ensino de arquitetura. 2009. 240 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Campinas, Campinas, 2009.

WOODBURY, R. F. **Elements of parametric design**. London: Routledge, 2010.

Dyego Digiandomenico
dyego.sd@gmail.com

Gabriele Landim
gabriele.landim@gmail.com

Henrique Fischer
arq.fischer@gmail.com

OBJECTILE E AS “NOVAS PRETENSÕES” DO PROJETO PARAMÉTRICO EM ARQUITETURA

OBJECTILE AND THE “NEW PRETENSIONS” OF PARAMETRIC DESIGN IN ARCHITECTURE

Rovenir Bertola Duarte¹, Malu Magalhães Sanches², Louisa Savignon Lepri³

RESUMO: Na década de 1980, Deleuze e Cache produzem um novo conceito encapsulado em uma “palavra bárbara”, o *objectile*, um tipo de objeto variável, no qual, segundo Deleuze, a flutuação da norma substitui a permanência de uma lei, a produção de um contínuo por variação. Às vezes, uma palavra bárbara é necessária para dar conta de uma “pretensão nova”, um vetor de saída de territórios conhecidos. Quais “pretensões novas” poderiam revelar esse conceito sobre o processo de projeto arquitetônico na era digital? Nesta investigação, propomos pensar o que aconteceria se tomássemos o *objectile* como objeto do processo de projeto arquitetônico para revelar tais pretensões; se trocássemos um objeto fixo por outro variável, um molde por outro modulado. Apresentamos três níveis de reflexão sobre o projeto paramétrico digital na arquitetura: (a) o *objectile* e sua relação no processo como ferramenta da variabilidade: caminho para o *meta-design*; (b) o *objectile* na questão da escolha dentro do processo projetual: um controle modulado; e (c) o *objectile* no impacto sobre novas formas de pensar o projeto por dentro: amnésia e inconsciência algorítmica. Por fim, buscamos entender a perturbadora mudança conceitual trazida por essa ideia de projeto baseada em um “contínuo por variação”, afetando formas de pensar e conceitos como processo, controle, liberdade e escolha.

PALAVRAS-CHAVE: *Objectile*; Projeto Paramétrico; Gilles Deleuze; Modulado; Projeto Digital.

ABSTRACT: In the 1980s, Deleuze and Cache produced a new concept encapsulated in a “barbaric word”, the *objectile*, a variable object type, where, according to Deleuze, fluctuation of the norm replaces the permanence of a law in the production of the continuum by variation. Sometimes a barbaric word is necessary to deal with a “new pretension”, an exit vector from known territories. Which “new pretensions” could reveal this concept about the architectural design process in the digital age? In this investigation we propose to think what would happen if we took the *objectile* as the object of the architectural design process to reveal such new pretensions; if we exchanged a fixed object for a variable one, or a mold object for a modulated one. We present three levels of reflection on the digital parametric design in architecture from this point of view: (a) *objectile* and its relationship in the process as a tool of variability; a path to *meta-design*; (b) *objectile* in the matter of choice within the design process: a modulated control; and (c) *objectile* in the impact on new ways of thinking within the design process: amnesia and algorithmic unconscious. Lastly, we seek to understand the disturbing conceptual change brought by this design idea based on a “continuum by variation”, affecting the concepts as design process, control, freedom, choice and ways of thinking.

KEYWORDS: *Objectile*; Parametric Design; Gilles Deleuze; Modulated; Digital Design.

¹Universidade Estadual de Londrina – Departamento de Arquitetura

²Suzuki Arquitetura e Universidade Estadual de Londrina

³UABI Arquitetura

How to cite this article:

DUARTE, R. B.; SANCHES, M. M.; LEPRI, L. S. Objectile e as “novas pretensões” do projeto paramétrico em arquitetura. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 59-76 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.134297>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 07/07/2017

Aceito em: 23/08/2017



INTRODUÇÃO

Na década de 1980, o arquiteto e teórico francês Bernard Cache questiona “o que é um objeto nos dias de hoje?”. A pergunta ecoa uma tal “crise do objeto” que tem assolado, vez ou outra, a arquitetura desde o último quarto do século XX (HARTOONIAN, 2006; MONTANER, 2008; ROWE; KOETTER, 1980). Junto com esta pergunta, Cache (1995) nos brinda com um novo conceito de objeto, como explica o filósofo Gilles Deleuze (1991, p. 38), “uma concepção muito contemporânea de objeto tecnológico”. Esse conceito vem encapsulado num estranho neologismo, *objectile*, a junção das palavras francesas *object* + *projectile*. Um tipo de “palavra bárbara”, mas, como novamente nos fala Deleuze, “precisamos, às vezes, inventar uma palavra bárbara para dar conta de uma noção com pretensão nova” (DELEUZE; PARNET, 1996, p. 5, grifo nosso), algo que funcione como um vetor de saída de territórios já muito desbravados. Aproveitamos essa “palavra bárbara” para entender sua relação com o projeto arquitetônico na era digital, especificamente o paramétrico, e as “novas pretensões”.

Este trabalho parte das reflexões de Cache e Deleuze, na busca por “novas pretensões”. A proposta metodológica foi pensar o que aconteceria se tomássemos o *objectile* como objeto do processo de projeto arquitetônico. Entender o potencial perturbador desse conceito e da substituição de algo como o *blueprint*, uma “representação-molde” que comumente o edifício precisa respeitar para existir, por um objeto variável. Acreditamos poder auxiliar uma investigação teórica especulativa sobre o projeto paramétrico e seus caminhos futuros, já que a parametria parece ser conhecimento essencial para essa substituição. Assim, vamos ao encontro da mudança paradigmática que alguns autores (CARPO, 2011a; CHOKHACHIAN, 2014; GANE, 2004) acreditam que o projeto digital paramétrico ajudará a produzir. Nessa troca do objeto fixo por outro variável, buscamos refletir a ideação de objeto do projeto paramétrico digital na arquitetura em três níveis: (a) o *objectile* e sua relação no processo como ferramenta da variabilidade: caminho para o *meta-design*; (b) o *objectile* na questão da escolha dentro do processo projetual: um controle modulado; e (c) o *objectile* no impacto sobre novas formas de pensar o processo de projeto, tratando da amnésia e da inconsciência algorítmica.

Para iniciarmos essa busca por “novas pretensões”, antes, deveremos trilhar um caminho para entender o significado filosófico do termo, como também sua relação com o projeto digital paramétrico e com a vida contemporânea, atravessada por desejos de consumo. Devido a essa crise do objeto, ou de sua concepção muito contemporânea, deveríamos nos perguntar sobre as “novas pretensões” do objeto do projeto no futuro, uma reflexão sobre controle, liberdade, escolha e formas de pensar. Acreditamos que o conceito de *objectile* possa nos ajudar nessa tarefa.

ENTENDENDO O *OBJECTILE*: FILOSOFICAMENTE, DIGITALMENTE E SOCIALMENTE

Do encontro entre professor e aluno, no Centre Universitaire Vincennes, entre arquiteto e filósofo, Cache e Deleuze constroem a ideia de *objectile* nos anos 1980. Unidos pelo interesse por Leibniz, ambos tateiam uma nova concepção de objeto variável. Em 1983, sob o título *Terre meuble*, Cache escreve sobre esse conceito, mas, possivelmente, sem as citações de Deleuze em *Le Pli: Leibniz et le Baroque*, publicado em 1988; este passaria despercebido. Por outro lado, segundo Cache e Girard (2013), foi o próprio filósofo quem concebeu a palavra; de sua fértil mente geradora de termos desconcertantes brota esse neologismo com a força necessária de uma “palavra bárbara”. Após a morte de Deleuze em 1995, Cache e Patrick Beaucé apresentam uma exposição chamada “*Objectile*”, com objetos de design *non-standards*, calculados em computadores e produzidos em máquinas

CNC. Um conceito que nasce da potente relação entre filosofia e tecnologia, entre Leibniz e processos digitais. Uma produção de um objeto único com múltiplas capas temporais. Um objeto variável para uma sociedade desejava por constante mudança. Desse modo, o conceito já nasce associado ao *digital design*, à parametria, a um entendimento de objeto na contemporaneidade, como também à filosofia. No próximo item, um entendimento filosófico, tecnológico e social do conceito.

O *objectile* e sua relação filosófica

Gottfried Leibniz era o ponto de conexão entre Cache e Deleuze na época da criação do conceito de *objectile*. Não é difícil imaginarmos a relação entre o pensador do século XVII e a nova ideia de objeto variável. Cabe antes lembrarmos que naquele período o pensamento corrente sobre substância baseava-se nas ideias de *res cogitans* (“algo que pensa”) e *res extensa* (“coisa extensa”), de René Descartes. Mais especificamente, a *res extensa* se tornaria um modo quase de senso comum de conferir substancialidade aos corpos, a ideia geométrica pela qual o corpo é apenas uma substância extensa em comprimento, largura e altura. Esse modo de entender os corpos materiais tornou-se trivial; pensamos os objetos, como uma garrafa ou um edifício, pelas extensões de comprimentos, larguras e alturas. No entanto, poucas décadas depois da publicação do pensamento do francês, Leibniz firmou um contraponto. Como observa Lacerda (2016), o pensador alemão parece dialogar com a filosofia de Descartes a fim de criticá-la. Para Leibniz, o pensamento mecanicista cartesiano e a concepção quantitativa de *res extensa* pareciam insuficientes para conferir unidade e substancialidade aos corpos. O pensamento de Leibniz trata os corpos através de noções de força e ação, consideradas por ele mais fundamentais que as estáticas extensões.

Como aclara Lacerda (2016, p. 159), o corpo para Leibniz deixaria de ser explicado em termos de massa extensa, pois não bastaria para tratar da “multiplicidade das substâncias”. Na visão dele, os corpos são formados por inúmeros outros corpos, multiplicados ao infinito, como explica Montefameglio (2016), a partir de uma matéria caótica com natureza confusa. Assim, a *res extensa* se mostra insuficiente porque o objeto não estaria mais definido por uma forma essencial e não seria bem determinado. O corpo é compreendido como material, mas isso não significa dizer que seja efetivamente extenso, e sim percebido como extenso (LACERDA, 2016). Segundo Montefameglio (2016), não é que não existissem objetos para Leibniz, mas eles ganham outro estatuto: o de um ato em movimento, ato de mudança, como explica Deleuze (1991, p. 33), um puro evento. A substância seria ativa e sua unidade estaria na capacidade de atuar; individual e múltipla, portanto: individual por ser unidade, mas múltipla por tratar de variação.

Deleuze e Cache também se interessaram pelos textos matemáticos de Leibniz, uma espécie de “matemática barroca” que “toma a variação como objeto” (DELEUZE, 1991, p. 37). O filósofo francês comenta a ideia leibniziana de uma família de curvas dependentes de parâmetros, por meio dos quais aconteceria a redução das variáveis a uma só e única variabilidade. Desse modo, o “objeto já não se define por uma forma essencial” (DELEUZE, 1991, p. 38), mas sim através de uma família de variações. Um *objectile* trataria de muitos objetos em potência, incorporando a variabilidade. Nilsson (2007) explica que, em termos aristotélicos, trata-se de muitos objetos, mas em termos deleuzeanos, um *objectile* seria uma forma em muitos eventos possíveis. Diferente da visão cartesiana de extensão, que por meio de leis regulares da geometria clássica conseguiu definir um corpo fixo, esse objeto variável necessitaria de leis mais dinâmicas, nas quais “a flutuação da norma substitui a permanência de uma lei, quando o objeto ocupa lugar em um contínuo por variação” (DELEUZE, 1991, p. 38).

O *objectile* e seu vínculo com o projeto digital paramétrico

Não é por acaso que Deleuze descobria similaridade entre o trabalho paramétrico de Cache e a proposta barroca de Leibniz. Ambos encontravam nas leis matemáticas um modo de produzir variabilidade. Quando Deleuze (1991, p. 38) falou ao grande público sobre o *objectile*, também o descreveu como uma espécie de família “enquadrada por parâmetros”. Para incorporar a variabilidade como objeto, seria necessário mais que uma geometria estática, demandaria um tipo de matemática que alcançasse algo que Deleuze chamou de “pura funcionalidade”. Aqui o termo função, na raiz de funcionalidade, se refere ao conceito matemático segundo o qual algo está em função de outro elemento, trazendo para o centro da questão correspondências e associações, delimitando uma família e suas variações.

Anos depois, Carpo (2011b) ressaltou a questão dos parâmetros na definição do *objectile*: uma infinita variedade de objetos, todos distintos em alguns parâmetros e semelhantes em outros.

Para entendermos essa relação entre *objectile* e parametria como funções, tomaremos uma equação hipotética: $ax^2 + by + cz + d = 0$, onde costumeiramente temos uma série de parâmetros e variáveis correspondendo a (ou em função de) zero. Nesse caso, os parâmetros seriam os termos da equação, ou seja, a, b, c e d, enquanto as variáveis seriam os componentes x, y e z. Como Kolarevic (2005) descreve a projeto paramétrico: equações gerando diferentes objetos. Os parâmetros são os elementos que definem um sistema e determinam ou limitam seu desempenho, enquanto as variáveis tratam do alcance de maleabilidade dessa função. Pensando na equação como um conjunto de curvas, pois a cada alteração de variável seria possível obter uma nova curva, vemos a clara semelhança com a família de objetos que o *objectile* ou o projeto paramétrico tratam (Figura 1). Nesses casos os parâmetros tratariam das magnitudes (GARCÍA ALVARADO; JOFRE MUÑOZ, 2012) pela função, forma paramétrica ou *objectile*, devendo de algum modo ser aspectos mensuráveis, quantitativos ou qualitativos (GANE, 2004). Assim cada termo (a, b, c...) poderá estar associado a aspectos quantitativos, como dimensões extensivas, temperaturas, pressões, velocidades..., ou a algum tipo de padrão, com traços mais qualitativos, como o estado de emoção de um indivíduo (felicidade, amor, medo ou ódio, como no caso do D-Tower e suas quatro cores).

Figura 1: Equação como um conjunto de variações da mesma forma

Fonte: Elaborada pelos autores



Com uma ambição didática, falaremos de mais dois aspectos implícitos dessa função: associação e modulação. No caso da associação, trata-se do próprio desenho da função, ou seja, de como ela relaciona, organiza e hierarquiza seus próprios componentes. Aqui aparece o desenho algorítmico da função através de códigos, bifurcações, ligações... que ao mesmo tempo desenham a família de objetos. Por outro lado, o segundo aspecto implícito trata da modulação, pois cada x, y ou z varia provavelmente dentro de um intervalo, produzindo uma modulação de variação nessa família. Em resumo, os parâmetros correspondem ao conjunto de termos escolhidos e considerados para a construção da família, podendo ser fixos ou não, por exemplo, {pé-direito, altura-peitoral, largura-janela, altura-janela, áreas, inclinação solar...} para um *objectile* de uma janela em função da entrada de sol, ou {raio superior, raio inferior, raio intermédio, alturas, volumes...} para o *objectile* de uma garrafa em função de seu volume. Contudo, como nem todos os termos são fixos, existe a necessidade de determinar quais são os variáveis e as modulações dessas variações. Surgem, então, os x

ou y que podem dizer quanto o sol em altura irá variar, dentro de uma modulação específica, como de 90° a 42° em função de uma latitude conhecida. Ao final, essa inclinação precisará se associar a outros termos para adquirir uma lógica algorítmica, podendo surgir o peitoril, a altura-janela ou o pé-direito, desenhados como fixos ou não. Nesse sentido, o *objectile* e o projeto paramétrico tratam dos mesmos elementos: parâmetros, variáveis, modulações e associações; pela variabilidade e através da “pura-funcionalidade”.

Também é importante destacar, como nos lembram García Alvarado e Jofre Muñoz (2012), que o projeto paramétrico vai além do simples emprego de parâmetros, afinal toda operação de desenho digital os usa. Os autores explicam que o projeto paramétrico compreende um tipo de raciocínio codificado ligado a um documento e a um processo de modelagem, podendo ao final dar suporte à fabricação de um sem número de componentes diferentes. Para Nilsson (2007), o uso de parâmetros no processo de projeto torna possível contextualizar o objeto arquitetônico e torná-lo ajustável às situações em que ele deve funcionar. Por essa razão, Gane (2004) destaca que o projeto paramétrico é marcado pelo processo de escolha de parâmetros e por restrições relacionadas com um problema, todos associados de algum modo (por exemplo, a inclinação de um brise vertical associa-se à orientação de um edifício). Parâmetros, variáveis, modulações e associações estarão em um modelo que poderá ser usado para explorar diferentes alternativas de solução de projeto e em diferentes trabalhos (Figura 2). O projeto assim funciona como um *objectile*, já que carrega em um só modelo diversos objetos ou, em linguagem de Leibniz, um objeto que se desdobra em muitos: variável. Vejamos como esse tipo de objeto se aproxima da nossa sociedade de consumo.

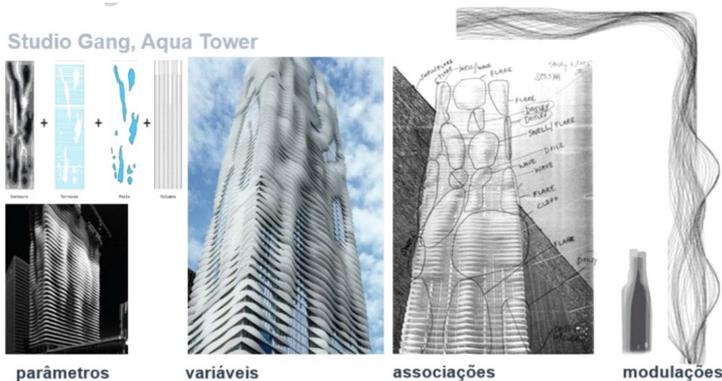


Figura 2: Parâmetros, variáveis, associações e modulações em um projeto arquitetônico

Fonte: Adaptada de Nyawara (2015)

O *objectile* e sua relação com o mundo de consumo: a odisseia da vida de um produto

Antes de iniciarmos a reflexão sobre as novas pretensões que o *objectile* poderá estimular em relação ao projeto paramétrico, cabe pensarmos um pouco sobre o porquê do emprego desse tipo de objeto variável na contemporaneidade. Realmente podemos dizer que a sociedade de consumo tem produzido um forte impacto na imagem do objeto. Como descreve Baudrillard (2004), vivemos em um mundo marcado por uma imensa fauna de objetos se sucedendo em ritmo acelerado, onde o ser humano se assenta diante de gerações de produtos e *gadgets*, vendo-os se tornarem, um a um, obsoletos. Kwinter (2003) corrobora a ideia afirmando que o objeto idealizado na modernidade industrial, produzido “por e para as massas” (DELEUZE, 1991), parece desgastar-se rapidamente nesse contexto. Tal objeto, baseado na constância da lei para fabricação em série, agora conflita com a velocidade e variabilidade da época contemporânea. Para Cache (1995, p. 95), um objeto diferente emergiria apoiado em “um novo contrato

de utilização ou produção”, pois adentramos uma época em que o “objeto idêntico seria um tipo de contrato não mais viável” (KWINTER, 2003, p. 99). Para entender melhor esse novo contrato, seguiremos o caminho proposto por Cache (1995), uma espécie de odisséia sobre a vida de um produto tecnológico na atualidade, dividida em seis fases: consumo, produção, representação, modelagem, função e marketing.

O consumo partiria de uma imagem do objeto que não se relaciona mais com a funcionalidade expressa por este, mas com inflexões expostas por nosso comportamento flutuante. Assim, a constância de uma lei ou tradição não é adequada para representar o consumo, pois ele é baseado na própria mudança.

Dessa maneira, a produção de objetos, possibilitada pelo desenvolvimento tecnológico, tornou-se igualmente dinâmica. O molde, entendido como estático, fica substituído pela modulação variável (Figura 3). Ao contrário da divisão da produção industrial em série, na qual o objeto se subordina a uma geometria preexistente, a produção atual é resultado da combinação de parâmetros variáveis possíveis de serem materializados.

Então, a próxima fase, a representação do objeto, tem seu status alterado pela era das imagens publicitárias, espalhadas ferozmente nos meios digitais. A própria imagem vendida do produto vira peça de consumo, precedendo o objeto-mercadoria. Assim, sua volatilidade torna obsoletas formas de representação tradicionais e rígidas, como os protótipos. O objeto, agora modulado e não mais moldado, vira efeito possível das intersecções de parâmetros estabelecidos. Antes restrito ao molde, o objeto não imita mais algo representado; no tempo atual passa a ser simulado e atualizado por softwares, modelagem CAD/CAM e fabricação por sistemas CNC.

A função de tais objetos modulados, por outro lado, torna-se independente, uma vez que o processamento dos dados, fruto das intersecções de parâmetros, é realizado por placas de circuitos integrados. A forma física/material ou qualquer outra propriedade mecânica não possui mais relação com a função eletrônica programada para o objeto. Por trás disso estaria um tipo de linguagem digital que possibilita a interação entre diferentes aparelhos tecnológicos, visto que é constituída essencialmente por eleições binárias (0 ou 1) presentes em todos os tipos de *gadgets* digitais.

Por último, o marketing oferece a própria imagem da norma flutuante. Uma imagem variável, entre o produto padronizado e uma personalização do produto para cada cliente, algo que flutua sobre uma curva de variação mapeada com a pretensão de atingir relações singulares com o usuário.



Figura 3: Moldar é modular de maneira definitiva, modular é moldar de maneira contínua e variável

Fonte: Adaptada de Andrea Morgante (ITALIAN..., 2014)

A vida do produto nasce da convivência entre uma sociedade que clama intensamente por personalização e sua limitação no atendimento dessa individualização. Assim, necessita flutuar sobre uma curva de variação. Não busca a massa nem o indivíduo, mas através de customizações, o produto tenta alcançar um conjunto nebuloso. Dessa demanda por variabilidade, o marketing surge para produzir imagens que parecem se referir ao produto, mas na verdade mostram que o produto é sim, em primeiro lugar, a própria imagem. Vivemos no mundo das logomarcas. Por outro lado, marketing e função se entrelaçam, pois o primeiro fabrica no

usuário o desejo e a sensação da segunda. A função também se aproxima cada vez mais da variação, até mesmo porque, com a manipulação numérica de dados digitais, um objeto pode ter o mesmo código de outro. Uma fachada de edifício pode desejar ser imagem ou música – como na Hyposurface do dECOi, um tipo tão radical de nova mídia controlada por números que pode ligar uma parede a imagens e sons.

Esse conceito de produto, nascido sob a ameaça de um prejuízo, imprime sua variabilidade também na modelagem, que não mais repete um modelo fixo, mas acontece a partir da interseção de parâmetros. Por outro lado, sua representação precisa revelar a mesma variabilidade e maleabilidade, mostrando o objeto sendo calculado em tempo real, em vez de projeções congeladas. Uma geografia das possibilidades plasmada em uma imagem CAD/CAM (CACHE, 1995).

A produção abandona os moldes fixos e as formas predefinidas e reflete tal variação em uma modulação interpretada por máquinas CNC. Essa modulação garante uma gama de pequenas mudanças e customizações que, de alguma forma, correspondem à própria curva de oferta e procura introjetada no produto. A mudança de contrato vigente na associação contemporânea entre homem e objeto não mais se basearia na estandardização e na lei da constância. Um frutífero mundo para o *objectile*.

TRÊS NÍVEIS DE REFLEXÃO: O OBJECTILE COMO UMA NOVA PRETENSÃO PARA O PROJETO ARQUITETÔNICO

Qual transformação poderia ocasionar tal mudança no conceito de objeto, saindo de um fixo para outro variável? Para nos debruçarmos sobre essa questão, propomos refletir a respeito das mudanças do processo projetual em três níveis. O primeiro destaca as ferramentas e a variabilidade envolvidas, pensando que toda alteração de ferramenta implica potencial transformação de processo; neste caso, trazemos a ideia de meta-design. O segundo nível volta-se para as mudanças de mecanismo de escolha dentro do processo, pois a troca do objeto fixo por um variável implica alguma alteração relacionada com opções e escolhas (liberdade e controle). Por fim, o terceiro nível se dedica ao pensamento dentro do processo, buscando rastrear possíveis alterações em sua natureza.

Ferramenta da variabilidade em busca de um novo processo: o meta-design

Quando pensamos no processo de projeto, não é difícil imaginarmos um projetista debruçado sobre um croqui, onde, através de movimentos frenéticos, busca, em um mar de opções e riscos, a eliminação das diversas opções na procura da ideia certa. Pouco a pouco, da sobreposição de traçados leves, surge ao final a linha definitiva e forte, de onde a “forma essencial” emerge. Essa descrição, ainda que romantizada, revela seguramente algo sobre como pensamos o processo de projeto: do múltiplo para o único, um percurso de redução de variáveis. No entanto, como destaca Deleuze (1991, p. 38), o *objectile* também sugeriria a redução de variáveis, a redução “a uma só e única variabilidade”. Nesse caso, poderíamos pensar o processo de modo diferente, cujo resultado chamado de “final” não se trataria de uma “forma essencial”, mas sim de um objeto variável, e aqui tomaríamos o *objectile* como objeto do processo do projeto. Dessa maneira, os projetistas não se dedicariam somente a produzir um produto por meio de ferramentas, mas o próprio produto de seu trabalho se tornaria uma ferramenta para novos produtos, raciocínio muito semelhante ao que tem sido chamado atualmente de meta-design.

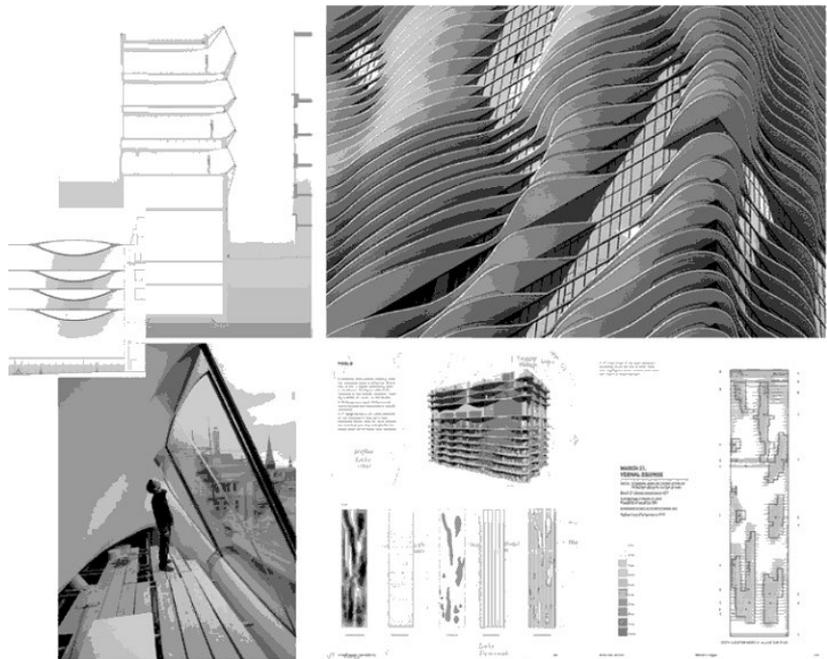
A classificação de três aproximações do objectile como ferramenta em arquitetura

Antes de tentarmos relacionar as transformações do processo de projeto e ferramentas com a inserção do conceito do *objectile*, é necessário que observemos três modos diferentes de aproximação entre o objeto variável e a arquitetura. Em outras palavras, se a variabilidade será tomada como objeto da arquitetura, cabe pensarmos em qual momento ou até onde essa variabilidade pode chegar. Apresentamos três graus de aproximação segundo a permanência e materialidade do *objectile* dentro do projeto:

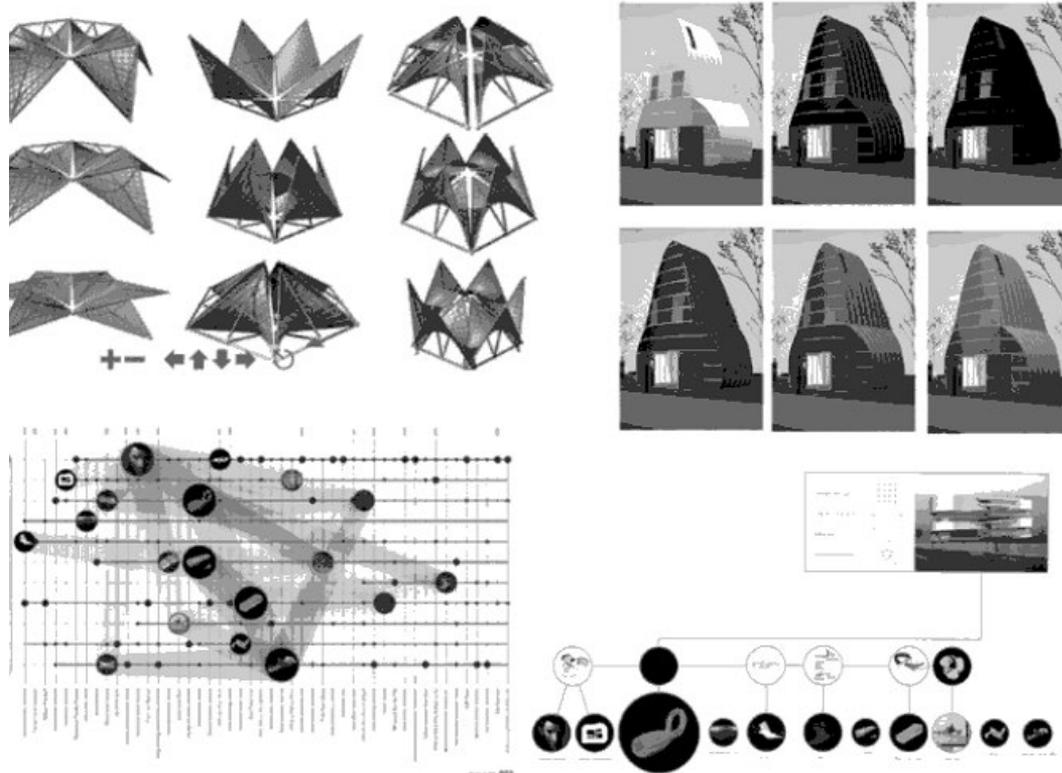
(a) *Objectile* como variável do projeto (ferramenta morta – projeto tradicional incrementado): nesse caso o objeto variável será aplicado em um momento do projeto com a finalidade de encontrar uma solução adequada, para então congelarmos as opções. Assim, a multiplicidade de suas variáveis se manterá viva até a escolha de uma solução específica; em seguida, matamos o *objectile*. Essa aproximação o incorpora no processo mais tradicional de projeto. Não por casualidade, os exemplos levantados por García Alvarado e Jofre Muñoz (2012) sobre a origem do projeto paramétrico, com Gehry e Grimshaw, tratam do emprego da variabilidade para o “controle da forma”. Exemplos podem ser dados com Studio Gang, no Aqua Tower, ou com Amanda Levette, no Hills Palace (Figura 4).

Figura 4: *Objectile* como ferramenta morta

Fonte: Adaptada a partir da imagem do Aqua Tower por Studio Gang (NYAWARA, 2015) e do 10 Hills Place por Amanda Levette Architects (ETHERINGTON, 2009)



(b) *Objectile* como projeto variável (ferramenta viva – metadesign): nessa aproximação o projeto se concentrará na própria variabilidade do objeto. Em lugar de pensarmos uma solução adequada, trataríamos com uma gama de soluções e modulações. Nesse grau de aproximação o *objectile* se manteria vivo, inclusive para outros projetos, devido a sua capacidade de gerar um sem número de possibilidades. Nessa categoria o projetista pode, por exemplo, associar o *objectile* a variáveis para customização (caso da Variomatic house de ONL, bem como da arquitetura de Ming Tang), ou a tipos de conceito que serão reaplicados em projetos distintos (caso dos *Design Models* do UNStudio, conforme Duarte, 2015) (Figura 5). Pode ser pensado como um esqueleto paramétrico modulado (GANE, 2004) ou um primitivo variável (TRUMMER, 2011).



(c) *Objectile* como arquitetura (arquitetura variável): nesse último grau o *objectile* será materializado de alguma forma, sem perder suas variáveis. Para Nilsson (2007), trata-se de um novo tipo de tectônica, cuja oportunidade seria construir novas relações com o corpo, muito além do consumo visual do espaço. Aqui o *objectile* não se resume ao projeto. Contudo, essa aproximação envolve uma evolução tecnológica e um caminho novo a ser trilhado, assim, é marcada por atividades mais de vanguarda, como os trabalhos do protoSPACE coordenados por Kas Oosterhuis (Hyperbody – TUDelft), Media-TIC building de Cloud 9, de Enric Ruiz Geli, e o já consagrado Pavillion Water do NOX (Figura 6).

Para pensarmos as relações entre a inserção desse conceito de objeto e as transformações do processo em meta-design, nos interessa mais a segunda aproximação (ferramenta viva), pois a primeira acaba se aproveitando parcialmente do potencial da variabilidade, matando-a em sua absorção pelo projeto tradicional, enquanto na terceira o foco vai além do próprio projeto, Tateando uma nova arquitetura ou mesmo uma “nova tectônica” (NILSSON, 2007). Entretanto, no segundo caso, o projeto se concentra menos na concretização da forma visual e mais, como observa Carpo (2011b), em um pensamento baseado na transmissão de algoritmos invisíveis. Ainda que o italiano detecte um paralelo histórico com as ordens albertianas, ele destaca que a época atual lida com a passagem do mundo mecânico para o eletrônico, uma mudança da produção de objetos para a produção de simples sequências de números que, por sua vez, gerarão objetos (CARPO, 2011b). Assim, o projeto não se concentraria em produzir um objeto bem delimitado; em outras palavras, rejeita uma representação que congela as variáveis não eleitas para construir um molde em formato de desenhos *blueprint*. Carpo alerta que nenhum produto ‘final’ de qualquer processo digital é realmente final, mas apenas um produto ocasional de um processo algorítmico que poderá gerar muitos outros. Ou seja, o *objectile* surge como uma mudança de paradigma projetual.

Figura 5: *Objectile* como ferramenta viva, projeto variável
Fonte: Adaptada de Duarte (2015)

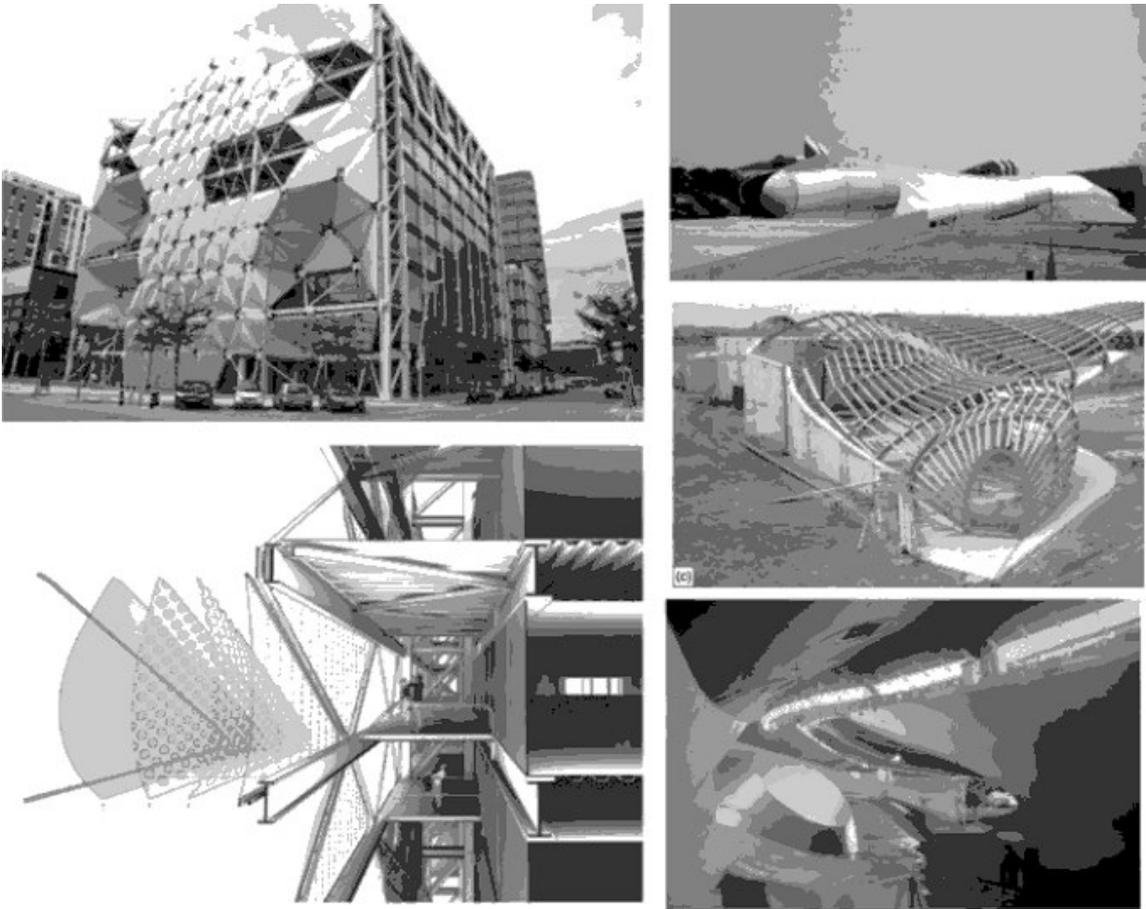


Figura 6: *Objectile* como arquitetura

Fonte: Adaptada de Geli (2010) e NOX ([201-?])

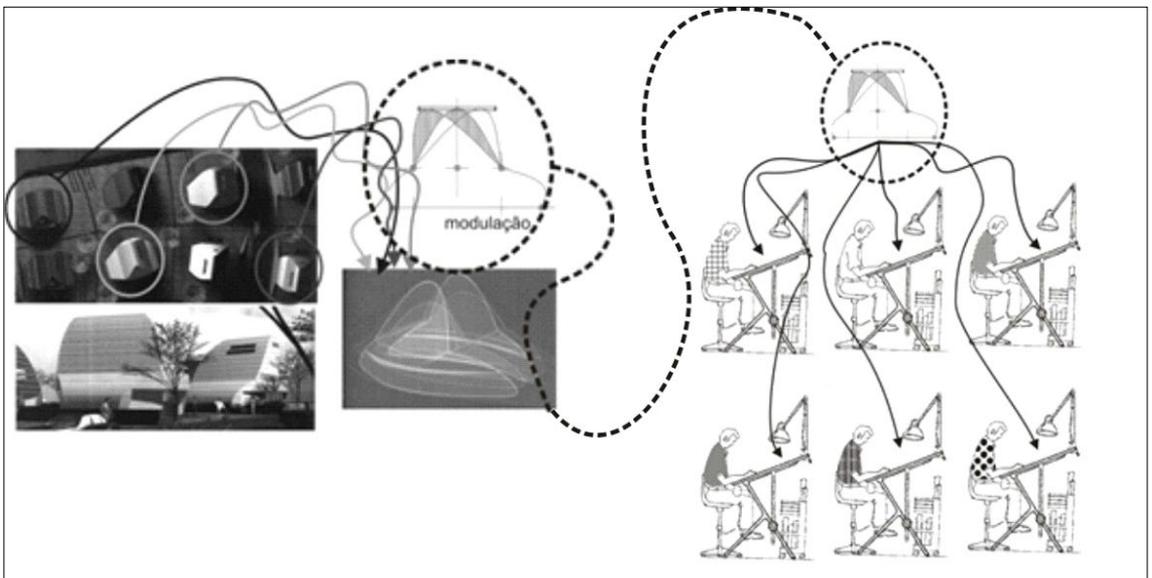
O meta-design como uma nova ideia de projeto variável

Nas últimas décadas, expressões bastante semelhantes, sugerindo a existência de meta-processos projetuais ou meta-projetos, têm sido empregadas em publicações acadêmicas (DUARTE, 2015; FISCHER, 2012; GIACCARDI, 2003; KOLAREVIC, 2005; MORAES, 2010; SANDERS; STAPPERS, 2008). O prefixo “meta” (do grego μετά) aqui indicaria algo como “além” do projeto, na clara direção de uma “nova pretensão” para ele, pois, como observa Giaccardi (2003), o meta-design rejeita as abordagens de projeto estabelecidas. O “metadesign” desviaria do projeto do objeto em si (edifício ou garrafa), pois o objeto seria uma ferramenta ou um sistema dedicado a um meta-objeto (meta-edifício ou meta-garrafa), a partir do qual se poderia obter um objeto específico (um edifício ou uma garrafa). O que propomos é pensar nessa ferramenta ou nesse sistema, que trata do não finalizado, como um *objectile*, muitas formas em muitos eventos possíveis. Como explicam Kolarevic (2005) e Giaccardi, (2003), o projetista se dedicaria a projetar o projeto: “*designing design*”. Para Giaccardi (2003), nessa concepção o “meta” funcionaria como “atrás”, quando o projetista promove estruturas, sistemas ou ferramentas que permitam tal maleabilidade. O objeto não surgiria diretamente do processo, mas sim de um princípio generativo ou design para novos produtos.

Em continuação, Giaccardi (2003) também define “meta” como “junto” (*designing together*) e “entre” (*designing the in-between*), pensando que a concepção prosseguiria depois do processo do projetista, envolvendo usuários (“juntos”) e em ambientes de interação (“entre”). Os usuários seriam vistos como agentes na solução de problemas (SANDERS; STAPPERS,

2008). Buscando abarcar a complexidade da sociedade de consumo, alonga-se o processo de criação, inclusive, até o momento do uso. Trata-se de uma mudança de abordagem: antes se pensava um produto bem-acabado para ser consumido passivamente; agora todas as pessoas teriam meios de participar ativamente na elaboração de um produto (FISCHER, 2012). Surgiriam novas personagens, *users as designers* e *metadesigners*, misturando muitas vezes o tempo do projeto (*design time*) e o do uso (*use time*).

Nessa situação, o projetista necessitaria alterar sua visão de objeto, incorporando mais variabilidade, algo voltado para a colaboração e inclusão dos usuários, como também para a vida do produto na sociedade de consumo. Podemos imaginar um projeto dedicado a esse objeto variável, sem uma finalidade excessivamente específica, a “pura funcionalidade” deleuzeana, que possa transcender os conceitos de início e fim de projeto, em prol de um projeto continuado. Uma forma flutuante que trabalhasse dentro de uma faixa variável modulada, podendo atravessar diversos outros projetos e, de modo não linear, talvez conseguisse entrar e sair do processo a qualquer momento (Figura 7). Um tipo de projeto que se constrói temporalmente, em harmonia com a flutuação do comportamento contemporâneo e sua demanda por escolhas para satisfação. A promessa de um projeto contínuo, não linear, cocriativo e coevolutivo, sem dúvida, uma significativa “pretensão nova” para o processo projetual, diretamente relacionada com o escolher, tema da próxima reflexão.



Um novo controle ou a antiga liberdade no mundo das escolhas: o modulado

Tomemos a imagem proposta por Christopher Jones, do processo projetual como a procura de um tesouro, o resultado certo, momento em que o projetista cava freneticamente em prol do lugar exato e pelo resultado certo: o tesouro. Através dessa imagem fica claro o percurso do projeto, do reino infundável de opções para a escolha certa, como explica Gross (1986), um caminho em cujo percurso limitações e objetivos vão sendo adotados a fim de produzir restrições. Parece muito compensador encontrar o tesouro, mas pensar em cavar uma ilha inteira sem nenhum mapa pode ser desestimulante, muitas opções para uma única escolha. Algo parecido com o que Schwartz (2009) chamou de “paradoxo da escolha”, exemplificado com a compra de uma calça jeans em uma loja com muitas opções.

Figura 7: *Objectile* como meta-processo atravessando diversos trabalhos

Fonte: Elaborada pelos autores

A questão é que quando se tem muitas alternativas para uma única escolha, a responsabilidade da escolha fica grande demais. Assim, reduzir as opções parece um caminho natural, tomando as rédeas para restabelecer o controle, produzindo restrições e dando direção e sentido ao caminho, como faria um eficiente mapa do tesouro. Projetar, portanto, é buscar conferir sentido e direção a uma ação. Contudo, a introdução da variabilidade como objeto, ou como resultado do processo, abre espaço para que se escolha uma gama de opções, na tentativa de evitar o excesso de responsabilidade. A escolha se torna modulada em um intervalo. A modulação surgiria como um novo tipo de controle e mecanismo de seleção. Em lugar de um projeto preciso, como um *blueprint*, que emite regras objetivas para a execução, o que aconteceria se o projeto encontrasse sua finalidade nas variáveis, em outras palavras, se o fim do projeto fosse o próprio objeto variável? Trocaríamos controle por liberdade? Precisaríamos de um novo mecanismo de escolha para lidar com a variabilidade.

Controle e liberdade: o objeto variável no processo de projeto paramétrico

Como já observamos, todo processo de criação lida com uma gama infundável de parâmetros e variáveis, então, projetar passa por controlar e reduzir essas alternativas, a partir da circunscrição de um ou diversos problemas. Contudo, como Gane (2004) alerta, a racionalização de um projeto inicia seu controle com uma simplificação de componentes, sem a qual a mente humana ficaria sobrecarregada e descontrolada. Não por acaso, Gross (1986) define projeto como um modo de explorar restrições. De modo semelhante, ainda que pautado nas variáveis, Gane elenca três componentes do processo projetual diretamente relacionados com as ideias de controle e simplificação: regras, variações e ambiguidades.

Inicialmente o projetista, como em todo trabalho artístico, necessita construir um sistema com o objetivo de nortear a criação e definir normas para as relações de seus componentes. Gane destaca que esse é o papel das “regras”, cabendo ao projetista decidir qual regra será dominante e refinará o resultado do projeto, ainda que esse processo muitas vezes seja um pouco confuso e aleatório. Nesse momento, estruturas organizacionais, orientações solares, hierarquias entre alturas de blocos ou qualquer outro aspecto pode ser considerado essencial para definir restrições e associações entre parâmetros, ou seja, produzir controles.

Por outro lado, se a regra restringe os componentes, as variáveis são fundamentais, pois sem flexibilidade o projetista chegará rapidamente a um impasse na tomada de decisão. Assim, todo processo de projeto trabalha com uma gama de variações que podem ser aleatórias (*blind variations*) ou que tentam aprofundar a investigação do problema. Esse segundo tipo é o mais importante para o processo projetual, porque procura entender e construir relações e hierarquias entre os diversos parâmetros. Gane (2004) destaca duas variações desse tipo, as por intuição (*insight*) e as por análise gradual (*gradual analysis*), ou seja, com menos ou mais sistematização e controle na investigação das associações entre parâmetros. Na primeira, a visão é global (algo como *top-down*), e na segunda, vai crescendo a complexidade (algo como *bottom up*). Além das regras, as variações também carregam outra espécie de controle, as restrições definidas pela modulação, isto é, a faixa de “tanto até quanto” poderá variar um parâmetro específico. Desse modo, as variações trazem valores e julgamentos essenciais para o jogo do projeto, pois ditarão modulações entre níveis máximos e mínimos permitidos, os quais ajudarão a pensar melhor as relações entre diversos subproblemas, estratégia que funciona muito bem quando não sabemos exatamente onde poderemos chegar. Aqui, uma modulação na orientação do edifício poderá viabilizar a definição do *brise vertical*.

Esse controle das variações é importante porque ajuda na construção das associações, tornando mais fácil pensar, por exemplo, na janela que trata da iluminação e, ao mesmo tempo, se relaciona com a funcionalidade interna de um ambiente e a composição estética da fachada. A modulação aumenta o controle sobre um jogo de opções flutuantes que possuem algum tipo de relação (modulando, por exemplo, uma faixa de 0.8m a 1m de paredes laterais internas, para não interferir na funcionalidade). Esses dois conceitos, modulação e controle, tornam-se essenciais para pensarmos o *objectile* e o projeto paramétrico. Contudo, não devemos nos esquecer do último elemento de Gane: a ambiguidade, elemento que introduz a surpresa através de meios que não estão inteiramente sob controle do projetista, pois além da regra podem existir mais caminhos. Por fim, é verdade que geralmente o emprego das regras busca reprimir a ambiguidade e controlar as variáveis, mas a invenção sempre desafia a estabilidade do projeto e introduz um tipo de liberdade.

O controle modulado

O conceito de modulado que estamos abordando desde o começo do artigo foi pensado por Deleuze (2007), inspirado na visão do filósofo Gilbert Simondon sobre analogias. Este autor discute três tipos de transporte de informação na geração da forma: molde, módulo e modulado. Para entender o molde pode-se pensar em um balde de areia de praia, que imprime a similaridade de suas ranhuras na areia, funcionando de fora para dentro. Basta alcançar o estado de equilíbrio e *voilà*: desinformamos. O módulo, ao contrário, trata das relações internas; um molde que imprime de dentro para fora, como ossos de um esqueleto auxiliam na definição da forma de um corpo ou como um *grid* orienta um edifício. Por fim, o conceito mais relevante aqui, a modulação trataria de uma espécie de molde variável, que não para quando alcança o equilíbrio e continua a se modificar. “Um modulador é um molde temporário contínuo” (SIMONDON apud DELEUZE, 2007, p. 156). Esse modulador controla as variações dos diversos objetos presentes simultaneamente no *objectile*.

Savat (2005) busca aprofundar essa ideia de modulação a partir do texto de Deleuze “Post-Scriptum sobre as sociedades de controle” (1992), que trata da passagem da sociedade disciplinar para a sociedade de controle. O autor coloca a modulação dentro do contexto social, um tipo especial de controle, em que as pessoas não necessariamente percebem suas ações sendo observadas e registradas através da amplificação dos bancos de dados. Estamos sendo modulados! Essa nova sociedade observa a partir do reconhecimento de padrões, como diz Bogard (apud SAVAT, 2005), um modo de observação que vê antes do fato. Uma sociedade marcada pelo anseio de se programar com antecedência, que planejará trajetórias e confirmaria qual perfil humano combinaria com elas. Ainda que existam moldes, enquanto houver essa modulação constante, nenhum modelo poderá aderir fortemente a eles.

Deleuze (1992) exemplifica sua teoria com o sistema de ensino continuado, que tende a substituir a escola. No lugar do ensino disciplinar, fragmentado claramente (com início e fim, organizado em séries, etapas do fundamental ao básico, segmentado e com atividades bem definidas), o ensino continuado trata de um aprendizado que nunca acaba, no qual o controle ininterrupto substitui o exame – não para quando alcança o equilíbrio, mas continua a modificar o molde. Podemos estabelecer um paralelo com a ideia de projeto continuado do *meta-design*, o qual, baseado na suposição de que problemas futuros não podem ser completamente antecipados no momento da concepção, estimula usuários a se tornarem codesigners.

Para pensarmos melhor sobre essa ideia de projeto continuado na sociedade do controle, cabe uma reflexão sobre o que Savat (2005, p. 51) chamou de “mecanismos da modulação”, divididos em: reconhecimento de padrões, antecipação de atividades, programação de fluxos e amostra.

Diferentemente da sociedade disciplinar foucaultiana, a modulação não se concentra nos corpos individuais (como um projeto específico para um edifício), senão no reconhecimento de padrões que os moldam continuamente. Em paralelo, o projeto baseado no *objectile* não visa controlar a forma como um molde bem definido parece mais com uma peneira “cuja trama varia de um ponto ao outro” (DELEUZE, 1992, p. 221), mas procura padrões gravados no intervalo de variação. O terceiro mecanismo trata da antecipação da atividade, pois o *objectile*, mesmo antes de saber qual será seu fim preciso, necessita modular as possibilidades. Por outro lado, como explica Savat, esse mecanismo permite acessar os dados em qualquer ponto, sem depender da leitura do código inteiro.

Continuando a comparação, sugerimos que o *objectile* seja concebido de tal modo que possa entrar em um momento qualquer do processo de projeto, desligado das sequências processuais ali existentes. Em função da exigência de antecipar as atividades, a modulação tende a utilizar instrumentos de modelagem numérica de computador, visando cartografar os fluxos. Por fim, como explica Deleuze (1992), no lugar de massas, esse mecanismo lida com amostras. A preocupação do *objectile* não seria se definir e se submeter a teste; carrega com ele apenas uma amostragem de possibilidades baseada em padrões. As amostras não necessitam de consciência; são elas as utilizadas para determinar os padrões de consumo (DELEUZE, 1992).

Por essa razão a modulação não trata de uma forma essencial, mas do controle sobre uma família de possibilidades enquadradas por parâmetros. Ela se interessa mais por amostras e previsões do que por produzir uma forma específica e bem definida derivada de um comportamento. Por fim, como a modulação se ocupa de um molde em constante movimento, os “erros” serão cada vez mais controlados e previsíveis, para que, como diz Savat, seu código genético possa vir a ajustá-los. Isso remete ao projeto continuado e constante (meta-design), um controle específico que acontece não através da precisão, mas de modulações e aproximações. Um ambiente definitivamente mais controlado, um novo controle sutil, que se apresenta “na forma de escolha” e liberdade.

Por um novo pensar dentro do projeto: espaço para novas descobertas

Iniciamos estas reflexões com a lembrança de Cache (2011) sobre a conhecida teoria do paleontólogo André Leroi-Gourhan em *O gesto e a palavra*. O autor sugere que, na evolução humana, com a liberação das funções utilitárias das mandíbulas, graças ao andar ereto e bípede, abriu-se caminho para a fala. Ou seja, quando o ancestral humano não teve mais que pegar as coisas com a boca, como todos os quadrúpedes, buscou novas funções para ela. Tomando essa lógica, Cache se pergunta: quais tipos de pensar nossa mente poderia exercer no momento que o computador começa a cumprir certas funções do pensamento? Para o francês, o computador seria uma nova força de desnaturação, mas que se resume basicamente a duas ações: calcular e memorizar. Assim, do mesmo modo que a posição vertical libertou o homem para a fala, o computador, calculando e memorizando por nós, abriria campo para novas funções utilitárias da mente.

O pensador francês destaca que este mundo, com a troca de elétrons por fótons, definitivamente soltará os freios da velocidade de cálculo, para então, por exemplo, calcular todos os movimentos possíveis de um jogo de xadrez. Contudo, projetar definitivamente não se trata de um jogo de xadrez. Talvez a comparação mais próxima seja a música (CACHE, 2011; GANE, 2004), porém não se consegue explorar todas as alternativas através de princípios combinatórios. Cache (2011) nos lembra o sonho de Marin Mersenne, em *Harmonie universelle* (1637), de encontrar a “música perfeita” por meio da análise de combinações revela que a harmonia não é definida

completamente de modo único. Não há como comparar modulações musicais, ou arquitetônicas da mesma maneira que se poderá fazer com os movimentos de xadrez (CACHE, 2011). O que isso significa? Provavelmente, o controle do cálculo algoritmo das variações e associações também não servirá para alcançar o “projeto perfeito”.

Por outro lado, o arquiteto atual pode produzir as próprias ferramentas de criação, talvez como nunca na história, e continuaremos a ampliar a oferta de modelos matemáticos e de cálculo. Para Cache (2011), trata-se da oportunidade para o projetista explorar uma atividade não algorítmica do cérebro. Recorrendo ao teorema da incompletude de Gödel, segundo o qual os sistemas mais complexos nunca poderão ser provados totalmente verdadeiros através de cálculos, podemos pensar que nossas atenções deverão estar no elemento incalculável do pensamento, proposições incapazes de ser demonstradas ou negadas. Cache (2011) observa que entender algo em profundidade implica necessariamente conhecer o que escapa ao seu algoritmo. Nesse caso, a missão do *objectile* seria modular os cálculos dentro de uma máquina de pensar, um algoritmo, para liberar o pensamento humano, libertar-nos da necessidade de memorizar e do pensar vigiado pela racionalidade algorítmica, como diz Cache (2011), uma liberdade para novas e estranhas faculdades, como a amnésia e a inconsciência algorítmica.

O *objectile* carregaria uma modulação de relações e variações, uma gama potencial de propostas, ou seja, de cálculos e memórias, sem a pretensão de alcançar o projeto certo ou “perfeito”. Esse objeto variável, com capacidade de atravessar diversos processos de projeto, talvez tenha uma missão maior: liberar a mente para novas aventuras.

CONCLUSÃO

Alguns conceitos podem realmente ser bárbaros, tanto por uma espécie de violência de ruptura, como também pelo desrespeito aos códigos de bom comportamento. Talvez o *objectile* consista em um destes, fazendo termos como início e fim, controle e liberdade, cálculo e memória se mostrarem desde seus avessos. Esta foi nossa esperada contribuição teórica: entender tais termos. Buscamos demonstrar que a troca do objeto fixo tradicional do processo de projeto por outro em contínua variação, permite emergir “novas pretensões” em relação às ideias de processo, mecanismos de escolhas e formas de pensamento do projeto. A incorporação da variabilidade pelo objeto projetual traz um reposicionamento das noções de início e fim, permitindo pensar um projeto contínuo, que aqui aproximamos do conceito e das pretensões do chamado meta-design: o *objectile* como meta-objeto.

Essa substituição do objeto fixo pelo variável também produz impacto direto no entendimento dos mecanismos de escolhas dos processos tradicionais. A possibilidade de o projetista ter que lidar com um número maior de escolhas gera novos modos de controle, trazendo a modulação como mecanismo para tratar uma gama de opções. Um tipo de projeto em consonância com as ambições da “sociedade de controle” (DELEUZE, 1992) e do consumo, que sempre se misturam de algum modo. Nesse sentido, o projeto paramétrico representa o desejo de mais controle.

A incorporação da variabilidade por meio do *objectile* parece ter a missão superior de libertar a mente humana para novas aventuras. Liberdade sempre exige mais responsabilidade. Sem românticas esperanças, novos conceitos podem nos levar a novas possibilidades, sem algozes ou mártires. Como lembra Cache (2011), computador parece ter um valor de desnaturação. Na visão de Gane (2004), um projeto “para pensar primeiro e acima de tudo” revela claramente a ideia de projeto proposta aqui, um meta-processo, que é apenas parte da questão. Afinal, como diz Cache (2011), a codificação é apenas metade da história.

Descrevemos uma espécie de projeto variável, que parece procurar ser mais compatível com a variação de comportamento da sociedade. Contudo, precisamos falar do projetista, pois o alerta sobre o perigo do controle constante não pode ser esquecido. Como Gane (2004) destaca, o projetista deve estar sempre em guarda para se deixar surpreender, ao mesmo tempo, nas palavras de Cache (2011), lidando com uma espécie de “amnésia”. Vale o pensamento de Kandinsky (apud CACHE, 2011), para quem o perigo da expressão matemática é que ela pode ficar atrás da experiência emocional e limitá-la. No entanto, o *objectile* também produzirá o *superject* (o sujeito relacionado ao novo objeto), um sujeito de perspectivas tão variadas quanto a multiplicidade do *objectile*. Novas perspectivas para novos pensamentos. Nesse sentido, o *objectile* é apenas parte do processo, não a ambição final. Além do mais, ele nunca teve mesmo a pretensão de ser projeto de nada em específico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CAPES pelo fomento ao doutorado, com o qual este artigo mantém relação.

REFERÊNCIAS

- BAUDRILLARD, J. **O sistema dos objetos**. 4. ed. São Paulo: Perspectiva, 2004.
- CACHE, B. **Earth moves**: the furnishing of territories. Cambridge, MA: The MIT Press, 1995.
- _____. **Projectiles**. London: Architectural Association, 2011.
- CACHE, B.; GIRAD, C. Objectile: the pursuit of philosophy by other means? Introduction: a conversation between Bernard Cache and Christian Girard. In: FRICHOT, H.; LOO, S. (Eds.). **Deleuze and architecture**. Edinburgh: Edinburgh University Press, 2013. p. 96-110.
- CARPO, M. Del alfabeto al algoritmo: sobre la autoría digital y el diseño paramétrico. **Arquitectura viva**, Madrid, n. 140, p. 112-114, 2011a.
- _____. **The alphabet and the algorithm**. Cambridge, MA: The MIT Press, 2011b.
- CHOKHACHIAN, A. **Parametric design thinking**: a paradigm shift for architecture design process. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2014.
- DELEUZE, G. **A dobra**: Leibniz e o barroco. Campinas: Papyrus, 1991.
- _____. Post-Scriptum, sobre as sociedades de controle. In: _____. **Conversações**: 1972-1990. São Paulo: Editora 34, 1992. p. 219-226.
- _____. **Pintura**: el concepto de diagrama. Buenos Aires: Cactus, 2007.
- DELEUZE, G.; PARNET, C. **L'abécédaire de Gilles Deleuze**. Produção de Pierre-André Boutang. Entrevista. Tradução para fins acadêmicos de Tomaz Tadeu. Paris: Vidéo Éditions Montparnasse, 1996. Disponível em: <<https://goo.gl/LD91bp>>. Acesso em: 10 nov. 2017.
- DUARTE, R. B. **El diagrama arquitectónico despues de Deleuze**: estudio de casos holandeses. 2015. 386 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2015.
- ETHERINGTON, R. 10 Hills Place by Amanda Levete Architects. **Dezeen**. London, 10 set. 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/xqPC4D>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- FISCHER, G. End user development and meta-design: foundations for cultures of participation. In: DWIVEDI, A.; CLARKE, S. (Eds.). **End-user computing, development, and software engineering**: new challenges. Hershey: IGI Global, 2012. p. 202-226. Disponível em: <<https://goo.gl/Tm7fxm>>. Acesso em: 1º nov. 2017.
- GANE, V. **Parametric design**: a paradigm shift? 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 2004.
- GELI, E. R. Media-tic/Enric Ruiz Geli. **Archdaily**. [S.l.], 9 fev. 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/z74B3N>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- GARCÍA ALVARADO, R.; JOFRE MUÑOZ, J. The control of shape: origins of parametric design in architecture in Xenakis, Gehry and Grimshaw. **METU Journal of Faculty of Architecture**, Ankara, v. 29, n. 1, p. 107-118, 2012.

- GIACCARDI, E. **Principles of metadesign:** processes and levels of co-creation in the new design space. 2003. 436 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Faculty of Science and Technology, University of Plymouth, Plymouth, UK, 2003.
- GROSS, M. D. **Design as exploring constraints.** 1986. 147 f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1986.
- HARTOONIAN, G. **Crisis of the object:** the architecture of theatricality. London: Routledge, 2006.
- ITALIAN Architect Reimagines Peroni's Nastro Azzurro Bottle Design with 3D Printing. **Microfabricator.** Norfolk, 24 jul. 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/yHjsCy>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- KOLAREVIC, B. **Architecture in the digital age:** design and manufacturing. New York: Taylor & Francis, 2005. Disponível em: <<https://goo.gl/Xw81Gh>>. Acesso em: 1º nov. 2017.
- KWINTER, S. ¿Quién teme al formalismo? In: ZAERA-POLO, A. (Org.). **Filogénesis:** las especies de Foreign Office Architects. Barcelona: Actar, 2003. p. 96-99.
- LACERDA, T. M. Leibniz: matéria extensa e corpo orgânico. **Especiaria:** Cadernos de Ciências Humanas, Ilhéus, v. 16, n. 28, p. 153-166, 2016.
- MONTANER, M. J. Crisis del objeto. In: _____. **Sistemas arquitectónicos contemporáneos.** Barcelona: Gustavo Gili, 2008. p. 10-25.
- MONTEFAMEGLIO, A. Thaum - #3 objectile: Deleuze, Leibniz and Bernard Cache. **Momus:** the cultural magazine, [S.l.], 30 maio 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/SJPbMn>>. Acesso em: jun. 2017.
- MORAES, D. **Metaprojeto:** o design do design. Rio de Janeiro: Blucher, 2010.
- NILSSON, F. Architectural objectiles: architecture, form, meaning and experience in the digital era. In: ARCHITECTURE & PHENOMENOLOGY INTERNATIONAL CONFERENCE, 1., 2007, Haifa. **Proceedings CD.** Gothenburg: Chalmers Publication Library, 2007. p. 1-13. Disponível em: <<https://goo.gl/XX3FTX>>. Acesso em: 1º nov. 2017.
- NOX. HtwoOexpo. **NoxArch.** [201-?]. Projects. Disponível em: <<http://www.nox-art-architecture.com/>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- NYAWARA, B. Aqua Tower, a Water Sculpture in the Chicago Sky by Studio Gang Architects. **Archute,** [S.l.], 28 out. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/Qp9zV1>>. Acesso em: 13 nov. 2017.
- ROWE, C.; KOETTER, F. Crisis of the object: predicamento of texture. **Perspecta,** Cambridge, MA, v. 16, p. 108-141, 1980.
- SANDERS, E. B.; STAPPERS P. J. Co-creation and the new landscapes of design. **CoDesign,** Abingdon, v. 4, n. 1, p. 5-18, 2008. DOI: 10.1080/15710880701875068
- SAVAT, D. Deleuze's Objectile: from discipline to modulation. In: SAVAT, D.; POSTER, M. **Deleuze and new technology.** Edinburgh: Edinburgh University Press, 2005. p. 45-61. Disponível em: <<https://goo.gl/ZBJGBe>>. Acesso em: 1º nov. 2017.
- SCHWARTZ, B. **Paradox of choice:** why more is less. New York: Harper Collins, 2009.
- TRUMMER, P. Associative design: from type to population. In: MENGES, A.; AHLQUIST, S. (Eds.). **Computational design thinking:** computation design thinking. London: Wiley AD Reader, 2011. p. 179-194.

Rovenir Bertola Duarte
rovenir@uel.br

Malu Magalhães Sanches
malu.msanches@hotmail.com

Louisa Savignon Lepri
lslepri@gmail.com

O DESAFIO DO CONCEITO DE PERFORMANCE NO CAMPO DA SUSTENTABILIDADE E DO DESIGN COMPUTACIONAL

THE CHALLENGE OF THE PERFORMANCE CONCEPT WITHIN THE SUSTAINABILITY AND COMPUTATIONAL DESIGN FIELD

Marcio Nisenbaum¹, José Ripper Kós²

RESUMO: Este artigo discute o conceito de performance e sua apropriação nas áreas de pesquisa relacionadas à sustentabilidade e ao design computacional, enfocando os processos projetuais dos campos da arquitetura e do urbanismo. Recentemente, termos como “design orientado pela performance” ou “arquitetura orientada pela performance”, sobretudo quando relacionados à sustentabilidade, têm figurado no vocabulário de autores e profissionais na busca por diretrizes de projeto baseadas em processos de simulação e uso sistemático de ferramentas digitais. Nesse contexto, a noção de performance tem sido compreendida principalmente como sinônimo de desempenho, alinhando-se a discursos contemporâneos de eficiência e otimização – considera-se, nessas circunstâncias, que um edifício ou um recorte urbano “performa” quando atende a determinados critérios objetivos de avaliação de sustentabilidade, reduzida a parâmetros matemáticos. Pretende-se neste artigo justamente ampliar essa visão a partir de novas interpretações teóricas, recorrendo à investigação etimológica, pesquisa histórica e revisão de literatura, com base em autores de diferentes áreas e no estudo de caso da competição acadêmica de casas solares, o Solar Decathlon. Espera-se que essa análise inicial contribua para a emergência de novas formas de entendimento do conceito de performance, relativizando a noção de “corpo” que “performa” em diferentes vieses, potencializando assim sua apropriação e utilização no campo da sustentabilidade e do design computacional.

PALAVRAS-CHAVE: Design Orientado pela Performance; Design Computacional; Sustentabilidade; Solar Decathlon.

ABSTRACT: This paper discusses the notion of performance and its appropriation within the research fields related to sustainability and computational design, focusing on the design processes of the architectural and urban fields. Recently, terms such as “performance oriented design” or “performance driven architecture”, especially when related to sustainability, have been used by many authors and professionals as an attempt to engender project guidelines based on simulation processes and systematic use of digital tools. In this context, the notion of performance has basically been understood as the way in which an action is fulfilled, agreeing to contemporary discourses of efficiency and optimization – in this circumstance it is considered that a building or urban area “performs” if it fulfills certain objective sustainability evaluation criteria, reduced to mathematical parameters. This paper intends to broaden this understanding by exploring new theoretical interpretations, referring to etymological investigation, historical research, and literature review, based on authors from different areas and on the case study of the solar houses academic competition, Solar Decathlon. This initial analysis is expected to contribute to the emergence of new forms of interpretation of the performance concept, relativizing the notion of the “body” that “performs” in different manners, thus enhancing its appropriation and use within the fields of sustainability and computational design.

KEYWORDS: Performance-oriented-design; Computational Design; Sustainability; Solar Decathlon.

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro

² Universidade Federal de Santa Catarina

How to cite this article:

NISENBAUM, M.; KÓS, J. R. O desafio do conceito de performance no campo da sustentabilidade e do design computacional. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 77-92 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.134314>

Fonte de financiamento:

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 10/07/2017

Aceito em: 25/08/2017



INTRODUÇÃO

O uso do termo *performance* como um conceito norteador de processos projetuais e formas de avaliação tem se tornado cada vez mais recorrente no campo da arquitetura e do urbanismo. Em especial, na área de pesquisa do design computacional e da sustentabilidade, o termo tem inspirado produções teóricas e práticas que exploram alguns de seus possíveis significados. Percebemos tal apropriação nas pautas das últimas edições de congressos de Gráfica Digital (como os SIGraDI, eCAADe, Acadia, Caadria, Ascaad), em publicações de revistas, como a *Architectural Design*, e nas práticas projetuais contemporâneas envolvendo o uso da computação. Em plataformas virtuais de artigos, como o CumInCAD, por exemplo, uma busca pela palavra “*performance*” encontra 1164 resultados, num universo de 12372 artigos.

Nesse contexto, o uso do termo é feito muitas vezes na tentativa de alinhar o discurso do design digital com o da sustentabilidade e da resiliência. Tem predominado a interpretação de *performance* como desempenho, um “termômetro” que avalia se um edifício ou uma cidade atinge determinada “meta”. Contudo, a falta de reflexão e questionamento acerca do termo em si limita seus possíveis desdobramentos teóricos, reduzindo o potencial do conceito. Sua apropriação no campo de estudo e experimentação dos meios digitais parece, a princípio, um tanto reduzida a aspectos quantitativos e critérios objetivos.

Assim, seria importante investigar de maneira mais aprofundada o termo em questão, entender sua gênese, suas diferentes interpretações e desdobramentos, na tentativa de extrair possibilidades enriquecedoras. Cabe ressaltar que não se pretende aqui articular uma noção finalizada de *performance* – até porque isso exigiria um aprofundamento teórico em diferentes áreas de pesquisa –, mas apenas apontar alguns possíveis caminhos, enfocando interesses do campo do design computacional, assim como fazer referência a algumas obras e autores relevantes.

O CONCEITO

Uma investigação do termo *performance* nos leva a transitar por campos de conhecimento diversos e formas de interpretação variadas, que tornam complexa uma definição objetiva. A própria referência ao termo já não é simples: seria *performance* um conceito, um tema, um campo de estudo ou uma disciplina?

Em busca de definições

Numa primeira tentativa de conceituação da palavra, pode-se recorrer à etimologia: *performance* advém do latim, formada a partir do prefixo *per* mais *formáre*. Segundo o dicionário Aurélio, *per* pode assumir o significado de movimento através, proximidade, intensidade ou totalidade, como em percorrer, perdurar, perpassar. Já *formáre* se refere a formar, dar forma, estabelecer, constituir, entendendo-se forma como os “limites exteriores da matéria de que é constituído um corpo, e que confere a este um feitio, uma configuração, um aspecto particular” (FERREIRA, 2004).

Duarte e Noronha (2011, p. 2) destacam que *performance* “pode designar, entre outras coisas, a aparência física ou desempenho do corpo, ou ainda, um método a partir do qual se origina um corpo.” Tal definição, assim como as encontradas no dicionário, dá margem a muitas interpretações, o que explica o fato de o termo ser apropriado por diferentes áreas de pesquisa e assumir significados diversos ao longo da história.

O uso e a significação do termo *performance* como entendemos hoje parece ter se originado nas décadas de 1940 e 1950, consolidando-se

através do movimento intelectual chamado *Performative Turn* (Virada Performática). Mais do que um movimento, a Virada Performática teria sido um conjunto de teorias imbricadas, com fronteiras voláteis e diversas possibilidades semânticas. Como sugerem Duarte e Noronha (2011, p. 2), “o termo performance é um território de várias interfaces, de trajetos múltiplos, e por sua natureza multidisciplinar, é uma arte de fronteira.” Fazem parte da “rede teórica” que lidou com o termo alguns autores como: Kenneth Duva Burke (1897-1993), americano, filósofo e teórico da literatura; Victor Witter Turner (1920-1983), antropólogo inglês; Erving Goffman (1922-1982), sociólogo americano-canadense; John L. Austin (1911-1960), filósofo e linguista britânico; entre outros. Os perfis distintos dos “atores” que participaram desse momento fizeram com que o conceito ressoasse em diversos campos de conhecimento, como nas artes, na música, na literatura e no teatro. A contribuição desses autores nem sempre é clara e explícita, mas de alguma forma colaboraram para a constituição de um quadro teórico que nos dá alguns indícios dos significados do termo em questão até os dias de hoje.

Turner, por exemplo, desenvolve a ideia de performance a partir da obra de Van Gennep, *Ritos de passagem*, articulando a ideia de ritual como processo (HENSEL, 2013). Para o autor, os rituais repetidos podem gerar novos significados e se opor a sistemas de representação, o que caracterizaria um sistema performático. Em seus últimos estudos, baseados em um trabalho de campo que realizou na África por meio de observação dos rituais dos povos Ndembu, Turner buscava lançar bases para uma vertente antropológica denominada Antropologia da performance.

A obra de Turner, por sua vez, influenciou o diretor teatral e antropólogo Richard Schechner, uma referência no estudo sobre performance no campo do Teatro, tendo escrito importantes obras, como *Between anthropology and theater* (1985) e *Performance theory* (1988). Schechner buscou ampliar a noção de performance à luz de sua formação. Ao relacionar a noção de rito com teatro, o autor procurou compreender o processo de transformação que ocorre durante uma encenação, tanto do “corpo” do ator quanto da própria audiência.

Num viés semelhante, alguns autores buscam relacionar o conceito de performance com o de “agência”. Segundo Hensel (2013), na Filosofia e na Sociologia, agência se refere à capacidade de uma pessoa ou entidade de “agir” ou “atuar” em determinado *milieu*, contexto. Essa interpretação estendeu a utilização do conceito de performance a áreas como as ciências naturais e tecnológicas. Segundo Pickering (1995 apud HENSEL, 2013, cap. 1, tradução nossa):

Em uma concepção mais ampla de cultura científica... – uma que transcenda ciência-como-conhecimento para incluir dimensões materiais, sociais e temporais – é possível imaginar ciência além da representação [...]. Pode-se entender que o mundo não é constituído, num primeiro momento, com fatos e observações, mas com agência.

Outra leitura relevante do conceito de performance é a da filósofa Judith Butler, que se apropriou do termo para teorizar questões de gênero e identidade. Em uma de suas obras mais influentes, *Gender trouble: feminism and the subversion of identity*, publicada em 2006, a autora desenvolve a ideia do gênero não como uma condição ontológica, mas como algo gerado de forma performática. Em sua visão, a identidade poderia ser construída pela repetição de gestos, ações e comportamentos, e não por uma pré-condição genética. Tal abordagem se assemelha à ideia de ritual desenvolvida por Turner e Schechner.

O conceito de performance no campo da arquitetura

A noção de performance no campo da arquitetura e em outras áreas do conhecimento se abriu a diversas interpretações. Desde a busca por

uma arquitetura performática, em que o próprio objeto arquitetônico “atuaria” num determinado contexto, até a noção de arquitetura como evento, um “palco” de acontecimentos, o termo foi utilizado de diferentes maneiras. Para Duarte e Noronha (2011), o entrelaçamento das diferentes perspectivas de interpretação se articula por meio da noção da performance como processo, ação, desempenho através de um corpo, contexto e tempo. Essa noção corporal pode ser relativizada de acordo com diferentes referenciais: o “corpo” como presença física, como o próprio objeto edificado, ou ainda o “corpo” do autor (arquiteto) e historiador que analisa a obra.

A primeira interpretação remete, a princípio, a questões de leituras espaciais à luz do conceito de “acontecimento”. Nesse sentido, pode-se evocar a obra de Tschumi, que sugere uma aproximação da noção de performance à ideia de evento:

Não existe arquitetura sem programa, sem ação, sem evento [...] arquitetura nunca é autônoma, nunca é pura forma [...] o objetivo é reinscrever o movimento dos corpos no espaço, junto com as ações e eventos que acontecem no âmbito social e político da arquitetura. (TSCHUMI, 1994, p. 3-4, tradução nossa)

Nessa mesma linha, seria interessante investigar os já citados estudos de Judith Butler sobre gênero para entender como a forma arquitetônica e o espaço podem ser subvertidos através do uso repetitivo e, dessa forma, por meio de performance. Para a autora, o acúmulo de múltiplas práticas pode gerar novas percepções e significados em estruturas pré-condicionadas, como o corpo humano. Inspirado em sua obra, Neil Leach (2006), no texto “Drag Spaces”, faz uma analogia do corpo travestido com o espaço subvertido:

a noção de performance de gênero pode ser importada para o campo do estudo de apropriações espaciais: se identidade pode ser construída através da performance, o espaço no qual ela ocorre pode ser visto como um palco. Após uma repetição de performances esse palco não é mais neutro. Ele será imbuído de associações de atividades que ocorreram. (LEACH, 2006, p. 6, tradução nossa)

A segunda forma de interpretação à luz da noção de corpo sugerida por Duarte e Noronha procura entender o próprio objeto arquitetônico como o “corpo” em questão. Nesses termos, cabe recorrer à obra de David Leatherbarrow (2009, 2013), que no livro *Architecture oriented otherwise* e em outras obras, se dedica a novas interpretações do conceito de performance. Para o autor:

Quando um edifício é entendido como o *locus* da performance (e não soluções funcionais), ele pode ser visto como uma preparação e uma resposta; um conjunto de condições que não só antecipam ocorrências mas reagem a elas, através da antecipação no primeiro caso e participação no segundo. (LEATHERBARROW, 2013, prefácio, tradução nossa)

Explorando a ideia renascentista de contraposto – uma posição equilibrada entre partes do corpo tensionadas e relaxadas – Leatherbarrow sugere que um objeto arquitetônico pode ser visto como um corpo em ação no tempo, “atuando” e se adaptando a solicitações não previstas. Nesse sentido, o “corpo” do edificado se mistura com o do autor, do planejado, num jogo de tensões. Essa noção se aproxima de Noronha e Duarte (2011, p. 4): “a obra de arquitetura incorpora as vicissitudes do trajeto, os acasos das mudanças de rumo [...], o atravessamento de multiplicidades na qual o acidente configura em uma realidade existencial”.

PERFORMANCE NO CAMPO DO DESIGN COMPUTACIONAL

Antes de entender como o termo performance foi apropriado, é importante apresentar algumas definições para a área de pesquisa do design computacional. Pode-se considerar que esse campo investigativo começou a se desenvolver na década de 1960, a partir de debates sobre métodos em projetos, e buscava entender desde o nascimento da computação como seria sua incorporação aos meios criativos. Segundo Celani (2008, p. 13), o campo do design computacional busca desenvolver “por um lado, uma teoria computacional do processo de projeto apoiada nas ciências cognitivas, e por outro, métodos e aplicações que permitam o desenvolvimento de projetos com o uso de meios computacionais.” Ainda segundo a autora, fazem parte desse campo de teorias e metodologias a “gramática da forma”, os “autômatos celulares”, a “computação evolucionária” (algoritmos genéticos) e as “transformações topológicas” (CELANI, 2008, p. 5).

No que se refere ao *design methods*, constata-se que as primeiras discussões já colocavam em debate um olhar dicotômico, confrontando arte e ciência, como verificado na famosa Conferência em Métodos Sistemáticos e Intuitivos na Engenharia, Desenho Industrial, Arquitetura e Comunicação, realizada em Londres no ano de 1962, organizada por Christopher Jones e Bruce Archer (VARDOULI, 2014, p. 84). Tal conferência, assim como outras que a sucederam, buscava em áreas além do design e da arquitetura inspirações para metodologias de projeto de ordem mais “científica”. Autor de referência desse contexto, Christopher Alexander, por exemplo, propunha o pensamento lógico e a aplicação de métodos sistemáticos no processo de design, como verificado em sua obra seminal *Notes on synthesis of the form*. Contudo, autores como Theodora Vardouli (2014) apontam que naquele contexto alguns pensadores já se posicionavam de forma crítica, confrontando, a partir de argumentos filosóficos, psicológicos e éticos, a lógica “behaviorista” proposta por outros estudiosos à época. Cabe destacar uma das primeiras aparições do termo performance design, expressão que foi capa do jornal norte-americano *Progressive Architecture*, de 1967. Na publicação, o conceito de performance alinhava-se ao viés sistêmico defendido por autores que cada vez mais especulavam sobre os impactos da tecnologia e da computação nos processos de projeto.

Nas décadas de 1980 e 1990, as experimentações computacionais culminaram na proliferação dos “blobs”, formas complexas que dependiam da tecnologia computacional para existirem num meio digital, mesmo que não materializadas. Nesse contexto, emergiram novas teorias, como a “arquitetura líquida” de Marcos Novak e a “transarquitetura”, de Greg Lynn. Novak já propunha discussões acerca de sistemas generativos e o entendimento do arquiteto como um compositor digital, que deveria dominar a linguagem computacional para organizar as relações espaciais. Entretanto, o autor compreendia que o “design assistido pelo computador” (CAD) não deveria se afastar das artes, pelo contrário, deveria buscar influências em campos como música, literatura, pintura e poesia, o que se verificava em suas próprias experimentações (NOVAK, 1988).

Nesse período também foi notável a evolução computacional no que se referia aos processos de renderização e produção de imagens e animações fotorrealistas. A proliferação de novos softwares, assim como a apropriação de programas de outras áreas para gerar efeitos visuais complexos, estimulou a substituição de métodos de representação manuais por software de modelagem geométrica e procedural, com interfaces cada vez mais amigáveis. Já nas últimas décadas, os estudos envolvendo computação começaram a apontar novos caminhos, se esquivando do formalismo complexo e buscando alinhar suas descobertas com os debates contemporâneos, principalmente no âmbito da sustentabilidade. As novas formas de uso do digital passaram assim a incluir métodos de otimização estrutural, redução do consumo energético, maximização do conforto

térmico e acústico etc., possibilitadas pela alta capacidade de simulação computacional. Tais manifestações buscam um “novo lugar ao sol” para as arquiteturas digitais, sugerindo o papel da computação como parte do processo projetual e não apenas uma ferramenta representacional.

As novas ferramentas digitais, como o Building Information Modeling (BIM), e as possibilidades de design paramétrico e algorítmico contribuíram para que essa nova perspectiva emergisse. Nesse contexto, o termo performance ganhou novos significados. O desenvolvimento tecnológico permitiu processos mais precisos de avaliação, através de softwares de simulação. Testes de desempenho passaram a ser feitos em tempo real, na busca de resultados otimizados e “selo” sustentável. Soma-se a esse potencial de análise as possibilidades generativas, em que o próprio computador testa diferentes cenários e escolhe os mais eficientes, por meio de algoritmos evolutivos, por exemplo. Nesse quadro, o entendimento de performance compreende não apenas a análise do resultado final, mas as contingências de manipulação de geometrias complexas pelo usuário, configurando possibilidades de formas adaptativas e resilientes a partir da emergência de interações materiais e/ou ambientais por meio de parametrização. Para Aish e Woodbury (2005, p. 1, tradução nossa): “a parametrização aumenta a complexidade do design e de sua interface na medida que designers precisam modelar não apenas o artefato idealizado, mas também sua estrutura conceitual que permita a manipulação de variações”.

No campo das representações, tem sido recorrente o uso de gradientes de cor para demonstrar a eficiência e ineficiência do objeto edificado em relação aos critérios analisados – sejam de ordem estrutural, térmica, lumínica, acústica etc. (Figura 1). Tais imagens explicitam forças e tensões que representações tradicionais não reproduzem, dando margem a interpretações de tipos de performance de edifícios e de cidades.

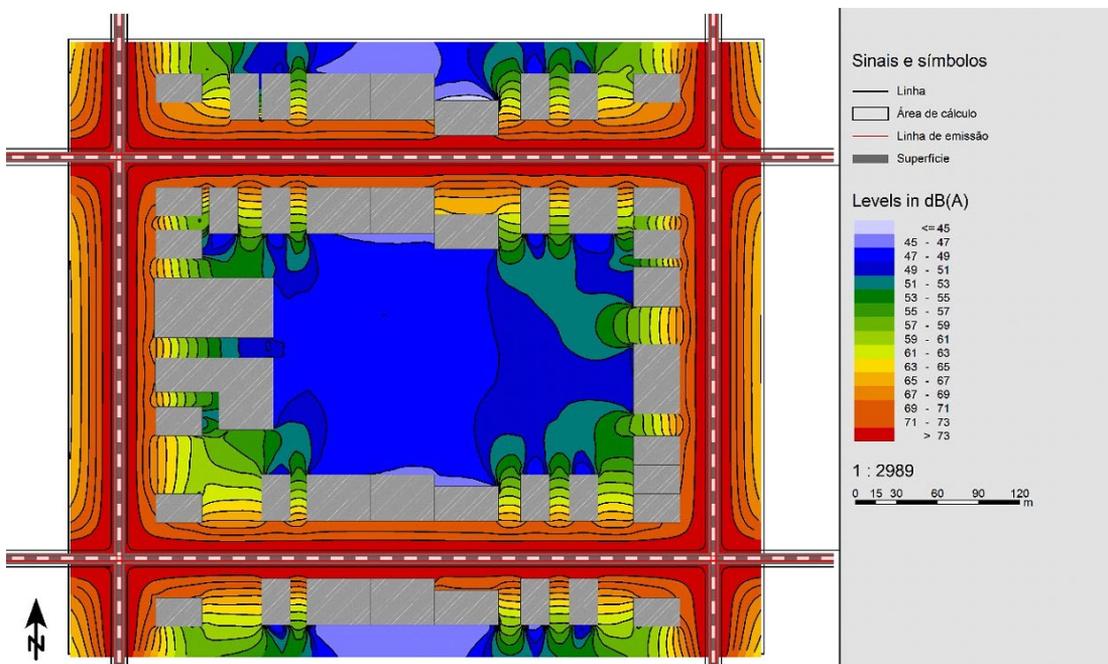


Figura 1: Simulação de interações acústicas numa quadra genérica, usando o software Soundplan

Fonte: Elaborada pelos autores

Nesse novo panorama, alguns autores passaram a se debruçar sobre a questão da performance como um novo paradigma de design. Termos como *performance-oriented design* (ou *performance-oriented architecture*) ou, ainda, *performance-driven-design* passaram a figurar nas discussões teóricas no campo do design computacional. Destacam-se nesse contexto as produções teóricas de Michael Hensel (2013), Branko Kolarevic e Ali Malkawi

(2010), Rivka Oxman (2008, 2012), entre outros. Tais autores exaltam as novas possibilidades do “*performance design*”, mas também propõem abordagens inéditas que buscam compreender performance além da “otimização”.

Oxman, por exemplo, analisa o processo de design baseado em performance destacando a nova postura que o profissional deve assumir no processo criativo. “É o potencial de integração de processos de simulação avaliativa com geração de formas digitais e transformações formais em modelos que definem o processo chamado *performative design*” (OXMAN, 2008, p. 3, tradução nossa). Para a autora, o designer desse novo contexto passa a ser um mediador de interações morfológicas baseadas em critérios de otimização e adaptação, controlando um processo conhecido como *form-finding*. Contudo, a autora também afirma que a noção de performance deve ser entendida para além da visão exclusivamente técnica:

Performance aqui é definida como a habilidade de agir diretamente nas propriedades físicas do design específico. Além das propriedades quantitativas, as classes das propriedades podem eventualmente ser ampliadas para incluir aspectos qualitativos como fatores espaciais em simulações técnicas. (OXMAN, 2012, p. 24, tradução nossa)

Já Hensel (2013) explora performance a partir do processo de interação (espacial e material) da arquitetura com a morfologia urbana e o ecossistema local. Retomando a questão da “agência” como elemento fundamental do entendimento de performance, ele aponta quatro fatores que interagem e norteiam o *performance-oriented-design*: “(a) comunidades locais – fatores bióticos e interações (b) o meio físico local – fatores abióticos (c) organização espacial e (d) organização material” (HENSEL, 2013, cap. 5). O autor também busca aproximar performance à noção de evento, que se verifica na relação da arquitetura e seus usos, como nas apropriações espaciais não planejadas, por exemplo. Para isso, ele se utiliza de conceitos trabalhados por Tschumi, contrapondo a noção de ressignificação espacial pela movimentação corporal à dicotomia forma e função.

Nesse mesmo viés, Kolarevic e Malkawi (2010, p. 205) destacam que “em uma arquitetura performática o espaço se desdobra em formas indeterminadas, em contraste à rigidez do predeterminado, ações programadas, eventos e efeitos”. Ele alerta para o fato de o conceito de performance ultrapassar as dimensões estéticas e funcionais. Assim, pode-se falar em performance financeira, cultural, espacial e social, além da performance de aspectos técnicos mais recorrentes (estrutural, térmico etc.). Uma de suas grandes contribuições para o campo de estudos é a compreensão de performance como um processo, o que demanda uma revisão do entendimento de “corpo edificado” enquanto “corpo estático”: “É necessária uma mudança de aspectos cenográficos [de edifícios] à imaginação pragmática de como um edifício funciona, o que faz, e quais ações, eventos e efeitos promove no tempo” (KOLAREVIC; MALKAWI, 2010, p. 212, tradução nossa).

A PERFORMANCE E A SUSTENTABILIDADE

O crescimento de catástrofes ambientais e da conscientização da população posicionou o tema da sustentabilidade em um relevante patamar do debate arquitetônico. As comunidades primitivas frequentemente buscaram adaptar as edificações às condições climáticas locais, especialmente em circunstâncias extremas. Em muitos casos, o conforto interno proporcionado pelas moradias era uma questão de sobrevivência para essas comunidades. O desenvolvimento das tecnologias relacionadas às edificações proporcionou novas formas de controle das interações entre os espaços internos das edificações e o ambiente externo. Padrões de conforto, especialmente ligados

a temperatura, iluminação, acústica, entre outros elementos, passaram a ser os principais objetivos das pesquisas dessas novas tecnologias. As condições de conforto dos usuários no interior das edificações tornaram-se muito semelhantes, mesmo que em condições externas muito diferentes. Essas condições eram proporcionadas por dispositivos que, frequentemente, demandavam grande quantidade de energia.

O debate acerca da sustentabilidade no ambiente construído cresceu associado em grande parte a situações de crise energética, geradas por diversos fatores, especialmente tensões políticas, mercado internacional e preocupações ambientais sobre os impactos da geração de energia. Da mesma forma, o impacto ambiental relacionado aos edifícios está fortemente vinculado ao seu consumo energético. Nesse contexto, surgem diversas formas de certificação que buscam meios de garantir a redução do impacto ambiental ou da eficiência energética das edificações. Essas certificações definem critérios verificados nos projetos e, algumas vezes, na edificação construída. Vários desses critérios são verificados através da demonstração da performance da edificação, utilizando-se programas de simulação computacional, ferramentas que ganharam novo impulso entre os projetistas para verificar a performance dos seus projetos, interferindo também no processo de projeto, em ações com vários níveis de interação. A limitação dessas ferramentas para reproduzir com precisão as condições do ambiente construído é uma questão crítica, especialmente para as certificações que determinam parâmetros de performance a serem obtidos e, muitas vezes, classificados em progressivos níveis ou categorias de certificação.

Diversas edificações com certificação apresentam um desempenho muito aquém daquele “prometido” nos processos de simulação (LI; HONG; YAN, 2014; NEWSHAM; MANCINI; BIRT, 2009). Isso se deve a aspectos não simulados que influenciaram a performance de forma mais significativa que o esperado, mas também ao modo como os dados foram manipulados por um crescente grupo de profissionais com *expertise* nessas ferramentas de simulação e credenciados pelas diversas agências de certificação. Para esse grupo, um resultado favorável comprovado pelas ferramentas é mais importante do que uma verificação realista das imprecisões nelas inseridas, as quais impactam a previsão da performance e sua averiguação durante o uso da edificação construída.

Pelas razões expostas, diversos autores desafiam as formas como a questão da sustentabilidade é apropriada, especialmente pela indústria. Uma das constantes nessas considerações é a necessidade de equipes transdisciplinares, trabalhando colaborativamente desde as fases iniciais do projeto. Esses fatores começam a ser avaliados com maior cuidado em alguns programas de certificação que possuem uma estrutura mais simplificada, mas ao mesmo tempo mais holística e efetiva. Uma questão importante que começa a ser incorporada ao debate, por exemplo, é que os edifícios não são certificados apenas pelo seu potencial de performance comprovado através de simulações, as quais se mostram frequentemente muito otimistas, quando comparadas com o edifício construído. Certificações como o *Living Building Challenge* (IMAGINE..., 2017) promovem uma nova forma de medição da performance. Para obtê-lo, os projetos devem “oferecer mais do que eles usam, criando um impacto positivo nos sistemas humano e natural que interagem com eles”. Além disso, a certificação “exige uma performance real, em vez da antecipada, demonstrada ao longo de um monitoramento de doze meses consecutivos”.

O desafio da performance

Burry et al. (2013, p. 18) apresentaram uma declaração desafiadora:

Em comparação com a arquitetura, a performance é mais transparente em um esporte de alto desempenho, como em competições de barcos a vela, onde é evidente que “velocidade é bom”.

Nos barcos de regatas, o objetivo principal é buscar a melhor performance possível. No caso de edificações, em grande parte das vezes a certificação com um bom *ranking* é mais importante para a divulgação do que uma boa performance do edifício construído. Para os proprietários, projetistas e responsáveis pela construção e venda das edificações, os ganhos de marketing são geralmente mais importantes que as economias de energia ou a redução do impacto ambiental. Quando a simulação da performance é mais valorizada do que a performance propriamente dita, evidencia-se uma dissociação do edifício como *locus* da performance sugerido no conceito de Leatherbarrow. A virtualização do corpo em ação no tempo substitui e praticamente desconsidera sua “atuação” e “adaptação” às solicitações externas, especialmente do meio ambiente. Ela reforça ainda posições críticas em relação à forma como a questão da sustentabilidade é incorporada à arquitetura. Alberto Pérez-Gómez (2016, p. ii), por exemplo, identificou “as limitações radicais de um discurso sobre sustentabilidade que trata esse problema como uma mera questão tecnológica redutível a parâmetros matemáticos”.

Retomando as contribuições dos barcos a vela, destaca-se uma importante inovação ocorrida nos anos 1980 em competições de alta performance. Na regata internacional mais tradicional, a America's Cup, grande quantidade de recursos é destinada para pesquisas. Na época, teve início o uso de simulações em tempo real que avaliavam as condições ambientais e calculavam a performance do barco diante delas. Essa performance calculada passava a constituir um parâmetro a ser alcançado pela tripulação; definia um objetivo. A tripulação estabelecia então ajustes para se aproximar daquela velocidade, em última análise, a performance ideal. Ajustes eram necessários especialmente quando a diferença entre a velocidade ideal e a velocidade obtida se mostrava muito grande.

Ao longo da década de 1980, a America's Cup foi disputada nos famosos barcos 'Doze Metros', e foram feitos avanços significativos na construção do casco, no tecido e painéis das velas, e nos instrumentos de navegação. Mas, talvez mais do que as outras inovações, os instrumentos de navegação começaram a mudar a forma como os barcos eram navegados. As informações sobre os ângulos do vento e a velocidade foram melhores do que nunca, mas ser capaz de fazer cálculos que poderiam indicar o quão eficientemente o barco estava sendo navegado era o que estava mudando o jogo para os melhores velejadores do mundo. (TWELVE..., 2013)

Os instrumentos de navegação realizavam complexos cálculos e os exibiam em tempo real para a tripulação, permitindo avaliar o desempenho em relação ao potencial de velocidade do barco. Um dos velejadores de maior reconhecimento até hoje, o norte-americano Dennis Conner, reconhece o papel da precisão desses instrumentos para seu sucesso nas regatas naquele período (WHAT..., 2013). É importante destacar que a qualidade dos velejadores continua sendo uma das questões mais relevantes para o sucesso dos barcos nas regatas. O conhecimento dos fenômenos naturais e da forma como podem ser aproveitados no desempenho dos barcos é fundamental e tende a ser aprimorado pelos que melhor conseguem estabelecer uma conexão entre corpo, vento e mar. A ideia de corpo em ação no tempo se faz evidente na relação, obtida durante as regatas, entre a informação de cálculos computacionais e o fenômeno vivenciado pelos velejadores em direto contato com os ciclos da natureza.

O premiado arquiteto australiano Glenn Murcutt teve seu trabalho reconhecido especialmente pela valorização do meio ambiente e pela forma como resgata as tecnologias tradicionais, especialmente das comunidades primitivas (DREW, 1985). Ele também destaca a influência da experiência como velejador nos seus projetos de edificação, que retomam conceitos encontrados em moradias primitivas.

E você ajusta esta casa, e a maioria dos meus edifícios, como você navega um barco a vela. Você tem que ajustá-la para que possa compreender como tirar o melhor proveito do clima sem precisar um ar-condicionado. (MURCUTT, 2008)

A experiência do Solar Decathlon

Competições acadêmicas, embora pouco frequentes, apresentam uma oportunidade instigante para o debate sobre performance na arquitetura. Nesse sentido, a competição mais relevante, o Solar Decathlon, avalia casas solares e estimula projetos transdisciplinares, elaborados de forma colaborativa. Um dos principais objetivos do Solar Decathlon é a difusão do uso de energia solar em residências, assim como a divulgação dessa alternativa energética para que o público em geral a adote.

Cerca de vinte equipes representando universidades de todo o mundo devem projetar, construir e habitar a casa mais eficiente, sustentável e inovadora que funcione exclusivamente com energia solar (térmica e fotovoltaica). As equipes, constituídas principalmente por alunos, devem cumprir dez provas que testam as inovações da casa, sua capacidade de geração e eficiência energética, o conforto, a qualidade espacial e construtiva, a viabilidade de implementação e um desenho que integre todos os sistemas.

As casas são projetadas a partir de várias simulações de performance, enviadas para os organizadores durante o processo de desenvolvimento da proposta. Após essa etapa, as casas construídas e testadas no campus de cada universidade ou grupos de universidades são transportadas para o local da competição. Lá, são montadas lado a lado, durante uma semana, permanecendo em exposição por dez dias, quando são abertas à visitação do público e para realização das provas.

As simulações são elaboradas para todo o ano e testadas ao longo das provas, as quais se dividem em dois grupos. Um deles, com critérios subjetivos, avalia a proposta como um todo, através de diferentes grupos de jurados com acesso às simulações de performance feitas durante a etapa do projeto. As demais provas, do segundo grupo, são baseadas em diferentes medições realizadas durante a competição. Nessas provas cada equipe desempenha atividades que simulam o uso regular de uma residência enquanto a performance desta é monitorada e disponibilizada em tempo real para todas as equipes e para o público em geral.

De modo crescente, o caráter educativo, tanto para estudantes e pesquisadores quanto para o público, tornou-se uma das principais preocupações do evento. Assim, a performance das casas assume uma posição de destaque e comprovação das tecnologias pesquisadas e construídas pelos estudantes e expostas ao público. Os universitários envolvidos na competição podem avaliar o resultado das tecnologias em diferentes condições e o controle da performance de suas casas, comparadas com as das demais equipes, em tempo real. A disponibilização dos dados permite que ajustes sejam feitos para melhorar a performance avaliada no contexto das outras casas. Embora as simulações computacionais realizadas nas etapas de projeto sejam consideradas na avaliação das casas, a performance continuamente monitorada, em cada uma das edificações, é priorizada, sendo o principal diferencial das provas. A disponibilização desses dados e os ajustes realizados pelos estudantes proporcionam uma conexão com o corpo, banalizada pelas simulações geralmente otimistas utilizadas para atender programas de certificação.

A primeira edição do Solar Decathlon aconteceu em Washington, em 2002, e foi idealizada por Richard King, do Departamento de Energia norte-americano. Em outubro de 2017, a cidade estadunidense de Denver, sediou a 13ª edição da competição, já realizada em diversas cidades do planeta,

sempre sob supervisão do seu idealizador (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2017). Em 2012, pela primeira vez uma equipe latino-americana, o Team Brasil, participou do evento, que na ocasião se deu em Madri, Espanha. Em 2018, Cali sediará a segunda edição da competição na América Latina, que possui um caráter mais inclusivo, direcionado para moradias de interesse social e com maior limitação de custos.

Mesmo as equipes que participam do evento questionam o caráter sustentável de uma competição que transporta protótipos de residências, muitas vezes entre diferentes continentes, para participar do evento. Entretanto, é essa oportunidade de montar protótipos lado a lado que aproxima todos os estudantes e transforma a competição em um sucesso de público e de estratégia de ensino. O período de montagem das casas, que dura mais de uma semana e requer árduo trabalho, é a primeira forma de aproximar os estudantes de diferentes universidades e países que fazem parte da competição. Os universitários passam cerca de dois anos trabalhando nesse empreendimento, assumindo responsabilidades que não são geralmente atribuídas a eles no processo de aprendizagem usual nas universidades. Nesse período, estudantes de diferentes áreas do conhecimento participam de um processo colaborativo, nem sempre bem-sucedido, para criar, projetar, justificar, viabilizar, construir e transportar até o local da competição um protótipo de grande complexidade. A relação que os estudantes possuem com suas casas não é mais de criação de um conjunto de tecnologias capaz de cumprir as provas da competição. A relação é muito mais ampla, capaz de unir todas as equipes e possibilitar uma troca de experiências praticamente impossível nos métodos tradicionais de ensino.



As provas são criadas para incentivar a colaboração entre diferentes áreas e avaliar o sucesso da equipe no empreendimento. Algumas examinam questões amplas, como arquitetura, engenharia e sustentabilidade, e outras, mais específicas, verificam o desempenho das casas enquanto os estudantes simulam o uso delas em condições normais. A competição europeia de 2012 incluiu um item na prova que mede a temperatura das casas. Nessa prova, as equipes ganham pontuação máxima no período em que garantem a temperatura interna entre 23 e 25°C e ganham pontos reduzidos quando

Figura 2: A casa brasileira em Madri, 2012

Fonte: Solar Decathlon Europe 2012 / I+D+Art

conseguem manter as temperaturas mais próximas desse intervalo. No Solar Decathlon Europe 2012, realizado em Madri (Figura 2), as equipes foram monitoradas por dez dias consecutivos. Durante 56 horas, não puderam recorrer a métodos ativos de condicionamento do ar, apenas a sistemas considerados semipassivos, com bombas ou ventiladores. Nessa edição, houve especial atenção das equipes para o desenvolvimento de métodos passivos para garantir o conforto de suas casas, estratégias que já eram avaliadas nas edições anteriores do evento, mas pela primeira vez foram diretamente monitoradas (RODRIGUEZ-UBINAS et al., 2014). As equipes criaram grande diversidade de técnicas, que exigiam, muitas vezes, uma interação mais próxima dos estudantes com as condições apresentadas em cada momento do dia.

Assim como nas competições de barco a vela, os estudantes estabelecem uma relação de especial relevância com suas casas, ao ponto de as edificações, muitas vezes, desaparecerem como objetos tecnológicos e atuarem como impulsionadoras de uma conscientização mais ampla sobre nossas relações com a natureza. O ambiente criado a partir da reunião de todas as equipes é especialmente propício para esse processo. A essência da tecnologia não é tecnologia, como Heidegger afirma, ao dizer que a essência de algo não é aquele algo (HARVEY, 2008). Devemos cuidar para que a simples implementação de determinadas técnicas não substitua uma necessária mudança em nosso posicionamento perante o meio ambiente, do qual somos parte. Embora dados de monitoramento estejam sempre presentes durante a competição, os estudantes que participam mais ativamente de todo o processo percebem que as casas são uma materialização e um instrumento de algo muito mais amplo, um processo de aprendizagem urgente para a transformação de nossas relações com o ambiente. A performance monitorada não é mais a protagonista. Vemos aqui a questão da sustentabilidade, responsável pela difusão da performance atrelada principalmente ao desempenho, na arquitetura, recuperando outros aspectos do conceito. As casas e seus criadores, nesse evento, são os verdadeiros atores e protagonistas da performance, mais próxima da noção de rito ou do teatro, tendo como objetivo mais importante a educação da sociedade para a ideia de que podemos vislumbrar um futuro sustentável na Terra.

POSSIBILIDADES

O crescente número de autores e produções que se utilizam do conceito de performance demonstra se tratar de uma temática com grande potencial investigativo. No campo do design computacional verifica-se a predominância da interpretação e aplicação do termo em sua forma mais objetiva e singular, na busca por métodos de projetos mais “precisos” e menos “intuitivos”. Percebe-se, nesses termos, a idealização de um fluxo de trabalho que obedece com rigor regras matemáticas e lógicas, visando otimizar a solução projetual, e que remonta às primeiras discussões sobre métodos em projetos da década de 1960. Nesse quadro, o conceito de performance tem se aproximado da ideia de desempenho, da capacidade de um edifício atender determinados critérios, seguindo uma lógica binária, que não abre margem para qualquer tipo de relativização.

Tal abordagem pode provocar alguns questionamentos de ordem cultural e social. O fato, por exemplo, de os critérios avaliativos serem pré-estabelecidos e não considerarem tempo e apropriação pode nos levar de volta a questões do “antigo funcionalismo”. Nesse contexto, a interpretação de performance pode parecer seletiva e simplista.

A aplicação “fechada” do termo também tem contribuído para um tímido diálogo do campo do design computacional com outras áreas do conhecimento, especialmente na esfera artística. O olhar histórico nos

mostrou que as primeiras considerações sobre performance, quando se percebia o entrelaçamento das teorias performáticas no teatro, nas artes, na música e até em questões de identidade de gênero, potencializavam a pluralidade do termo. Também foi importante verificar, ao resgatar a Virada Performática, as relações de performance com rituais e repetições, visão que é compartilhada por autores até os dias de hoje, quando observam apropriações espaciais e a dinâmica urbana contemporânea. No campo da arquitetura, alguns pontos importantes referentes à performance foram percebidos por meio da análise da obra de autores como Tschumi, com a noção de “acontecimento”, Leatherbarrow, com a questão do equilíbrio de forças do corpo edificado e do planejado, e Leach, que levanta a possibilidade de “subverter” o significado de um espaço por meio de seu uso.

Embora, como já mencionado, os experimentos e as práticas envolvendo performance nos últimos anos se aproximem mais da ideia de desempenho, boa parte dos teóricos contemporâneos do campo do design computacional demonstram preocupação em buscar novos horizontes. Nenhum dos autores abordados reduzem a aplicação do termo ao aspecto meramente quantitativo, pelo contrário, procuram meios de estender o entendimento de performance para outros vieses: Hensel considera a organização espacial um fator determinante no processo de design orientado pela performance e busca se apropriar da noção de evento; Oxman propõe a integração de aspectos qualitativos e quantitativos; e Kolarevic sugere a existência de vários tipos de performance, por exemplo, a social, assim como a compreensão de performance enquanto processo.

Um ponto importante, presente na maior parte dos estudos envolvendo performance, é a questão do corpo e do tempo, seja o corpo que “performa” no ambiente criando novas significações espaciais, seja o corpo edificado em constante mutação ou, ainda, o corpo que representa a figura do designer e que no contexto do design computacional emerge de uma relação dinâmica entre autor e obra, por meio de parametrização e sistemas generativos. Nesse viés, os possíveis desdobramentos teóricos de performance baseada em interações de escalas do “corpo” e do espaço parecem ir muito além da dicotomia “otimizado” e “deficitário” recorrente no discurso simplificado sobre *performance design*.

O morador que ajusta a casa projetada por Glenn Murcutt como se fosse um barco a vela se assemelha aos estudantes das equipes do Solar Decathlon que, por vários dias, promovem diferentes tipos de interação entre o monitoramento da performance em tempo real e a maneira de habitar a casa para que ela aproveite as condições climáticas e ambientais da melhor forma possível. Em ambos os casos, vemos uma aproximação com as casas primitivas, através da conexão com a natureza. Nesse contexto, as casas de Murcutt e do Solar Decathlon surgem como um veículo de “habitar” poeticamente a Terra, conforme sugerido por Heidegger (2002). Em todos os casos, mesmo nas casas primitivas, as técnicas adotadas são decisivas para estabelecer essa relação. Entretanto, seu sucesso está justamente na forma como a essência das soluções tecnológicas faz surgir uma nova relação com a natureza, por meio da arte e da poesia (HARVEY, 2008). O exemplo dos maiores velejadores de regatas, novamente, pode deixar essa relação mais clara. Os barcos a vela cada vez mais são produzidos como um conjunto de soluções tecnológicas de ponta. Entretanto, a perfeição buscada pelos velejadores é alcançada justamente quando o barco deixa de ser importante, e a essência da perfeição procurada é a direta e fenomenológica conexão do velejador com o vento e o mar. Da mesma forma, as soluções tecnológicas reunidas na casa perdem o caráter de objetos a serem manipulados como fim em si mesmos e passam a compor um veículo capaz de liberar o morador da própria edificação para se aprofundar na essência poética do habitar na Terra.

Longe de finalizar o assunto, este artigo buscou levantar algumas questões iniciais relevantes acerca do conteúdo tratado e instigar futuros

debates. Através das diferentes análises apresentadas conclui-se que é importante para a área de pesquisa do design computacional uma maior reflexão a respeito de seu próprio repertório de palavras, como é o caso do termo performance. Essa investigação semântica pode trazer descobertas e introduzir discussões significativas para o campo de estudo, abrindo caminhos para seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- AISH, R.; WOODBURY, R. Multi-level interaction in parametric design. In: BUTZ, A. et al. (Eds.). **Smat Graphics 2005**. Berlin: Springer, 2005. p. 151-162. Disponível em: <<https://goo.gl/94zHUN>> Acesso em: 1º nov. 2017.
- BURRY, J. et al. Design trade-off: sailing as a vehicle for modelling dynamic trade-off design. In: BURRY, J. (Ed.). **Designing the dynamic**: high-performance sailing and real-time feedback in design. Melbourne: Melbourne Books, 2013. p. 17-23.
- BUTLER, J. **Gender trouble**: feminism and the subversion of identity. London: Routledge, 2006.
- CELANI, G. Prefácio à edição brasileira. In: MITCHELL, W. J. **A lógica da arquitetura**. São Paulo: Unicamp, 2008. p. 5-7.
- DREW, P. **Leaves of iron**: Glenn Murcutt: pioneer of an Australian architectural form. Sydney: Law Book, 1985.
- DUARTE, V.G.; NORONHA, M.P. Performance e arquitetura: uma transmutação conceitual a partir do estudo do edifício da Fundação Iberê Camargo, de Álvaro Siza. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO CURSO DE HISTÓRIA DA UFG/JATAÍ, 2., 2011, Jataí. **Anais...** Jataí: UFG, 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/K2MVTx>> Acesso em: 1º nov. 2017.
- FERREIRA, A. B. H. **Dicionário eletrônico Aurélio século XXI**. Rio de Janeiro: Positivo, 2004. 1 CD-ROM, versão 5.0.
- HARVEY, S. R. **Heidegger and eco-phenomenology**: Gelassenheit as practice. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Artes) – Washington State University, Washington, DC, 2008.
- HEIDEGGER, M. Construir, habitar, pensar. In: _____. **Ensaios e conferências**. Tradução Emmanuel Carneiro Leão, Gilvan Fogel e Marcia Sá Schuback. Petrópolis: Vozes, 2002. p. 125-142.
- HENSEL, M. AD primer: performance-oriented architecture: rethinking architectural design and the built environment. London: AD Wiley, 2013. Kindle Edition.
- IMAGINE a building that answers the question what does good look like? **International Living Future Institute**, Seattle, 17 abr. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/rFGRGT>>. Acesso em: 1º nov. 2017.
- KOLAREVIC, B.; MALKAWI, A. **Performative architecture**: beyond instrumentality. New York: Spon, 2010.
- LEACH, N. Drag spaces. **The London Consortium**, London, n. 4, p. 1-7, nov. 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/Wdaj35>>. Acesso em: 1º nov. 2017.
- LEATHERBARROW, D. Architecture oriented otherwise. New York: Princetown Architectural, 2009.
- _____. Prefácio. In: HENSEL, M. AD primer: performance-oriented architecture: rethinking architectural design and the built environment. London: AD Wiley, 2013. Kindle Edition.
- LI, C.; HONG, T.; YAN, D. An insight into actual energy use and its drivers in high-performance buildings. **Applied Energy**, Amsterdam, v. 131, p. 394-410, 2014.
- MURCUTT, G. **Interview: Glenn Murcutt Talking Heads**. Entrevistador: P. Thompson. Sidney: ABC, 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/Nch4vb>>. Acesso em: 9 nov. 2017.
- NEWSHAM, G. R.; MANCINI, S.; BIRT, B. J. Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but... **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 41, n. 8, p. 897-905, 2009.
- NOVAK, M. J. Computational composition in architecture. In: ASSOCIATION FOR COMPUTER AIDED DESIGN IN ARCHITECTURE CONFERENCE, 8., 1988, Michigan. **Proceedings...** Michigan: Ann Arbor, 1988. p. 5-30. Disponível em: <<https://goo.gl/8tJrb8>>.
- OXMAN, R. Performance-based design: current practices and research issues. **International Journal of Architectural Computing**, Thousand Oaks, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/ZzuRzz>> Acesso em: 20 jun. 2017.
- _____. Novel concepts in digital design. In: GU, N.; WANG, X. (Eds.). **Computational design methods and technologies**: applications in CAD, CAM and CAE education. Hershey: IGI Global, 2012, p. 18-33.

- PÉREZ-GÓMEZ, A. Praise. In: BAEK, J. **Architecture as the ethics of climate**. London: Routledge, 2016. p. ii.
- RODRIGUEZ-UBINAS, E. et al. Passive design strategies and performance of net energy plus houses. **Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 83, p. 10-22, nov. 2014.
- SCHECHNER, R. **Between theatre and antropology**. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1985.
- _____. **Performance theory**. New York: Routledge, 1988.
- TSCHUMI, B. **Architecture and disjunction**. Cambridge, MA: The MIT Press, 1994.
- TWELVE meter yachts and their sailing instruments. **Ockan Instruments**, Milford, 23 fev. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/kyqAMs>> Acesso em: 1º nov. 2017.
- U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Solar Decathlon**. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/yd5kt9>>. Acesso em: 1º nov. 2017
- VARDOULI, T. Sense and sensibility: the behaviourism/phenomenology debate in the Portsmouth Symposium of 1967 on design methods in architecture. **Archidoc**, [S.I.], v. 1, n. 2, p. 82-84, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/qTs5Ma>>. Acesso em: 1º nov. 2017.
- WHAT are polars: everybody talks about them, but what are they? **Ockam Instruments**, Milford, 3 jun. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/gY1sfp>>. Acesso em: 1º nov. 2017.

Marcio Nisenbaum
marcio.nisen@gmail.com

José Ripper Kós
jose.kos@ufsc.br

THREE-STEP EXPERIMENTATION ON EMBEDDING CURVATURE TO RIGID PLANAR MATERIALS THROUGH CUT PATTERNS

EXPERIMENTAÇÃO DE TRÊS PASSOS EM INCORPORAÇÃO DE CURVATURA DE MATERIAIS DE SUPERFÍCIE PLANAR RÍGIDOS POR MEIO DE PADRÕES DE CORTE

Orkan Zeynel Güzelci¹, Sema Alaçam², Saadet Zeynep Bacinoğlu²

RESUMO: Este estudo apresenta resultados e descobertas de uma experimentação de três passos para integrar técnicas de modelagem e design analógico e digital, com especial atenção para o aumento do rendimento do comportamento de curvatura e curvilinearidade dos materiais de superfície planar rígidos. No âmbito do processo de experimentação, o papelão foi utilizado como material, as ações de corte e flexão foram utilizadas como técnicas e o corte a laser e o ambiente de script visual foram envolvidos como ferramentas. São examinados os potenciais de técnicas de materiais subtraíveis, tais como operações de corte, curvatura, incisão. A experimentação abrange a geração de padrão, incorporação de padrões de corte ao material plano 2D e remapeamento de padrões 2D em superfícies 3D, com base nos conhecimentos adquiridos na fase anterior e na exploração de novas superfícies de forma livre em 3D tanto em ambientes físicos como digitais. O modelo de experimentação de três passos apresentado tem potenciais para contribuir com os estudos pedagógicos focados nas abordagens exploratórias e criativas para a formação e fabricação de projetos integrativos.

PALAVRAS-CHAVE: Flexão; Criação; Corte a Laser; Fabricação Digital; Técnicas Materiais; Curvatura Dupla.

ABSTRACT: This study presents the outcomes and findings of a three-step experimentation to integrate analog and digital design and modeling techniques, with a particular focus on augmenting the affordance of bending behavior and curvilinearity of rigid planar surface materials. In the scope of the experimentation process, cardboard was used as a material, cutting and bending actions were utilized as techniques and laser cut and visual scripting environment were involved as tools. The potentials of subtractive material techniques such as cut, bend, kerf operations are examined. The experimentation covers hands-on pattern generation, embedment of cut patterns to 2D planar material, re-mapping 2D patterns onto 3D surfaces based on the insights gained in the previous phase and exploration of new 3D free-form surfaces both in physical and digital environments. The three-step experimentation model presented has potentials to contribute to the pedagogical studies focusing on explorative and creative approaches for integrative design formation and fabrication processes.

KEYWORDS: Bending; Making; Laser Cut; Digital Fabrication; Material Techniques; Double Curvature.

¹ Istanbul Kultur University

² Istanbul Technical University

How to cite this article:

GÜZELCI, O. Z.; ALAÇAM, S.; BACINOĞLU, S. Z. Three-step experimentation on embedding curvature to rigid planar materials through cut patterns. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 93-107 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.134543>

Fonte de financiamento:

Declararam não haver

Conflito de interesse:

Declararam não haver

Submetido em: 17/07/2017

Aceito em: 21/09/2017



INTRODUCTION

The increasingly accessibility and widespread use of digital design and fabrication tools is rapidly transforming the notions of design model and modelling processes. Advances in computational tools have been reflected to the way design ideas were represented, designed and fabricated. In the context of digital design, new gaps have been emerged between the “known” and “knowledge”, as a result of the epistemological shift from form to formation, static to dynamic, thinking to making, solid geometry to computable. From the evolutionary point of view, according to Aish (2013), the eras of drafting, information modelling and computational modelling have been experienced. After those eras, in the last decade, debates on matter, materialization, material behavior have become more apparent.

Today, there have been recent researches on Design Fabrication, which integrates material, form and performance aspects reciprocally, in which they inform each other. This integration is merging design and construction, designer and maker, which result with new material properties and unique fabrication techniques that can replace industrially standard materials and construction techniques. Naboni and Pezzi (2016) indicate the necessity of new dialogues between designers and their relationship with materials. It is possible to expand this discussion towards the necessity of new dialogues among designers, tools, methods, techniques and environments not only to explore but also to constitute new knowledge. In other words, an ongoing interaction between designers and design approaches, virtual and real, abstract geometry and concrete experience have potential to bring new possibilities to digital fabrication domain.

On the other hand, the skills and experience that architects need have been changing in the context of digital fabrication. Today, in a constantly changing and floating ground of knowledge, architects need to reposition themselves. Accordingly, new pedagogies need to be investigated, while keeping a constant distance to transformation in technology. It is possible to consider digital fabrication techniques as an exploration space in which knowledge is constructed in the age of digital. In the scope of this study, instead of using already existing digital fabrication techniques precisely, we aim to construct design logic of fabrication based on learning from making experiments.

We argue that revisiting Dewey’s transformative experience concept, which has been influential on experiential learning models, might be a key to deal with epistemological crisis of today. Different than learning or teaching a discrete part of existing knowledge, the concept of transformative experience offers three qualitative principles: active use of a concept, an expansion of perception and an expansion of value (Pugh; Girod, 2007).

In the context of digital fabrication, a deeper interaction among design ideas and material and techniques would enrich the experienced qualities of the design process. With those concerns in mind, in the scope of this study, a three-step experimentation to integrate analog and digital design and modeling techniques was held. This model is based on embedding cut patterns to the 2D planar material, translating 3D surfaces to 2D patterns and exploring new 3D free-form surfaces. Respectively, the focus of the studies was on algorithm-dependent pattern generation, the implication of the geometric patterns onto the planar material by using the laser cutter and improvement of the digital model based on explorations gained in previous stages.

Derived from the findings and observations of the experimentation, we propose to use a production technique as a design tool for integrating design and fabrication phases. The production techniques of cutting and bending are adopted as a design tool. Cutting is used to create heterogeneous material properties for designing curvilinear surfaces through bending. Specifically, the study focuses on enriching the affordance of bending behavior and

curvilinearity of rigid planar surface materials. However, the main emphasis of the study is to the reflective qualities of experience during the design process, rather than merely focusing on material behavior (Greenberg; Körner, 2014) (Figure 4) and structural performance studies (Kotelnikova-Weiler et al., 2013). Different than existing studies on integrated design and fabrication processes, this study does not develop a new fabrication technique (Hoffer et al., 2012; Zarrinmehr et al., 2017) or does not provide a nature inspired (Weston, 2012) form finding process. The initial departure points of the experimentation process involve geometrical patterns manually generated by designers. This study aims to acquire insights during the dialogue between the designer and design medium, which will later reflect on further steps. In the scope of the experimentation process, cardboard was used as a material, cutting and bending actions were used as techniques and laser cut and visual scripting environment were involved as tools.

The goals of this study are:

- To enhance the affordance of the rigid planar material by using different cut operations to achieve 3D complex geometrical explorations.
- To create an intuition about the interdependent relationship between material properties and geometry as an active agency of design.

THEORETICAL FOUNDATIONS

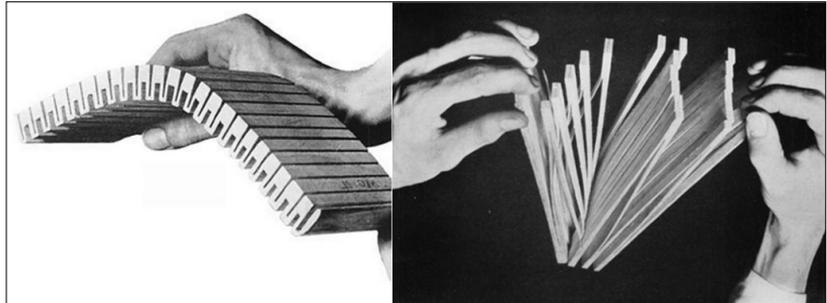
Experiments on the integration of form generation techniques and material behavior are not new issues in architecture. The integration of construction technique and material behavior, however, had been widespread and common before the industrialization era. The maker designer mostly does his/her design relies on tacit tactile knowledge through step by step evaluation, which can be associated with the pedagogical model of “learning by doing” or in Schön’s words, “learning in designing” (Schön, 1993). As Ackermann (2007) underlines in relation with Piaget’s and Papert’s discussions, making and construction are important aspects of learning. Ackermann (2007) also emphasized that “people compose with what is offered by the materials”.

Apart from the precedent studies in ancient history, it is possible to trace back similar investigations in the studios of Moholy-Nagy and Albers in the 1930s Bauhaus (Figure 1). Albers and Moholy-Nagy are one of the well-known educators who teach how to design with the constraints of the material. In this period, craftsmanship had a crucial value in the education curriculum. Moholy-Nagy’s quote from Lewis Mumford indicates this tendency: “The machine cannot be used as a short cut to escape the necessity for organic experience” (Moholy-Nagy, 2005). At the same time, dialogue between material and designer was considered as an aesthetic experience in which new qualities can be explored. In Moholy-Nagy’s own words: “The woodcutting shows the potentialities of the woodworking machines until now unknown. Solid pieces of wood can be changed into rubber-like elasticity, etc. But what is more amazing is that same principle can be applied to every other material and every other tool” (Moholy-Nagy, 2005).

Last century, new learning pedagogies have emerged in response to machine and designer encounter. Revisiting pedagogical approaches based on experiential learning in active experimentation have potential to contribute to today’s epistemological crisis. The digital era, in which designers have been continuously dealing with new tools and techniques, needs to reveal its own craftsmanship. As it has been examined in the earlier 20th century, exploring the potentialities of materials by applying recursive operations keeps its importance today. In other words, seeking

experimental ways to expand the affordances of material through physical kind of engagements, exploring emergent behaviors of materials through systematic investigation of repetitive and recursive operations have potentials to create new opportunities in the context of pedagogical approaches. In Dewey’s words, this attempt can be considered as a “conversational transaction between the designer and the materials of a problematic situation” (Dewey, 1938).

Figure 1: William Worst Woodcutting by Machine (left), Woodcutting by Bredendieck (right) in 1937
Source: Moholy-Nagy (2005)

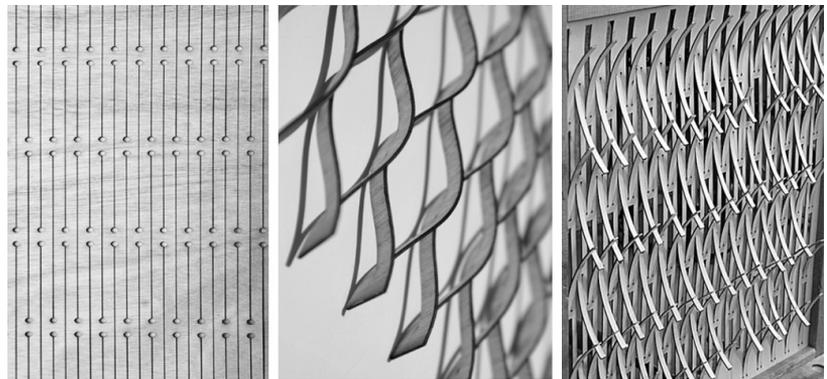


RELATED STUDIES

The studies that have attempted to empirically explore the potentials of novel digital fabrication approaches in design can be investigated under the titles of form-finding approaches, material studies, advances in computational geometry. However, these axes integrate or overlap in most of the studies. In this part, studies on behavior modeling in the context of material studies, form-finding approaches using subtractive material techniques with a particular focus on cut, bend, kerf operations and studies on algorithmic pattern generation conducted with digital fabrication process are examined.

According to Kotnik and Weinstock (2012), integrating form, material and force introduce a novel generative logic of form finding. As Kotnik and Weinstock (2012) state, material plays an important role to make the form buildable. In many studies, the material is selected after finishing the conceptualization of form. However, we argue that the material, material behaviors, and fabrication techniques are important design aspects in the generation process. These design aspects are increasingly involved in contemporary design processes with the accessibility of digital technologies.

Figure 2: Unidirectional material weakening
Source: Weston (2012)



For example, Weston’s (2012) experiments on unidirectional material weakening as a means of producing material properties for adjusting solar shading performance of building (Figure 2); Schönbrunner et al. (2015) uses cut patterns to transform the initial surface to undulated surfaces

for controlling the stiffness and self-supporting properties; Hoffer et al. (2012) applies radial kerfing lines onto rigid plywood panels to produce non-standard conic surfaces; D'Acunto and Kotnik (2013) adopts cutting operation to control the bending resistance of the sheets for a larger spatial enclosure and reduced wind load acting upon the structure, and additionally produces a shadow pattern. Hands-on study models of AA/ETH Pavilion and Kerf Pavillion are shown in Figure 3a and Figure 3b.

In the study shown in Figure 3a and 3b, complex self-bending behavior has been both tested and analyzed through physical models and computational models. A series of cut operation have applied to planar materials both in study models and end product. The study models have provided feedback to improve computational models. In the final pavilion, the subtraction pattern was applied onto timber material. In that sense, it can be considered as integrated design and fabrication process.

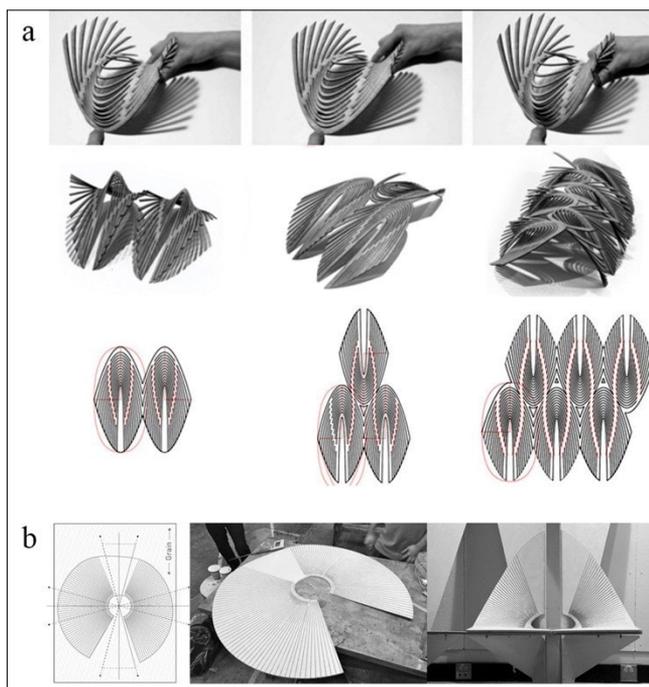


Figure 3a: Self-weight bending behavior of plywood sheets, AA/ETH Pavilion

Source: D'Acunto and Kotnik (2013)

Figure 3b: Radially Kerfed Plywood Cone Shape, Kerf Pavilion

Source: Hoffer et al. (2012)

Naboni and Mirante (2016) approached material studies focusing on differentiation of patterns to create auxetic structures. The basic patterns they dealt with are: honeycomb, triangular-based, lozenge-based, sinusoidal, hexagonal shapes. In Naboni and Mirante's (2016) study, the formal affordances of patterns were engaged with auxetic behavior of the materials in which cut patterns were implied, apart from the relations to architectural samples. Muñoz (2013) examined three-dimensional from studies based on cut operations on two-dimensional sheets. The main scope of Muñoz's studies is related to industrial design explorations such as furniture design, accessories, wearable elements (Muñoz, 2013). While Muñoz (2013) has focused on prototype-based products, different than Muñoz's studies we dealt with exploration of three-dimensional study models with different curvatures, relationship between parametric definition of the cut patterns and flexibility conditions of the material.

Outcomes produced during our experiments are study models rather than full-scale prototypes. Moreover, different than kerf cutting or engraving (via laser cut), we experimented with subtractive cut operations. In our study, planar wood materials are examined. The natural wood material has complex behaviors and anisotropic material properties. As we can benefit from natural anisotropic properties of

natural (heterogeneous) materials; digital fabrication techniques can embed anisotropic properties into homogeneous materials. In this study, we used homogeneous planar board materials aiming to transform them into anisotropic wood-like material.

Figure 4: Subtractive Manufacturing for Plywood
Source: Greenberg and Körner (2014)



EXPERIMENT SETUP

We started our study by examining planar wood materials. The natural wood material has complex behaviors and anisotropic material properties. However, medium density fiberboard (MDF), cardboard and Plexiglass can be considered as more common, cheaper and stable physical modeling materials for students. As we can benefit from natural anisotropic properties of natural (heterogeneous) materials; digital fabrication techniques can embed anisotropic properties into homogeneous materials. In this study, we used homogeneous planar board materials aiming to transform them into anisotropic wood-like material. As similar to Weston's method (2012), we introduced unidirectional material weakening to produce different material properties in order to get an intuition of how to create materially complex architectural environments. The unidirectional material weakening is achieved through periodic arrays of a cell with a specific geometry. The pattern made of differentiated cell geometries allows us to control different topology and dimensional characteristics.

The scope of our experimentation covers hands-on exploration, single material, three-dimensional model in Rhinoceros modeling environment, two-dimensional geometric pattern algorithm in Grasshopper visual programming environment, and implication of geometric surface patterning through operations of cut and bend.

We started our experiment setup with four different cut patterns on MDF (medium density fiberboard) materials and observed the material's flexibility through changing parameters (Figure 5). The applied subtractive cut operations are different than kerf cutting or engraving via laser cut. The patterns that are cut have two different types of parameters. One is operational; the other is numerical/geometric relations and properties. By varying the geometric parameters as well as dx and dy distances and the repeating shapes in the patterns, it is possible to add numerous local and global characteristics such as elasticity. Besides, not only the thickness of the material but also the position, direction, and pressure forced of hands-on operations influence the rigidity and the resulted form, hence the Gaussian curvature of the surface.

Assumptions and variables of experiment setup are listed below:

- Size: The size of the planar cardboard material is limited as 10x18 cm.
- Thickness: The thicknesses of materials are 1 and 2 millimeters.
- Pattern property: The four types (Figure 5) of the repetitive patterns applied to material via laser cutter
- Level of porosity of the surface: The ratio of void area to solid area after the cutting operation.

- Bending behavior of the material: The maximum curvature of planar surface without being broken under the force of gravity and other external forces.
- Behavior: The possible formal reactions of the material to the bending operation during hands-on exploration from different pivot points.
- Translation: dx and dy are assumed to represent the distance between units in X and Y directions.
- Cut: Cut operations can be used to modify the porosity level of surface and flexibility of the material.
- Bend: Hands-on bend operations allow exploring new form possibilities and material properties.

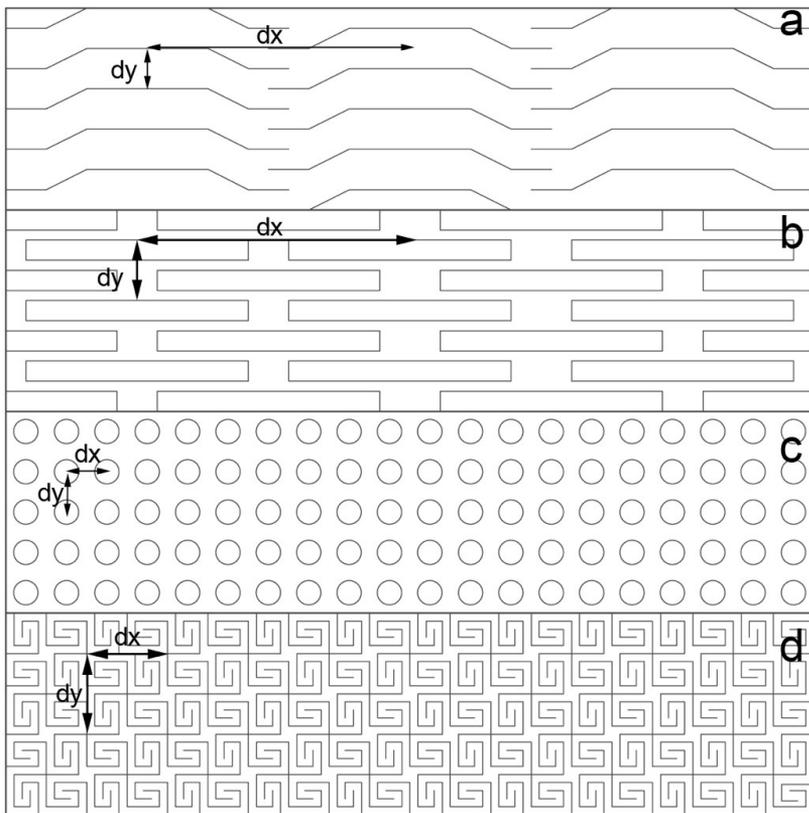


Figure 5: The selected four cut patterns

Source: the authors

EXPERIMENTATION PROCESS AND OBSERVATIONS

The proposed model involves three phases: applying cut patterns and hands-on operations to two-dimensional planar material to observe the resulted material properties and three-dimensional form, translating three-dimensional model to the two-dimensional pattern, and exploring new three-dimensional free form surfaces for improving the two-dimensional cut pattern algorithm (Figure 6).

The first phase starts with the design of two-dimensional cut patterns. Next, it applies two-dimensional CAD patterns onto 2-dimensional rigid planar materials via laser cut. Pattern design process starts with grid layout, which has a predefined size. A single geometry is overlapped on intersection points of grid layout as a one- or two-dimensional array organization. Variables such as the size of the pattern units, distance and direction between pattern elements and thickness are modified to explore the changing stiffness of the material (Figure 7).

Figure 6: Model diagram

Source: the authors

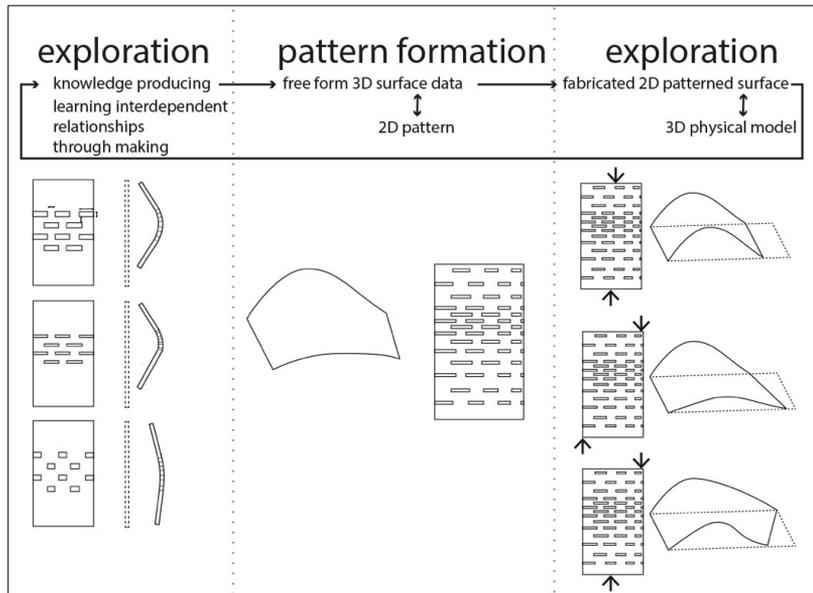


Figure 7: Variations of four cut patterns

Source: the authors

	1	2	3
a			
b			
c			
d			

In the first phase, the following questions were investigated:
 What is the relationship between pattern and flexibility of the material?
 Do all isotropic materials behave in the same way?
 How can we come up with the same 3D results with materials with different thicknesses?

What is the maximum bending limit of a material according to cut geometry?

One of the findings of this phase is that the porosity of the surface and the level of bending behaviors are not directly proportional. For example, in f4 (force directions of hands-on bending operations are shown in Figure 8 and Figure 9) void-solid area ratio of c1 surface is 1.01 (90.5 mm² /89.5mm²) and bending angle of c1 is 3 degrees. The properties for d3 are 1.23 (99.5mm² / 80.5mm²) and bending angle is 65 degrees.

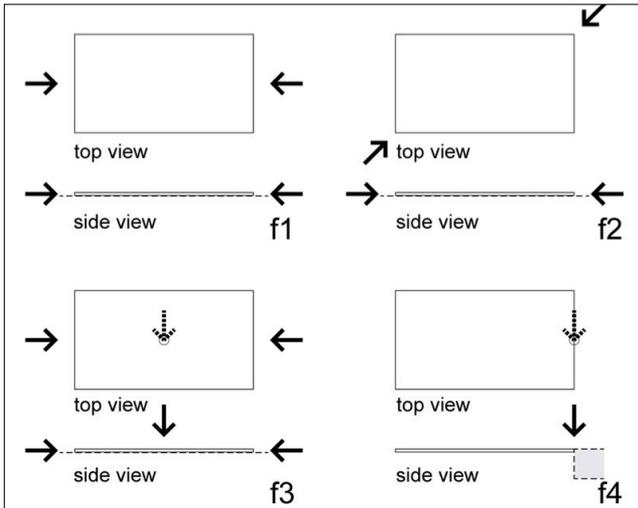


Figure 8: Operations and forces applied to the material

Source: the authors

This result shows us that it is not the subtraction operation itself that increases the bending ability of the surface. However, decreasing the strength of the surface, especially in one direction through intertwining organization of the geometry, might increase the material flexibility. In that way, the planar surface begins to perform an anisotropic behavior. The planar surface that performed the maximum fabric-like bending behavior was d3, although the densities of the pattern in both X and Y directions were the same.

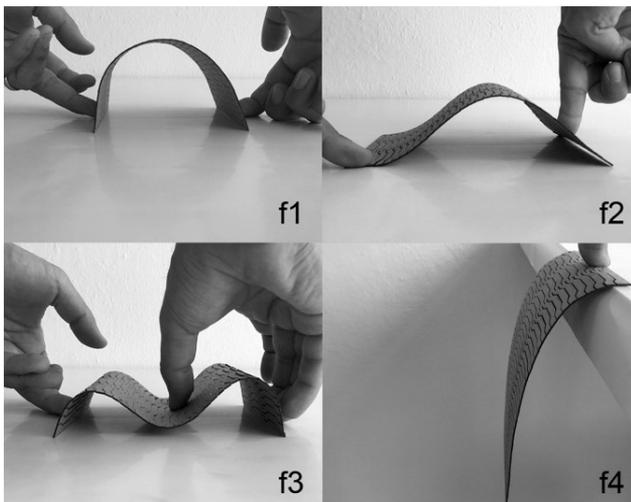
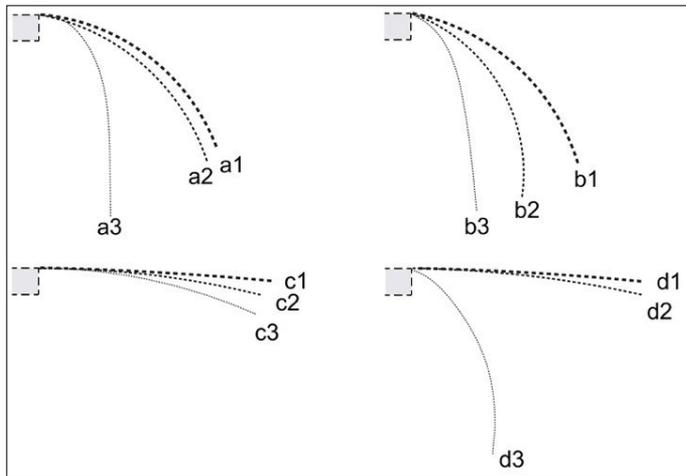


Figure 9: Photos from explorations of a3 pattern

Source: the authors

Figure 10: Comparison of bend behavior in different pattern variations

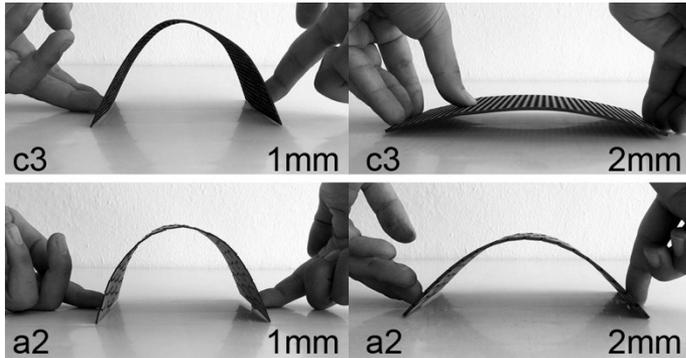
Source: the authors



After experimenting with 1mm and 2 mm cardboard materials, we also discovered that the bending behavior and bending angle are related to the plate thickness (Figure 10 and 11).

Figure 11: Same f_1 force applied to materials with different thicknesses

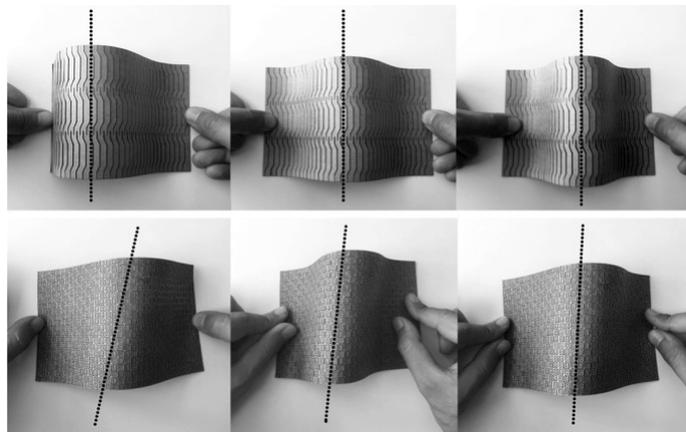
Source: the authors



In the cases where hands-on experience is not used, bending behavior of a surface under f_1 and f_2 forces can be assumed as identical and symmetrical. In hands on exploration, hand movements cause deviations on symmetry axis (Figure 12). The obliquity in this modification is considered as an important parameter while transferring the information of analog model into the computational model (Figure 13).

Figure 12: Obliquity on the symmetry axis under forces

Source: the authors



In order to model the relationship between the pattern, the local flexibility, and the obliquity of the surface, we started to program the

relationship between the attraction curve and the dimension and position of the pattern elements in Rhinoceros/Grasshopper environment.

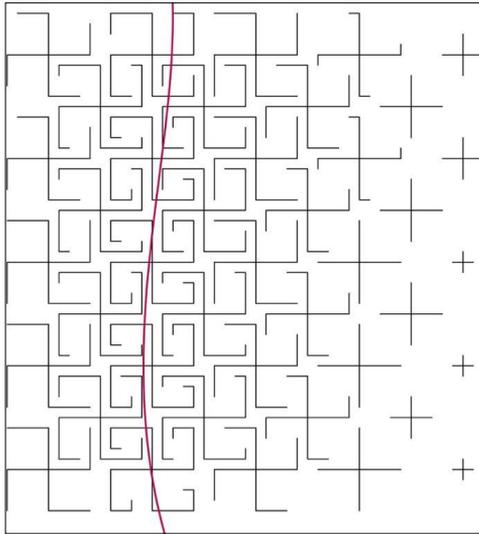


Figure 13: The modification of d-pattern based on bending axes of the surface

Source: the authors

Understanding the relation between properties of the geometric pattern and properties of the material in an iterative way reveals the computational logic in this experimental dialog, which leads and informs the second phase. Among many trials, four patterns and their three variations were selected to exemplify these interdependent relations between geometric patterns and material property.

The second phase involves a series of reductions and new assumptions during the translation of curvature data into the digital environment. Inputs of this phase are an initial three-dimensional surface geometry with hills and valleys and also information derived from the first phase. The curvature of the three-dimensional surface and the parameters of the two-dimensional pattern are linked in the three-dimensional visual programming environment (Rhino/Grasshopper). According to the radius (curvature level) of the curves, the center point of pattern units are colored. The white points refer to valleys with the lowest slope and the black points refer to hills or holes with a higher curvature level. The numerical data based on the color coding derived from the curvature is used to change the local size parameters of the pattern cells. In the coding environment, number sliders are used to change the geometry and scale of pattern elements (Figure 14). Afterward, one of the selected patterns (Figure 7) is mapped onto the planar surface in different parameters derived from the curvature data of 3D surfaces. The thresholds in the change of the curvature of the surface are used as attraction curves.

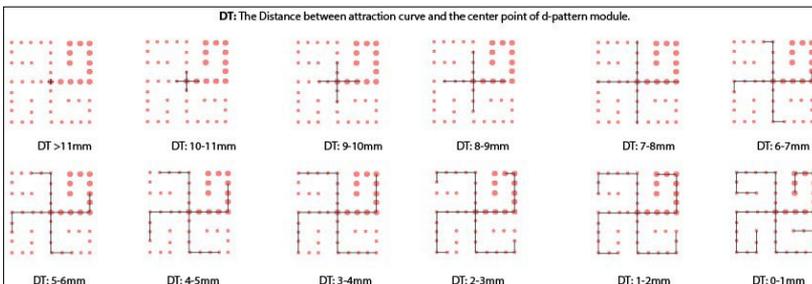
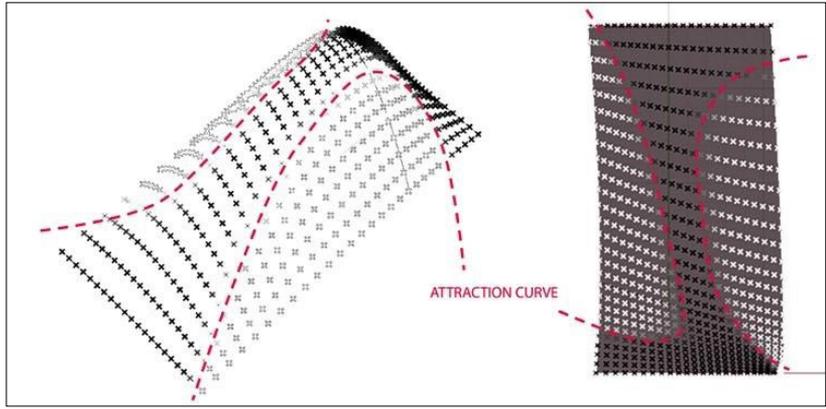


Figure 14: Variations of the cells based on curvature data

Source: the authors

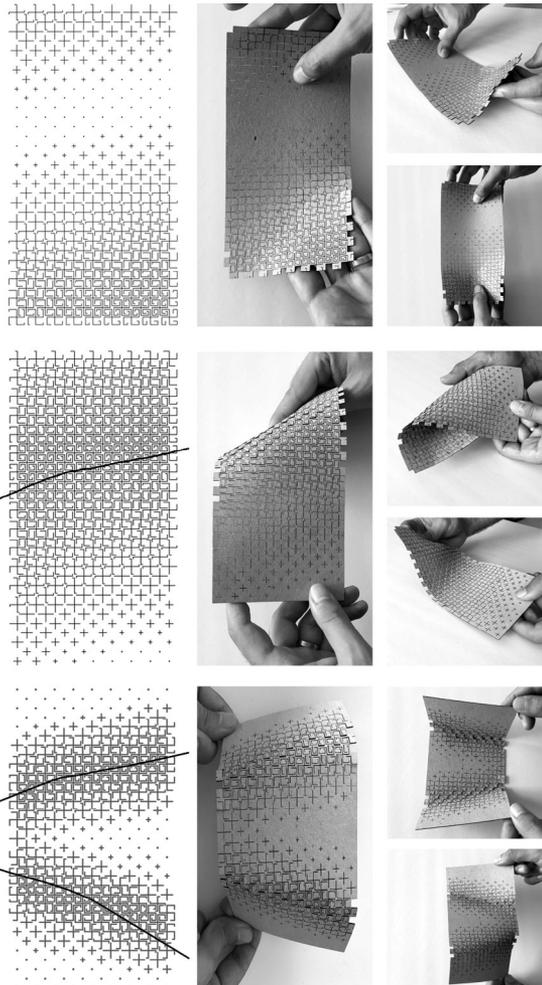
In other words, the curve connecting the inflection points on the 3D surface is projected onto the planar surface. This two-dimensional curve is assumed as an attraction curve to modify the selected 2D patterns (Figure 13 and Figure 15).

Figure 15: Sample to color coding of valley and hills
Source: the authors



The third phase is hands-on exploration by using the laser cut productions to achieve various form possibilities. Outcomes of the second phase were used. Evenly, the two-dimensional pattern is generated with the information derived from the three-dimensional model. We observe that the hands-on exploration on the two-dimensional surface can generate new/various 3D surfaces (Figure 16). We aim to use this experimental phase to calibrate fabrication model and to develop more intricate algorithms for more precise models. Informed by the experiments shown in Figure 16, we calibrated the Grasshopper algorithm to develop a more precise relationship between the distribution of pattern on a panel and the intended local flexibility.

Figure 16: Three-dimensional form experiments based on three different attraction curves
Source: the authors



Following the experiments done in Figure 16, new material experiments were carried out using the pattern type as a variable. The same attractive curves and the same material were tested by applying three different patterns (Figure 17). Pattern-dependent results show that the spatial and scalar distribution of the pattern units in two-dimensional surface affects the material flexibility. However, beyond the spatial and scalar distribution of the units, local neighborhood relations of the units in the cutting pattern, topological relations of the units such as weaving organization influence the flexibility. In that sense, the units of the cut patterns shown in Figure 17, which do not carry out weaving attribute in comparison to the cut patterns used in Figure 16, have performed less flexibility during hands-on three-dimensional form explorations.

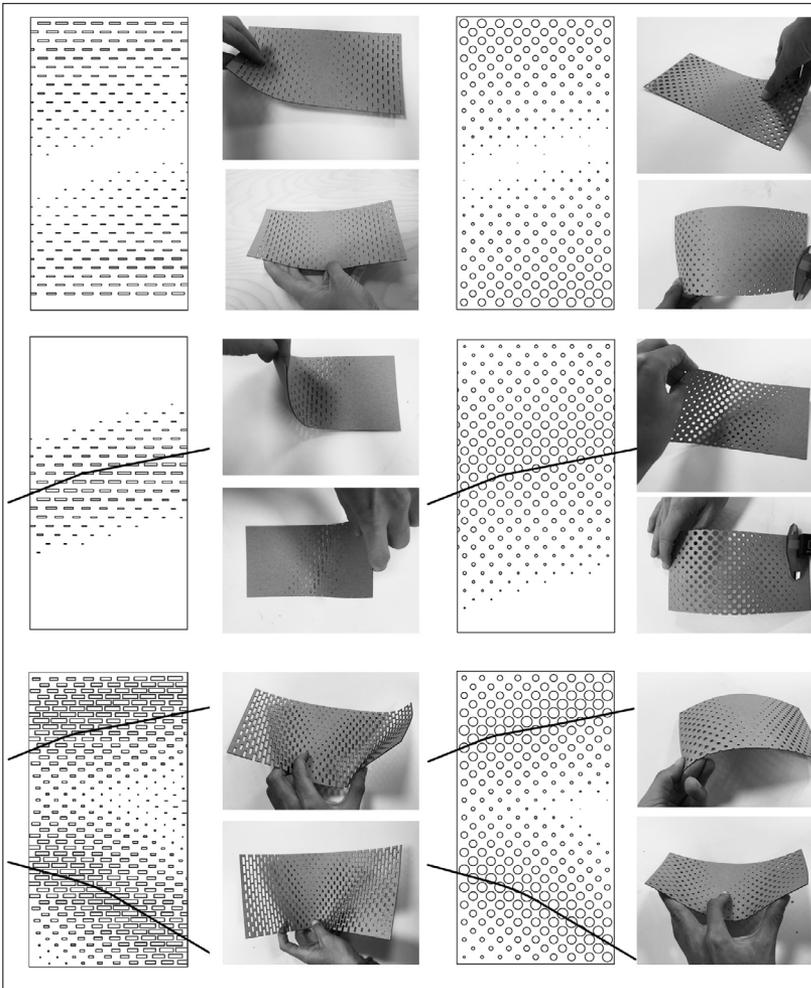


Figure 17: Three-dimensional form experiments based on different patterns

Source: the authors

DISCUSSION

In this study, we focused on the question “How bending behavior become a generative tool for the computational process?”. With this interest, we aimed to gain experience from active experimentation during cyclic explorations on bending operation in both digital and physical media.

The experiments began with physical explorations instead of starting with digital ones. First, the design with two-dimensional patterns without knowing the result; second, the step by step evaluation relies on tacit tactile knowledge was conducted. The hands-on experience informs the logic of

the two-dimensional cut pattern algorithm. The observations and findings during the hands-on experimentation on two-dimensional planar surface feed not only to the typology of the three-dimensional digital model but also the organization of the geometry. Thus, it affects the two-dimensional cut pattern algorithm and further explorations on the bending behavior of three-dimensional surface. In digital media, we defined the surface geometry based on two-dimensional array organizations and grid layout for pattern design. This grid layout itself became a limitation during the experiments. In the further studies, the manipulations of the grid organization might enrich the geometric pattern generation process and therefore, the bending behavior.

Outcomes produced during our experiments are study models rather than full-scale prototypes. Despite the fact that the material and geometrical constraints of the experimentation were so limited, the response of the materials to the cut pattern operations has been different than our initial assumptions. The real-time material behaviors affect the whole digital modeling and fabrication process from the very beginning of the explorations.

The study process can be summarized as research on enhancing the affordance of the planar material by using different cut operations through semi-structured experiments. Pattern type and attraction curves have been differentiated to examine the notions of diversity and complexity in relation with material behavior in the context of repeatable pedagogical approaches. While the dependency to the initial shape and its reflection to the bending performance of the material were observed, it is seen that the topological relations among the pattern units played an important role to affect flexibility of the planar material.

We argue that it is crucial to understand the logic of geometric organization in relation with material properties beyond merely three-dimensional free form generation in the digital medium. It is because any relation learned from the material explorations would affect the whole fabrication process. Thus, the integration of analog and digital processes provides us the development of new possibilities for formal explorations informed by material properties.

Through exploring how properties and relations of two-dimensional geometric patterns allow bending behavior, it is possible to gain an insight on the relationship between two-dimensional and three-dimensional. Moreover, the model proposed in this study can be used as a pedagogical approach able to encourage not only the use of material techniques of cutting and bending, but also other techniques, such as twisting, folding, kerfing, stretching in an explorative and creative way for integrative design formation and fabrication processes.

REFERENCES

- ACKERMANN, E. K. Experiences of artifacts. In: GLASERSFELD, E.; LAROCHELLE, M. (Ed.). **Key works in radical constructivism**. Rotterdam: Sense Publishers, 2007. p. 249-259.
- AISH, R. First build your tools. In: PETERS, B.; PETERS, T. (Eds.). **Inside smartgeometry: expanding the architectural possibilities of computational design**. Hoboken: Wiley, 2013. p. 36-49.
- D'ACUNTO, P.; KOTNIK, T. AA/ETH-Pavilion. In: TENSINET SYMPOSIUM, 2013, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul: TensiNet Association, 2013. p. 99-108.
- DEWEY, J. **Logic: the theory of inquiry**. New York: Henry Holt and Company, 1938.
- GREENBERG, E.; KÖRNER, A. Subtractive manufacturing for variable-stiffness plywood composite structures. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE DESIGN AND MANUFACTURING, 2014. **Proceedings...** Cardiff: Cardiff University, 2014. p. 50-66.
- HOFFER, B. et al. **Kerf Pavilion**. [S.l.]: IAP Pavilion Competition, 2012. Disponível em: <<https://goo.gl/Q5TSLb>>. Acesso em: 15 nov. 2016.
- KOTELNIKOVA-WEILER, N. et al. Materials for actively-bent structures. **International Journal of Space Structures**, Thousand Oaks, v. 28, n. 3-4, p. 229-240, 2013.

KOTNIK, T.; WEINSTOCK, M. Material, form and force. **Architectural Design**, Hoboken, v. 82, n. 2, p. 104-111, 2012.

MOHOLY-NAGY, L. The new vision: fundamentals of bauhaus design, painting, sculpture, and architecture. New York: Dover Publications, 2005.

MUÑOZ, P. Diseño Basado en Investigación. In: CONGRESO DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL, 17., 2013, Valparaíso. **Anales...** Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María, 2013. p. 435-438.

NABONI, R.; MIRANTE, L. Desenho computacional e simulação de estruturas auxéticas de flexão-ativa. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 11, n. 2, p. 59-72, 2016.

NABONI, R.; PEZZI, S. S. Embedding auxetic properties in designing active-bending gridshells. In: CONGRESS OF THE IBEROAMERICAN SOCIETY OF DIGITAL GRAPHICS, 20., 2016, Buenos Aires. **Proceedings...** Buenos Aires: Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital, 2016. p. 720-726.

PUGH, K. J.; GIROD, M. Science, art, and experience: constructing a science pedagogy from Dewey's aesthetics. **Journal of Science Teacher Education**, New York, v. 18, n. 1, p. 9-27, 2007.

SCHÖN, D. A. Learning to design and designing to learn. **Nordisk Arkitekturforskning**, Lund, n. 1, p. 55-70, 1993.

SCHÖNBRUNNER, A. et al. Design strategies for bending-active plate structures out of multiple cross-connected layers. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR SHELL AND SPATIAL STRUCTURES, 2015, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: IASS, 2015.

WESTON, M. Anisotropic operations. **International Journal of Architectural Computing**, Thousand Oaks, v. 10, n. 1, p. 105-120, 2012.

ZARRINMEHR, S. et al. Interlocked archimedean spirals for conversion of planar rigid panels into locally flexible panels with stiffness control. **Computers & Graphics**, Amsterdam, v. 66, p. 93-102, 2017.

Orkan Zeynel Güzelci
orkanguzelci@gmail.com

Sema Alaçam
semosphere@gmail.com

Saadet Zeynep Bacınoğlu
zeynepbacinoğlu@gmail.com