



CADERNOS

# PROARQ 25

REVISTA DE ARQUITETURA E URBANISMO DO PROARQ

**Reitor** Roberto Leher

**Vice-reitora** Denise Fernandes Lopez Nascimento

**Pró-Reitoria de Pós-graduação e Pesquisa** Ivan da Costa Marques

**Decano do Centro de Letras e Artes** Flora de Paoli Faria

#### **FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO**

*FACULTY OF ARCHITECTURE AND URBANISM*

#### **Diretor**

*Dean*

Mauro Santos

#### **Coordenação Geral**

*General Coordination*

**Coordenadora** Maria Angela Dias

**Vice-coordenadora** Andrea Queiroz Rego

#### **Coordenação Adjunta**

*Assistant Coordinators*

**Editoria** Andrea Queiroz Rego

**Ensino** Rosina Trevisan Ribeiro

**Extensão** Lais Bonstein Passaro

**Pesquisa** Gustavo Rocha-Peixoto

#### **Câmara de Editoria**

*Board of Editors*

Andrea Queiroz Rego

Ethel Pinheiro Santana

#### **Conselho Editorial**

*Editorial Council*

Ceça Guimaraes

Cristiane Rose Duarte

Gabriela Celani

Gustavo Rocha-Peixoto

Leopoldo Bastos

José Manuel Pinto Duarte

Maria Angela Dias

#### **Comissão Editorial**

*Editorial Committee*

Andrea Queiroz Rego

Ethel Pinheiro Santana

Bárbara Thomaz (secretaria executiva)

#### **Revisão**

*Revision*

Ethel Pinheiro Santana

Bárbara Thomaz

#### **Tradução**

*Translation*

RioBooks Editora

Ethel Pinheiro Santana

Bárbara Thomaz

#### **Editoração / Projeto Gráfico**

*Desktop publishing / Graphic Design*

Plano B [plano-b.com.br]

#### **Capa**

*Cover*

Instalação “Butterfly Gallery”, Pilotis da

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Foto de Raphael Marconi, 2015

“Butterfly Gallery” installation, Faculty of  
Architecture and Urbanism ‘pilotis’

Photograph by Raphael Marconi, 2015

**PROARQ**  
PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ARQUITETURA FAU \ UFRJ

**FAPERJ**  
FUNDAÇÃO CARLOS CHAGAS FILHO DE ARQUI-  
TETURA E PESQUISA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO



Universidade Federal do Rio de Janeiro

#### **Copyright©2015 dos autores**

*Author's Copyright©2015*

Cadernos PROARQ

Av. Pedro Calmon, 550 - Prédio da FAU/ Reitoria, sl.433

Cidade Universitária, Ilha do Fundão

CEP 21941-901 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Tel.: + 55 (21) 3938-1661 - Fax: + 55 (21) 3938-1662

Website: <http://www.proarq.fau.ufrj.br/revista>

E-mail: [cadernos.proarq@gmail.com](mailto:cadernos.proarq@gmail.com)

#### **FICHA CATALOGRÁFICA**

Cadernos do PROARQ Rio de Janeiro  
Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo,  
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura –  
Ano 1 (1997)

n. 25, dezembro 2015

Semestral

ISSN: 1679-7604

1-Arquitetura - Periódicos. 2-Urbanismo - Periódicos.  
Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de  
Pós-graduação em Arquitetura. 2015.

**Comitê Científico**

*Scientific Committee*

Alina Santiago, UFSC  
Alice Theresinha Cybis Pereira, UFSC  
Angélica Tanus Benatti Alvim, Mackenzie-SP  
Antonio Tarcisio Reis, UFRGS  
Claudia Barroso-Krause, UFRJ  
Claudia Piantá Costa Cabral, UFRGS  
Cristiane Rose Duarte, UFRJ  
Douglas Aguiar, UFRGS  
Eloisa Petti Pinheiro, UFBA  
Emilio Haddad, FAU-USP  
Fernando Diniz Moreira, UFPE  
Fernando Freitas Fuão, UFRGS  
Fernando Ruttkay Pereira, UFSC  
Gabriela Celani, Unicamp  
Gleice Elali, UFRN  
Italo Stephan, UFV  
Jonathas Silva, PUC Campinas  
José Merlin, PUC Campinas  
Laís Bronstein, UFRJ  
Leonardo Bittencourt, UFAL  
Leopoldo Gonçalves Bastos, UFRJ  
Luciana Andrade, UFRJ  
Luiz Amorim, UFPE  
Maria Angela F. P. Leite, IEB/USP  
Maise Veloso, UFRN  
Marcio Fabricio, FAU-USP  
Maria Maia Porto, UFRJ  
Paulo Afonso Rheingantz, UFRJ  
Regina Cohen, UFRJ  
Roberto Righi, Mackenzie-SP  
Romulo Krafka, UFRGS  
Rosina Trevisan, UFRJ  
Sylvia Rola, UFRJ  
Wilson Florio, Unicamp

## Palavra do Proarq

O Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, nos seus quase 29 anos de existência, mantém seus compromissos para atender à demanda contemporânea por pesquisa e aos avanços na produção do conhecimento acadêmico e profissional em arquitetura e urbanismo. Este comprometimento é reforçado pela auto avaliação frequente a que se obriga o Programa, que teve com um dos resultados, em 2015, a reestruturação de suas áreas de concentração e linhas de pesquisa.

Nesta direção, de procurar responder às novas propostas editoriais em apoio a consolidação da pesquisa científica, também o periódico CADERNOS PROARQ vem sofrendo transformações. Entre elas, destacam-se a renovação do seu conselho Editorial, composto também por professores externos ao Programa; a flexibilidade do quadro do comitê científico, hoje formado pelos pareceristas dos artigos de cada número; a transformação da revista em fluxo contínuo; e algumas melhorias no site, como a possibilidade de se ter a versão completa da edição em um clique.

Nesta edição o Cadernos PROARQ vem compartilhar, mais uma vez, as contribuições de professores e pesquisadores, consolidando um fórum de discussão e um veículo de referência na área de arquitetura e urbanismo. Esta edição é composta de duas partes: a primeira é composta por 6 artigos afins, inaugurada pelo importante depoimento do Professor Andrés Martim-Pastor, da Universidade de Sevilla, que, sob o título “*Um retorno a los fundamentos de Geometría*”, faz uma reflexão sobre a importância do ensino da geometria descritiva e sua renovação, conciliando os conceitos geométricos com os procedimentos das novas tecnologias e as ferramentas de fabricação digital. A segunda parte, composta por 4 artigos, é iniciada pela arquiteta e urbanista Tathiane Agra de Lemos Martins, contemplada com o Grande Prêmio Capes de Tese ‘Antônio Houaiss’, outorgado pela primeira vez para a Área de Arquitetura e Urbanismo, com a tese *De condicionantes solares as oportunidades de desenho urbano: otimização de tipo-morfologias urbanas em contexto de clima tropical*, e que teve como orientador o Professor Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos e coorientador Professor Luc Adolphe, da Université de Toulouse.

Para tornar efetiva a sua publicação, o CADERNOS PROARQ conta com o trabalho dedicado da Câmara de Editoria composta pelas professoras Andrea Queiroz Rego e Ethel Pinheiro Santana, além do apoio da doutoranda Bárbara Thomaz.

Aproveito esta oportunidade para registrar meu agradecimento à colaboração da equipe da Comissão de Coordenação que atuou no período de fevereiro de 2014 a março de 2016, Professora Andrea Queiroz Rego - também Vice-coordenadora - Professora Rosina Trevisan, Professor Gustavo Rocha-Peixoto e Laís Bronstein. Agradeço especialmente à Professora Vera Regina Tângari pela sua generosidade e comprometimento com o Programa e também a todos aqueles que tomaram parte nesta empreitada, alunos, funcionários, professores e colaboradores externos, atuando de forma positiva diante dos desafios da Pós-Graduação, levando adiante as atividades do programa, ampliando os convênios nacionais e internacionais, fortalecendo as linhas e os grupos de pesquisa, solicitando apoios e bolsas, participando de editais organizando publicações, seminários, workshops e exposições.

Desejo a todos uma ótima leitura, vida longa ao Cadernos PROARQ e sucesso à nova gestão para o período de 2016 a 2018, tendo como Coordenadora a Professora Mônica Santos Salgado e como Vice-coordenador o Professor Gustavo Rocha-Peixoto.

Uma boa jornada de pesquisa a todos nós!

**Maria Angela Dias**

## *A word from Proarq*

**T**he Post-graduate Studies Program in Architecture, in its almost 29th anniversary, keeps its commitments to meet contemporary demands for research and advances in the production of academic and professional knowledge in architecture and urbanism. This commitment is reinforced by frequent self-evaluation, having the restructuring of its areas of concentration and research lines as one of the results in 2015.

Trying to address new editorial proposals to support the consolidation of our scientific research, CADERNOS PROARQ Journal has undergone some transformations. Among them, we should highlight the renewal of its Editorial Board, also composed by foreign professors to the Program; the flexibility of the framework of the Scientific Committee, represented by the reviewers of articles of each edition; the transformation into a “Bitstream” magazine; and some improvements on the site, such as the possibility of having the full version of the issue in one click.

In this edition CADERNOS PROARQ Journal shares, once again, the contributions of professors and researchers, consolidating a forum of discussion and a reference vehicle in the area of architecture and urbanism. This edition consists of two parts: the first is composed of 6 related articles, launched by the important testimony of Professor Andrés Martin-Pastor of the University of Seville under the title “Um retorno a los fundamentos de Geometría”; Martin-Pastor makes a reflection on the importance of teaching descriptive geometry and its renewal, combining geometric concepts with the procedures of the new technologies and digital manufacturing tools. The second part, consisting of 4 articles, is initiated by the architect and urbanist Tathiane Agra Lemos Martins, awarded with The Great Thesis Capes Award ‘Antonio Houaiss’ - for the first time granted for Architecture and Urban Planning Area - with the thesis “From solar conditions to urban design opportunities: urban-type morphologies optimization in tropical context”, with the advising of Professor Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos and co-guided by Professor Luc Adolphe, of the University of Toulouse.

In order to make this publication effective, CADERNOS PROARQ counts on the attentive work of the Editorial Board composed of professors Andrea Queiroz Rego and Ethel Pinheiro Santana and the support of the Post-graduate student Barbara Thomaz.

I take this opportunity to record my thanks to the collaboration of the Coordination Staff who served from February 2014 to March 2016: Professor Andrea Queiroz Rego - also Vice Chair - Professor Rosina Trevisan, Professor Gustavo Rocha-Peixoto

and Lais Bronstein. Special thanks to Professor Vera Regina Tangari for their generosity and commitment to the Program and also to all those who took part in this endeavor, students, teachers and external collaborators, acting positively towards the challenges of Post-graduate issues, leading ahead the Program activities, expanding national and international conventions, strengthening the lines and research groups, requesting support and scholarships, organizing publications, seminars, workshops and exhibitions.

I wish you all a great reading, long life to CADERNOS PROARQ and success to the new management team for the period 2016-2018, with the Coordination of Professor Monica Santos Salgado and Professor Gustavo Rocha-Peixoto as Vice-coordinator.

Good research journey to us all!

Maria Angela Dias

## Editorial

A edição de n. 25 do CADERNOS PROARQ marca mais uma etapa vencida frente aos desafios atuais, estruturais e econômicos da pesquisa no Brasil. E trazendo com orgulho os louros do processo de aprendizagem em arquitetura e urbanismo, atentaremos nesta última edição de 2015 para a produção coletiva de um grande objeto geométrico em escala 1:1, realizado pelo esforço conjunto da graduação e da pós-graduação da FAU/UFRJ. A primeira metade dos trabalhos selecionados para esta edição revela, justamente, que a questão do ensino-aprendizagem em arquitetura e urbanismo ainda é uma máxima para o estabelecimento de uma postura crítica dos profissionais em formação, e uma necessidade. Outros abordam espaços livres públicos enquanto elementos articuladores da vida pública, assim como comprovam que as abordagens provenientes de métodos etnográficos podem nos fazer entender com mais profundidade as relações sociais aplicadas ao espaço físico das cidades. A segunda metade de nosso conjunto de artigos apresenta questões relativas ao conforto lumínico, térmico e ambiental, encabeçando esta lista o trabalho primoroso da autora Tathiane Martins e de seus orientadores, cuja tese foi premiada pelo Premio Capes de Tese em Arquitetura e Urbanismo, em 2015.

Para celebrar desenvolvimento e a montagem coletiva de um pavilhão composto por seis helicóides desenvolvíveis através do Workshop “The Butterfly Gallery - Estratégias Geométricas para a Fabricação Digital” ocorrido em agosto/2015 sob chancela do Programa de Pós-graduação em Arquitetura (Proarq) e coordenação da Prof. Maria Angela Dias, honrosamente recebemos o texto do Prof. **Andrés Martín-Pastor**, que participou ativamente deste processo como ministrador e auxiliador da montagem de toda a estrutura, erigida pelo trabalho de diversos alunos e professores envolvidos com Geometria Descritiva e com o Laboratório de Modelagem da FAU/UFRJ, o LAMO. O evento, assim como o texto de Martín-Pastor, nos trazem uma reflexão contundente e apresentam estratégias para abordar o processo de desenho, elaboração de produto e produção digital de elementos arquitetônicos apropriados para o uso em arquiteturas efêmeras e, por certo, também duradouras.

Inaugurando o conjunto de artigos, **Júlia Coelho Kotchetkoff** e **Joubert José Lancha** nos questionam sobre a recorrente associação da figura do arquiteto como sendo um profissional de caráter inovador. Para entender as razões dessa vinculação, os autores procuraram verificar se a obrigatoriedade do ‘gerar o novo’ no atuar do arquiteto é recente ou inerente à profissão e as variadas maneiras como ocorreu tal ligação. O texto traça um caminho ao longo da história da

arquitetura evidenciado o modo com que, em cada momento, essa correlação é refletida no ensino da profissão, incluindo o contexto brasileiro.

Por sua vez, **Glaucinei Corrêa** apresenta a questão de como as pessoas aprendem a fazer/elaborar projetos de arquitetura na prática, com base nas relações com outros aprendizes e com profissionais mais experientes. A intenção da pesquisa, realizada em dois escritórios de arquitetura, não é desconsiderar a importância do ensino ou a aprendizagem em sala de aula, mas de buscar outros olhares para desvelar como a aprendizagem ocorre, além de onde estamos habituados a percebê-la.

Interpelando a socialidade e vida pública dos usuários, **Paula Barros** considera a ótica dos pedestres ao investigar como as praças influenciam a qualidade do caminhar no contexto das áreas centrais das grandes cidades brasileiras. O trabalho, realizado a partir de três estudos de caso em Belo Horizonte, indica que as praças centrais podem contribuir para a saúde psicológica e incrementar a agradabilidade do caminhar dos transeuntes. Os resultados evidenciam que as diretrizes projetuais definidas no Plano Nacional de Mobilidade Urbana 2015 não são suficientes para promoção do bem-estar das pessoas ao longo do caminhar, destituindo um fator essencial de experiência das cidades: o 'flanar'.

Num sentido mais pedagógico, **Glaucineide Coelho, Vera Maria de Vasconcellos** e **Luciana Andrade** buscam entender a cidade através do olhar de um grupo de jovens que habita uma comunidade no Rio de Janeiro. O objetivo é substanciar o espaço vivenciado através dos processos perceptivos que, por desenhos e falas desses jovens, trazem à tona a complexidade urbana à medida que revelam a identidade do território cotidiano de suas experiências. Para as autoras, nesse contexto teórico, a cidade se coloca culturalmente como uma comunidade emocional, de domínio dos seus habitantes e de onde emana o entendimento do que é o todo urbano.

Iniciando a segunda metade da revista, o trabalho de **Tathiane Agra de L. Martins**, fruto da tese premiada pela Capes no Prêmio AU em 2015, versa sobre os limites de infraestrutura das cidades contemporâneas no quesito energético, diante do crescimento acelerado da população urbana mundial. A autora traz uma importante contribuição, também no campo urbanístico, ao defender a otimização de tipologias urbanas em quadras de uma cidade de clima tropical (Maceió – AL), aplicando o método de projeto por otimização. Seus estudos permitiram 'decifrar' padrões morfológicos para maximizar o potencial solar de coberturas e minimizar a incidência de radiação solar nas fachadas e, por fim, trazer à tona o valor da sustentabilidade em todo projeto arquitetônico-urbanístico.

Na sequência, o trabalho de **Giovana de Almeida Coelho Campos Driessen** e **Eloy Fassi Casagrande Junior** investe na análise do fenômeno mais acelerado na construção de cidades contemporâneas: a verticalização das construções em áreas centrais. Observando o aumento da projeção de massas de sombra

em tais locais, os autores analisam os três edifícios mais altos dentro de uma zona definida em Curitiba, utilizando simulações computacionais para prever e ‘roteirizar’ o grau de afetação do sombreamento sobre os edifícios vizinhos, em especial no inverno, e salientam que a evolução urbana deve ser premiada pela evolução da consciência preservacionista do conforto ambiental.

**Minéia Johann Scherer** e **Beatriz Maria Fedrizzi** tratam dos aspectos positivos do uso das cortinas verdes em arquitetura, através da verificação da capacidade de sombreamento de quatro espécies trepadeiras adaptadas ao clima subtropical brasileiro. No estudo, as autoras recorreram ao uso de uma metodologia experimental onde, a partir de um protótipo de campo, observaram o Percentual de Transmissão Solar (PTS) das folhagens. Os resultados demonstram que, dependendo da época do ano e de suas características, cada espécie apresenta um comportamento dinâmico e particular no que diz respeito à capacidade de proporcionar sombra.

Para explorar a temática do conforto lumínico e ambiental, **Marina da Silva Garcia**, **Maria Luiza Almeida Cunha de Castro** e **Roberta Vieira Gonçalves de Souza** apresentam uma análise do cenário de adoção de lâmpadas LED nos sistemas de iluminação do setor residencial brasileiro. Com a avaliação do comportamento dessa tecnologia frente à concorrência com outras lâmpadas, as autoras buscam identificar a influência que as diferentes características exercem sobre a adoção e difusão de um sistema. O trabalho contribui de maneira relevante para a compreensão da evolução tecnológica e da dinâmica de inovação no setor, ao mesmo tempo em que demonstra que a difusão dos LEDs encontra barreiras que demonstram a necessidade de aprimoramento tecnológico no nível da produção.

Finalizamos este editorial com um agradecimento pela qualidade técnica e imparcial de nossos pareceristas, além da evidente expertise de nossos autores selecionados. Agradecemos também, e especialmente, a toda a Coordenação do Proarq no nome de sua líder, Prof. Maria Angela, que tão bem conduziram o Programa nesses dois últimos anos. Não menos importantes, agradecemos a todos os amigos acadêmicos, pesquisadores e contribuintes que ajudaram a manter o padrão elevado de nossa revista, fundamentando diversos ciclos de montagem de cada edição. E, por último, agradecemos aos leitores, que a partir da próxima edição encontrarão um CADERNOS PROARQ igualmente engajado, com a nova Coordenação eleita para 2016-2018.

Equipe Editorial

Andrea Queiroz Rego e Ethel Pinheiro

## Editorial

Edition #25 of CADERNOS PROARQ sets another step forward to overcome current structural and economic challenges of research in Brazil. Bringing up the laurels of the learning process in architecture and urbanism, this last issue of 2015 strengthens the collective production of a large geometric object in 1:1 scale, carried out by the joint efforts of Undergraduate and Post-graduate courses of FAU / UFRJ. In order to balance the thematic of this edition, we have split the Journal into 2 groups: the first half of selected papers reveals that the issue of teaching and learning in architecture and urbanism is still a prerogative for the establishment of a critical professional training, and a necessity; others address public open spaces as articulators of public life, as well as prove that the approaches from ethnographic methods can make us understand more deeply the social relations applied to the physical space of the city. The second half of our series of articles presents issues related to luminal, thermal and environmental comfort, topping this list the exquisite work of Tathiane Agra Martins and her advisors, whose thesis was awarded by Capes Thesis Award in Architecture and Urbanism in 2015.

To celebrate the development and collective mounting of a pavilion consisting of six developable helicoidal surfaces in the Workshop “The Butterfly Gallery - Geometric Strategies for Digital Fabrication” occurred in August/2015, we honorably received the text of Prof. **Andrés Martín-Pastor**, who actively participated in this process as lecturer and helper of the assembly of the whole structure, built by the work of several students and teachers involved with Geometry and the Modeling Laboratory at FAU/UFRJ, the LAMO. The event, sealed by the Post-graduate Program in Architecture (PROARQ) and coordinated by Prof. Maria Angela Dias, as well as the text of Martín-Pastor, bring us a forceful reflection and present strategies to address the design process, development of product and production of digital architectural elements suitable for use in ephemeral architecture.

Opening the set of articles, **Júlia Coelho Kotchetkoff** and **Joubert José Lancha** question us about the recurrent association of the architect’s role as an innovative character. To understand the reasons for this link, the authors sought to determine whether the requirement to ‘generate new things’ in the act of the architect is recent or inherent to the profession and the various ways in which occurred such a link. The text traces a path along the history of the architecture showing how this correlation is reflected in the professional education, including the Brazilian context.

In his turn, **Glaucinei Corrêa** develops the question of how people learn to make architectural designs in practice, based on relationships with other apprentices and more experienced professionals. The intention of the survey, conducted in two architectural studios, is not to deny the importance of teaching or learning in the classroom, but to seek other looks to uncover how learning takes place, and where we used to see it.

Questioning society and public life of city users, **Paula Barros** considers the perspective of pedestrians when investigating how the squares influence on the quality of walking in the context of the central areas of large cities. The work, carried out from three case studies in Belo Horizonte, indicates that the central squares can contribute to psychological health and increases the pleasantness of the walk of passers-by. The results show that the projective guidelines set out in the National Plan for Urban Mobility in 2015 are not enough to promote people's well-being along the walk, dismissing an essential factor of experience in the cities: the 'strolling'.

In a pedagogical sense, **Glaucineide Coelho, Vera Maria de Vasconcellos and Luciana Andrade** seek to understand the city through the eyes of a group of young people who inhabit the slums, in Rio de Janeiro. The goal is to substantiate the experienced space through the perceptual processes induced by drawings and speeches of these young people so as to bring out the urban complexity, as they reveal the identity of their everyday territory of their experiences. According to the authors, in this theoretical context, the city stands culturally as an emotional community domain of its inhabitants, as well as emanates the understanding of what is the urban totality.

Starting the second half of the Journal, we highlight the result of the thesis awarded by Capes in AU in 2015, the work of **Tathiane Agra de L. Martins**, which explores the limits of infrastructure of contemporary cities in the energy aspect, based on the rapid growth of the world's urban population. The author makes an important contribution, also in the urban field, to defend the optimization of urban typologies blocks of a city with tropical climate (Maceió - AL), applying the method of 'design by optimization'. Her studies enabled 'deciphering' morphological patterns to maximize solar potential coverage and minimize the incidence of solar radiation on the facades and finally bring out the value of sustainability in all architectural-urban project.

Following the sequence, **Giovana de Almeida Coelho Campos Driessen and Eloy Fassi Casagrande Junior** invest in analyzing the most accelerated phenomenon in the construction of contemporary cities: the vertical integration of buildings in central areas. Noting the increase of shadow mass projection in such sites, the authors analyze the three tallest buildings within a defined area in Curitiba, using computer simulations to predict and 'produce the screenplay' of the affectation of shading on neighboring buildings, especially in winter, the authors stress that urban development must be pressed by the evolution of preservationist awareness of environmental comfort.

*Minéia Johann Scherer and Maria Beatriz Fedrizzi deal with the positive aspects of the use of green curtains in architecture by checking the shading capacity of four creeper species adapted to the Brazilian subtropical climate. In the study, the authors resorted to using an experimental methodology which, from a field prototype, observed the Solar Transmission Percentage (STP) of foliage. The results demonstrate that depending on time of year and its characteristics, each of the species has a dynamic and particular behavior with regard to the ability to provide shade.*

*To explore the theme of luminal and environmental comfort, Marina da Silva Garcia, Maria Luiza Almeida Cunha Castro and Roberta Vieira Gonçalves de Souza present an analysis of the LED lamps adoption scenario in the light of the Brazilian residential sector systems. With the evaluation of the behavior of this technology against the competition with other lamps, the authors seek to identify the influence that different characteristics have on the adoption and diffusion of a system. The work contributes in a significant way to the understanding of technological change and innovation dynamics in the industry, while demonstrating that the spread of the LEDs still finds barriers that demonstrate the need for technological improvement in the level of production.*

*We end up this editorial with an appreciation for the technical quality of our impartial peer reviewers, as well as for the obvious expertise of our selected authors. We also specially thank the whole PROARQ Coordination in the name of its leader, Prof. Maria Angela, who led the Program so well in the last two years. Not least, we thank all the academic friends, researchers and contributors who helped maintaining the high standard of our Journal, taking care of many assembly cycles of each edition. And finally, we thank our readers who, from the next edition on, will find this Editorial Board as engaged as always with the new Coordination elected for the biannual mandate of 2016-2018.*

Editorial Board

Andrea Queiroz Rego e Ethel Pinheiro

## Sumário *Contents*

### 1

Un retorno a los fundamentos de geometría.  
The Butterfly Gallery – Helicoidal Surfaces,  
estrategias geométricas para la fabricación digital.

*Um retorno aos Fundamentos da Geometria  
The Butterfly Gallery – Superfícies Helicoidais  
Estratégias Geométricas para a Fabricação Digital*

Ph.D. Andrés Martín-Pastor

### 31

Para pensar o ensino: o arquiteto como inovador,  
condição inerente ou atual?

*To think about teaching: the architect as innovator,  
inherent or nowadays condition?*

Júlia Coelho Kotchetkoff e  
Joubert José Lancha

### 45

Arquitetura: oportunidades para aprender

*Architectural: opportunities to learn*

Glaucinei Rodrigues Corrêa

### 65

A importância da praça central enquanto local  
de passagem: um estudo de caso múltiplo no  
contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass  
through: a multiple case study within the context of  
the city of Belo Horizonte, Brazil*

Paula Barros

### 86

O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de  
elemento integrador e indutor da ocupação  
urbana para obstáculo no desenvolvimento da  
urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator  
element and urban occupation inducer for obstacle in  
development of mining city*

Alessandro Borsagli e  
Brenda Bernardes

### 102

Cidade emoção: o ver e o viver os espaços  
públicos nas representações de um grupo de  
jovens a partir da comunidade Carobinha no Rio  
de Janeiro

*City emotion: the look and urban living for a youth  
group of Carobinha community in Rio de Janeiro*

Glaucineide Coelho  
Vera Maria de Vasconcelos e  
Luciana Andrade

## Sumário *Contents*

**119**

**Potencial solar de quadras urbanas: estudo prospectivo para cidade de Maceió-AL**

*Solar potential of urban blocks: a prospective study for a brazilian tropical city*

Tathiane Agra de Lemos Martins

**178**

**Desempenho das cortinas verdes no controle solar de edificações: um estudo experimental**

*Performance of green curtains in solar control of buildings: an experimental study*

Minéia Johann Scherer e  
Beatriz Maria Fedrizzi

**141**

**Análise da Influência do Sombreamento Gerado pelos Edifícios Mais Altos na Zona Central de Curitiba**

*Analysis of Shadow Influence Caused by the Tallest Buildings in Curitiba Downtown Zone*

Giovana de Almeida Coelho Campos Driessen e  
Eloy Fassi Casagrande Junior

**159**

**Perspectivas para a difusão da tecnologia LED face à configuração do paradigma da sustentabilidade**

*The diffusion of the LED technology, within a context based on the paradigm of sustainability*

Marina da Silva Garcia  
Maria Luiza Almeida Cunha de Castro e  
Roberta Vieira Gonçalves de Souza

ANDRÉS MARTÍN-PASTOR

## Un retorno a los fundamentos de geometría

*The Butterfly Gallery – Helicoidal Surfaces, estrategias geométricas para la fabricación digital*

**Ph.D. Andrés Martín-Pastor**

Universidad de Sevilla.

Departamento de Ingeniería Gráfica.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Edificación. ETSIE.

Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción IUACC.

**archiamp@us.es**

**Abstract**

Hoy en día, la docencia de la Geometría Descriptiva está sufriendo unos cambios considerables en las Escuelas de Arquitectura del mundo y, a nuestro juicio, es prioritario realizar una importante reflexión y renovación en torno a su enseñanza. Proponemos una estrategia docente donde se conciba el aprendizaje de ‘los fundamentos de geometría’ de la mano de las herramientas digitales. El workshop ‘The Butterfly Gallery–Helicoidal Surfaces’ desarrollado en la Universidade Federal do Rio de Janeiro es un ejemplo de ello, donde se aborda la construcción de un pabellón de madera con superficies helicoidales desarrollables, desde los fundamentos geométricos hasta su fabricación digital y montaje colaborativo.

## Introducción

Un ejercicio de análisis crítico de la situación actual, comienza por reflexionar sobre el papel que jugó la Geometría Descriptiva en el pasado, desde sus orígenes a su incorporación al curriculum del arquitecto. Repasaremos cuales fueron las características que hicieron de la Geometría Descriptiva —en su acepción *Mongiana* de ‘Sistema Diédrico’— una ciencia notable en su momento y qué es aquello que ha dejado de aportar esta disciplina hoy en día, sopesando las posibles carencias que el abandono de la Geometría Descriptiva tradicional ha traído a nuestros estudiantes actuales. Eso requiere valorar, tanto lo positivo como lo negativo acerca de la situación en la que nos encontramos tras unos años de evolución de herramientas de diseño digital.

A su vez, no podemos pasar por alto los nuevos escenarios de aprendizaje que han aparecido en torno al pensamiento geométrico, como son los *Laboratorios de Fabricación Digital*. En torno a ellos se están desarrollando estrategias docentes innovadoras donde apoyar una nueva enseñanza de la Geometría Descriptiva mediante las herramientas digitales.

Una vez analizado el panorama en el que nos encontramos, propondremos estrategias docentes de cara a enseñar los ‘fundamentos de geometría’, siempre desde el pensamiento gráfico, apoyándonos en los nuevos medios de control de espacio, rescatando el uso práctico de esta Geometría Descriptiva desde estas herramientas para resolver problemas concretos de la arquitectura.

Finalmente, expondremos la última experiencia desarrollada donde hemos aplicado y evaluado estas teorías. Una experiencia de investigación e innovación docente desarrollada en el curso de Pós-graduação em Arquitetura, como actividad de la pesquisa ‘A Educação do Olhar: apreensão dos atributos geométricos da forma dos lugares’ de la Universidade Federal do Rio de Janeiro. El workshop titulado ‘Butterfly Gallery - Helicoidal Surfaces, Estratégias geométricas para a Fabricação Digital’, ha dado como resultado una instalación arquitectónica (Fig.1) con el mismo nombre de madera laminada, situada en el pórtico de acceso de la Escuela de Arquitectura e Urbanismo de la UFRJ.

Fig. 1. Butterfly Gallery - Helicoidal Surfaces. FAU, Universidade Federal do Rio de Janeiro



## Geometría Descriptiva. Éxito y declive de una disciplina

Hasta hace relativamente poco tiempo —antes de la llegada del CAD— en la práctica arquitectónica se seguían utilizando los instrumentos tradicionales del dibujo. La formación del arquitecto estaba ligada a la destreza de un amplio conjunto de saberes gráficos y, dentro de ese variado repertorio, la Geometría Descriptiva (en su acepción *Mongiana*) seguía siendo la herramienta gráfica más rigurosa con la que contaba la mente del arquitecto para resolver cualquier problema geométrico-arquitectónico (Gentil, 1983). No es de extrañar pues, que haya sido una asignatura de notable peso en la historia de la enseñanza de la Arquitectura en España, Italia y Francia, desde el nacimiento de las primeras escuelas de arquitectura hasta hace muy poco tiempo.

Gaspar Monge (1746-1818), en su *Géométrie descriptive* (1798), aportó una codificación científica al sistema de la doble proyección, sistema gráfico ya usado en su época y que se venía trabajando desde tiempos de Piero y Durer. La codificación exhaustiva propuesta por Monge, supuso un mayor grado de abstracción al sistematizarse una gramática gráfica que recorría, no solo objetos reconocibles por la percepción visual, sino también las entidades matemáticas puras como el punto, la recta, el plano, las superficies, etc., por separado y abordando sus intersecciones y desarrollos. En cierto modo, fue una loable estrategia de traducción de los problemas de las abstractas ecuaciones matemáticas al pensamiento gráfico, como se comprueba comparando los textos de álgebra, *Application de l'analyse à la géométrie* (1809) con los de *Géométrie descriptive* (1798), de dicho autor francés.

No olvidemos tampoco, como nos ilustra Sacarovitch (1998), el contexto histórico en el que florece la obra del matemático francés: el momento de máximo refinamiento del corte de la piedra conocida como 'estereotomía', esta vez como disciplina científica. El control absolutamente técnico y científico de las operaciones relativas a la construcción, primero desde un punto de vista de la ingeniería militar, de la ingeniería civil y luego desde la Arquitectura.

La Geometría Descriptiva, lejos de tener como objetivo que el estudiante 'aprendiera a ver el espacio', se presentaba como un instrumento de precisión, de medida y de cálculo: la herramienta más poderosa de su época para poder abordar, desde el pensamiento gráfico, los problemas concretos de las obras de ingeniería militar, de ingeniería civil y de arquitectura. Nuevos materiales como el hierro y el vidrio encontraron en esta disciplina gráfica, el soporte técnico para ser trabajados con soldadura. Se había consolidado una herramienta conceptual, no sólo de cara a la ideación formal preliminar, sino fundamentalmente para concretar dimensionalmente las partes de unas obras que debían ser elaboradas por diferentes sistemas de producción. En definitiva, se intentaba 'producir' de una forma cada vez menos artesanal y más científica e industrial.

El motivo principal por el cual la Geometría Descriptiva ha reducido su presencia de forma natural en nuestras aulas parece evidente: la herramienta en la que se basaba esa idea de controlar el espacio desde el pensamiento gráfico —el Sistema Diédrico— ha dejado de ser el mejor medio de control gráfico del arquitecto y del ingeniero. Las herramientas digitales —que son muchas y variadas— operan de forma más eficiente en el pensamiento gráfico.

Hoy nos podemos considerar ‘post-digitales’ en tanto que los programas de CAD ya no se consideran ‘nuevas tecnologías’ sino instrumentos cotidianos. Éstas han sido creadas y exploradas en sus limitaciones conceptuales en los últimos veinte años, casi al mismo tiempo que surgían nuevos procesadores, softwares, etc. Este proceso de llegada de los medios digitales ha sido investigado por numerosos investigadores del *Architectural Geometry* (Pottmann, 2007, 2013) y todo parece indicar que nos encontramos en los albores de un nuevo paradigma, en la acepción que nos proponía Tomas Kuhn en *La estructura de las revoluciones científicas*: “cuando cambian los paradigmas, hay normalmente transformaciones importantes de los criterios que determinan la legitimidad tanto de los problemas, como de las soluciones propuestas” (Kuhn, 1962:174).

## ¿Geometría Descriptiva desde las herramientas digitales? Problemas de nomenclatura

La denominada ‘inercia histórica’, aflora de forma acentuada y controvertida en los procesos de cambio. Esta inercia opera no solamente desde el punto de vista de la forma, o los contenidos formales, sino también desde el uso de las palabras y los significados de las mismas. El lenguaje es algo vivo, y como todo proceso de cambio, será la aceptación general la que —a la larga— otorgue validez a la variación que se propone.

El uso del término ‘Geometría Descriptiva’ ha estado vinculado inicialmente a los ambientes técnicos universitarios europeos —fundamentalmente al francés, italiano, español y portugués— que vinculaban el conjunto de objetivos de la disciplina, con el uso y manejo de una herramienta: el ‘Sistema Diédrico’. No era posible concebir una Geometría Descriptiva fuera del Sistema Diédrico ya que una cosa casi implicaba la otra.

Durante los últimos años de incorporación de las herramientas digitales a la enseñanza de Geometría para la arquitectura, este maridaje tradicional de significado ha sido imposible de romper, hasta el punto que la obsolescencia del Sistema Diédrico como Sistema de Representación ha supuesto el derrumbe —casi total— de la enseñanza de la Geometría Descriptiva, algo que ha ocurrido de forma generalizada en las Escuelas de Arquitectura españolas.

Pero los fines y objetivos de la ‘Geometría Descriptiva’ de Monge, eran: abordar, desde el pensamiento gráfico, los problemas concretos de las obras de ingeniería militar, de ingeniería civil y de arquitectura; controlar de forma absolutamente técnica y precisa las operaciones relativas a la construcción; y producir de forma menos artesanal y más industrializada, y todos ellos siguen absolutamente vigentes en la actualidad, en la época post-digital en la que nos encontramos. Las herramientas digitales colaboran en alcanzar todos estos objetivos, más que cualquier otra herramienta tradicional —conceptual o mecánica— por lo que no debería haber ninguna contradicción en concebir una Geometría Descriptiva desde las herramientas digitales.

## El uso de las herramientas de control del espacio y el estudio de la Geometría desde el pensamiento gráfico

Se ha venido confundiendo y mezclando la enseñanza del manejo de las herramientas con el estudio de las habilidades mentales conducentes a los fines arquitectónicos en los cuales la Geometría, a través del pensamiento gráfico, impone su protagonismo. Esa confusión no es una cuestión novedosa, viene de muy atrás y estaba ya presente en la enseñanza de los Sistemas de Representación Tradicionales para el estudio de la Geometría. De acuerdo con Ricardo Migliari: “Descriptive geometry has this capability too [representation], but it is only one among several. Indeed, descriptive geometry is, first of all, the science that teaches to construct shapes of three dimensions, by means of a graphic solution that simultaneously controls the metric, formal and perceptive aspects” (2012:568).

Los Sistemas de Representación son las herramientas de visualización y los recursos gráficos con los que tradicionalmente se ha contado para definir, representar y controlar la posición los objetos en el espacio. Como herramientas que son, podemos conocer perfectamente su manejo sin saber nada de su aplicación en geometría, arquitectura o ingeniería. Podemos saber usar perfectamente el Sistema Diédrico sin saber luego que hacer con él, ni sus bondades o limitaciones para el estudio de tal o cual superficie geométrica.

La Geometría —aplicada al estudio de la Arquitectura e Ingeniería— aborda y profundiza en las propiedades de los objetos en tanto a su forma (formas geométricas), su clasificación y las relaciones entre ellas. La Geometría trata de desarrollar axiomas, principios y teoremas, como el ‘Teorema de Dandelin’, que relaciona el cono de revolución, la esfera inscrita tangente a un plano de corte y el foco de la cónica sección; o los ‘Teoremas de Intersecciones de Cuádricas’, etc. El estudio de la geometría se puede enfocar desde el álgebra, desde la expresión gráfica (pensamiento gráfico), etc., y su profundidad y grandeza está por encima de cualquier sistema de representación. Es territorio común de numerosas disciplinas, entre ellas la arquitectura. Actualmente se denomina Geometría Arquitectónica o *Architectural Geometry* a estos saberes geométricos (matemáticos, gráficos, programación algorítmica... etc.) que están al servicio de la Arquitectura.

Si hablamos únicamente de pensamiento gráfico (no matemático, ni algebraico, ni algorítmico) ayudado por las herramientas de control gráfico (digamos ‘Medios de Control Gráfico’) para estudiar Geometría, entonces hablamos de Geometría Descriptiva. Esta disciplina histórica ha tenido la capacidad de enseñar, en las Escuelas de Arquitectura, unos sólidos fundamentos geométricos, una gramática básica que opera con razonamientos simples (desde la máxima abstracción del punto y la línea) y permiten ser extrapolados a cuerpos y superficies geométricas más sofisticadas a través de una secuencia lógica.

Sin embargo, y de forma contradictoria, a medida que han crecido el número de herramientas digitales de control del espacio, también se han ido olvidando los fundamentos geométricos con los que manejarse dentro de cualquier tipo de razonamiento de cierta complejidad. Una mirada sobre la situación actual, pone de manifiesto las grandes carencias en ‘fundamentos de geometría’ en la que se encuentran los estudiantes en las Escuelas de Arquitectura (en España), no solo de los cursos iniciales de

su formación sino, de forma más preocupante, en los más avanzados. A la vez que se ha producido esta situación de desconocimiento básico en el currículum académico, han ido proliferando toda una serie de cursos de softwares avanzados para estudiantes que, aunque bien formados en las herramientas informáticas, carecían de los más generales fundamentos geométricos para desarrollarlos.

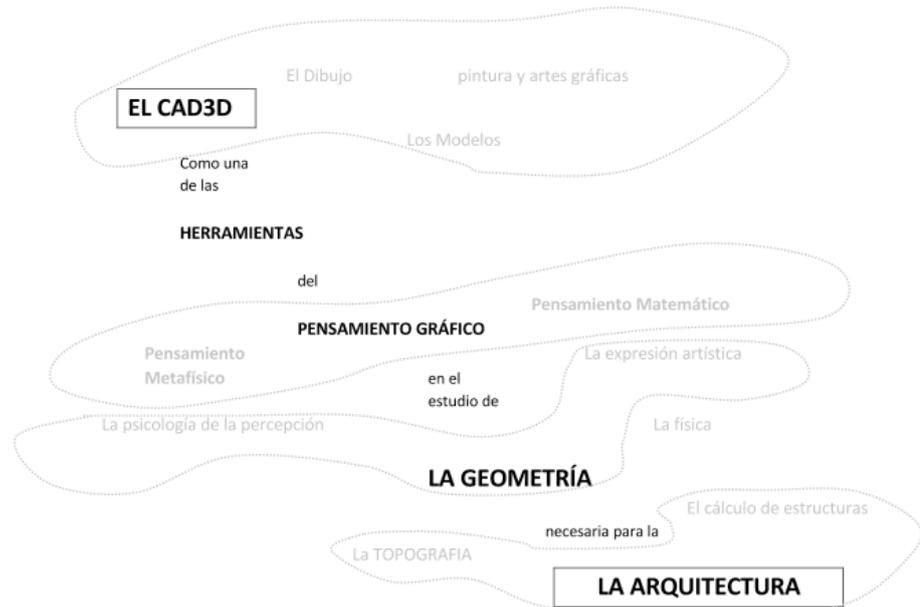
La Geometría Descriptiva tradicional —la de nuestros tratados y manuales— de forma coherente al sistema de representación de su época, ha contribuido mucho a la sistematización de los ‘fundamentos de geometría’, y dicho material sigue siendo un referente válido para ser reinterpretado y abordado a la luz de las herramientas digitales. Existen ahora mejores herramientas para controlar, desde el pensamiento gráfico, la geometría subyacente en la arquitectura, pero todavía queda por construir un ‘corpus’ estructurado donde los fundamentos estén dispuestos de forma sistematizada para su enseñanza desde esas herramientas digitales. Quizá nuestro mayor reto como profesores de Geometría Descriptiva aplicada a la Arquitectura y la Ingeniería.

## La geometría que es necesaria para la Arquitectura

En los últimos quince años ha surgido un complejo debate acerca de la conflictiva cuestión: ¿Qué geometría es necesaria hoy para la Arquitectura? Este tema ha sido abordado en numerosos congresos de expresión gráfica (como los congresos EGA o Apega); los de Geometría Descriptiva (Aproged) e informática gráfica (como aCAA-De o Sigradi) tampoco han sido ajenos a este enfoque; así como ha sido un debate abiertamente tratado en revistas que abordan la relación entre la arquitectura y las matemáticas, como ‘Nexus’ (Tafteberg et al., 2014:505–516), o revistas del ámbito de la educación superior y arquitectura.

Lo que empezó siendo una crisis metodológica en la enseñanza de una disciplina, a la que cada cual fue enfrentándose con sus propios recursos y decisiones —a veces improvisadas ante la ausencia de reflexión crítica— a día de hoy, existen centenares de publicaciones científicas sobre este tema. Nosotros vamos a intentar responder a esta cuestión desde nuestra experiencia docente e investigadora y teniendo en cuenta un enfoque metodológico propio. El problema sobre ‘qué geometría se considera necesaria para la arquitectura’ lo situamos, al final de una larga secuencia de aproximación hermenéutica al fenómeno de la creación y producción arquitectónica en su más amplio aspecto (Fig.2). En primer lugar abordaremos las herramientas digitales —dentro del conjunto de herramientas que las que disponemos— destacando en qué se diferencian sustancialmente respecto a las tradicionales, en tanto que permiten superar al paradigma anterior.

Fig. 2. Aproximación hermenéutica al fenómeno de la creación y producción de arquitectura, desde las herramientas, el pensamiento gráfico y la geometría.



Con las herramientas digitales hemos superado el problema de la representación de la tridimensionalidad en un soporte plano; así como el problema de la precisión en los trazados gráficos. También disponemos de una serie de automatismos a nuestro favor que aceleran el proceso de visualización y minimizan la energía mental usada en los procedimientos auxiliares intermedios, incorporando la potencia de visualización de la máquina, a nuestra mente (y a nuestra imaginación, abriendo así nuevas relaciones asociativas).

Respecto en las particularidades de lo que se ha denominado 'pensamiento gráfico', éste se diferencia de otros tipos de pensamiento como el 'matemático' u otros, porque en él operan la información gráfica y los procesos de construcción de la misma. Éstos intervienen de forma activa en la construcción del dibujo, el modelo o la imagen, y el estado final de dicha construcción gráfica —que se retroalimenta de la visualización— es justamente la conclusión de dicho razonamiento. Es un pensamiento que necesita de la presencia física de imágenes codificadas para que cada paso pueda seguir produciéndose dentro del razonamiento global. Por el contrario, la ausencia de dichas imágenes, o un error en la codificación de las mismas, impediría el flujo de las ideas. Sobre todo, es un pensamiento que no es verbal, fluye por otras vías; los intentos de explicar dicho razonamiento desde lo verbal y sin ayuda de lo gráfico, resultan inviables.

Profundizando en la última parte del proceso ilustrado en la figura 2, abordamos la relación que se produce entre geometría y la arquitectura. Pero teniendo en cuenta todo lo anterior, la pregunta completa sería: ¿Qué geometría creemos necesaria dominar para su uso en arquitectura, teniendo en cuenta que vamos a abordarla desde el pensamiento gráfico y con las herramientas digitales de nuestra época?

A la pregunta responderemos de la misma manera que se hacía en sus comienzos fundacionales del siglo XIX: "aquella que aborda, desde el pensamiento gráfico, los problemas concretos de la arquitectura; ayuda a controlar de forma absolutamente técnica y precisa las operaciones relativas a la construcción y sirve para producir de forma menos artesanal y más industrializada [más eficiente]".

Los 'fundamentos de geometría' son la gramática que nos permite operar con razonamientos geométricos más elevados que finalmente sirven para articular problemas y soluciones concretas en arquitectura. Hacer uso de esa capacidad y desarrollarla para

finés prácticos es el fin último de la enseñanza de la Geometría Descriptiva. Nosotros hemos sintetizados cinco fases del proceso arquitectónico donde el conocimiento de la geometría está fuertemente presente. Estas fases están muy relacionadas con la prefabricación, y quizá sean los Laboratorios de Fabricación Digital —Fablabs— los escenarios más apropiados para vincular todas las fases de este proceso en el ámbito docente y de investigación:

‘Geometría y creatividad’. Hablamos de la idea geométrica del proyecto. En la tradición del dibujo arquitectónico podría estar relacionado con el boceto. En diseño paramétrico hablamos del algoritmo generador de la forma.

‘Geometría, definición gráfica y el control de la forma’. El dibujo de creación, o el modelo 3D como sustituto del objeto, que podría estar relacionado con la definición que exige un proyecto básico. Existe todo un conocimiento geométrico puesto al servicio de esa definición formal.

‘Geometría de precisión y de detalles’. La definición geométrica de cada una de las partes de un objeto arquitectónico y las relaciones de conjunción o ensamblaje de las partes entre sí. Es un nivel de precisión necesario para la creación de un despiece o la creación de un prefabricado.

‘Geometría, mediciones y valoración económica’. La geometría como herramienta de medición.

‘Geometría, construcción y montaje’. Es la geometría necesaria en la definición gráfica de los sistemas de montaje, la que explica los procesos de ensamblaje y la Geometría de los sistemas de control.

En este sentido, el desafío es planificar estas cinco fases a través de un proyecto docente y disponer de un entorno de trabajo apropiado para su puesta en funcionamiento. Como ya hemos adelantado, nuestra propuesta va a consistir en abordar desde la Geometría Descriptiva —y usando herramientas digitales— las fases de diseño, fabricación digital y montaje colaborativo de un pabellón de madera. Esta experiencia es aprovechada como oportunidad para la aplicación de un modelo teórico y como validación del mismo.

## La importancia de los ‘fundamentos en geometría’ en la era post-digital. La Investigación geométrica

Abordar un proyecto de esta naturaleza nos obliga a un triple estudio: abordar los ‘fundamentos de geometría’, los ‘fundamentos del software’ y los ‘fundamentos de la fabricación digital’. No se trata únicamente de un ejercicio de Geometría aplicado a un proceso constructivo. Para cumplir los objetivos la red de conocimientos, habilidades y destrezas, necesita crecer en complejidad, asumiendo las competencias conceptuales (teoría y fundamentos), competencias instrumentales (herramientas de diseño) y las competencias productivas (herramientas de fabricación).

Si relacionamos las cinco fases anteriormente comentadas, con los procesos básicos de fabricación digital, observamos que coinciden básicamente con procesos de ‘diseño’, ‘fabricación’ y ‘montaje’ que nos encontramos en la fabricación industrializada. Cada uno de estos procesos pueden estar concebidos por equipos perfectamente au-

tónomos, guardando una estrecha similitud con los procesos de diseño industrial. La experiencia de diseño, fabricación y montaje de un pabellón desde los fundamentos geométricos, se convierte también en un ejercicio de comunicación y de coordinación intergrupala, donde los estudiantes pueden trabajar las competencias necesarias del trabajo en equipo.

No podemos olvidar otros aspectos importantes que se incorporan a esta fórmula de trabajo, que es concebir la herramienta digital como un laboratorio de investigación geométrica donde, de forma empírica, se investiga las propiedades geométricas y estructurales de ciertas superficies que vamos a poner en práctica en el proyecto. De esta manera se añade al planteamiento inicial una variable que trasciende lo puramente docente, para convertir la experiencia en un taller experimental de investigación (Casale, 2015).

Hasta la fecha hemos desarrollado diferentes investigaciones en el campo de las superficies geométricas con ayuda de las tecnologías digitales, iniciando el recorrido por los ‘Teoremas de Cuádricas’ que pusimos en práctica con la instalación ‘The Caterpillar Gallery’ en la Universidad de Sevilla (Narváez y Martín-Pastor 2014:309) y ‘The Cocoon’ en la Universidad Nacional de Colombia (Martín-Pastor et al., 2014). También hemos abordamos el estudio de las superficies desarrollables, específicamente las superficies de igual pendiente, con el pabellón ‘SSFS Pavilion - Sante Fe’ (Sigradi 2016) y una adaptación mejorada del mismo diseño con el pabellón construido en Sevilla para el evento de ‘La noche Europea de los Investigadores’. En nuestro último taller hemos desarrollado las superficies helicoidales desarrollables y su uso en la construcción de pabellones de madera con el Butterfly Gallery – Helicoidal Surfaces en la Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## Butterfly Gallery - Helicoidal Surfaces. Estrategias geométricas para la fabricación digital

El taller se ha titulado: ‘Butterfly Gallery - Helicoidal Surfaces, Estratégias Geométricas para a Fabricação Digital’, y ha sido impartido como actividade de la pesquisa ‘A Educação do Olhar: apreensão dos atributos geométricos da forma dos lugares’, en el Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro - Proarq, durante el mes de agosto de 2015. Mi participación se debe a la generosa invitación de la profesora María Angela Dias, coordinadora del mismo. La actividad también ha contado con el apoyo de los profesores, Andrés Martín Passaro, Gonçalo Castro Henriques, Danusa Gani, Mauro Chiarella, Raphael Marconi, entre otros muchos de la FAU UFRJ, así como del equipo de Lamo3D y la colaboración de Fablab Sevilla.

La estrategia docente del workshop ha planteado un recorrido a un grupo de estudiantes de Arquitectura a través de un programa teórico-práctico de dos semanas. En ellas se han abordado las competencias en ‘fundamentos de geometría’, junto a las competencias del uso y manejo de las herramientas digitales a partir de leyes de generación geométrica y la capacidad exploratoria de la forma, gracias a algoritmos paramétricos. Éstos se pusieron en práctica en un pequeño taller de experimentación proyectual, donde cada grupo de estudiantes elaboró su propio proyecto de pabellón. Finalmente, un ejercicio guiado contempló los aspectos constructivos y las competencias en fabricación digital, que concluyó con la construcción física del pabellón titulado: The Butterfly Gallery – Helicoidal Surface.

En los primeros días del workshop se fueron trabajando las cuestiones teóricas, los fundamentos geométricos que deben conocerse para trabajar con superficies desarrollables y con la geometría del helicoides. Los parámetros que determinan la forma de la hélice del cual proviene: el paso, radio de la hélice, etc. y las condiciones de la familia de rectas que, apoyándose en ella, generan un helicoides desarrollable (Fig.3). Todas estas lógicas fueron trabajadas, primero como una secuencia de operaciones gráficas dibujadas mediante el software *Rhinoceros*, que después fueron trasladadas a la forma de algoritmo en *Grasshopper*, como si fuera una transcripción literal de los mismos razonamientos geométricos.

Fig. 3. Representación gráfica y parametrización de una hélice a partir de las variables 'eje', 'paso' y 'radio'. Representación del helicoides desarrollable que se apoya en ella.



Pasar de la lógica gráfica del programa de CAD a la programación paramétrica, tiene su dificultad cuando se dispone de tan solo unos días para ello y unos estudiantes — muchos de los cuales— se encontraban con este medio por primera vez. No obstante, la clave del éxito del taller residió en que entendimos que es la lógica del pensamiento gráfico, unida al conocimiento geométrico, la que estructura la programación algorítmica y no al revés (programar sin pensamiento gráfico previo sería como dibujar 'de memoria' y 'a oscuras'). El algoritmo resultante permite generar un helicoides desarrollable con sus diferentes variables formales perfectamente parametrizadas. La gran aportación del diseño paramétrico consiste en que permite construir no solo un diseño (una solución), sino una familia entera de soluciones que comparte la misma ley de generación geométrica inicial.

En la parte de experimentación de la forma, los alumnos pudieron explorar esta superficie para sus propios fines compositivos y proyectuales. La construcción del algoritmo ha formado parte de la propia creación arquitectónica, en el sentido de que se ha diseñado una herramienta 'a medida' que nos ha permitido explorar y manipular la forma geométrica hasta nuestros fines, convirtiendo una superficie abstracta en un verdadero proyecto (Fig. 4). Una herramienta que, haciendo uso de sencillos 'fundamentos de geometría', nos ha permitido llevar el pensamiento gráfico —más allá de los límites de las herramientas tradicionales— hacia un 'pensamiento gráfico avanzado'.

Fig. 4. La profesora María Angela, revisando cada proyecto. Trabajos realizados por los estudiantes del Workshop.



La geometría de superficies desarrollables permite que cada una de las superficies helicoidales que conforman el pabellón, puedan ser desarrollados en el plano en una única lámina de madera. La superficie, con ayuda del equipo de montaje, se curva en frío adquiriendo la forma helicoidal en el espacio. Cada una de estas superficies es un fragmento de helicoide distinto que habrá que atar, o coser entre sí, mediante bridas de nylon para que adquiera rigidez el conjunto.

Una vez que se definió el proyecto básico común para desarrollar entre todos los asistentes del workshop, pasamos a definir geoméricamente cada uno de los componentes del pabellón (podríamos decir el proyecto de ejecución). Para ello fue fundamental conocer las dimensiones estandarizadas de los paneles de madera de la industria local, así como las características físico-mecánicas de la madera, el radio mínimo de curvatura de la misma, las dimensiones de tornillos y tuercas para clavar, la tipología de los mismos, diámetros de arandelas, etc. y tener todos estos aspectos controlados previamente al proceso de despiece del pabellón, que es un proceso geométrico de gran complejidad, donde se ponen de manifiesto multitud de competencias en Geometría Descriptiva.

La superficie continua de cada uno de los anillos helicoidales se transformó en un conjunto piezas a mecanizar con fresadora CNC, que irían solapadas y mecanizadas con todas las perforaciones necesarias para tornillos y bridas de nylon. Por otro lado, el atado a la plataforma horizontal donde descansaría el pabellón se realizó mediante

unas cartelas de madera de 3 cm, todas distintas, que se adaptan perfectamente a la geometría de la superficie en su encuentro con ella. Toda esta información geométrica pasaría a formar parte de los archivos de corte necesarios para la fabricación digital. (Fig.5).

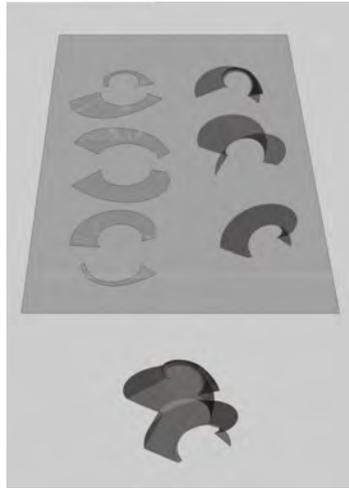


Fig. 5. Modelo en Rhino del Pabellón donde podemos ver el desarrollo plano de cada uno de los anillos.



Fig. 6. Simulación de la construcción del pabellón a partir de una maqueta a escala 1:8 donde se recogen todos y cada uno de los componentes.

Una vez que quedaron definidos los diferentes componentes del pabellón, se pasó a construir un simulacro del mismo con una maqueta a escala 1:8, donde se hicieron las pruebas de verificación de cada una de las piezas y de la estabilidad general del conjunto y las pruebas de simulación y coordinación de los procesos de montaje (Fig.6). Una vez realizadas, se dio paso a la fabricación de cada componente a escala 1:1, terminando la fase de diseño y comenzando la fase de producción, en nuestro caso llevada a cabo por los miembros de Lamo3D, con la colaboración de Foco Design.

El montaje del pabellón fue una de las fases más emblemáticas del proceso, por la alta carga emocional que tuvo finalizar un trabajo coordinado y colaborativo de esta naturaleza (Fig.7). Pero no podemos olvidar que se trató, también, de un trabajo de precisión donde tuvimos que prever ciertas tolerancias en los ajustes finales y situaciones conflictivas en el proceso. Maximizar el rendimiento, con un reparto equitativo del trabajo conforme a las herramientas que se disponen (atornilladores eléctricos, etc.) fue una de las claves del éxito de esta fase de montaje.

Fig. 7. Montaje del Pabellón a escala 1:1. FAU, Universidade Federal do Rio de Janeiro.



## A modo de conclusiones

Dentro de los objetivos docentes era prioritario producir una vinculación entre los conocimientos de ‘fundamentos de geometría’ y su aplicación en arquitectura real. En ese sentido el taller ha sido un éxito tanto si lo valoramos en cada parte, como en el resultado arquitectónico final: el Butterfly Gallery. Hemos abarcado casi todas las fases de la relación entre geometría y proceso arquitectónico. Entre ellas ha tomado especial relevancia la ‘geometría y creatividad’, ‘geometría, definición gráfica y el control de la forma’ y —todo lo posible en el tiempo que tuvimos— ‘Geometría de precisión y de detalles’.

Los tres procesos productivos asociados a la geometría y la fabricación digital, como son: el ‘proceso de diseño’, el ‘proceso de fabricación’ y el ‘proceso de montaje’, han quedado claramente expuestos durante el workshop y creemos que ha sido un acierto delegar las tareas del ‘proceso de producción’ al equipo de Lamo3D, para centrarnos con los estudiantes en las fases inicial y final (diseño y montaje), dejando expresa constancia que se trataban de tres procesos delegables en tres grupos de trabajo diferentes.

Respecto al desarrollo del taller, creemos que ha sido fundamental la motivación intrínseca que disponían los alumnos y el equipo de profesores colaboradores. El éxito de la experiencia ha dependido en gran parte de ello, junto a la capacidad de dinamización, coordinación entre equipos, experiencia previa, el control y la medida de tiempos y esfuerzos, etc. que disponían todos los miembros del equipo. Por todos estos motivos, creemos que ha sido un modelo ejemplar de experiencia de innovación docente.

Dentro de las cuestiones relativas a la investigación, el taller ha sido un laboratorio de experimentación práctica y teórica. Se ha puesto de manifiesto cómo, a través de las herramientas digitales, podemos *redescubrir* superficies geométricas poco usadas en arquitectura —pero presentes en los tratados y manuales de geometría— y darle un uso novedoso en la producción arquitectónica actual.

Se ha avanzado en la parametrización de una familia de superficies —los helicoides desarrollables— a través de la herramienta *Grasshopper*, cuando estas superficies son extremadamente complejas de desarrollar por medios CAD3D convencionales (incluido *Rhinoceros*) y prácticamente imposibles por los tradicionales. Con ello, se avanza en el estudio y aplicación de las superficies desarrollables en Arquitectura, dejando la puerta abierta a todo un mundo de exploración formal a través de estas tecnologías. También se ha avanzado en los aspectos constructivos y de montaje de arquitectura efímera —concretamente la arquitectura de pabellones de madera— con unas características genuinas de ensamble (por tornillos y solapes) y atado (por cosido con bridas de nylon) de fácil montaje, que ya había sido experimentada en nuestros pabellones anteriores, y que en esta experiencia ha sido perfeccionada.

## Agradecimientos

Agradezco a la profesora Maria Angela Dias, que con su voluntad ha hecho realidad este taller; a Juan Expósito por el diseño conjunto del Butterfly\_Gallery; a los profesores Andres Martin Passaro, Gonçalo Castro Henriques y los chicos de LAMO, artífices de la producción y del éxito del workshop; al equipo FABLAB Sevilla; a la profesora Danusa Chini Gani, a Raphael Marconi, a Mauro Chiarella y al resto de profesores de

la UFRJ por la ayuda constante; a todos los alumnos que han asistido al taller sin cuyo esfuerzo no hubiera sido posible la experiencia; y finalmente, con afecto, a la profesora Gabriela Celani, la persona que encendió la chispa al presentarme a María Angela en Montevideo, en noviembre de 2014.

## Referencias

CASALE, Andrea; et al. Surfaces: Concept, Design, Parametric Modeling and Prototyping. *Nexus Network Journal* 15, vol. 2 (2013), pp. 271-283.

GENTIL BALDRICH, José María. Sobre arquitectura y ciencia: la introducción de la Geometría Descriptiva en España. En: *Cuadernos de Construcción*, vol. 4, Sevilla, 1983, pp. 41-56.

CHIARELLA, Mauro; GARCÍA-ALVARADO, Rodrigo. Folded Compositions in Architecture: Spatial Properties and Materials. *Nexus Network Journal* 17, vol. 2 (2015), pp. 623-639.

KUHN, Tomas S. *La estructura de las revoluciones científicas*. Chicago: Chicago Press, 1962 [primera edición].

MARTIN-PASTOR, Andrés; TORRES-HOLGUIN, Jorge; NARVAEZ-RODRIGUEZ, Roberto; GALINDO-DIAZ, Jorge. Los workshops de geometría en Cad3D y prefabricación digital como estrategia docente en la enseñanza de la geometría para la arquitectura. En: *Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics*. [Blucher Design Proceedings, v.1, n.8.] São Paulo: Blucher, 2014, pp. 213-216.

MIGLIARI, Riccardo. Descriptive Geometry: From its Past to its Future. *Nexus Network Journal* 14, vol. 3, (2012), pp. 555-571.

MONGE, Gaspard. *Géométrie descriptive*. Paris: Baudouin, 1798.

NARVÁEZ-RODRÍGUEZ, Roberto; MARTÍN-PASTOR, Andrés; AGUILAR-ALEJANDRE, María. The Caterpillar Gallery: Quadratic Surface Theorems, Parametric Design and Digital Fabrication. En: *Advances in Architectural Geometry 2014*, eds. Philippe Block et al. London: Springer (2014), pp. 309-322.

POTTMANN, Helmut. Architectural Geometry and Fabrication-Aware Design. *Nexus Network Journal* 15, vol. 2 (2013), pp. 195-208.

POTTMANN, Helmut; ASPERL, Andreas; HOFER, Michael; KILIAN Axel. *Architectural Geometry*. Exton: Bentley Institute Press, 2007.

SACAROVITCH, Joël. Épures d'architecture. De la Coupe del pierres à la géométrie descriptive, XVIe-XIXe siècles. En: *Science Network. Historical Studies* vol. 21. Basel; Boston; Berlin: Birkhäuser, 1998.

TAFTEBERG JAKOBSEN, Ivan; MATTHIASSEN, Jesper. Descriptive Geometry and/or Computer Technology? What Mathematics is required for Doing and Understanding Architecture? *Nexus Network Journal* 16, vol. 2 (2014), pp. 505-516.

CADERNOS  
**PROARQ 25**

ANDRÉS MARTÍN-PASTOR

## Um retorno aos Fundamentos da Geometria

*The Butterfly Gallery* – Superfícies Helicoidais Estratégias  
Geométricas para a Fabricação Digital

**Ph.D. Andrés Martín-Pastor**

Universidade de Sevilha.

Departamento de Engenharia Gráfica.

Escola Técnica Superior de Engenharia da Edificação. ETSIE.

Instituto Universitário de Arquitetura e Ciências da Construção IUACC.

**archiamp@us.es**

**Resumo**

Hoje em dia, a docência de Geometria Descritiva está sofrendo mudanças consideráveis nas Escolas de Arquitetura do mundo e, em nosso entendimento, é prioritário realizar uma importante reflexão e renovação acerca de seu ensino. Propomos uma estratégia docente onde se conceba a aprendizagem dos “fundamentos da geometria” em conjunto com as ferramentas digitais. O workshop “The Butterfly Gallery–Helicoidal Surfaces”, desenvolvido na Universidade Federal do Rio de Janeiro, é um exemplo disso, onde se aborda a construção de um pavilhão de madeira com superfícies helicoidais desenvolvíveis, indo dos fundamentos geométricos até sua fabricação digital e montagem colaborativa.

## Introdução

Um exercício de análise crítica da situação atual começa por uma reflexão sobre o papel desempenhado pela Geometria Descritiva no passado, desde suas origens até sua incorporação no currículo do arquiteto. Reveremos quais foram as características que fizeram da Geometria Descritiva — em sua acepção *mongiana* de “Sistema Diédrico” — uma ciência notável em sua época e o que deixou de ser aportado por esta disciplina hoje em dia, sopesando as possíveis carências que o abandono da Geometria Descritiva tradicional trouxe para os nossos atuais estudantes. Isso requer avaliar tanto o positivo quanto o negativo a respeito da situação na qual nos encontramos após alguns anos de evolução das ferramentas de desenho digital.

Por sua vez, não podemos ignorar os novos contextos de aprendizagem que surgiram em matéria de pensamento geométrico, como o são os *Laboratórios de Fabricação Digital*. À sua volta, estão se desenvolvendo estratégias docentes inovadoras, permitindo apoiar um novo ensino da Geometria Descritiva, por meio de ferramentas digitais.

Tão logo for analisado o panorama no qual nos encontramos, proporemos estratégias docentes com vistas a ensinar os “fundamentos da geometria”, sempre a partir do pensamento gráfico, com base nos novos meios de controle do espaço, resgatando o uso prático dessa Geometria Descritiva a partir dessas ferramentas, a fim de resolver problemas concretos da arquitetura.

Por fim, apresentaremos a última experiência desenvolvida, onde aplicamos e avaliamos essas teorias. Uma experiência de investigação e inovação, desenvolvida no curso de Pós-graduação em Arquitetura, como atividade da pesquisa “A Educação do Olhar: apreensão dos atributos geométricos da forma dos lugares”, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. O workshop intitulado “Butterfly Gallery - Helicoidal Surfaces, Estratégias geométricas para a Fabricação Digital” teve como resultado uma instalação arquitetônica (Fig.1), de mesmo nome e em madeira laminada, situada no pórtico de acesso da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRJ.

Fig. 1. Butterfly Gallery - Helicoidal Surfaces. FAU, Universidade Federal do Rio de Janeiro



## Geometria Descritiva. Sucesso e declínio de uma disciplina

Faz relativamente pouco tempo — antes da chegada do CAD —, continuavam sendo utilizados, na prática arquitetônica, os instrumentos tradicionais de desenho. A formação do arquiteto estava vinculada ao domínio de um amplo conjunto de saberes gráficos e, dentro desse repertório variado, a Geometria Descritiva (em sua acepção *mongiana*) continuava sendo a ferramenta gráfica mais rigorosa com que contava a mente do arquiteto para resolver qualquer problema geométrico-arquitetônico (Gentil, 1983). Não é de se estranhar, portanto, que tenha sido uma disciplina de peso considerável na história do ensino da Arquitetura na Espanha, na Itália e na França, desde o nascimento das escolas de arquitetura até muito pouco tempo atrás.

Gaspar Monge (1746-1818), em sua *Géométrie descriptive* (1798), trouxe uma codificação científica ao sistema de dupla projeção, sistema gráfico já usado na sua época, e que vinha sendo trabalhado desde os tempos de Piero e Dürero. A exaustiva codificação proposta por Monge supôs um maior grau de abstração ao sistematizar uma gramática gráfica que recorria não só a objetos reconhecíveis pela percepção visual, como também a entidades matemáticas puras, como o ponto, a reta, o plano, as superfícies, etc., isoladamente, além de abordar suas interseções e desenvolvimentos. De certo modo, foi uma louvável estratégia de tradução dos problemas referentes a equações matemáticas abstratas ao pensamento gráfico, como fica comprovado na comparação entre os textos de álgebra, *Application de l'analyse à la géométrie* (1809) e os de *Géométrie descriptive* (1798), de referido autor francês.

Não esqueçamos, tampouco, como o ilustra Sacarovitch (1998), o contexto histórico em que a obra do matemático francês floresce: o momento de máximo refinamento do corte de pedra conhecido como “estereotomia”, como disciplina científica. O controle absolutamente técnico e científico das operações relativas à construção, primeiramente, do ponto de vista da engenharia militar e da engenharia civil, e, em seguida, a partir da Arquitetura.

A Geometria Descritiva, longe de ter como objetivo que o estudante “aprendesse a ver o espaço”, apresentava-se como um instrumento de precisão, medida e cálculo: a ferramenta mais poderosa de sua época para se conseguir abordar, a partir do pensamento gráfico, os problemas concretos das obras de engenharia militar, engenharia civil e arquitetura. Novos materiais como o ferro e o vidro encontraram suporte técnico nessa disciplina gráfica, para serem trabalhados com desenvoltura. Consolidou-se uma ferramenta conceitual não só com vistas à ideação formal preliminar, como também, fundamentalmente, para concretizar dimensionalmente as partes de certas obras, que tinham de ser elaboradas por diferentes sistemas de produção. Em definitivo, tentava-se “produzir” de forma cada vez menos artesanal e mais científica e industrial.

O principal motivo pelo qual a Geometria Descritiva reduziu, de forma natural, a sua presença em nossas aulas parece evidente: a ferramenta em que se baseava essa ideia de controlar o espaço a partir do pensamento gráfico — o Sistema Diédrico — deixou de ser o melhor meio de controle gráfico do arquiteto e do engenheiro. As ferramentas digitais — que são muitas e variadas — operam de modo mais eficiente no pensamento gráfico.

Hoje, podemos considerar-nos “pós-digitais”, posto que os programas de CAD já não são considerados “novas tecnologias”, e sim, instrumentos cotidianos. Ao longo dos últimos vinte anos, as mesmas foram criadas e exploradas em suas limitações conceituais, quase ao mesmo tempo em que surgiam novos processadores, softwares, etc. Esse processo de aparição dos meios digitais foi investigado por muitos pesquisadores do *Architectural Geometry* (Pottmann, 2007, 2013) e tudo parece indicar que nos encontramos diante do amanhecer de um novo paradigma, na acepção que nos era proposta por Tomas Kuhn, em *La estructura de las revoluciones científicas*: “quando mudam os paradigmas, acontecem, normalmente, transformações importantes nos critérios que determinam a legitimidade tanto dos problemas quanto das soluções propostas” (Kuhn, 1962:174).

## A Geometria Descritiva a partir das ferramentas digitais? Problemas de nomenclatura

A chamada “inércia histórica” aparece nos processos de transformação de modo acentuado e controvertido. Essa inércia opera não só do ponto de vista formal, ou dos conteúdos formais, como também no uso das palavras e de seus significados. A linguagem é algo vivo e, como em qualquer processo de mudança, será a acepção geral que poderá — a longo prazo — dar validade à variação proposta.

O uso do término “Geometria Descritiva” esteve inicialmente vinculado aos ambientes técnicos universitários europeus — fundamentalmente, o francês, o italiano, o espanhol e o português —, que vinculavam o conjunto de objetivos da disciplina ao uso e manuseio de uma ferramenta: o “Sistema Diédrico”. Não era possível conceber uma Geometria Descritiva fora do Sistema Diédrico, já que uma coisa quase implicava na outra.

Durante esses últimos anos de incorporação das ferramentas digitais ao ensino da Geometria para arquitetura, foi impossível romper esse tradicional emparelhamento semântico, a tal ponto que a obsolescência do Sistema Diédrico como Sistema de Representação acarretou a derrubada — quase absoluta — do ensino da Geometria Descritiva, tendo isto ocorrido de forma generalizada nas Escolas de Arquitetura espanholas.

No entanto, os fins e os objetivos da “Geometria Descritiva” de Monge eram: abordar, a partir do pensamento gráfico, os problemas concretos das obras de engenharia militar, engenharia civil e arquitetura; controlar, de forma absolutamente técnica e precisa, as operações relativas à construção; e produzir de modo menos artesanal e mais industrializado, continuando, todos eles, absolutamente vigentes nos dias atuais, na época pós-digital na qual nos encontramos. As ferramentas digitais colaboram na realização de todos esses objetivos, mais do que qualquer outra ferramenta tradicional — conceitual ou mecânica —, razão pela qual não deveria haver nenhuma contradição em se conceber uma Geometria Descritiva a partir de ferramentas digitais.

## O uso das ferramentas de controle do espaço e o estudo da Geometria a partir do pensamento gráfico

Vem-se confundido e misturando o ensino do manuseio de ferramentas com o estudo das habilidades mentais que conduzem aos fins arquitetônicos, nos quais a Geometria, por meio do pensamento gráfico, impõe seu protagonismo. Essa confusão não é uma questão nova, vem de muito tempo e já estava presente no ensino dos Sistemas de Representação tradicionais, destinados ao estudo da Geometria. Segundo Ricardo Migliari: “Descriptive geometry has this capability too [representation], but it is only one among several. Indeed, descriptive geometry is, first of all, the science that teaches to construct shapes of three dimensions, by means of a graphic solution that simultaneously controls the metric, formal and perceptive aspects” (2012:568).

Os Sistemas de Representação são as ferramentas de visualização e os recursos gráficos com que se contou, tradicionalmente, para definir, representar e controlar a posição dos objetos no espaço. Como ferramentas que são, podemos conhecer perfeitamente o seu manuseio sem saber nada a respeito de sua aplicação em geometria, arquitetura ou engenharia. Podemos saber usar perfeitamente o Sistema Diédrico, ignorando, em seguida, o que fazer com ele, ou suas qualidades ou limitações no estudo de tal ou tal superfície geométrica.

A Geometria — aplicada ao estudo da Arquitetura e Engenharia — aborda e aprofunda as propriedades dos objetos, no tocante à sua forma (formas geométricas), sua classificação e as relações entre elas. A Geometria busca desenvolver axiomas, princípios e teoremas, como o “Teorema de Dandelin”, que relaciona o cone de revolução, a esfera inscrita tangente a um plano de corte, com o foco da seção cônica; ou os “Teoremas de Interseção de Quádricas”, etc. Pode-se enfocar o estudo da geometria a partir da álgebra, da expressão gráfica (pensamento gráfico), etc., e sua profundidade e grandeza estão acima de qualquer sistema de representação. É território comum de muitas disciplinas, entre elas, a arquitetura. Atualmente, dá-se o nome de Geometria Arquitetônica ou *Architectural Geometry* a esses saberes geométricos (matemáticos, gráficos, programação algorítmica, etc.) que estão a serviço da Arquitetura.

Se falamos, para estudar Geometria, apenas de pensamento gráfico (não matemático, nem algébrico, nem algorítmico), com auxílio de ferramentas de controle gráfico (digamos, “meios de controle gráfico”), falamos, então, de Geometria Descritiva. Esta disciplina histórica permitiu ensinar, nas Escolas de Arquitetura, alguns sólidos fundamentos geométricos e uma gramática básica que opera com raciocínios simples (a partir da máxima abstração do ponto e da linha), que podem ser extrapolados para corpos e superfícies geométricas mais sofisticadas, por meio de uma sequência lógica.

No entanto, de forma contraditória, à medida que foi aumentando o número de ferramentas digitais de controle do espaço, foram sendo esquecidos, também, os fundamentos geométricos para lidar com qualquer tipo de raciocínio de certa complexidade. Um olhar sobre a situação atual evidencia as grandes carências em “fundamentos da geometria” nas quais se encontram os estudantes das Escolas de Arquitetura (na Espanha), não só nos cursos iniciais de formação, como também, de forma mais preocupante, nos mais avançados. Ao passo que se produziu essa situação de desconhecimento básico no currículo acadêmico, foram se proliferando toda uma série de cursos de softwares avançados, para estudantes que, embora bem formados no tocante às ferramentas informáticas, careciam de fundamentos geométricos mais gerais para conduzi-las.

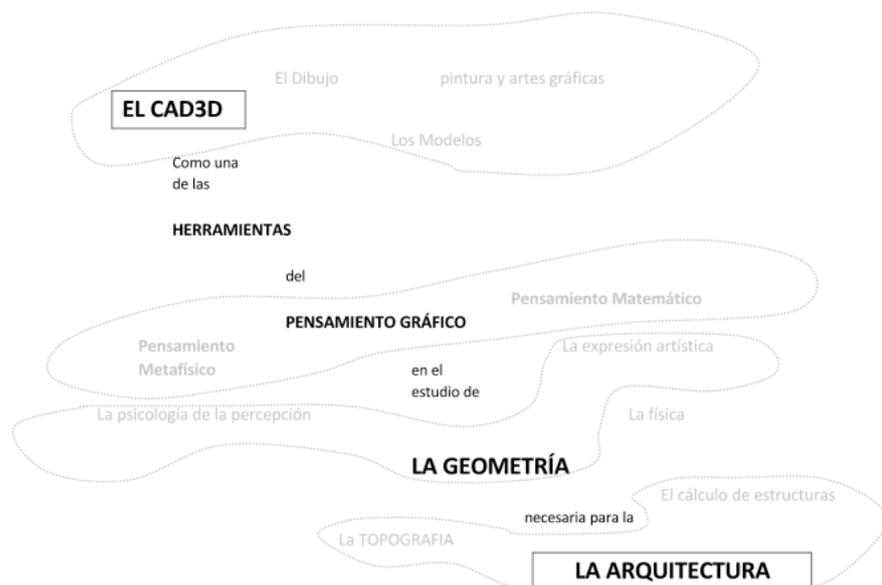
A Geometria Descritiva tradicional — a dos nossos tratados e manuais —, de forma coerente com o sistema de representação de sua época, contribuiu muito para a sistematização dos “fundamentos da geometria”, e tal material continua sendo um referente válido, para ser reinterpretado e abordado à luz das ferramentas digitais. Existem agora melhores ferramentas para controlar, a partir do pensamento gráfico, a geometria subjacente na arquitetura, mas ainda resta construir um “corpus” estruturado onde os fundamentos estejam dispostos de modo sistematizado, para o seu ensino a partir de ferramentas digitais. Talvez, nosso maior desafio como professores de Geometria Descritiva aplicada à Arquitetura e à Engenharia.

## A geometria que é necessária à Arquitetura

Nos últimos quinze anos, surgiu um complexo debate sobre a conflituosa questão: que geometria é necessária, hoje, à Arquitetura? Este tema foi abordado em vários congressos de expressão gráfica (como os congressos EGA ou Apega); os de Geometria Descritiva (Aproged) e informática gráfica (como aCAADe ou Sigradi) também não ficaram alheios a esse enfoque; assim como foi um debate tratado abertamente em revistas que abordam a relação entre arquitetura e matemática, como “Nexus” (Tafteberg et al., 2014:505–516), ou revistas do âmbito da educação superior e arquitetura.

O que começou como uma crise metodológica no ensino de uma disciplina, que cada um enfrentou com seus próprios recursos e decisões — às vezes, improvisadas, diante da ausência de reflexão crítica — deu lugar, hoje em dia, a centenas de publicações científicas sobre o tema. Nós vamos tentar responder esse questionamento com base em nossa experiência docente e de pesquisa, levando em conta um enfoque metodológico próprio. Quanto ao problema referente a “que geometria se considera necessária à arquitetura”, situamo-lo ao fim de uma longa sequência de aproximação hermenêutica do fenômeno de criação e produção arquitetônica, em seu mais amplo aspecto (Fig.2). Em primeiro lugar, abordaremos as ferramentas digitais — dentro do conjunto de ferramentas de que dispomos —, destacando como se diferenciam substancialmente das tradicionais, na medida em que permitem superar o paradigma anterior.

Fig. 2. Aproximação hermenêutica do fenômeno de criação e produção de arquitetura, a partir das ferramentas, do pensamento gráfico e da geometria.



Com as ferramentas digitais, superamos o problema da representação da tridimensionalidade em suporte plano, assim como o problema da precisão nos traçados gráficos. Também dispomos de uma série de automatismos a nosso favor, que aceleram o processo de visualização e minimizam a energia mental usada nos procedimentos auxiliares intermediários, incorporando a potência de visualização da máquina à nossa mente (e à nossa imaginação, abrindo, assim, novas relações associativas).

No tocante às particularidades do que foi chamado de “pensamento gráfico”, este se diferencia de outros tipos de pensamento, como o “matemático” ou outros, pois operam, nele, a informação gráfica e os processos de construção da mesma. Estes intervem de forma ativa na construção do desenho, do modelo ou da imagem, e o estado final de tal construção gráfica — que se retroalimenta da visualização — é justamente a conclusão de dito raciocínio. É um pensamento que precisa da presença física de imagens codificadas, para que cada etapa possa continuar sendo produzida dentro do raciocínio global. A ausência de tais imagens ou um erro na codificação das mesmas impediria, pelo contrário, o fluxo das ideias. Sobretudo, trata-se de um pensamento não verbal, flui por outras vias; as tentativas de explicar esse raciocínio a partir do verbal e sem ajuda de elementos gráficos mostram-se inviáveis.

Aprofundando-nos na última parte do processo ilustrado na figura 2, abordamos a relação que se produz entre a geometria e a arquitetura. Mas levando em conta tudo o que foi dito anteriormente, a pergunta completa seria: que geometria parece-nos necessário dominar para seu uso na arquitetura, considerando que vamos abordá-la a partir do pensamento gráfico e com as ferramentas digitais da nossa época?

Responderemos a pergunta da mesma forma que era respondida em seus inícios fundacionais, no século XIX: “aquela que aborda, a partir do pensamento gráfico, os problemas concretos da arquitetura; ajuda a controlar, de forma absolutamente técnica e precisa, as operações relativas à construção e serve para produzir de modo menos artesanal e mais industrializado [mais eficiente]”.

Os “fundamentos da geometria” constituem a gramática que nos permite realizar raciocínios geométricos mais elevados, que servem, finalmente, para articular problemas e soluções concretas na arquitetura. Fazer uso dessa capacidade e desenvolvê-la para fins práticos é o objetivo último do ensino da Geometria Descritiva. Nós sintetizamos cinco fases do processo arquitetônico onde o conhecimento da geometria está fortemente presente. Estas fases estão bastante relacionadas com a pré-fabricação e, talvez, os Laboratórios de Fabricação Digital — Fablabs — sejam os cenários mais apropriados para vincular todas as fases desse processo no âmbito docente e de pesquisa:

“Geometria e criatividade”. Falamos da ideia geométrica do projeto. Na tradição do desenho arquitetônico, poderia ser relacionado ao croqui. Em desenho paramétrico, fala-se do algoritmo gerador da forma.

“Geometria, definição gráfica e controle da forma”. O desenho de criação, ou o modelo 3D, como substituto do objeto, que poderia estar relacionado à definição exigida por um projeto básico. Há todo um conhecimento geométrico colocado ao serviço dessa definição formal.

“Geometria de precisão e detalhes”. A definição geométrica de cada uma das partes de um objeto arquitetônico e as relações de conjunção ou combinação das partes entre si. Trata-se de um nível de precisão necessário à criação de uma axonométrica ou à criação de um pré-fabricado.

“Geometria, medições e avaliação econômica”. A geometria como ferramenta de medição.

“Geometria, construção e montagem”. É a geometria necessária à definição gráfica dos sistemas de montagem, aquela que explica os processos de combinação e a Geometria dos sistemas de controle.

Nesse sentido, o desafio é planificar essas cinco fases por meio de um projeto docente e dispor de um ambiente de trabalho apropriado para colocá-lo em prática. Como já adiantamos, nossa proposta consistirá em abordar, a partir da Geometria Descritiva —e usando ferramentas digitais —, as fases de desenho, fabricação digital e montagem colaborativa de um pavilhão de madeira. Esta experiência é aproveitada como uma oportunidade de aplicar um modelo teórico e como validação do mesmo.

## A importância dos “fundamentos da geometria” na era pós-digital. A pesquisa geométrica

Abordar um projeto dessa natureza nos obriga a um estudo triplo: abordar os “fundamentos da geometria”, os “fundamentos do software” e os “fundamentos da fabricação digital”. Não se trata apenas de um exercício de Geometria aplicado a um processo construtivo. Para cumprir os objetivos, a rede de conhecimentos, aptidões e habilidades precisa ganhar em complexidade, assumindo as competências conceituais (teoria e fundamentos), instrumentais (ferramentas de desenho) e produtivas (ferramentas de fabricação).

Ao relacionarmos as cinco fases anteriormente comentadas aos processos básicos de fabricação digital, observamos que coincidem, basicamente, com os processos de “desenho”, “fabricação” e “montagem” que encontramos na fabricação industrializada. Cada um desses processos pode ser concebido por equipes totalmente autônomas, mantendo uma estreita semelhança com os processos de desenho industrial. A experiência de desenho, fabricação e montagem de um pavilhão, a partir de fundamentos geométricos, transforma-se, também, num exercício de comunicação e coordenação intergrupar, onde os estudantes podem trabalhar competências necessárias ao trabalho em equipe.

Não podemos esquecer outros aspectos importantes que são incorporados a esse modo de trabalho, nomeadamente, conceber a ferramenta digital como um laboratório de pesquisa geométrica, onde se investiga, de forma empírica, as propriedades geométricas e estruturais de certas superfícies, que vamos pôr em prática no projeto. Desta forma, acrescenta-se ao questionamento inicial uma variável, que transcende a pura docência, transformando a experiência num ateliê experimental de pesquisa (Casale, 2015).

Até a presente data, desenvolvemos diferentes pesquisas no âmbito das superfícies geométricas, com auxílio de tecnologias digitais, iniciando o percurso pelos “Teoremas de Quádricas”, que colocamos em prática nas instalações “The Caterpillar Gallery”, na Universidade de Sevilha (Narváez e Martín-Pastor 2014:309), e “The Cocoon”, na Universidade Nacional da Colômbia (Martín-Pastor et al., 2014). Abordamos, também, o estudo das superfícies desenvolvíveis, especificamente, as superfícies com mesmo grau de inclinação, com o pavilhão “SSFS Pavilion - Sante Fe” (Sigradi 2016), além de uma adaptação melhorada do mesmo desenho, com o pavilhão construído em Sevilha para o evento de “La noche Europea de los Investigadores”. Em nosso último ateliê, desenvolvemos as superfícies helicoidais desenvolvíveis e seu uso na construção de pavilhões de madeira, com o Butterfly Gallery – Helicoidal Surfaces, na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

## Butterfly Gallery - Helicoidal Surfaces. Estratégias geométricas para a fabricação digital

O ateliê intitulou-se: “Butterfly Gallery - Helicoidal Surfaces, Estratégias Geométricas para a Fabricação Digital”, e foi ministrado como atividade da pesquisa “A Educação do Olhar: apreensão dos atributos geométricos da forma dos lugares”, no Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro - Proarq, durante o mês de agosto de 2015. Minha participação resultou do generoso convite da professora Maria Angela Dias, coordenadora do mesmo. A atividade contou, também, com o apoio dos professores Andrés Martín Passaro, Gonçalo Castro Henriques, Danusa Gani, Mauro Chiarella e Raphael Marconi, entre muitos outros da FAU-UFRJ, assim como da equipe da Lamo3D, além da colaboração do Fablab Sevilla.

A estratégia docente do workshop estabeleceu um percurso para um grupo de estudantes de Arquitetura, por meio de um programa teórico-prático de duas semanas. Durante elas, foram abordadas as competências de “fundamentos da geometria”, assim como as competências de uso e manuseio das ferramentas digitais, a partir de leis de geração geométrica, e a capacidade exploratória da forma, graças a algoritmos paramétricos. Estes foram colocados em prática num pequeno ateliê de experimentação projetual, onde cada grupo de estudantes elaborou seu próprio projeto de pavilhão. Por fim, um exercício guiado contemplou os aspectos construtivos e as competências em fabricação digital, concluindo-se com a construção física do pavilhão intitulado: The Butterfly Gallery – Helicoidal Surface.

Nos primeiros dias do workshop, foram trabalhadas questões teóricas, os fundamentos geométricos que devem ser conhecidos para se trabalhar com superfícies desenvolvíveis e com a geometria do helicóide. Os parâmetros que determinam a forma da hélice da qual deriva: o passo, o raio da hélice, etc., e as condições da família de retas que, apoiando-se nela, geram um helicóide desenvolvível (Fig.3). Todas essas lógicas foram trabalhadas, primeiramente, como uma sequência de operações gráficas desenhadas por meio do software *Rhinceros*, que foram, depois, transferidas à forma de algoritmo no *Grasshopper*, como se fossem uma transcrição literal dos mesmos raciocínios geométricos.

Fig. 3. Representação gráfica e parametrização de uma hélice a partir das variáveis “eixo”, “passo” e “raio”. Representação do helicóide desenvolvível que se apoia nela.



É difícil passar da lógica gráfica do programa de CAD à programação paramétrica quando se dispõe de uns poucos dias para tal, além de alguns estudantes — muitos dentre eles — terem se encontrado com esse recurso pela primeira vez. Contudo, a chave para o sucesso do ateliê residiu em termos entendido que é a lógica do pensamento gráfico, unida ao conhecimento geométrico, que estrutura a programação algorítmica, e não o contrário (programar sem pensamento gráfico prévio seria como desenhar “de memória” e “no escuro”). O algoritmo resultante permite gerar um helicóide desenvolvível, com suas diferentes variáveis formais perfeitamente parametrizadas. A grande contribuição do desenho paramétrico é permitir construir não apenas um desenho (uma solução), mas também uma família inteira de soluções, que compartilha da mesma lei de geração geométrica inicial.

Na parte de experimentação da forma, os alunos puderam explorar essa superfície para seus próprios fins de composição e projeto. A construção do algoritmo formou parte da própria criação arquitetônica, no sentido em que se desenhou uma ferramenta “na medida”, que nos permitiu explorar e manipular a forma geométrica de acordo com nossos objetivos, transformando uma superfície abstrata num verdadeiro projeto (Fig. 4). Uma ferramenta que, graças ao uso de simples “fundamentos da geometria”, nos permitiu dirigir o pensamento gráfico — para além dos limites das ferramentas tradicionais — a um “pensamento gráfico avançado”.

Fig. 4. A professora Maria Angela, revendo cada projeto. Trabalhos realizados pelos estudantes do workshop.



A geometria de superfícies desenvolvíveis permite que cada uma das superfícies helicoidais que formam o pavilhão possa ser desenvolvida, no plano, numa única lâmina de madeira. Com a ajuda da equipe de montagem, a superfície se curva com o frio, adquirindo uma forma helicoidal no espaço. Cada uma dessas superfícies é um fragmento de helicóide diferente, para atar ou costurar entre si, por meio de lacres de nylon, a fim de que o conjunto adquira rigidez.

Uma vez definido o projeto básico comum a ser desenvolvido por todos os participantes do workshop, passamos a definir geometricamente cada um dos componentes do pavilhão (poderíamos dizer o projeto de execução). Para isto, foi fundamental conhe-

cer as dimensões padronizadas dos painéis de madeira da indústria local, bem como as características físico-mecânicas da madeira, o seu raio mínimo de curvatura, as dimensões de parafusos e porcas para prender, a tipologia dos mesmos, diâmetros de arruelas, etc., e manter todos esses aspectos sob controle antes do processo de axonometria do pavilhão, que é um processo geométrico de grande complexidade, onde se evidencia uma série de competências de Geometria Descritiva.

A superfície contínua de cada um dos anéis helicoidais transformou-se num conjunto de peças a serem mecanizadas com fresadora CNC, que seriam solapadas e mecanizadas com todas as perfurações necessárias para parafusos e lacres de nylon. Por outro lado, a fixação à plataforma horizontal onde repousaria o pavilhão foi realizada por meio de suportes de madeira de 3 cm, todos diferentes, que se adaptam perfeitamente à geometria da superfície em seu encontro com ela. Toda essas informações geométricas passariam a formar parte dos arquivos de corte necessários à fabricação digital. (Fig.5).

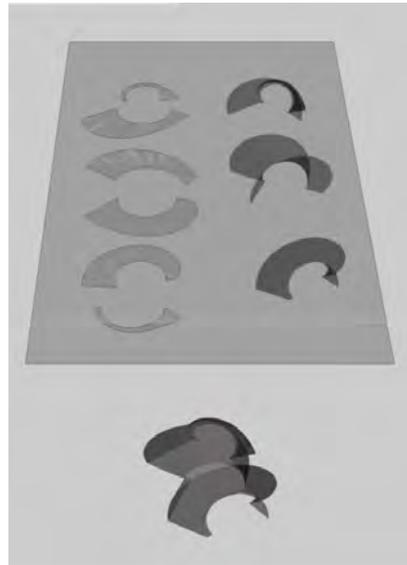


Fig. 5. Modelo Rhino do Pavilhão, onde podemos ver o desenvolvimento plano de cada um dos anéis.



Fig. 6. Simulação da construção do pavilhão a partir de uma maquete em escala 1:8, onde se reúne todos os componentes.

Quando ficaram definidos os diferentes componentes do pavilhão, passou-se à construção de um simulacro do mesmo, com uma maquete em escala 1:8, onde foram realizadas os testes de verificação de cada uma das peças e da estabilidade geral do conjunto, além dos testes de simulação e coordenação dos processos de montagem (Fig.6). Uma vez realizadas, abriu-se caminho para a fabricação de todos os componentes em escala 1:1, terminando-se a fase de desenho e iniciando-se a fase de produção, no nosso caso, executada por membros da Lamo3D, com a colaboração da Foco Design.

A montagem do pavilhão foi uma das fases mais emblemáticas do processo, em razão da alta carga emocional que teve a finalização de um trabalho coordenado e colaborativo dessa natureza (Fig.7). No entanto, não podemos esquecer que se tratou, também, de um trabalho de precisão, onde tivemos que prever certas tolerâncias nos ajustes

fnais e situações conflituosas no processo. Otimizar o rendimento, com uma divisão igualitária do trabalho, de acordo com as ferramentas de que se dispõe (parafusadeiras elétricas, etc.), foi uma das chaves do sucesso nessa fase de montagem.

Fig. 7. Montagem do Pavilhão em escala 1:1. FAU, Universidade Federal do Rio de Janeiro.



## À guisa de conclusão

Dentre os objetivos docentes, era prioritário produzir um vínculo entre os conhecimentos de “fundamentos da geometria” e sua aplicação à arquitetura real. Neste sentido, o ateliê foi um sucesso, tanto se o avaliarmos em cada parte quanto pelo resultado arquitetônico final: o Butterfly Gallery. Abrangemos quase todas as fases da relação entre geometria e processo arquitetônico. Dentre elas, adquiriram especial relevância as de “geometria e criatividade”, “geometria, definição gráfica e controle da forma” e — tanto quanto possível no tempo que tivemos — “geometria de precisão e detalhes”.

Os três processos produtivos associados à geometria e à fabricação digital, a saber, o “processo de desenho”, o “processo de fabricação” e o “processo de montagem”, ficaram claramente expostos durante o workshop e acreditamos ter sido acertado delegar as tarefas do “processo de produção” à equipe da Lamo3D, para concentrar-nos, com os estudantes, nas fases inicial e final (desenho e montagem), deixando constar expressamente que se tratavam de três processos delegáveis a três grupos de trabalho diferentes.

No tocante ao desenvolvimento do ateliê, acreditamos que foi fundamental a intrínseca motivação de que dispunham os alunos e a equipe de professores colaboradores. O sucesso da experiência dependeu em grande parte disso, bem como da capacidade de dinamização, coordenação entre equipes, experiência prévia, controle e medição de tempos e esforços, etc., de que dispunham todos os membros da equipe. Por todos esses motivos, acreditamos ter sido um modelo exemplar de experiência de inovação docente.

Nas questões relativas à pesquisa, o ateliê foi um laboratório de experimentação prática e teórica. Evidenciou-se a forma como, por meio de ferramentas digitais, podemos

*redescobrir* superfícies geométricas pouco utilizadas na arquitetura — embora presentes nos tratados e manuais de geometria — e dar-lhes um novo uso na produção arquitetônica atual.

Avançou-se na parametrização de uma família de superfícies — os helicoides desenvolvíveis — por meio da ferramenta *Grasshopper*, sendo que essas superfícies são extremamente complexas de desenvolver com recursos CAD3D convencionais (inclusive *Rhinoceros*) e praticamente impossíveis com os tradicionais. Com isto, avançou-se no estudo e na aplicação de superfícies desenvolvíveis à Arquitetura, deixando a porta aberta para todo um universo de exploração formal através dessas tecnologias. Avançou-se, também, nos aspectos construtivos e de montagem de arquitetura efêmera — concretamente, a arquitetura de pavilhões de madeira —, com características genuínas de junção (com parafusos e solapamentos) e fixação (mediante costura com lacres de nylon), de fácil montagem, que já haviam sido testadas em nossos pavilhões anteriores e que, nessa experiência, foram aperfeiçoadas.

## Agradecimentos

Agradeço à professora Maria Angela Dias, que, com sua vontade, tornou esse ateliê realidade; a Juan Expósito pelo desenho conjunto do *Butterfly\_Gallery*; aos professores Andres Martin Passaro, Gonçalo Castro Henriques e aos rapazes da LAMO, artífices da produção e do sucesso do workshop; à equipe FABLAB Sevilla; à professora Danusa Chini Gani, a Raphael Marconi, a Mauro Chiarella e aos demais professores da UFRJ, pela ajuda constante; a todos os alunos que participaram do ateliê, sem o esforços dos quais a experiência não teria sido possível; e, por fim, com afeto, à professora Gabriella Celani, a pessoa que acendeu o fogo ao me apresentar Maria Angela em Montevideo, em novembro de 2014.

## Referências

CASALE, Andrea; et al. Surfaces: Concept, Design, Parametric Modeling and Prototyping. *Nexus Network Journal* 15, vol. 2 (2013), p. 271-283.

GENTIL BALDRICH, José María. Sobre arquitectura y ciencia: la introducción de la Geometría Descritiva en España. Em: *Cuadernos de Construcción*, vol. 4, Sevilha, 1983, p. 41-56.

CHIARELLA, Mauro; GARCÍA-ALVARADO, Rodrigo. Folded Compositions in Architecture: Spatial Properties and Materials. *Nexus Network Journal* 17, vol. 2 (2015), p. 623-639.

KUHN, Tomas S. *La estructura de las revoluciones científicas*. Chicago: Chicago Press, 1962 [primeira edição].

MARTIN-PASTOR, Andrés; TORRES-HOLGUIN, Jorge; NARVAEZ-RODRIGUEZ, Roberto; GALINDO-DIAZ, Jorge. Los workshops de geometría en Cad3D y prefabricación digital como estrategia docente en la enseñanza de la geometría para la arquitectura. Em: *Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics*. [Blucher Design Proceedings, v.1, n.8.] São Paulo: Blucher, 2014, p. 213-216.

MIGLIARI, Riccardo. Descriptive Geometry: From its Past to its Future. *Nexus Network Journal* 14, vol. 3, (2012), p. 555-571.

MONGE, Gaspard. *Géométrie descriptive*. Paris: Baudouin, 1798.

NARVÁEZ-RODRÍGUEZ, Roberto; MARTÍN-PASTOR, Andrés; AGUILAR-ALEJANDRE, María. The Caterpillar Gallery: Quadratic Surface Theorems, Parametric Design and Digital Fabrication. Em: *Advances in Architectural Geometry 2014*, eds. Philippe Block et al. Londres: Springer (2014), p. 309-322.

POTTMANN, Helmut. Architectural Geometry and Fabrication-Aware Design. *Nexus Network Journal* 15, vol. 2 (2013), p. 195-208.

POTTMANN, Helmut; ASPERL, Andreas; HOFER, Michael; KILIAN Axel. *Architectural Geometry*. Exton: Bentley Institute Press, 2007.

SACAROVITCH, Joël. Épures d'architecture. De la Coupe de pierres à la géométrie descriptive, XVIIe-XIXe siècles. Em: *Science Network. Historical Studies* vol. 21. Basileia; Boston; Berlim: Birkhäuser, 1998.

TAFTEBERG JAKOBSEN, Ivan; MATTHIASSEN, Jesper. Descriptive Geometry and/or Computer Technology? What Mathematics is required for Doing and Understanding Architecture? *Nexus Network Journal* 16, vol. 2 (2014), p. 505–516.

JÚLIA COELHO KOTCHETKOFF E JOUBERT JOSÉ LANCHÁ

## Para pensar o ensino: o arquiteto como inovador, condição inerente ou atual?

*To think about teaching: the architect as innovator,  
inherent or nowadays condition?*

**Júlia Coelho Kotchetkoff**

Graduada no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP (IAU-USP) é pesquisadora de Mestrado no mesmo instituto, bolsista CNPq desde Abril de 2014. Trabalha com o tema do ensino de Projeto de Arquitetura, sob a orientação do Prof. Dr. Joubert José Lancha e desde dezembro de 2014 sob a coorientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Madalena Pinto da Silva.

*Graduated at the Institute of Architecture and Urban Planning of USP (IAU-USP) where she is currently a researcher and Master's student with CNPq scholarship since April 2014. She works with the theme "the teaching of Architecture Project" under the supervision of Prof. Dr. Joubert José Lancha and since December 2014 under the co-supervision of Prof. Dr. Maria Madalena Pinto da Silva.*

**juliackoff@gmail.com**

**Joubert José Lancha**

Arquiteto e Urbanista pela FAU/PUC-Campinas (1985), Mestrado e o Doutorado (1999) em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo. Em 2008 obteve o título de Livre Docente junto a Universidade de São Paulo com o trabalho intitulado Os textos de Palladio. Professor convidado do Politecnico di Milano no Dipartimento di Architettura e Studi Urbani (2014/2015).

*Architect and Urban Planner from FAU / PUC-Campinas (1985), with Master degree and Ph.D (1999) in Architecture and Urban Planning at the University of São Paulo. In 2008 he obtained the title of Associate Professor at the University of São Paulo with the work entitled "The Palladio's texts". Visiting Professor of the Politecnico di Milano in the Dipartimento di Architettura and Studi Urbani (2014/2015).*

**lanchajl@sc.usp.br**

**Resumo**

Esta pesquisa procura discutir se o caráter inovador do arquiteto é marca contemporânea ou proveniente das origens da profissão, e qual o reflexo desta condição no ensino da profissão. Para tratar deste tema, em primeiro lugar, buscar-se-á compreender de que diferentes modos o “novo” permeou a produção arquitetônica, em correlação ou contraposição à “regra”. Ou seja, que importância se conferiu, em cada tempo, à ação de diferenciar do existente e já realizado, de gerar transformações. Posteriormente, será analisado como essa correlação refletiu nos processos de aprendizagem de arquitetura. O estudo será dividido de modo que inicialmente se tratará dos períodos em que houve valorização da regra, e depois do tempo em que a inovação foi aos poucos ganhando prestígio, apresentando o impacto do pensamento Moderno para a realização desta última fase. A conclusão encontrada mostra que, de modo geral, a regra foi ao longo da história tendo seu valor diminuído, e foi cada vez mais considerada oposta à inovação, e que esta última foi gradualmente sendo mais bem-vista e desejada no trabalho do arquiteto. No ensino, como consequência, houve desvalorização da parcela possível de ser explicitada e foi conferido maior mérito às partes não codificáveis e, conseqüentemente, ao talento e à intuição. Na altura do ápice das conquistas das vanguardas Modernas, foi outorgada importância aos conhecimentos tácitos, contudo não se podia explicar ao aprendiz como se pode chegar a estes. Dessa maneira, surge a noção de que arquitetura não pode ser ensinada, e que sua aprendizagem é dependente de um aluno com intuição refinada, com vontade e propensão próprias para chegar a tais conhecimentos implícitos. Esta pesquisa propõe, a partir do panorama encontrado acerca do ensino, que vale repensar a inovação como qualidade inerente, que praticamente basta por si só; e a necessidade da parcela possível de ser normatizada, ou seja, aquilo que poderia ser chamado de “regra”, afinal ela carrega um conhecimento acumulado por gerações.

**Palavras-chave:** Ensino de arquitetura. Regra. Inovação. Caráter do arquiteto.

**Abstract**

*This research discusses if the innovative character of the architect is a contemporary trace or an impress brought from the origins of the profession, and which are the reflections of this condition in the education. To address this issue, firstly, it is going to be sought to understand the different ways the “new” permeated the architectural production, in correlation or contrast to the “rule”. In other words, what importance it was conferred to the action of differentiating from the existing and already done, to generate transformations. Later, it is going to be analysed how this correlation reflected in the processes of architectural education. The study is going to be divided in a way that, initially, it is going to deal with periods when there has been appreciation of the rule, and, after, with the time when innovation has gradually gained prestige, showing the impact of Modern thought to carry out this last phase. The conclusion found shows that, in general, the rule had its value diminished along history, and was increasingly seen as opposed to innovation, and that this latter was gradually being better-looking and desired in the architect’s work. In education, as a result, there was devaluation of the plot which is possible to be made explicit and was conferred the greatest merit to not codified parts and, consequently, talent and intuition. It was given importance to tacit knowledge, but not explanations, to the learner, as how he could get to them. As a consequence, it emerges the notion that architecture cannot be taught, and that its learning is dependent on a student with refined intuition, with own will and willingness to reach such implicit knowledge. This research proposes, from the panorama found about teaching, that it worths rethinking innovation as an inherent quality, almost self-sufficient; and the necessity of the portion that can be codified, after all it carries knowledge accumulated for generations.*

**Keywords:** Architectural education. Rule. Innovation. Architect’s character.

## Introdução

Este estudo almeja compreender a associação, comum na contemporaneidade, da figura do arquiteto com um profissional de caráter inovador. Busca-se entender as razões dessa vinculação, e suas consequências no âmbito do ensino. O caminho para se alcançar esse intuito passa por entender como esse liame se deu ao longo da história da arquitetura, e o modo com que, em cada momento, tal correlação é refletida no ensino da profissão.

O primeiro tópico com que envolve-se esta pesquisa procura discutir se a questão do arquiteto enquanto inovador é marca contemporânea ou proveniente de períodos anteriores, levantando o questionamento se tal associação estaria presente desde a origem da profissão. Para tratar deste tema, em primeiro lugar, buscar-se-á compreender de que diferentes modos o “novo” permeou a produção arquitetônica, lembrando estar associado à ação de diferenciar do existente e já realizado, de gerar transformações. Posteriormente, será analisado como essa correlação refletiu nos processos de aprendizagem de arquitetura. A última etapa deste estudo busca compreender em que momento a atual noção de inovador entrou em voga, e que rebatimento no ensino teve tal transformação. Ou seja, este estudo busca verificar se a obrigatoriedade de gerar o novo, no atuar do arquiteto, é recente ou inerente à profissão, de que variadas maneiras ocorreu tal ligação, e que reflexos essa correlação trouxe, em cada estágio histórico, para a formação do profissional. Vale pontuar que considera-se o momento atual do ensino, no Brasil, já consideravelmente desvinculado do pensamento moderno, contudo ainda carregando parte de seu legado.

## O arquiteto como profissional inovador: condição inerente?

Há indícios de que a inovação acompanha o trabalhar do arquiteto desde a fundação de sua profissão. Contudo, é necessário lembrar que esta vinculação não ocorreu de modo constante, mas sempre dependeu de como o ato de transformar o já estabelecido foi avaliado dentro do contexto histórico e cultural. Este tema está inserido, portanto, no embate maior entre o valor que possuem, em cada período da história, a regra e a inovação, e essa variação será a guia para o desenvolvimento deste estudo.

De modo geral, a relevância e presença de normas voltadas à orientação do fazer arquitetônico mostra-se mais intensa antes da era moderna, de modo que o agir dirigido por regras teve, de certa forma, uma participação decrescente ao longo da história da arquitetura, questão que será melhor fundamentada no decorrer deste trabalho. Ao contrário, como seria dedutível a partir da afirmação anterior, a inovação, articulada pela criatividade e busca de originalidade, teve crescente importância conforme seguiram-se os períodos históricos.

Alexander (1964, p.32) toca o tema criando uma classificação das sociedades conforme o seguimento de normas ou sua contestação. Naquelas que chama de simples, não autoconscientes, as normas não haviam sido formuladas linguisticamente, embora existissem de maneira implícita no modo de construir e reparar. Posteriormente, nas sociedades chamadas autoconscientes (ALEXANDER, 1964, p.32), iniciou-se o afastamento da tradição e houve um esforço em elaborar conceitualmente as regras, codificá-las, para assim tornar possível sua disseminação e clara compreensão por

qualquer pessoa. Os tratados de arquitetura e o ensino na academia marcaram tais intuitos. Nota-se que embora haja elaboração de uma normativa ela é decorrente de uma primeira contestação das regras tradicionais. Vinculando com a discussão dos reflexos que tais conceitos causam na aprendizagem, apresenta-se que a diferença entre as duas culturas também pode ser expressa pelo modo com que “the crafts of form-building are taught and learned, the institutions under which skills pass from one generation to the next.” (ALEXANDER, 1964, p.33). Finalmente, com o Movimento Moderno, afirma-se a negação tanto dos procedimentos da tradição como das normativas estabelecidas pelos acadêmicos, acrescido da contraposição em organizar de modo formal um novo conjunto delas. Barreto declara: “Nem na arquitetura nem no urbanismo existem hoje regras rigorosas que permitam uma predição segura no que concerne a uma decisão qualquer” (BARRETO, 1999, p.79).

No rumo contrário, a inovação teve participação tímida, somente quando estritamente necessário e autorizado, nas primeiras organizações da sociedade. Esta foi obtendo cada vez mais valor por si mesma, até chegarmos ao momento vigente, que carrega heranças do momento Moderno, em que a presença da invenção é tão exaltada que é proposto que o aprender não se baseia em precedentes, ou em conhecimentos anteriores, mas apenas em um exercitar individual de tentativas e erros na prática de projeto. “De facto, perante o carácter oficial da atividade do arquitecto, a sua formação tem-se baseado predominantemente em processo de experimentação que validam a máxima moderna do ‘aprender fazendo’.” (PROVIDÊNCIA; MONIZ, 2013, p.12-13).

## Enquanto houve valorização da regra

Há confronto de opiniões sobre qual o momento inaugural da arquitetura: se ele localiza-se no primitivo ato vinculado ao construir ou se trata-se da ação renascentista que distingue o arquiteto, projetista, dos executores. Em ambos os casos, contudo, está presente a inovação, em diferentes graus, com tal conceito sempre carregando consigo uma noção de contrariedade ao existente anteriormente.

Quatremère de Quincy (TEYSSOT, 2007, p.25) considera que para que a ação fundante vinculada ao construtivo pudesse ocorrer foi necessário que os homens comesçassem a imitar procedimentos da natureza, lembrando que a imitação foi por muito tempo a base dos princípios artísticos. Esta prática consiste na repetição de um objeto por meio de outro objeto, do qual se torna a imagem, envolvendo dessa maneira um processo de tradução. Mesmo que sutilmente, entrelaça-se nessa ação a inovação, afinal sua execução não é mecânica, mas exige aceção moral: recursos do gênio, do sentimento e da imaginação, o que fica mais claro quando comparamos este procedimento com a cópia, que se resume a fazer um duplo de um objeto. A atividade dos copistas é mais vinculada a uma operação técnica, enquanto a verdadeira imitação artística exige também talento e inteligência para saber enxergar com precisão, sentir o que há de belo no original.

O argumento que considera a fundação da profissão na Renascença também caracteriza o arquiteto como inovador. Habraken aponta, citando Alberti, que esta inédita figura, criada no Renascimento, tem, implícita em si, uma fuga do comum e foco em inovações e novos modos de construir (HABRAKEN, 2004, p.12). Nesse período, entretanto, tem-se a total clareza de que o totalmente novo não pode existir. Alberti (BRANDÃO, 2009, p.38) argumenta que a arquitetura não surge *ex-nihilo*, e que nem mesmo o que pode ser chamado de novidade é completamente original. Ele sugere

que o novo, em arquitetura, seja fruto de experimentação e da tradução de signos e significados de outras linguagens.

Há uma robusta razão para que a participação da inovação, embora existente, fosse limitada durante o período em que vigorou a valorização da regra. Quatremère de Quincy (TEYSSOT, 2007, p.19) lembra-nos que toda a interpretação ocidental da verdade, proveniente da antiguidade, está vinculada à conformidade e concordância a uma ideia, preestabelecida e aceita como válida. Na arte não era diferente, e a beleza que se buscava estaria vinculada ao aproximar-se ao máximo possível da verdade. Este fato sustenta a utilização da imitação como procedimento artístico predominante, o que implica que aquilo que se afastava das regras gerais apreensíveis da natureza distanciava-se também da verdade, e logo não era desejável. Ou seja, enquanto a produção arquitetônica foi vinculada à tradição, transformações não poderiam ter valor por si mesmas, e deveriam ocorrer somente em ocasião necessária, ou seja, justificada. Quatremère de Quincy (2007, p.191) explicita, nesse sentido, a existência da *convenção*, o sistema de arquitetura que tem princípios estabelecidos, e da *licença*, transgressões autorizadas das leis desse sistema. A prova de que o afastamento da regra não era aceita como válida em si mesma é a presença do vocábulo *abuso*, distinto da *licença*:

***Como la licencia es una cosa permitida, no podría sin embargo ser un abuso. El permiso no se funda más que en motivos plausibles, que son la necesidad de tolerar un pequeño inconveniente para evitar uno mayor. Pero cada infracción de las reglas, que no tienen un motivo similar, es un abuso. (QUATREMÈRE DE QUINCY, 2007, p.194).***

O abuso indica um desvio das leis sem motivos fundamentados, regido somente pelo capricho e gênio do arbitrário. Este modo de exceção retira a autoridade da regra: é um primeiro passo para a posterior total negação desta. Quatremère (apud PEREIRA, 2008, p.93), contudo, propõe que o abuso está nos dois extremos: tanto na arbitrariedade caprichosa que não admite regramentos quanto no extremo rigor, que poderia o encanto da imitação. O que mostra que mesmo na academia a rigidez que torna o trabalho inflexível era considerada prejudicial.

Dessa forma, percebe-se que nessa organização normatizada havia algum espaço para a atuação inovadora, visto que, segundo Quatremère de Quincy, tanto nos princípios de imitação quanto na execução da arquitetura são necessárias “certas concessões, sem as quais ela deixaria de ser uma arte, e retornaria à esfera dos trabalhos mecânicos” (apud PEREIRA, 2008, p.93). Além disso, o autor exprime que o sistema de normas não era determinado em todos os seus detalhes, conferindo, logo, certa abertura:

***Las reglas sobre muchas particularidades de las proporciones no han determinado más que un cierto médium, que el gusto tiene la libertad de circunscribir o de extender en una cierta medida, según lo exijan la ubicación del edificio, la distancia del punto de vista y muchas otras consideraciones. (QUATREMÈRE DE QUINCY, 2007, p.194).***

Alexander (1964, p.32-33) argumenta de maneira semelhante, criando uma distinção entre as sociedades utilizando como critério o modo com que nelas se construía artefatos e edificações, classificação esta que permite que se pondere sobre o valor da transformação em meio à produção vigente. O autor apresenta os dois tipos de organização lembrando que as diferenças entre eles não foram tão marcadas ou puros quanto na categorização proposta.

O primeiro tipo de sociedade, chamada de *não autoconsciente* é aquela guiada pela tradição, na qual os integrantes não refletem sobre suas ações artísticas e arquitetônicas.

cas; aquela na qual não se realizam registros, e portanto repetem-se soluções por gerações: “They simply repeat the patterns of tradition, because these are the only ones they can imagine. In a word, actions are governed by habit. Design decisions are made more according to custom than according to any individual’s ideas as such.” (ALEXANDER, 1964, p.34).

Ademais, não há nesta sociedade motivação para atitudes transformadoras: os tabus e rituais desencorajam inovações e enaltecem a constância. As alterações são úteis apenas no caso em que o modo anteriormente utilizado apresenta falhas, e portanto sua serventia é apenas corrigi-las. Vale notar que, nesse contexto, o mesmo homem que constrói é aquele que usa a edificação, nela percebe o erro, e posteriormente o conserta. Segundo Alexander (1964, p.49-50) a ação deste construtor e reparador não é difícil nem exige muito talento ou criatividade: ele somente tem de reconhecer o defeito e realizar alguma variação para buscar reajustá-lo. Vale recordar que não é necessário que essa atitude seja efetiva já na primeira vez, pois há tempo para a experiência de tentativa e erro. O sistema funciona de modo que, com contínuos testes, algum, em certo momento, oferecerá uma solução adequada, a qual será a partir de então repetida nos próximos casos concretos, sem que se entenda as razões para tal sucesso, ou que se consiga adaptar esta efetividade para casos diferentes. Essa correção ocorre diretamente na ação, sem que se recorra a princípios codificados na linguagem: “there is no deliberation in between the recognition of a failure and the reaction to it.” (ALEXANDER, 1964, p.50).

Já as culturas complexas são aquelas nas quais a tradição é questionada, e portanto reflete-se sobre o próprio agir, o guarda em registro e busca-se formar para ele regras gerais. Será nessas sociedades, que discutiremos posteriormente, que a ação de diferenciar do existente e realizado, portanto ações inovadoras começam a ser aceitas e terem valor.

## Reflexo da valorização da regra no ensino

Durante todo o período em que a regra, explícita em linguagem ou não, fora majoritariamente valorizada, a transmissão dos conhecimentos arquitetônicos foi feita sob duas vias. O primeiro modo de passagem de habilidades e saberes arquitetônicos constituiu-se a partir do contato de um aprendiz com o atuar de um mestre, ao acompanhar construções em curso e observar obras paradigmáticas do passado. Alexander explica a aprendizagem nesse momento como marcada por “gradual exposure to the craft in question, on his ability to imitate by practice, on his responses to sanctions, penalties, and reinforcing smiles and frowns.” (ALEXANDER, 1964, p.34). Essa faceta do conhecimento arquitetônico não era traduzida ao verbal, institucionalizada, para que pudesse ser apreendida e propagada. O que não significava, entretanto, a ausência de normas: “although there are no formulated rules (...) the unspoken rules are of great complexity, and are rigidly maintained.” (ALEXANDER, 1964, p.46). Desse modo, a chave para o aprendizado era o reconhecimento do certo e do errado, que implicava na correção das falhas e na repetição dos procedimentos considerados corretos. “The most important feature of this kind of learning is that the rules are not made explicit, but are, as it were, revealed through the correction of mistakes.” (ALEXANDER, 1964, p.35).

Posteriormente, o ensino, então instituído nas academias, começou a se dar por meio da fixação dos conhecimentos na linguagem, a qual codificava os repertórios de for-

mas e modos de construir via escritos e desenhos. O livro de Quatremère de Quincy, *Eléments et théorie*, por exemplo, fomentava a análise de obras voltada para o projetar, defendendo que o contato com os elementos úteis para a composição, os quais são dispostos de maneira tangível na publicação, orienta os alunos, “preservando-os da criatividade ingênua” e, ao mesmo tempo, impedindo-os de guiarem-se pela “cópia servil de modelos celebrados” (LASSANCE, 2009, p.102-103).

Em ambos esses contextos, a inovação agia de modo sutil, dentro da imaginação requisitada no exercício da imitação e nos momentos em que alterações no modo tradicional de construir eram necessárias e permitidas sob uma licença. O novo, portanto, na aprendizagem, existia de modo intimamente vinculado à tradição e às regras, consistindo em variações ou interpretações destas, dentro de suas limitações. Quatremère de Quincy, defende que as regras, longe de prejudicarem o processo inventivo, o favorecem, e que somente dentro delas pode haver invenção, a qual é distinta do simples gosto pela novidade:

***Nuestra discusión tiene por objeto demostrar que la invención no existe en ningún género sin que las reglas, lejos de contrariar al genio, lo favorezcan y secunden, preservándolo de las extravagancias del capricho; consistiendo la invención en rendir óptimas las combinaciones de los elementos preexistentes (QUATREMÈRE DE QUINCY, 2007, p.189).***

## Quando a inovação passa a ser valorizada

O início da contestação das normas trazidas pela tradição se deu no próprio Renascimento, embora a forte negação de toda regra tenha efetivado-se somente no século XX, com a corrente hegemônica do Movimento Moderno. Este caminho teve início com a oposição ao procedimento da imitação, confundida com a cópia e considerada, dessa maneira, restritiva. No limite, o temor pela aproximação do trabalho do copista fez os artistas rechaçarem inclusive o ato de basear-se em obras de outros mestres. Segundo Martinez (2000, p.111), Borromini afirmara não ter nascido para ser simples copista, baseando-se na fala de Michelangelo, de que quem segue outros não avança. Percebe-se que a partir de então a inovação passa a ter cada vez mais presença e importância. Mais tarde, no Maneirismo, “novos parâmetros de controle passam a primeiro plano; antes de mais nada, aquele da invenção como medida do valor da coisa.” (GREGOTTI, 1975, p.37-39).

Alexander não aponta uma data específica, contudo traz para antes ainda da Renascença o momento em que o novo passa a ser chave para o trabalho do profissional de arquitetura. Este autor não faz referência ao momento da criação do arquiteto renascentista, que afasta-se dos outros construtores, mas sim à inauguração da figura deste primeiro profissional especializado em edificar, o mestre construtor, o qual surge quando a construção, antes atividade realizada por todos, passa a ser especializada. Alexander diz que, para este recém-gerado personagem, a marca de diferenciação dos demais tornou-se um artifício para atrair a clientela: “The form-maker’s assertion of his individuality is an important feature of selfconsciousness.” (ALEXANDER, 1964, p.57).

Ambas posições mostram mais uma vez o quanto a inovação esteve presente desde o muito início da criação da figura do arquiteto. Além disso, demarcam os conflitos do Renascimento que, simultaneamente, busca afirmar e sedimentar normas, e já

carrega o germe de sua contestação. Outro paradoxo deste período é que, segundo Alexander (1964, p.58), as academias, em formação, ao mesmo tempo que instauravam conceitos a serem seguidos, e não quebrados, elas mesmas rompiam com os anteriores preceitos que eram trazidos pela tradição.

Um momento chave para a contestação da tradição foi o século XVIII, marcado pela industrialização, a qual requer inéditos programas e promove alterações cada vez mais rápidas e em diversas direções; e pelo pensamento iluminista, o qual exigia comprovações empíricas e fundamentos racionais para a defesa da cada questão. Nesse contexto, os dogmas vitruvianos, símbolo da validade tradicional, passaram a ser refutados, por sua veracidade ter sido falsificada pela experiência: tanto devido ao recente descobrimento dos trabalhos de arquitetura pertinentes de outras culturas como por causa das medições feitas por Le Roy das ruínas romanas, cujas dimensões e proporções não corresponderam a seus registros. (PICON, 2000, p.18). As mudanças nas demandas que a arquitetura deveria então atender também foram marcantes nesse período, e refletiram em descrédito ao modo anterior de resolver problemas arquitetônicos. No setor público, se anteriormente as obras tinham a intenção de demonstrar autoridade, agora elas seriam racionalizadas, projetadas em função da facilidade e do uso do equipamento, e no âmbito privado requeria-se soluções para programas diferentes e mais complexos, para os quais a “tradição não poderia ajudar”. (PICON, 2000, p.16).

Talvez, contudo, a principal contribuição do iluminismo para a contestação da tradição e reconhecimento da inovação, tenha sido a alteração no valor que existia, até então, na semelhança. Como já explicado anteriormente, a lógica de busca de conformidade com a verdade fez com que a cultura buscasse ser um espelho da natureza, e que a apoderação de heranças antigas significasse a conquista da linguagem natural já anteriormente decifrada. A progressão do conhecimento nessa lógica se dava por adições de comparações, e não por sínteses criativas, segundo Feferman (2009, p.51). A mudança instituída no século XVIII foi a então valorização da diferença, e portanto da analogia, considerada possível instrumento de ordenação do mundo.

Os frutos desta alteração mostram-se no Pitoresco do século XVIII, quando as normas flexibilizam-se. Busca-se nesse momento criar inusitados efeitos visuais, contudo contando ainda com elementos provindos da história. O que altera-se na segunda metade do século XIX, quando a:

***Composição passa a ser um procedimento segundo o qual o artista cria a partir ‘do nada’, de acordo com leis geradas no interior da própria obra. Essa noção progressista da composição como liberdade artística, oriunda do romantismo, foi fundamental na formação das vanguardas modernas, tanto artísticas quanto arquitetônicas, cuja produção se apoiava no uso da composição, agora como arranjo livre de partes em que a função servia de pretexto para experimentações formais. (MAHFUZ, 1996, p. 99).***

O remate da contestação de normas precedentes teve lugar no século XX, quando não só a tradição como as próprias últimas realizações da academia são refutadas, ao menos no discurso. A corrente hegemônica do Movimento Moderno passa a não valorizar a continuação, e instaura um clima de constante ruptura. Gropius é um exemplo dessa postura, ao exigir que não mais se buscasse ou permitisse a construção de um novo estilo, o que seguiria a anterior lógica, mas propunha uma produção “de modo que cada arquiteto, e isso ao final de cada obra, deveria refazer *ex-novo* o repertório, enquanto tal, de Elementos de Arquitetura.” (MARTINEZ, 2000, p.132). Segundo Ha-

braken (1997, p.269), o Moderno negou a anterior linguagem de formas, a precedente estruturação do conhecimento da arquitetura, sem formar uma nova. O anelo pela inovação passa, dessa maneira, a fazer parte do pensamento dos ícones modernos. Katinsky declara que a busca de soluções novas, por meio da constante experimentação, foi sempre um ponto de grande atenção na carreira de Le Corbusier (KATINSKY, 1999, p.21). No Moderno, portanto, o caráter inovador ganha seu valor máximo e é defendido por diversos arquitetos modernos expoentes.

Não almejando exaurir a discussão acerca dos ganhos e perdas da desvalorização da regra e valorização da inovação no tempo herdeiro do Moderno explicitaremos somente algumas posições que apontam problemáticas dessa postura. Alexander (1964, p.4-5) defende que a tradição fazia sentido por ter contado com a participação de muitos homens, de várias gerações, para organizá-la. Afirma que um homem, individualmente e em seu tempo de vida, não pode alcançar os avanços que a tradição alcançou. Ele acrescenta, para justificar, que a capacidade cognitiva e criativa humana possui limites, ainda que estes não possam ser descritos objetivamente. Graeff vincula o gosto pela novidade incessante ao comportamento da burguesia que então havia tomado o poder na França, polo principal de exportação de cultura na época. Ele caracteriza essa classe, ainda dominante no poder e influente hoje, como “avessa às verdadeiras e profundas inovações, muito embora sempre ávida de novidades e modismos, invenções superficiais e efêmeras.” (GRAEFF, 1995, p.80-81). Criticando a preponderância da vontade de inovação na arquitetura Moderna, Martinez (2000, p.195) apresenta estratégias que buscam superar a dualidade entre invenção e tradição. Em primeiro lugar, avisa ser necessário renunciar à arquitetura chamada *de partido*, enaltecida desde o Renascimento por colocar o arquiteto em uma posição de artista criador, o qual preocupa-se com suas representações gráficas e não com a materialidade. O autor propõe, em troca, métodos nos quais a tradição fundamenta o projeto, propiciando continuidade com o existente e diálogo com a sociedade. Que a arquitetura seja vista como menos pessoal e mais coletiva, o que permite que os avanços conquistados por alguns sejam reutilizados, a fim de estimular a produção geral, desvinculada do caráter de autoria.

## Reflexo da valorização da inovação no ensino

Enquanto a cultura que regia-se pela regra tinha como base para sua aprendizagem a imitação, a sociedade autoconsciente introduzirá uma nova requisição: a proposição e transformação (ALEXANDER, 1964, p.36). Nesta última, existe o esforço de que se aprenda pelo positivo, e não somente pelo negativo, o qual corresponde à correção de erros, e isso se dá pela tentativa de estabelecer regras gerais. Com esse mecanismo se diz que o aprendizado pode ocorrer mais rapidamente, embora Alexander tenha pontuado que pelo outro método o aprendiz adquire um “‘total feeling’ for the thing learned” (ALEXANDER, 1964, p.35). É devido às regras gerais que a educação pôde tornar-se formal, com professores. “These teachers, or instructors, have to condense the knowledge which was once laboriously acquired in experience, for without such condensation the teaching problem would be unwildly and unmanageable.” (ALEXANDER, 1964, p.35-36). A instrução que buscava determinar as citadas regras gerais seguiu-se durante a vigência das academias, contudo foi refutada pelas vanguardas modernas.

Tendo rompido com as normas previamente estabelecidas, e não criando outras que as substituíssem, restou aos modernos e seus herdeiros defenderem o conhecimento

tácito da disciplina. Ou seja, uma vez que deixa de ter validade a transmissão, aos alunos, das antigas normas, e ao mesmo tempo não concretizam-se novas, o Moderno responde à questão de como pode se dar o ensino da disciplina defendendo a proposição, apresentada primeiramente por Rafael de la Noz, segundo Valéry (1993, p.13), de que *arquitetura não se ensina*. Essa posição é baseada na lógica de que a inovação é peça-chave na atuação do arquiteto, e que as habilidades necessárias para se consiga criar o novo não poderiam ser instruídas, mas seriam inatas e desenvolvidas de maneira individual.

Característico do ensino moderno, Moholy-Nagy é um exemplo que apresentava como componente essencial ao aprendizado uma 'lógica subconsciente' semelhante ao que Goethe havia denotado como 'capacidade de julgamento contemplativo': "Para Moholy-Nagy, não se poderia impor habilidades aos alunos, ao contrário, as potencialidades criativas deveriam 'florescer' naturalmente de cada um. E o caminho seria o de estimular, pela experiência, o desenvolvimento dessa 'lógica subconsciente'" (BARKI, 2009, p.123).

Tal posicionamento Moderno tanto ainda permeia a contemporaneidade como é por ela questionado. Pallasmaa responde ao privilégio conferido ao caráter inovador do arquiteto recordando que *nada surge do nada*, e que a criação deve ser sustentada por conhecimentos e experiências anteriores: "profound ideas or responses are not individual invention ex nihilo either; they are embedded in the lived reality of the task itself and the age-old traditions of the craft" (PALLASMAA, 2009, p.15). De acordo, Martinez vem lembrar aquilo que era claro ao homem renascentista mas parece um tanto borrado ao arquiteto moderno que pensa, como verificado, o projeto como ato criativo, sem partir de precedentes: que não existe invenção completa, sem referências anteriores.

***O ensino somente é possível com o apoio de precedentes; as diferenças não estão em sua presença ou ausência, mas no papel explícito ou implícito que lhes é dado, seja pelas obras e projetos do próprio professor ou dos arquitetos que segue e admira, seja por um repertório de arquitetura mais amplo no tempo e no espaço. (MARTINEZ, 2000, p.70).***

Pallasmaa também afirma ouvir em escolas e concursos algo que é consequência desse posicionamento Moderno: a palavra liberdade, significando independência da tradição, precedentes e limitações estruturais. Defendendo sua posição contrária a tal prática, o autor nos lembra que grandes artistas de diversas eras raramente dissertavam sobre a dimensão da liberdade em seus trabalhos, mas enfatizavam a disciplina e a tradição como base, e nos apresenta os argumentos de Da Vinci e Valéry: "strength is born from constraints and it dies in freedom"; "the greatest liberty is born of the greatest rigour" (PALLASMAA, 2009, p.112-113).

A prerrogativa moderna do arquiteto inovador, portanto, deixou uma herança bastante questionável ao tópico do ensino da disciplina arquitetônica, da qual na atualidade não se percebe ainda uma total liberação:

***No Brasil, (...) o ensino de arquitetura e urbanismo ainda reforça e espelha a ideia do arquiteto enquanto 'gênio criador'. (...) A ideia do 'gênio criador' ancora-se no mito da criatividade em arquitetura que veicula o pensamento que criatividade está diretamente ligada ao imprevisto, e que arquitetos são seres detentores, por premissa, de um talento superior inato. (MONTEIRO; PINA, 2013, p.91)***

A prioridade conferida ao caráter inovador gerou uma supervalorização das capacidades inatas do estudante e o induziu a perseguir sempre o novo e o original, excluindo a importância de se aprender com o que foi base para o ensino anterior ao Moderno: a regra, implícita na experiência do mestre e no contato direto com as obras precedentes, ou explícita nos cursos das academias e nos tratados de arquitetura.

## Considerações Finais

A atuação do arquiteto sempre esteve vinculada às noções da inovação, de modos mais sutis ou mais visíveis. Até o Moderno havia certa correlação, contudo, entre o novo e o respeito a regras, parâmetros e restrições, fossem estes relativos às formas e proporções, aos materiais, ou à maneira de construir. Havia portanto, valor na novidade, porém também enorme valor no *de sempre*, no que era proveniente do passado e trazido até o presente pela tradição, admitindo-se uma herança cultural de formas. A mudança gerada desde o Renascimento, e finalizada pelos preceitos de uma corrente bastante homogênea do Movimento Moderno é que a inovação não mais foi considerada compatível com o precedente. Ou seja, o *original* deixou de significar uma licença, transformação, adaptação, de algo que já vinha sendo feito ao longo do tempo, e passou a ser algo que rompe com o antigo e busca instaurar algo completamente diferente. Como se fosse possível, e desejável, começar algo a partir de um marco zero, criar sem antes conhecer o que existe. As consequências desse posicionamento Moderno é que, ao se destituir a relevância do passado, passa-se a valorizar talvez exageradamente o novo, chegando a um ponto limite onde a inovação, o nunca experimentado, passam a ter mérito por si próprios (HABRAKEN, 1997, p.271).

Tais transformações trazidas por parte hegemônica do movimento Moderno, vinculadas diretamente ao contexto histórico em que surgiram, trouxeram consequências diretas ao ensino de Arquitetura. Desde sempre considerou-se que uma parte do conhecimento da disciplina, por esta ser uma manifestação artística, não pode ser codificada, verbalizada, e esta é exatamente a parcela que liga-se à capacidade de produzir inovação. A parte instrumental da disciplina, contudo, pôde, ser descrita e organizada, ao longo do tempo, na forma de tratados, ordens e regras, o que permitiu que fosse formalmente ensinada e divulgada. Com consciência de que a Arquitetura era composta por esses dois tipos de conhecimento – um explícito e um implícito – entendia-se que a compreensão do primeiro, e sua extenuante prática, era o caminho para se chegar ao segundo. Ao retirar a validade dos conhecimentos já codificados, o Moderno confere todo o mérito da arquitetura aos tácitos, sem contudo poder explicar ao aprendiz como se pode chegar a estes. Dessa maneira, surge a noção de que arquitetura não pode ser ensinada, e que sua aprendizagem é dependente de um aluno com intuição refinada, com vontade e propensão próprias para chegar a tais conhecimentos implícitos.

Portanto, ao compreender os processos que trouxeram tamanha valorização ao novo, para a Arquitetura de hoje, vale repensar se devemos defender a inovação como qualidade inerente, que praticamente basta por si só. Nesse intuito, cabe pontuar uma afirmação de Quatremère de Quincy: “O simples gosto pela novidade se opõe ao gênio inventivo que deve exercer sua ação dentro de um sistema de regras.” (apud PEREIRA, 2008, p.271). Esse caminho também nos autoriza a repensar sobre a importância da parcela possível de ser normatizada, afinal ela carrega um conhecimento acumulado por gerações. Talvez uma questão para a contemporaneidade, ao invés de adotar ou a

valorização maior da regra ou da inovação, seja buscar equilibrar a relevância e participação de ambas para a produção e o ensino de arquitetura.

## Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq, pelo apoio financeiro com bolsa, modalidade Mestrado-GM, Processo 133667/2014-6; e ao grupo de pesquisa NELAC.

## Referências

ALEXANDER, C. **Notes on the synthesis of form**. Cambridge: Harvard University Press, 1964.

COMAS, C. E. D. (Org.) **Projeto Arquitetônico: Disciplina em Crise, Disciplina em Renovação**. São Paulo: Projeto, 1986.

GOUVÊA, L. A. C.; BARRETO, F. F. P.; GOROVITZ (Orgs.). **Contribuição ao Ensino de Arquitetura e Urbanismo**. Brasília: Inep, 1999.

GRAEFF, E. A. **Arte e técnica na formação do arquiteto**. São Paulo: Studio Nobel: Fundação Vilanova Artigas, 1995.

GREGOTTI, V. **Território da Arquitetura**. São Paulo: Perspectiva, 1975.

HABRAKEN, N. J. Forms of understanding: Thematic Knowledge and the modernist legacy. In. POLLAK, M. (ed.) **The Education of the Architect**. London: The MIT Press, 1997, pp. 268-286.

HABRAKEN, N. J. Questions that will not go away: some remarks on long-term trends in architecture and their impact on architectural education. In. **Boletim da EAAE**, n° 68. Fevereiro, 2004

MAHFUZ, E. Composição e caráter e a arquitetura no fim do milênio. **Revista Projeto Design**, São Paulo: Arco Editorial, n° 195, pp. 98-101, Abril, 1996.

MARTÍNEZ, A. C. **Ensaio sobre o projeto**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000.

MONTEIRO, A. M. G; PINA, S. G. A diversidade de realidades e o projeto coletivo no ensino de arquitetura e urbanismo. **JOELHO: Revista de Cultura Arquitetônica**, Coimbra: EDARQ, n°4, pp.91-93, 2013.

OLIVEIRA, B. S. de; LASSANCE, G.; ROCHA-PEIXOTO, G.; BRONSTEIN, L. (Orgs.). **Leituras em Teoria da Arquitetura: 1. Conceitos**. Rio de Janeiro: Viana & Mosley, 2009. Coleção PROARQ.

PALLASMAA, J. **The Thinking Hand**. Reino Unido: John Wiley & Sons, 2009.

PEREIRA, R. B. **Arquitetura, imitação e tipo em Quatremère de Quincy**. São Paulo: FAUUSP, 2008, 357 f. [Tese]. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PICON, A. From "Poetry of Art" to Method: The Theory of Jean-Nicolas-Louis Durand. In. DURAND, Jean N. L. **Précis of the lectures on Architecture**. Los Angeles: Getty Research Institute, 2000.

PROVIDÊNCIA, P.; MONIZ, G. C. Ensinar pelo projecto. **JOELHO**: Revista de Cultura Arquitetônica, Coimbra: EDARQ, n°4, pp.10-19, 2013.

QUATREMÈRE DE QUINCY, A. **Diccionario de Arquitectura**: voces teóricas. Buenos Aires: Nobuko, 2007.

TEYSSOT, G. Mímesis. In. QUATREMÈRE DE QUINCY, A. **Diccionario de Arquitectura**: voces teóricas. Buenos Aires: Nobuko, 2007, pp. 13-58.

VALÉRY, P. **Eupalinos ou o Arquitecto**. Trad. Olga Reggiani. São Paulo: Editora 34, 1999.

### **RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS**

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

CADERNOS  
**PROARQ 25**

GLAUCINEI RODRIGUES CORRÊA

Arquitetura: oportunidades para aprender

*Architectural: opportunities to learn*

**Glauceinei Rodrigues Corrêa**

Professor adjunto do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Doutor em arquitetura pelo Programa de Pós-graduação (NPGAU) na mesma instituição. Mestre em Engenharia de Materiais pela Redemat (UFOP/CETEC/UEMG) e bacharel em design de produto pela Escola de Design da Universidade do Estado de Minas Gerais.

*Associate Professor of the Department of Technology of Architecture and Urban Planning at the School of Architecture of the Federal University de Minas Gerais. Ph.d in Architecture from the Postgraduate Program (NPGAU) from the same institution; master's degree of Engineering Materials by Redemat (UFOP / IEF / UEMG) and graduated in product's design from the School of Design at the University of the State of Minas Gerais.*

**[glaucinei.correa@gmail.com](mailto:glaucinei.correa@gmail.com)**

### Resumo

Neste artigo (recorte de uma pesquisa de doutorado sobre a aprendizagem), o objetivo é apresentar como as pessoas aprendem a fazer/elaborar projetos de arquitetura na prática. Para isso, relacionam-se duas abordagens antropológicas à aprendizagem de fazer projetos: a “aprendizagem situada”, de Jean Lave; e a “constituição da habilidade”, de Tim Ingold. O foco do estudo da aprendizagem proposto centra-se nas práticas que levam o iniciante a compreender o processo com base nas relações com outros aprendizes e com profissionais mais experientes. A pesquisa foi realizada em dois escritórios de arquitetura, compreendendo a análise dos documentos relativos aos processos e procedimentos da produção de projetos, para esclarecer o funcionamento dos escritórios; a observação cotidiana da produção de projetos, para perceber as práticas do dia a dia e a participação das pessoas no projeto; além de entrevistas, com a finalidade de buscar informações não percebidas na observação e mostrar como as questões relativas à produção de projetos eram vistas pelas pessoas envolvidas no processo. Como resultado, percebe-se que no cotidiano de trabalho dos escritórios de arquitetura há múltiplas situações que promovem a aprendizagem e que os arquitetos aprendem baseando-se em práticas específicas a esses ambientes, como a manipulação de modelos (arquivos-referência), a validação/avaliação do projeto (“canetadas”) e a participação nas reuniões de crítica ao projeto. Essas práticas ratificam a ideia de que: aprender a projetar é uma atividade complexa; a aprendizagem é um processo de mudança das práticas e das pessoas; aprender é uma atividade mais relacional do que individual; e as habilidades dos arquitetos são constituídas nesses ambientes.

**Palavras-chave:** aprendizagem; práticas cotidianas; projetos de arquitetura.

### Abstract

*This article (part of a doctoral research on learning) aims to present how people learn to make/prepare architectural designs in practice. For this relates two anthropological approaches with apprenticeship to do projects: the “situated learning” by Jean Lave, and the “constitution of skill” by Tim Ingold. The focus of the proposed study of learning concentrates on practices that lead the beginner to understand the process from the relationships with other learners and more experienced professionals. The research was conducted in two architectural firms, including the analysis of the documents relating to the processes and procedures of production projects to clarify the functioning of the offices, the daily observation of production projects, to understand the practices of everyday life and people’s participation in project besides interviews with the purpose of seeking information not perceived in the observation and show how issues related to the production of projects were seen by the people involved in the process. As a result, it is noticed that the daily work of architecture firms there are multiple situations that promote learning and that architects learn from practices specific to these environments, such as the manipulation of models (file-reference), the validation/evaluation of the project (“canetadas”) and participation in meetings critical to the project. These practices confirm the idea that learning to design is a complex activity that learning is a process of changing practices and people, that learning is a more relational than individual activity and that the skills of the architects are formed in these environments.*

**Keywords:** apprenticeship, daily practices, architectural projects.

## Introdução

Um debate presente nos contextos de formação universitária, tanto no Design quanto na Arquitetura, recai sobre os processos de aprendizagem relacionados à prática de fazer projetos. Nos corredores acadêmicos e nas reuniões institucionais e pedagógicas, é comum ouvir de colegas professores as seguintes afirmações: “Projeto não se ensina; aprende-se”; “Para projetar, tem de ter dom”; “O designer, ou o arquiteto, já nasce pronto”; “É preciso ter *feeling* para projetar”. Essa é também uma discussão que permeia o campo de outras atividades nas quais a ideologia do dom ganha força. Contrastando com essa percepção, há estudos demonstrando que se trata de práticas aprendidas<sup>1</sup>.

Alguns estudos sobre a prática do projeto em escritórios de arquitetura<sup>2</sup> lançam luzes importantes sobre aspectos que envolvem a prática profissional e mostram a importância dessas investigações. A pesquisa sobre a aprendizagem de fazer projetos arquitetônicos, porém, pode desvelar práticas cotidianas que não são contempladas nesses estudos, mas são fundamentais para a formação dos futuros profissionais.

Os estudos que mais se aproximam do objeto deste artigo (a aprendizagem) são os de Donald Schön (SCHÖN, 2000)<sup>3</sup> e os de Bryan Lawson (LAWSON, 2011)<sup>4</sup>, os quais foram realizados em ateliês de projeto ou em outros ambientes também preparados para o ensino. Esses estudos e investigações, os quais congregam a visão da aprendizagem como um processo, trazem contribuições relevantes para as áreas de educação, do design e da arquitetura. Mas esses ambientes/situações se diferenciam das práticas cotidianas por se tratarem de ambientes preparados didaticamente para o ensino.

Percebe-se esse processo (de projetar) como aprendizagem – e não como dom, nem circunscrito apenas às situações sociais/formais de ensino (a escola). Uma das questões que instigou a pesquisa de doutorado, da qual este artigo é parte, foi compreender como as pessoas (alunos graduandos) aprendem a fazer projetos no dia a dia, na prática, em escritórios, e não na sala de aula.

O foco do estudo da aprendizagem aqui proposto centra-se no aprendiz, nas práticas que o levam a compreender o processo baseando-se nas relações com outros aprendizes e com os mais experientes. Diferentemente dos estudos que investigam o ensino na sala de aula<sup>5</sup> – que focalizam as práticas docentes, revelando as formas como o projeto é ensinado (a didática), nesta pesquisa lida-se com a ideia de aprendizagem de Lave e Packer (2008). Ou seja, de que estamos sempre aprendendo e que não dependemos de um local específico para que a aprendizagem ocorra:

***Um entendimento mais completo do cotidiano traz com ele uma alternativa para o entendimento da aprendizagem: que ela é ubíqua (que está ao mesmo tempo em toda parte) e em curso na atividade social. É um erro pensar a aprendizagem como***

1 Por exemplo, a aprendizagem da pesca (SAUTCHUK, 2007); a aprendizagem do futebol (FARIA, 2008); a aprendizagem da dança (RESENDE, 2011); a aprendizagem da umbanda (BERGO, 2011); e a constituição de habilidades no esporte e na música (BUENO, 2007).

2 Cf. ALMEIDA, 1997; LIMA NETO, 2007; BRANDÃO, 2008; SALVATORI, 2008; KATO, 2012.

3 Schön foi professor de estudos urbanos e educação no Instituto de Tecnologia de Massachusetts e obteve seu Ph.D. em filosofia pela Universidade de Harvard.

4 Lawson é arquiteto e professor de projeto, estudou na Escola de Arquitetura de Oxford e no Departamento de Psicologia Aplicada da Universidade de Aston, em Birmingham, onde obteve seu mestrado e doutorado.

5 Cf.: CARSLADE, 1997, 2003; VIDIGAL, 2004, 2010; VALENTE, 2004; TEIXEIRA, 2005; AMARAL, 2006, 2007; RODRIGUEZ, 2008; GÓES, 2010, 2011; ANDRADE, M. M. A. R.; ANDRADE, P. R., 2011; PANET, 2011.

**um tipo especial de atividade que acontece somente em um tempo particular e local especial arranjados para ela (LAVE; PACKER, 2008, p. 19, tradução nossa).**

Não se trata de considerar o ensino ou a aprendizagem em sala de aula como uma questão irrelevante, mas, sim, de buscar outros olhares para desvelar como a aprendizagem ocorre nos locais onde estamos habituados a não percebê-la e, por isso, em alguns casos, a tratá-la como inexistente; ou mesmo sabendo que há aprendizagem, buscar investigar como ela se dá nesses contextos.

Neste artigo, abordam-se algumas práticas cotidianas que revelaram oportunidades para que as pessoas envolvidas na produção/elaboração de projetos pudessem aprender como fazer.

## Diálogo com a antropologia

Diante do desafio de pesquisar a aprendizagem nos escritórios, na prática, o diálogo com a Antropologia se tornou conveniente, sobretudo com as teorias antropológicas da aprendizagem: a “aprendizagem situada”, de Jean Lave e Etienne Wenger (LAVE, J.; WENGER, 1991) e a “constituição da habilidade”, de Tim Ingold (INGOLD, 2010).

Elas foram escolhidas porque tratam a questão da aprendizagem explicitamente nas teorias antropológicas; porque discutem a habilidade como um campo de relações; e, principalmente, porque possibilitam um olhar de estranhamento para as práticas cotidianas, nas quais estamos habituados a não perceber a aprendizagem e, por isso, na maioria dos casos, a tratá-la como inexistente.

### **Aprendizagem situada**

Para Lave e Wenger (1991), a aprendizagem é parte da prática social. Trata-se de um processo não explícito, um dos motivos que levam à ideia do dom. Os autores descrevem a estrutura de organização da prática social cotidiana, que permite às pessoas se engajarem na prática e, nesse processo, identificar como elas aprendem.

Para os autores, a aprendizagem não está meramente situada na prática, como se fosse um processo independente, objetivado, que somente precisa estar localizado em algum lugar. Aprender é parte integral da prática social generativa na vivência do mundo.

Como mostra Lave (1999, p. 3, tradução nossa), as teorias da aprendizagem tratam, em sua maioria, de processos psicológicos dos indivíduos, que levam à aquisição do conhecimento, tipicamente estruturados, como “[...] (a) transmissão (treino, ensino, inculcação), que conduz à (b) entrada, estoque na memória, internalização do que é transmitido, seguindo-se (c) recuperação e transferência para a solução de problemas em novas situações”.

De modo a traduzir um enfoque analítico específico sobre a aprendizagem, Lave e Wenger (1991) propõem o conceito de “participação periférica legitimada” como um descritor do compromisso na prática social que vincula a aprendizagem como um constituinte integral. Segundo eles, esse conceito “[...] proporciona uma maneira de lidar com as relações entre os novatos e os veteranos e com as atividades, identidades, artefatos e comunidades de conhecimento e prática [...]” (LAVE; WENGER, 1991, p. 29, tradução nossa).

Os autores explicam que o termo “legitimado” adquire uma característica definidora das maneiras de pertencer a um grupo, e não uma condição crucial para a aprendizagem. A “periferialidade” sugere que há formas múltiplas e variadas de “participação” e que não há correspondência/ligação com o centro ou centralidade. Relaciona-se às localidades e às diversas formas de participação de cada um nas práticas cotidianas: “[...] cada componente é indispensável à definição e compreensão do outro e não pode ser considerado separadamente: legítimo *versus* ilegítimo, periférico *versus* central, participação *versus* não participação [...]” (LAVE; WENGER, 1991, p. 35, tradução nossa).

Para os autores, sempre quando se pensa na aprendizagem, a primeira coisa que se cogita é a relação mestre-aprendiz. Na prática, porém, os papéis do mestre são surpreendentemente variáveis no tempo e no espaço e a relação mestre-aprendiz não é uma característica definidora da aprendizagem. Em muitos casos, a relação com os aprendizes do mesmo nível se torna mais presente e contribui significativamente para a aprendizagem do que a relação mestre-aluno (LAVE; WENGER, 1991).

### **Constituição da habilidade**

Segundo Velho (2001), Ingold (2000) trata de temas como cultura, aprendizagem e habilidade, mas, sobretudo, da abordagem ecológica do conceito de cultura, no qual a descrição deve incluir o ambiente, o organismo/pessoa que aprende e os instrumentos envolvidos. Ele se propõe a responder à questão: Como cada geração contribui para a cognoscibilidade da próxima? De maneira geral, ele discute o papel da experiência e o da transmissão geracional nos modos pelos quais os seres humanos conhecem e participam da cultura.

Questiona as abordagens que defendem o conhecimento como forma de “conteúdo mental”, que, “[...] com vazamentos, preenchimentos e difusão pelas margens, é passado de geração em geração, como a herança de uma população portadora de cultura” (INGOLD, 2010, p. 6). Segundo o autor, o pressuposto de que o conhecimento é informação e o de que os seres humanos são mecanismos para processá-lo são falsos e argumenta o contrário: “Nosso conhecimento consiste, em primeiro lugar, em habilidades, e todo ser humano é um centro de percepções e agência em um campo de prática” (INGOLD, 2010, p. 7).

Para Ingold (2010), a habilidade está na relação organismo/pessoa/ambiente. Para explicar isso, utiliza a abordagem ecológica, que parte da premissa de que a capacidade de conhecimento humano não está baseada na combinação de capacidades inatas e competências adquiridas, mas em habilidades:

***Meu ponto é que estas capacidades não são nem internamente pré-especificadas nem externamente impostas, mas surgem dentro de processos de desenvolvimento, como propriedades de auto-organização dinâmica do campo total de relacionamentos no qual a vida de uma pessoa desabrocha (INGOLD, 2010, p. 15).***

Nesse sentido, argumenta sobre a maturação ou o amadurecimento, que é alcançada(o) por intermédio da prática. Com isso, dissolve a dicotomia corpo-cérebro:

***Da mesma forma, as múltiplas habilidades dos seres humanos, de atirar pedras a lançar bolas de cricket, de trepar em árvores a subir escadas, de assobiar a tocar piano, emergem através dos trabalhos de maturação no interior de campos de prática constituídos pelas atividades de seus antepassados. Não faz sentido perguntar se a capacidade de subir está na escada ou em quem a sobe, ou se a habilidade de tocar piano está no pianista ou no instrumento. Essas capacidades não existem ‘dentro’ do corpo e cérebro do praticante nem ‘fora’ no ambiente. Elas são, isto sim, propriedades***

**de sistemas ambientalmente estendidos que entrecortam as fronteiras de corpo e cérebro (INGOLD, 2010, p. 16).**

O autor conclui que no crescimento do conhecimento humano a contribuição que cada geração dá à seguinte não é um suprimento acumulado de representações, mas uma “educação da atenção”. Ele tomou essa frase de Gibson (1979), que, em sua tentativa de desenvolver uma psicologia ecológica, tratou a percepção como uma atividade de todo o organismo em um ambiente, em vez de uma mente dentro de um corpo.

Ingold (2010, p. 19) afirma: “O aumento do conhecimento na história de vida de uma pessoa não é um resultado de transmissão de informação, mas sim de redescoberta orientada”. Para explicar, ele dá o exemplo de um livro de receitas e faz a distinção entre conhecimento e informação. O livro de receitas culinárias está abarrotado de informação sobre como preparar uma série de pratos. Mas será que é nessa informação que consiste o conhecimento do cozinheiro? O próprio autor adianta que não. Quando a receita orienta para “derreter a manteiga numa pequena panela e adicionar a farinha”, a pessoa é capaz de segui-la só porque ela dialoga com uma experiência anterior de derreter e mexer, de lidar com substâncias como manteiga e farinha e de encontrar os ingredientes e utensílios básicos na cozinha. Os comandos verbais da receita extraem seu significado não de sua ligação a representações mentais na cabeça, mas de seu posicionamento no contexto familiar da atividade doméstica da pessoa. Segundo ele, isso ocorre também com as placas de sinalização, numa paisagem, que fornecem direções específicas às pessoas, enquanto elas abrem caminho por meio de um campo de práticas relacionadas. É o *taskscape*, um neologismo, que em português poderia ser *tarefagem*, com que o autor se refere por associação a uma paisagem (*landscape*) de sinalizações (INGOLD, 2010, p. 19).

Dessa forma, a informação no livro de receitas, em si mesma, não é conhecimento. Apenas quando é colocada no contexto das habilidades adquiridas por intermédio dessa experiência anterior é que pode ser seguida na prática, e apenas uma rota assim especificada pode levar ao conhecimento. Por isso, ele afirma que, nesse sentido, todo conhecimento está baseado em habilidade. Assim como nosso conhecimento da paisagem é adquirido ao caminhar por ela, seguindo várias rotas sinalizadas, o conhecimento da *taskscape* também é adquirido seguindo as várias receitas no livro. Não se trata de conhecimento que foi comunicado, mas, sim, de conhecimento construído, seguindo os mesmos caminhos dos predecessores e orientado por eles.

O autor argumenta, ainda, que o processo de aprendizado por redescobrimto dirigido é transmitido mais corretamente pela noção de *mostrar*. Mostrar alguma coisa a alguém é fazer essa coisa se tornar presente para essa pessoa de modo que ela possa apreendê-la diretamente: olhando, ouvindo ou sentindo. Nesse caso, o papel do tutor (ou do mais experiente) é criar situações nas quais o iniciante é instruído a cuidar especialmente deste ou daquele aspecto do que pode ser visto, tocado ou ouvido, para poder, assim, “pegar o jeito” da coisa. Por isso, afirma: “Aprender, neste sentido, é equivalente a uma ‘educação da atenção’”. E não representações na mente – transmitidas de uma mente (emissor) para outra (receptor) (INGOLD, 2010, p. 21).

Como reforça o autor, a diferença entre o conhecimento do especialista e o do iniciante não é porque o primeiro adquiriu representações mentais que o capacitam a construir um quadro mais elaborado do mundo partindo da mesma base de dados, mas porque seu sistema perceptivo está regulado para “captar” aspectos essenciais do ambiente que simplesmente passam despercebidos pelo iniciante.

### Procedimentos metodológicos

No processo de investigação, antes de decidir sobre quais procedimentos metodológicos utilizar, procedeu-se a um primeiro estudo exploratório, para identificar os campos de pesquisa (escritórios) potenciais; à análise dos documentos relativos aos processos e procedimentos da produção de projetos; e a um segundo estudo exploratório, para fundamentar o planejamento da segunda fase da pesquisa.

O objetivo principal com o primeiro estudo exploratório, realizado em dez escritórios de arquitetura, foi identificar, dentre as alternativas possíveis, os campos de pesquisa que pudessem viabilizar a execução dessa investigação. Para definir os campos de pesquisa (escritórios), foram utilizados os seguintes critérios: 1º) escritórios com estagiários envolvidos no processo de projeto: requisito *sine qua non*, dado o foco no processo do aprendiz; 2º) escritórios com arquitetos em diferentes níveis de formação: não bastava ter estagiários, era necessário ter também arquitetos em funções diversas; 3º) escritórios com maturidade no desenvolvimento de projetos de arquitetura: escritórios com uma prática consolidada poderiam facilitar o entendimento do processo de produção de projetos se comparados àqueles que estavam iniciando suas atividades; e 4º) escritórios com sistema de gestão de projetos consolidados. A decisão de incluir este último requisito baseou-se, principalmente, na percepção de que, nos escritórios com sistema de gestão, os processos e procedimentos referentes à produção de projetos estavam formalizados e descritos, dadas as próprias exigências normativas, e poderiam facilitar o entendimento do processo de produção dos projetos se comparado àqueles sem sistema de gestão estabelecido.

Dos dez escritórios pesquisados, somente três possuíam a gestão de projetos consolidada. Dessa forma, estes foram os selecionados como potenciais candidatos para pesquisa. A negociação com um deles, porém, não se concretizou, restringindo a pesquisa a dois escritórios, tratados neste artigo como “Escritório A” e “Escritório C”.

O objetivo principal com a análise dos documentos<sup>6</sup> relativos aos processos e procedimentos da produção de projetos foi compreender como funcionavam a produção e a gestão de projetos nos escritórios: processos de desenvolvimento do produto, controle das etapas, avaliação dos funcionários em relação às suas atividades, avaliação do cliente em relação ao projeto recebido e participação dos diferentes agentes – estagiários, arquitetos, coordenadores, gerentes, diretores e clientes – no processo.

Em relação à obtenção de informações sobre a produção e gestão de projetos, uma das limitações desta pesquisa consistiu na dificuldade em lidar com dados confidenciais dos escritórios. Sobre essa situação, Emmitt (2010, p. 35, tradução nossa) argumenta que “[...] a maioria das empresas considera seus procedimentos operacionais internos como confidenciais. Como consequência, há falta de informações publicadas sobre o que os gerentes de projeto fazem”. Nesse caso, algumas informações sobre os escritórios A e C não foram fornecidas. Mesmo nas situações nas quais o acesso foi irrestrito houve a necessidade de filtrá-las e de evitar apresentá-las completas, por se tratar de informações confidenciais.

No segundo estudo exploratório – observação realizada durante uma semana no Escritório A –, o objetivo principal foi fundamentar o planejamento da segunda fase da pesquisa. Em outras palavras, (re)pensar e (re)planejar qual seria a melhor forma de

<sup>6</sup> Foram analisados os seguintes documentos: Manual da Qualidade (MQ), Manual de Descrição de Funções (MDF), Formulários de procedimentos para desenvolvimento de produtos e Formulários de avaliação das pessoas e dos serviços prestados, dentre outros específicos de cada escritório.

investigar o processo de aprendizagem na produção de projetos arquitetônicos. Ele foi importante também por ampliar o entendimento sobre o funcionamento da produção de projetos arquitetônicos, bem como por responder a algumas questões/dúvidas que ainda pairavam em relação ao objeto da pesquisa: De quais etapas as pessoas em diferentes níveis participavam? Quais atividades desenvolviam? Quem repassava as atividades e a quem submetia o trabalho?

Uma das principais contribuições desse estudo foi mostrar que seria viável a observação da prática de produção de projetos, o que, até aquele momento, ainda era uma questão que gerava dúvida como processo metodológico. Ao mesmo tempo em que se mostrou ser um método exequível para a pesquisa, ficou claro que seria necessário prever maior tempo de permanência no campo.

Baseando-se nesses dois estudos exploratórios e na análise dos documentos referentes à produção, definiu-se o delineamento de quais seriam os métodos mais adequados para essa investigação: a observação e as entrevistas.

a) Observação – Pretendeu-se com essa fase de observação do cotidiano, com duração de quatro meses, realizada em uma das salas de produção de projetos no Escritório C, investigar as atividades diárias de fazer/elaborar projetos por maior período; ou seja, identificar como eram e quais eram os caminhos do projeto dentro do escritório e, também, como as pessoas envolvidas nessa prática se relacionavam e se modificavam no dia a dia, e, nesse processo, como aprendiam.

Segundo Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2002), são muitas as habilidades exigidas do observador: a) ser capaz de estabelecer uma relação de confiança com os sujeitos; b) ter sensibilidade em relação às pessoas; c) ser um bom ouvinte; d) formular boas perguntas; e) ter familiaridade com as questões investigadas; f) ter flexibilidade para adaptar a situações inesperadas; e g) não ter pressa de identificar padrões ou atribuir significados aos fenômenos observados.

Aos poucos, e com o passar dos dias, foi-se tentando achar a melhor maneira para observar o que as pessoas estavam fazendo. No início, o procedimento consistia em aproximar-se, sentar-se ao lado da pessoa, observar e perguntar o que ela estava fazendo. Com o tempo, em muitos casos, não era mais preciso perguntar, pois os nomes dos arquivos eram codificados e seguiam uma ordem, como número do projeto, etapa em que estava (estudo preliminar, projeto legal ou projeto executivo) e número da revisão, dentre outras informações, o que facilitou a observação.

Após quatro meses, com o encerramento da observação no Escritório C, procedeu-se à leitura sistemática das notas de campo, bem como à indexação dos dados, o que serviu também de referência para melhorar as questões do roteiro para as entrevistas.

b) Entrevistas – Essa fase teve por finalidade buscar informações que não haviam sido percebidas na observação e compreender como as questões relativas à produção de projetos eram vistas pelas pessoas envolvidas no processo, como os estagiários e os arquitetos, em diferentes níveis de formação.

O uso de entrevistas permitiu identificar as diferentes maneiras de perceber e de descrever as práticas de projeto:

***A entrevista em profundidade é uma técnica dinâmica e flexível, útil para apreensão de uma realidade tanto para tratar de questões relacionadas ao íntimo do entrevistado, como para descrição de processos complexos nos quais está ou esteve envolvido (DUARTE, 2005, p. 2).***

Ainda segundo Duarte (2005), é extremamente útil para estudos do tipo exploratório, que tratam de conceitos, percepções ou visões para ampliar conceitos sobre a situação analisada. Pode ser empregada para o tipo descritivo, em que o pesquisador busca mapear uma situação ou o campo de análise, descrever e focar determinado contexto.

Nesta pesquisa, as entrevistas foram fundamentais, dada a dificuldade em perceber/entender o contexto – situações e atividades realizadas – em razão, também, do modo de trabalho: pessoa-computador.

Para a realização das entrevistas, decidiu-se que todos os estagiários e arquitetos juniores observados deveriam ser entrevistados, incluindo, também, pelo menos uma pessoa de cada nível nas diferentes funções de arquiteto. Dessa forma, foram 11 pessoas entrevistadas: 3 estagiários, 3 arquitetas juniores, 2 arquitetos plenos, 1 arquiteta sênior, 2 arquitetos *masters* e o diretor-administrativo, responsável pela gestão do escritório. Para entrevistar essas pessoas, apoiou-se em um roteiro, que tratava dos seguintes tópicos: formação, interesse e grau de satisfação pessoal com o exercício da arquitetura; características do trabalho; produção de projetos, como atividades e etapas de que participavam; fatores que poderiam influenciar a aprendizagem; sistema de gestão de projetos; e sistemas de avaliação e controle dos projetos. No total, foram 18 horas de entrevistas gravadas, as quais foram transcritas, perfazendo, aproximadamente, 350 páginas.

### Os escritórios

O Escritório A ocupava uma área de aproximadamente 100 m<sup>2</sup> (FIG. 1). Havia 16 pessoas, sendo 11 arquitetos, 2 *trainees* e 1 estagiário, todos envolvidos com a produção de projetos, além dos 2 diretores. Na sala de produção de projetos havia 20 estações de trabalho (mesas), dispostas aos pares e perpendiculares à parede, nas quais ficavam os arquitetos, os arquitetos *trainees* e os estagiários. De frente para essa fileira de mesas, posicionavam-se outras duas, uma para cada diretor. Havia muita troca de informações entre a Direção e os coordenadores de projetos. A organização da produção acontecia quase sempre de forma individual, principalmente após as fases de estudo de viabilidade e de estudo preliminar realizadas pelos diretores. Segundo relato do próprio gerente de projetos, “atualmente todos os arquitetos coordenam algum projeto” (coordenar significa ser o responsável pelo desenvolvimento do projeto do início ao fim). Em outras palavras, cada um se dedicava aos próprios projetos, por isso acabava não tendo tempo para contribuir com o projeto do outro; havia pouca conversa entre os arquitetos. Os iniciantes (estagiários e *trainees*) ajudavam os arquitetos que tinham os projetos maiores ou com um prazo menor para a entrega.

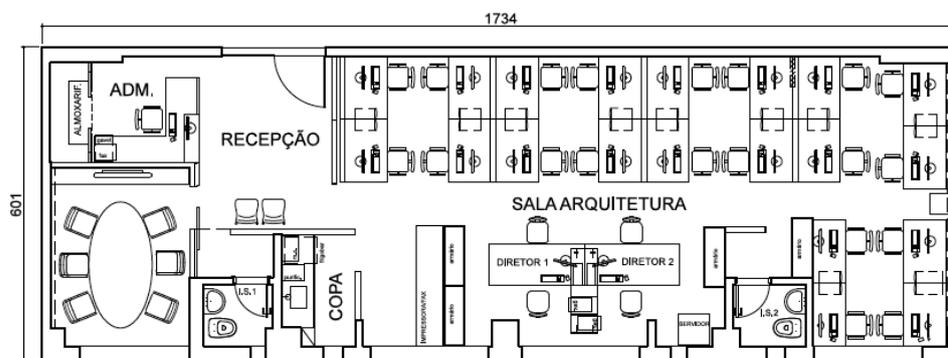


FIGURA 1 – Planta baixa do Escritório A.

Fonte: Planta fornecida pela empresa (medidas em centímetros, sem escala definida).

O Escritório C ocupava quase um andar inteiro de um prédio comercial, um total de, aproximadamente, 625 m<sup>2</sup>. Havia três salas de produção de projetos – salas verde, laranja e roxa –, dentre outros ambientes, como a recepção, duas salas de reunião, sala da presidência, sala da diretoria e uma copa/cozinha (FIG. 2). Além desse ambiente, a empresa utilizava uma sala para o setor administrativo em outro andar. Eram, aproximadamente, 40 arquitetos e 9 estagiários envolvidos na produção de projetos. Os ambientes de produção (dentre eles o que foi observado, a sala verde) foram projetados para o trabalho em equipe. Nas salas verde e laranja havia 16 estações de trabalho em cada uma, dispostas em 4 fileiras (bancadas), e as pessoas da mesma equipe sentavam-se lado a lado. Entre as fileiras havia uma divisória baixa de vidro, em torno de 30 cm de altura, acima da mesa, que permitia a interação e a troca de informações entre as pessoas.

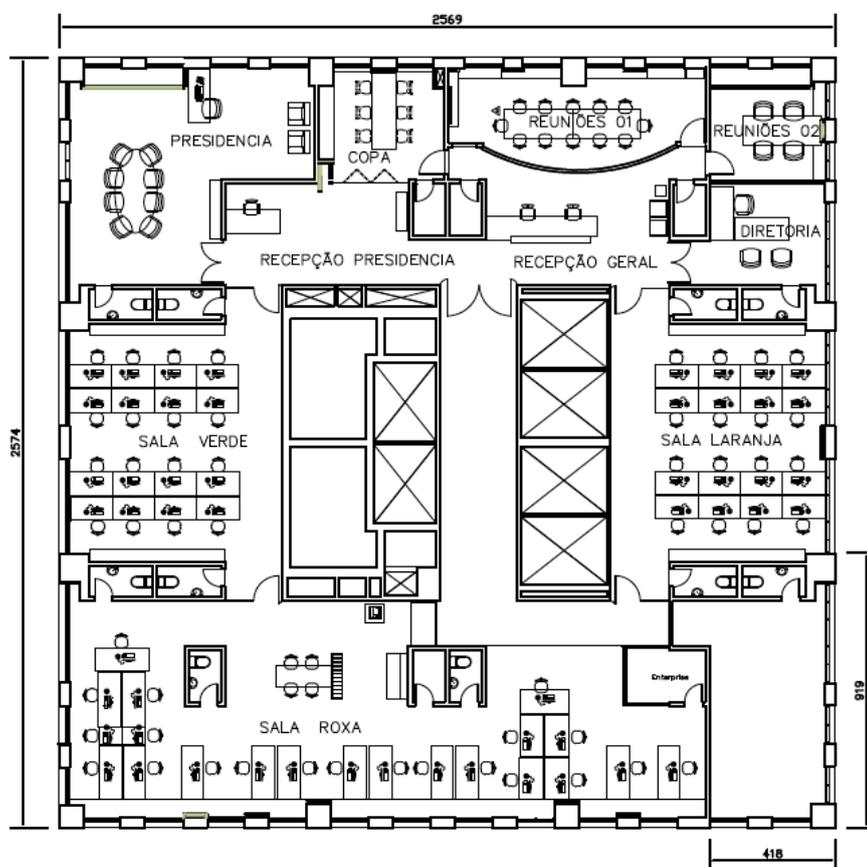


FIGURA 2 – Planta baixa do Escritório C.

Fonte: Planta fornecida pela empresa (medidas em centímetros, sem escala definida).

A produção de projetos era realizada por equipes – geralmente, compostas por 1 arquiteto sênior, 1 arquiteto pleno (ambos podiam ser o líder da equipe), 1 arquiteto júnior e 1 estagiário. Cada equipe ocupava uma das fileiras nas bancadas –, organizadas de acordo com o ambiente, geralmente compostas por 3 ou 4 pessoas, sentadas lado a lado, conforme pode ser observado na planta do escritório. Na sala de produção observada, havia quatro equipes, compostas por arquitetos plenos e seniores ou plenos e juniores: três delas ligadas à produção de projetos de arquitetura e uma responsável pelas atividades relacionadas à arquitetura de interiores.

Nesse escritório, as equipes formadas por pessoas mais experientes tinham mais projetos para desenvolver e o líder da equipe podia delegar mais atividades. A distribuição da responsabilidade entre as pessoas e, principalmente, entre as equipes faz lembrar Lave e Wenger (1991), quando mencionam (mediante a análise de outros contextos) que essa é uma característica da aprendizagem: menor experiência, menor responsabilidade. É o que esses autores chamam de “participação/movimentação centrípeta”. Ou seja, os iniciantes se movem de uma participação periférica para uma participação completa: “um domínio fechado de conhecimento ou prática coletiva para o qual pode haver graus mensuráveis da ‘aquisição’ pelos novatos” (LAVE; WENGER, 1991, p. 36, tradução nossa).

No Escritório C, os estagiários não pertenciam a nenhuma equipe oficialmente, mas havia uma organização na sala que privilegiava o trabalho de cada um deles por um tempo maior em determinadas equipes. Segundo uma arquiteta sênior e líder de equipe, os líderes de projetos perdiam muito tempo explicando aos estagiários que não vivenciavam o dia a dia do projeto e logo em seguida (dois a três dias) saíam do projeto para trabalhar em outro. Por isso, os líderes de equipe da sala decidiram alterar a forma de participação dos estagiários nos projetos:

***Porque eu achava que o estagiário tinha que estar numa equipe para eles criarem vínculo e aprenderem com o projeto, porque do jeito que estava, cada semana eles estavam com uma pessoa, então eles estavam só desenhando, porque eles não pensavam. [...] Se o estagiário ficar de um projeto para outro tem oportunidade de interagir mais e participar de muito mais projetos, sim, mas acho que ele aprende menos. (Arquiteta sênior e líder de equipe, grifos nossos).***

Além das diferenças em relação ao porte e à organização da produção dos projetos desses escritórios, havia também uma diferença significativa relacionada ao tratamento dado aos estagiários. No Escritório A, os estagiários tinham mais restrições – não tinham acesso à internet, não possuíam as chaves do escritório e somente eles não podiam salvar os arquivos nas devidas pastas. Enfim, o tratamento dispensado a eles era diferenciado se comparado ao tratamento dado aos arquitetos. Parecia que eram tratados à margem do processo.

Entretanto, no Escritório C, conforme observado, os estagiários tinham, basicamente, os mesmos direitos e deveres que os demais arquitetos: acesso a quase todas as informações dos projetos e recebiam o mesmo tratamento dado aos arquitetos. É o que conta uma das estagiárias: “Isto que eu acho uma das coisas que mais gosto aqui da empresa: eles tratam a gente de igual pra igual.”

### **Oportunidades para aprender**

No cotidiano de trabalho nos escritórios pesquisados, foi possível perceber múltiplas situações que revelaram oportunidades para que as pessoas envolvidas pudessem aprender a fazer projetos arquitetônicos. Algumas delas são específicas desses ambientes, como a utilização do “arquivo-referência”, a “canetada” e a participação no Comitê de Análise Crítica. Outras fundamentam todo o processo de aprendizagem, como a repetição, o “aprender vendo” (a observação) e a interação entre os pares.

a) Arquivo referência – A utilização de arquivos referência para orientar a realização de novas atividades (sobretudo dos iniciantes) é uma prática cotidiana nesses escritórios. Praticamente todos os estagiários e arquitetos juniores, ao serem solicitados para a realização de novas atividades, recebiam material para servir de referência.

Ao receber o arquivo referência, o estagiário, ou o arquiteto júnior, tenta entender o que aconteceu naquela situação – qual era o contexto e quais foram as soluções dadas – para, a partir daí, desenvolver as soluções para seu projeto.

Ao receber o arquivo referência, o estagiário, ou o arquiteto júnior, está sendo engajado no conjunto de atividades do escritório para a produção do projeto. O fato de ser uma situação nova não cria, portanto, um contexto distinto (em que ele deve, primeiro, aprender para, depois, executar). Ele aprende como parte do processo e o modelo funciona como um guia que traz a marca das práticas dos veteranos.

O uso cotidiano do arquivo referência nos escritórios funciona como uma prática que estabelece diálogo com as práticas dos mais habilidosos/experientes. É, portanto, um vestígio dos veteranos e, também, um tipo de “mostrar” (INGOLD, 2010). Assim, os arquivos referência guiam as ações dos iniciantes em atividades antes não experimentadas, sem que essas tenham que ser retiradas do contexto de produção dos projetos, o que torna difícil perceber essa atividade como aprendizagem.

Pode-se relacionar a prática do arquivo referência com o que Grasseni (2007) considera sobre “dispositivos mediadores” para o treinamento visual. É com base nessa prática de ver essas referências ao longo do desenvolvimento dos projetos que o arquiteto iniciante “treina sua visão” em relação ao que pode ser considerado um “bom projeto” ou às “boas soluções de projeto” pela empresa. Ver, portanto, implica a busca ativa de informação no ambiente. Tal capacidade é resultado de uma visão habilidosa (*skilled vision*), que somente é obtida por meio da aprendizagem.

b) Canetadas – Outra prática constante no Escritório C é a “canetada”, termo usualmente empregado pelos arquitetos para as verificações/correções feitas à caneta nos desenhos impressos. Ocorre quando a pessoa, ao terminar determinada tarefa/atividade, imprime os desenhos do projeto – na maioria das vezes, em formato menor do que serão impressos para entregar ao cliente – para serem verificados e corrigidos por quem solicitou aquela tarefa ou, até mesmo, pelo próprio executante (objetivo de verificação).

Conforme explicou uma estagiária do Escritório C, “a canetada é utilizada como uma forma mais fácil de enxergar alguma coisa errada no projeto, uma vez que é melhor para ver do que na tela do computador”. Um dos arquitetos do Escritório C argumentou:

***Impresso é sempre melhor para verificar o desenho, para ver a espessura de linha, como vai ficar no desenho impresso. Às vezes, o cara vicia também e não percebe o erro no desenho. Até para eu fazer, eu prefiro canetar também de vermelho, para ficar mais fácil (grifos nossos).***

Esse assunto (dos desenhos impressos) é relatado também por Blanco (2012, p. 155, grifos nossos) referindo-se ao trabalho dos engenheiros:

***Nesses departamentos de engenharia, não é raro ver desenhos técnicos quase por toda parte: sobre as mesas, ao lado de computadores, nos armários... Certos postos de trabalho desaparecem sob os desenhos porque estes são uma ferramenta de base para o projetista. A difusão das ferramentas de informática não tem, aliás, sido suficiente para fazê-los desaparecer: o papel como suporte oferece a possibilidade de uma visão simultânea de conjunto e de detalhe que o computador não permite, a não ser através de uma série de manipulações e de mudanças de imagens na tela.***

Outro aspecto importante relacionado à prática da “canetada”, conforme sinalizam alguns arquitetos pesquisados, é que o cliente vê o desenho impresso como resultado do trabalho do escritório, e não os desenhos no computador. Daí a importância de imprimir o desenho e “canetar”.

A “canetada” constitui um dos mais recorrentes modos de aprender, porque a pessoa que fez aquele desenho tem a oportunidade de ver o que errou, o que faltou, o que precisa ser alterado no projeto, como deveria ter sido feito e, ainda, o que dá bom resultado. É o que relatou uma estagiária do Escritório C, reforçando a contribuição da “canetada” para o aprendizado:

***A canetada é quando ela vai marcar o que está errado. E quando a gente corrige o erro, a gente está aprendendo de certa forma. Para não repetir esse erro de novo. Então, a canetada também é uma forma de aprendizado, que eu vou imprimir mesmo assim... Às vezes é erro de linha. ‘Ah, essa linha não saiu, o tracejado não saiu do jeito que eu estava pensando que foss'e sair’. Às vezes nem é de desenho em si, é mais de representação de linha. Mas é um erro, devia ter usado outra cor, devia ter usado outra espessura. E aí a gente pode corrigir. E, de certa forma, a gente aprende também (grifos nossos).***

c) Participação nas reuniões de análise crítica de projetos – Essa prática, que ajuda na aprendizagem das pessoas, consiste na participação no Comitê de Análise Crítica (CAC), que no Escritório C é formado pelos arquitetos mais experientes (os arquitetos *masters*), que realizam análises, em reuniões, para as soluções arquitetônicas e técnicas construtivas dos projetos, nas fases de projeto preliminar e de anteprojeto. Todos os projetos da empresa passam por esse Comitê, pelo menos nessas duas fases. Segundo o diretor-presidente, “esse procedimento tem diminuído o número de erros nos projetos, tem colaborado para a integração da equipe e, principalmente, tem contribuído para tornar o processo de produção de projetos mais rápido”.

Nessas reuniões, o coordenador do projeto e, em alguns casos, outros arquitetos que também participam da sua elaboração têm a oportunidade de ouvir as críticas, as opiniões, as sugestões e as análises dos arquitetos mais experientes. Conforme relatou o diretor-presidente, esse processo é importante, pois “os arquitetos mais experientes têm muito a contribuir com os mais novos e podem, de certo modo, encurtar muitos caminhos com soluções para os problemas de projetos”.

Um dos arquitetos do Escritório C reiterou sua importância no processo do aprendizado de arquiteto e do melhoramento do produto:

***O CAC é um inferno porque o diretor vai ter a visão do negócio e vai falar: ‘Isso não está bom, por quê? Porque você não está valorizando o projeto. O cliente vai ficar triste, é um projeto que não vai vender’. Aí um outro fala: ‘Mas isso aqui não está alinhado, isso aqui tem uma forma esquisita’. Vem outro *master* com a parte mais técnica e fala: ‘Você tem que tomar cuidado com isso aqui porque, normalmente, ele pede uma área maior’. [...] A hora que entra alguém e fala para você mudar tudo, você entra num desespero, numa angústia, num nervosismo, mas não adianta. Porque você fica meio... vou ter que alterar tudo, eu gastei um tempão para fazer, agora vai ser mais fácil, vai ser mais rápido, você já fez. Por isso que ele acontece nas fases iniciais, porque é o início do projeto. Você tem que ver que aquilo tem um porquê, talvez todas as questões não vão ser atendidas, mas tem como. Isso vai ter influência no próximo projeto porque você já vai com aquela carga daquele conhecimento (grifos nossos).***

Tornar-se participante pleno da prática projetual em arquitetura significa aprender a argumentar sobre as decisões de projeto. Nas reuniões de CAC, os arquitetos mais jovens tinham acesso aos procedimentos sobre como isso poderia ser feito (acesavam as dimensões que mereciam ser argumentadas e discutidas: questões técnicas, desejos dos clientes, restrições legislativas, entre outras).

d) Repetição – A repetição é uma das principais práticas fundadoras da habilidade. Na produção de projetos de arquitetura, as atividades se repetem cotidianamente. Algumas se estendem por muitos dias ou até semanas, principalmente aquelas executadas pelos que estão começando: os estagiários e os arquitetos juniores. Embora um projeto seja diferente do outro, as atividades que envolvem sua produção são semelhantes. Dois casos servem para exemplificar como a repetição faz parte do dia a dia da produção de projetos nesses escritórios. O primeiro caso refere-se à atividade executada por uma das estagiárias do Escritório C, de cotar as medidas das paredes de um projeto em um desenho de planta (em relação aos eixos verticais e horizontais do projeto estrutural), que durou sete dias consecutivos. Ela colocou as cotas em todos os desenhos de todos os 26 pavimentos do projeto. O segundo caso refere-se à atividade executada por uma arquiteta júnior do Escritório A, de elaborar o quadro de esquadrias de um projeto que durou duas semanas. Ela estava fazendo os desenhos dos tipos de esquadrias do projeto, em todos os pavimentos, com cortes e cotas das alturas dos peitoris e das janelas.

Nos escritórios pesquisados, os principais fatores que contribuem para a repetição das tarefas/atividades na produção de projetos arquitetônicos são: forma de apresentar os projetos, a produção de projetos de grandes edificações e modo de desenvolvimento dos projetos.

Em relação à forma de apresentação dos projetos, na fase de projeto legal (preparação do projeto para aprovação pela prefeitura), por exemplo, os arquitetos devem produzir e apresentar as peças gráficas do projeto elaborado, contendo, no mínimo, plantas, cortes transversais e longitudinais e elevações da obra pretendida.

Outro fator que contribui para a repetição é a especialização na produção de projetos de grandes edificações, geralmente, projetos de edificações comerciais ou residenciais com muitos pavimentos e com mais de uma torre. Consequentemente, com um grande volume de informações a repetição se torna mais relevante, gerando muitos arquivos e desenhos para apresentar o projeto.

O modo de desenvolver os projetos nesses escritórios, com base na elaboração de pranchas de desenhos, é outro fator que colabora para a repetição. Nesse sistema, cada arquivo de desenho técnico funciona como uma prancha de desenho impressa, só que digital, feita no computador, em duas dimensões ou 2D. O desenho em 3D é utilizado somente nas primeiras fases de desenvolvimento do projeto (estudo preliminar e anteprojeto), para estudar a volumetria e apresentar ao cliente. Os desenhos técnicos para o projeto de determinado edifício são divididos por pranchas – uma para o desenho de planta do térreo, outra para o primeiro pavimento, outra para o segundo pavimento, e assim por diante. Cada uma dessas pranchas corresponde a um arquivo no computador. Em alguns casos, é necessário colocar mais de uma prancha por arquivo.

A importância da repetição é percebida pelos próprios arquitetos, que reforçam seu valor na produção de projetos. Eles reforçam, também, a dinamicidade desse processo. Segundo os arquitetos, são as atividades/tarefas que se repetem, e não o projeto, uma vez que a situação é única. O diretor-presidente do Escritório C também comen-

tou sobre a repetição na prática do projeto arquitetônico: “Somente depois de ter trabalhado mais de 30 anos com arquitetura comecei a entender algumas coisas que antes não faziam sentido. Arquitetura é coisa de gente adulta; é uma atividade muito exigente. Há necessidade de muitos anos de esforço e repetição”.

e) Observação – A observação é uma maneira recorrente de aprender nos escritórios. Observar os outros praticantes é algo inerente ao processo de participação na prática, o que é mais visível entre os iniciantes. Isso é o que os sujeitos pesquisados denominam “aprender vendo”.

Diferentemente de um estágio de observação (por exemplo, determinado tipo de estágio docente no qual o aluno de licenciatura observa/assiste as/às aulas de um professor por um período), no escritório não há um tempo específico e/ou delimitado para a observação. Ela é sutil e ocorre no fluxo da prática cotidiana. No relato da estagiária do Escritório C, em que afirmou aprender muito observando o modo de trabalhar das pessoas do escritório, é possível perceber isso:

***Na prática eu estou observando os projetos que a arquiteta sênior e líder de equipe me passa. Eu observo o jeito que ela trabalha, porque eu estou trabalhando com ela. Mas eu não deixo de observar, por exemplo, outro arquiteto que trabalha do meu lado, se eu tenho alguma dúvida eu pergunto pra ele, eu vejo como ele faz, vejo o comando que ele usa e faço igual. A gente aprende com todo mundo (grifos nossos).***

Nesses ambientes (escritórios de arquitetura), ao observar (o que inclui a pessoa por inteiro: ver, ouvir e sentir) como a tarefa/atividade foi ou está sendo realizada, o iniciante pode perceber aspectos da prática, encontrar respostas e formular perguntas com as quais até então não havia se deparado. Cita-se o caso de uma arquiteta júnior do Escritório C, ela relata que no início observava muito o trabalho do arquiteto pleno e líder de equipe: “Ele fazia, e eu ia olhando, aprendendo mesmo. E, aos poucos, fui ficando mais segura e independente”.

Mas a prática não é revelada a qualquer pessoa. É à medida que os praticantes vão conseguindo perceber seus diferentes aspectos/dimensões que ganham acesso ao “campo de prática madura”, como afirmam Lave e Wenger (1991). Em outras palavras, o processo de observação não é simples e a aprendizagem – que é sempre fundada no coletivo – se dá de maneira proporcional à ampliação da percepção e à participação na prática. Isso é o que Ingold (2010) denomina “educação da atenção”.

É dessa maneira que os praticantes do escritório iniciam suas práticas: tendo, a cada momento, de recorrer aos colegas mais experientes, vão (no exercício cotidiano) se tornando praticantes habilidosos no ofício de projetar. Mais do que isso, eles vão se tornando arquitetos. Tornar-se arquiteto implica incorporar outros aspectos da prática cotidiana. É por isso que o foco de observação vai muito além do projeto.

f) A relação entre pares – A relação entre pares é outro modo importante de aprender. O ambiente do escritório é dinâmico e a interação entre as pessoas ocorre o tempo todo. Assim, como a repetição e a observação, essa prática é instituidora da aprendizagem, perpassando o processo de aprender. Eventos como virar o monitor para o lado, mover a cadeira para conversar com quem está próximo, fazer uma pergunta para o colega, tirar uma dúvida com o líder da equipe ou, ainda, comandar o mouse do colega (ou estagiário) e lhe explicar alguma coisa são comuns nesses ambientes.

A diferença de configuração do espaço e da organização da produção dos projetos em cada escritório pesquisado – se individual (Escritório A) ou em equipe (Escritório

C) – reflete distintos modos/caminhos para o aprender nesses contextos. Quando um mesmo projeto está sendo desenvolvido por uma equipe, a chance de intercâmbio entre as pessoas é maior e ocorrem mais trocas de experiências. Nesse processo, as pessoas têm mais oportunidades de interagir umas com as outras.

No Escritório C, as relações cotidianas são mais recorrentes, em razão da organização da produção de projetos em equipes e do leiaute das salas de projeto. Quanto a este último aspecto, as pessoas da mesma equipe ficam lado a lado em uma grande bancada, proximidade que permite a interação entre os membros da equipe durante a produção dos projetos, facilita o acesso às informações, promove o intercâmbio/comunicação e agiliza o processo de produção. Nesse sentido, qualquer dúvida pode ser rapidamente sanada pelo colega ao lado, pelo líder da equipe ou, ainda, pelo colega da outra equipe, logo à frente.

Um arquiteto *master* do Escritório C argumenta que essa proximidade contribui para a produção dos projetos e que “o contrário também: quando você está longe, fica mais difícil acompanhar, evoluir as ideias. Realmente, a proximidade facilita, é bom. Acho que faz o processo andar melhor, não tenho dúvida”.

Outro exemplo da relação dos iniciantes com os mais experientes envolve as orientações e sugestões dos veteranos, que acontecem cotidianamente durante a produção de projetos nesses escritórios, principalmente no C, no qual há uma relação constante entre eles.

No Escritório A, entretanto, dado o sistema quase que individual de desenvolvimento de projeto, há menos interação entre os arquitetos. Mas como os iniciantes (estagiários e *trainees*) estão sempre auxiliando os mais experientes, a interação entre eles acaba acontecendo.

## Considerações finais

O que se vê no dia a dia nesses escritórios é a integração e a interação entre as pessoas: são processos de aprendizagem. Foi possível perceber e analisar as práticas que envolvem a produção dos projetos, principalmente nas relações com os colegas (com outros aprendizes ou com os veteranos). Do iniciante ao mais experiente, essas relações se caracterizam como estrutura dessa prática social. É por intermédio delas que se dá a aprendizagem em todas as suas faces, tensões e contradições. É como se as práticas e as relações fossem fios de uma trama, dependentes umas das outras para formarem uma urdidura que se torna cada vez mais firme e consistente à medida que se entrecruzam e se entrelaçam, constituindo, assim, o processo de aprendizagem.

Essas práticas reiteram a ideia de que aprender a projetar é uma atividade complexa, de que a aprendizagem é um processo de mudança das práticas e das pessoas (LAVE; WENGER, 1991) e, sobretudo, de que aprender é uma atividade mais relacional (coletiva) do que individual. Mostram, também, que aprender a fazer projetos é um processo contínuo e lento, que requer muitos anos de prática. Essa, talvez, seja uma das razões que aumentam a invisibilidade do processo de aprendizagem.

São práticas vivenciadas e aprendidas no dia a dia; são processos de “redescoberta orientada” (INGOLD, 2010, p. 19).

Cotidianamente, nesses escritórios as pessoas aprendem a ter uma visão crítica do trabalho do arquiteto, a trabalhar em equipe, a lidar com pessoas e com os clientes e

a respeitar o outro. Além disso, aprendem a reconhecer questões técnicas para a solução dos projetos, a perceber como as coisas funcionam na prática, a saber o que deve ser feito em cada fase do projeto e a identificar a melhor estratégia para lidar com os desafios: as prioridades, o que fazer primeiro e o que deixar para depois. Sintetizando, na prática, aprendem a fazer projetos.

## Referências

- ALMEIDA, J. G. A Formação do arquiteto e a universidade. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 78, n. 188-189-190, p. 57-85, 1997.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.
- AMARAL, A. L. S. N. **O sentido subjetivo da aprendizagem para alunos universitários criativos**. Brasília: Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, 2006.
- AMARAL, C. S. Descartes e a caixa preta no ensino aprendizagem da arquitetura. **Revista Arquitectos**, São Paulo, v. 1, p. 449-413, 2007.
- ANDRADE, M. M. A. R.; ANDRADE, P. R. Ensino e aprendizagem do projeto arquitetônico. In: **PROJETAR**, 5., 2011, Belo Horizonte.
- BERGO, R. S. **Quando o santo chama**: o terreiro de umbanda como contexto de aprendizagem na prática. 2011. 249 f. Tese (Doutorado)-Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, 2011.
- BLANCO, E. Uma cultura do protótipo: o projeto de um pulverizador de pintura. In: VINCK, Dominique (Org.). **Engenheiros no cotidiano**: etnografia da atividade de projeto e de inovação. Tradução de Marlene Machado Zica Vianna. Belo Horizonte: Febractum, 2013. p. 149-170.
- BRANDÃO, O. C. S. **Sobre fazer projeto e aprender a fazer projeto**. 2008. 271 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2008.
- BUENO, K. M. P. **Construção de habilidades**: trama de ações e relações. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.
- CARSALADE, F. L. **Ensino de projeto de arquitetura**: uma visão construtivista. 1997. 273 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 1997.
- CARSALADE, F. L. Referências metodológicas para um processo de ensino de projeto. In: MARQUES, S.; LARA, F. (Org.). **Projetar**: desafios e conquistas da pesquisa e do ensino de projeto. Rio de Janeiro: EVC, 2003. p. 145-158.
- DUARTE, J. Entrevista em profundidade. In: DUARTE, J.; BARROS, A. (Org.). **Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação**. São Paulo: Atlas, 2005.
- EMMITT, S. Design management in architecture, engineering and construction: origins and trends. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, Pedro Leopoldo, v. 5, n. 3, p. 27-37, nov. 2010.
- FARIA, E. L. **A aprendizagem da e na prática social: um estudo etnográfico sobre as práticas de aprendizagem do futebol em um bairro de Belo Horizonte**. 2008. 229

f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2008.

GIBSON, J. J. **The ecological approach to visual perception**. Boston: Houghton Mifflin, 1979.

GÓES, M. B. **A educação no projeto e o projeto na educação**: um estudo sobre o ensino e a aprendizagem de projeto na arquitetura. 2010. 303 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2010.

GÓES, M. B. Processos de projeto: repercussões para o ensino e a aprendizagem. In: **PROJETAR**, 5., 2011, Belo Horizonte.

GRASSENI, C. **Skilled visions**: between apprenticeship and standards. Bergamo: Editora da autora, 2007.

INGOLD, T. Da transmissão de representações à educação da atenção. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 33, n. 1, p. 6-25, 2010. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84813117002>>. Acesso em: 26 de abril de 2012.

INGOLD, Tím. **The perception of the environment**: essays in livelihood, dwelling and skill. Londres: Routledge, 2000.

KATO, V. R. C. **Reflexões sobre o fazer arquitetônico**. 2012. 239 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2012.

LAVE, J.; WENGER, E. **Situated learning**: legitimate peripheral participation. New York: Cambridge University Press, 1991.

LAVE, J. The politics of learning in everyday life. In: INTERDISCIPLINARY COMMITTEE ON ORGANIZATIONAL STUDIES (ICOS) SEMINAR. Michigan, 1999.

LAVE, J.; PACKER, M. Towards a social ontology of learning. In: NIELSEN, K. et al. **A qualitative stance**: essays in honor of steinar Kvale. Oxford: Aarhus Universitetsforlag, 2008. p. 17-46.

LAWSON, B. **Como arquitetos e designers pensam**. Tradução de Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIMA NETO, J. P. **O ensino de arquitetura como agente transformador da prática profissional**. 2007. 191 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2007.

PANET, A. O ensinar e o aprender a fazer: abordagem metodológica do ensino de projeto. In: **PROJETAR**, 5., 2011, Belo Horizonte, 2011.

RESENDE, L. F. **Entre pontas, coques e pliês**: aprendizagem da dança clássica no contexto do centro de formação artística do palácio das artes. 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Educação Física, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2011.

RODRIGUEZ, V. L. S. **É ensinando que se aprende**: as práticas atuais de ensino de projeto no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2008. 204 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, 2008.

SALVATORI, E. Arquitetura no Brasil: ensino e profissão. **Arquitetura Revista**, São Leopoldo, v. 4, n. 2, p. 52-77, 2008.

SAUTCHUK, C. E. **O arpão e o anzol: técnica e pessoa no estuário do Amazonas** (Vila Sucuriçu, Amapá). 2007. 309 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Ciências Sociais, Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2007.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Tradução de Roberto Cataldo Costa. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

TEIXEIRA, K. A. **Ensino de projeto: integração de conteúdos**. 2005. 233 f. Tese (Doutorado) – Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

VALENTE, N. **Estratégias para uma aprendizagem no ensino de arquitetura**. 2004. 204 f. Dissertação (Mestrado)-Centro de Teologia e Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2004.

VELHO, O. De Bateson a Ingold: passos na constituição de um paradigma ecológico. **Mana**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 133-140, 2001. Disponível em: <[www.scielo.br/pdf/mana/v7n2/a05v07n2.pdf](http://www.scielo.br/pdf/mana/v7n2/a05v07n2.pdf)>. Acesso em: 10 de março de 2012.

VIDIGAL, E. J. **Um estudo sobre o ensino de projeto de arquitetura em Curitiba**. 2004. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

VIDIGAL, E. J. **Ensino de projeto arquitetônico: um estudo sobre as práticas didáticas no curso de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal do Paraná**. 2010. 330 f. Tese (Doutorado) – Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

PAULA BARROS

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

**Paula Barros**

Possui doutorado em Urban Design pela Oxford Brookes University (2010), mestrado em Requalificação Urbana pela Liverpool Hope University/Liverpool University (2003), especialização em Arquitetura Contemporânea: Projeto e Crítica pelo IEC/PUC-Minas (1999) e graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Minas Gerais (1996). É Professora Adjunta do Departamento de Projetos da Escola de Arquitetura da UFMG (2013).

*Holds a Ph.D in Urban Design from Oxford Brookes University (2010), Master's degree in Contemporary Urban Renaissance by Liverpool Hope University / Liverpool University (2003), specialist in Contemporary Architecture: Project and Criticism at IEC / PUC-Minas (1999); graduated in Architecture and Urban Planning at the Federal University of Minas Gerais (1996). She is Associate Professor of the Department of Projects of the UFMG School of Architecture (2013)*

**p.barros@yahoo.com.br**

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

### Resumo

Na contemporaneidade, a promoção do caminhar está na ordem do dia por favorecer estilos de vida mais saudáveis e sustentáveis, dentre outras razões. A temática tem interessado a diferentes campos do conhecimento, incluindo Saúde Pública, Planejamento Urbano e Regional, Arquitetura e Urbanismo. O conhecimento científico acumulado até o momento sobre o caminhar é extenso, mas pautado principalmente em estudos realizados na Europa ou Estados Unidos. Diante da carência de estudos de percepção ambiental que abordam o caminhar a partir de uma consideração das realidades brasileiras, o presente trabalho objetiva investigar como as praças, sob a ótica dos pedestres, influenciam o caminhar utilitário no contexto das áreas centrais das grandes cidades brasileiras. Esta investigação adota um estudo de caso múltiplo, tendo sido escolhidas três praças localizadas na Área Central de Belo Horizonte, quais sejam: Praça da Liberdade, Praça da Estação e Praça Raul Soares. A coleta de dados incluiu análise documental, levantamentos físicos, observação não sistemática e entrevistas estruturadas aplicadas *in situ*. Os dados foram processados, sumariados e analisados quali-quantitativamente. As evidências do presente estudo indicam que as praças centrais podem contribuir para a promoção da saúde psicológica dos transeuntes. Dentre os aspectos valorizados pelos pedestres por incrementarem a agradabilidade do caminhar, destacam-se: a biodiversidade, a presença de água, a amplitude e as condições climáticas. Os resultados obtidos mostram que as diretrizes projetuais definidas no Plano Nacional de Mobilidade Urbana 2015 (PlanMob 2015), com vistas a favorecer o modo a pé de deslocamento, não são suficientes para promoção do bem-estar das pessoas ao longo do caminhar, como estabelece a Constituição Federal de 1988.

**Palavras-chave:** caminhar, percepção, praça, ambientes restauradores.

### Abstract

Nowadays, the promotion of walking is on the agenda by providing healthier and more sustainable lifestyles. The theme has interested different fields of knowledge, including Public Health, Urban and Regional Planning, Architecture and Urbanism. The scientific knowledge accumulated so far on walking is extensive, but based mainly on studies carried out in Europe or the United States. Due to the lack of studies of environmental perception that address walking from a consideration of Brazilian contexts, this work aims to investigate how the urban squares, from the perspective of pedestrians, influence the quality of walking in the context of central areas of major cities. This research adopts multiple case studies, and three central squares in Belo Horizonte have been chosen: Praça da Liberdade, Praça da Estação e Praça Raul Soares. The data collection included documental analysis, physical surveys, non systematic observation and structured interviews applied *in situ*. The data were processed, summarized and qualitative and quantitatively analyzed. The evidences in this study indicate that the utilitarian walk through the central squares can enhance mental health of passers-by and that, among the aspects valued by pedestrians in enhancing the pleasantness of walking, those which stand out are: the biodiversity, the presence of water, amplitude and favourable climatic conditions. The results obtained show that the design guidelines defined in the Plano Nacional de Mobilidade Urbana 2015 (National Plan of Urban Mobility 2015) are not sufficient to promote the well-being for passers-by as defined by the 1988 Federal Constitution.

**Keywords:** walking, perception, urban square, restaurative environments.

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

### Introdução

O caminhar, compreendido como um modo de deslocamento na atualidade, tem sido associado a uma série de benefícios. Enquanto prática regular, o caminhar reduz os riscos de doenças crônicas, como diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares, alguns cânceres e obesidade (EWING et al., 2014). Enquanto modo de transporte não motorizado, o deslocamento a pé tem baixo impacto ambiental e, ao aumentar a probabilidade de socialização entre pessoas pertencentes a diferentes grupos sociais, oportuniza o exercício da cidadania, contribuindo para o incremento da vitalidade urbana (CHO; RODRIGUEZ, 2015) e influencia o bem-estar das pessoas (CHO; RODRIGUEZ, 2015; PESCHARDT; SCHIPPERIJN; STIGSDOTTER, 2012).

Dada a relevância da promoção do caminhar na contemporaneidade, a temática tem interessado a diferentes campos do conhecimento, incluindo Saúde Pública, Planejamento Urbano e Regional, Arquitetura e Urbanismo. O conhecimento científico acumulado até o momento sobre o caminhar é extenso, como ilustram os vários artigos de revisão sobre o assunto (EWING; DUMBAUGH, 2009).

Evidências empíricas tem recorrentemente apontado para a influência do ambiente no caminhar. Os resultados de um estudo recente, todavia, indicam que as políticas públicas que visam à promoção do caminhar devem incorporar estudos de percepção ambiental, pois o caminhar é influenciado mais pelas qualidades percebidas do que pelas objetivas, que não são necessariamente coincidentes (KOOHSARI et al., 2015).

A promoção do caminhar está na ordem do dia no Brasil e no mundo. Em oposição às intervenções rodoviaristas que predominaram no Brasil ao longo do século XX, na atualidade a política pública nacional de mobilidade urbana, em conformidade com a Lei nº 12.587, de 2012, prioriza os modos de transporte não motorizados, dentre eles o caminhar (BRASIL, 2012). No caso brasileiro, o caminhar é o modo de transporte predominante em cidades com até um milhão de habitantes, enquanto nas demais cidades, ainda que não predominante, é um meio bastante expressivo (ANTP, 2011).

Diante do exposto, estudos que abordam a qualidade dos deslocamentos a pé nos centros urbanos são vistos como de grande relevância, uma vez que o caminhar, ao necessariamente influenciar o bem-estar das pessoas (positiva ou negativamente) (EWING; HANDY, 2009), afeta a qualidade de vida de uma parcela significativa da população urbana. Neste contexto de potenciais e desafios, foi entregue à população brasileira a versão 2015 do Plano Nacional de Mobilidade Urbana (PlanMob), documento que objetiva orientar os gestores públicos acerca de o que deve ser considerado ao longo do processo de construção dos Planos Diretores de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2015).

Diante carência de estudos de percepção ambiental que abordam o caminhar a partir de uma consideração das realidades brasileiras e em conformidade com a legislação – a saber, o artigo 182 da Constituição Federal de 1988, que define que as diretrizes de desenvolvimento urbano devem “garantir o bem-estar de seus habitantes”, e o inciso II do artigo 6º da Lei n. 12.587/2012, que estabelece que a Política Nacional de Mobilidade Urbana seja guiada por um conjunto de diretrizes, incluindo a “prioridade dos modos de transporte não motorizados sobre os motorizados” (BRASIL, 2012) -, a seguinte pergunta de pesquisa emerge: Como as praças centrais no contexto das grandes cidades brasileiras influenciam a qualidade do caminhar sob a ótica dos pedestres?

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

### Marco teórico

Resultados de estudos prévios indicam que diferentes fatores influenciam diferentes tipos de caminhar (KOOHSARI et al., 2015). Os deslocamentos a pé podem ser agrupados em dois grandes grupos: o caminhar utilitário e o caminhar recreativo (GEHL, 2010; KOOHSARI et al., 2015). Enquanto o caminhar utilitário tem como principal objetivo alcançar uma destinação qualquer, o caminhar recreativo abrangeria os deslocamentos a pé motivados por outros propósitos. Os percursos a pé casa-trabalho-casa se enquadram na primeira categoria e o caminhar à deriva na segunda.

Pesquisas apontam para a existência de um complexo relacionamento entre o modo de transporte predominante em uma dada localidade, preferências e atributos ambientais (CHO; RODRIGUEZ, 2015). Resultados de estudos recentes, por exemplo, indicam que a decisão de caminhar ou não caminhar está ligada mais à localização do bairro no tecido urbano do que aos atributos ambientais na escala local: se maior a proximidade da área central, maior a densidade, maior o número de destinações e, por via de consequência, maior a probabilidade de as pessoas optarem pelo modo a pé de deslocamento para alcançarem os seus destinos (CHO; RODRIGUEZ, 2015).

A maior incidência do modo a pé de deslocamento nas áreas mais densas, todavia, pode ser consequência da tendência dos indivíduos que preferem um estilo de vida mais saudável optarem por morar em áreas que facilitam o caminhar utilitário, como é o caso das ocupações mais compactas (LIAO; FARBER; EWING, 2015). Esse fenômeno, chamado como problema da autosseleção, todavia, apenas atenuaria a influência dos atributos ambientais locais na decisão de caminhar até a destinação (EWING; CERVERO, 2010).

Logo, políticas públicas de mobilidade urbana pautadas na compreensão aprofundada das preferências de diferentes grupos sociais e dos fatores que influenciam os distintos tipos de caminhar em contextos específicos, possivelmente serão eficazes em sua indução como prática regular. Fica evidente a partir da leitura dos resultados de estudos empíricos prévios que os atributos ambientais locais influenciam o caminhar.

### Metodologia

O objetivo do presente estudo, compreender como as praças centrais no contexto das grandes cidades brasileiras influenciam o caminhar das pessoas na contemporaneidade, norteou a definição da metodologia empregada. Optou-se pela utilização do estudo de caso pelo fato de este método ser considerado adequado para (i) responder perguntas do tipo *como?* e (ii) examinar eventos contemporâneos dentro do contexto da vida real (YIN, 1984).

Diante da possibilidade de se realizar um estudo de caso múltiplo ou único, optou-se pelo primeiro delineamento que, apesar de demandar mais tempo e recursos, permite certa generalização: pesquisas com múltiplos casos podem ser consideradas análogas a uma replicação realizada com experimentos tradicionais (YIN, 1984). Assim, a obtenção de resultados semelhantes nos estudos de caso, apesar das suas especificidades, contribuiria para o incremento da legitimidade dos resultados obtidos.

A escolha de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, como área de estudo, deve-se ao seu porte de cidade com mais 2.300.000 habitantes, e ao fato de que desde a década de

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

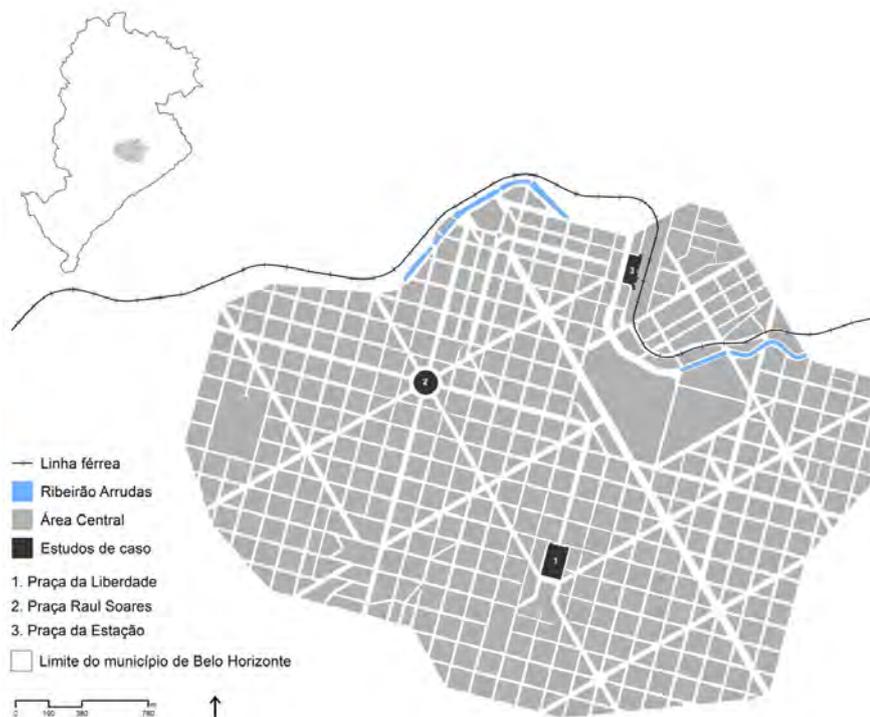
1980 planos viários integrados têm sido desenvolvidos com vistas a promover, dentre outras metas, o caminhar utilitário via, principalmente, propostas de desenho urbano e redução do tráfego de passagem. Apesar dos esforços públicos, o caminhar no centro de Belo Horizonte é (ainda) percebido como desagradável (EMPRESA DE TRANSPORTE E TRÂNSITO DE BELO HORIZONTE S.A., 2012). Esse diagnóstico coloca em cheque a efetividade do processo de planejamento e gestão da cidade de Belo Horizonte na geração de logradouros que promovam um caminhar agradável e, principalmente, justifica o desenvolvimento de mais pesquisas pautadas nas especificidades locais, uma vez que a maioria dos estudos que abordam o tema foram realizados em cidades Americanas e Europeias. Este estudo parte da premissa de que a teoria e a prática devem se retroalimentar via desenvolvimento continuado da pesquisa.

Optou-se pela pesquisa *cross-sectional*: a coleta de dados em todos os estudos de caso ocorre em dias da semana entre as 12 e 14 horas. Ao englobar o intervalo de almoço de uma significativa parcela da população brasileira, o recorte temporal proposto oferece uma oportunidade única de estudar como as praças centrais influenciam o caminhar de pessoas pertencentes a diferentes grupos sociais. O estudo dos casos nos finais de semana ou até mesmo no meio da tarde ou da manhã possivelmente incluiria um número menor de pessoas que atravessam rotineiramente as praças centrais como parte de suas atividades diárias.

A opção por estudar a influência das praças centrais no caminhar se deve ao fato de a maioria dos estudos sobre o tema abordarem o modo a pé de deslocamento em trechos viários. Com vistas a aumentar a compreensão sobre como as praças influenciam a qualidade do caminhar no contexto das áreas centrais das grandes cidades brasileiras, foram deliberadamente escolhidas como estudos de caso praças morfológicamente distintas - *praça-seca* e *praça-jardim* -, mas de grande importância histórica, turística, arquitetônica e cultural [1].

FIGURA 1 – Mapa de localização das praças selecionadas como estudos de caso

Fonte: Elaborada pela autora



## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

As características típicas das áreas centrais das grandes cidades brasileiras também foram consideradas como critérios para seleção dos estudos de caso, que deveriam estar inseridos em áreas com significativo fluxo de pessoas, veículos motorizados e uso misto, como comércios, serviços e residências, e uma ocupação heterogênea, com edifícios em diferentes estilos, estados de conservação e alturas. A Praça da Liberdade, Praça da Estação e Praça Raul Soares, pertencentes ao Conjunto Urbano Praça da Liberdade e Avenida João Pinheiro, Conjunto Urbano Praça da Estação (Rui Barbosa) e Conjunto Urbano Praça Raul Soares e Avenida Olegário Maciel, respectivamente, foram escolhidas como estudos de caso da presente pesquisa.

### Descrição dos estudos de caso

Belo Horizonte foi concebida no final do século XIX para ser a nova sede administrativa do estado de Minas Gerais e receber o título de capital. O Plano Urbanístico da Comissão Construtora da Nova Capital, chefiada pelo engenheiro Aarão Reis e aprovado no ano de 1895, foi norteado pelos princípios de salubridade, fluidez e embelezamento. A Avenida 17 de Dezembro (atual Avenida do Contorno) limitava a Zona Urbana, que hoje corresponde à Área Central de Belo Horizonte, segundo o Plano Diretor.

Não obstante o relevo ondulado, foi proposto para a Zona Urbana um traçado geométrico composto de malhas ortogonais de avenidas e ruas superpostas entre si em ângulo de 45°. Com exceção da Avenida Afonso Pena, que cortava a cidade de Norte a Sul com seus 50 metros de largura, as demais avenidas foram traçadas com largura de 35 metros e as ruas, 20 metros. O traçado em tabuleiro de xadrez definia quadras de 120 por 120 metros.

Reforçando a monumentalidade do conjunto, as praças foram posicionadas nos cruzamentos das grandes avenidas diagonais. Enquanto a Área Central mantém a estrutura viária proposta pelo engenheiro Aarão Reis no final do século XIX, apenas 26,09% dos 952.651 m<sup>2</sup> de área verde previstos no projeto urbanístico original foram implementados (PLAMBEL, apud PEREIRA COSTA et al., 2009). Os parágrafos a seguir contextualizam as praças selecionadas como estudos de caso.

A Praça da Liberdade, que se localiza em um dos pontos mais altos da Zona Urbana, foi concebida para funcionar como o principal centro cívico, político e administrativo da nova capital. Circundada pelas secretarias de estado, a praça teria o Palácio da Liberdade, sede do governo estadual, como ponto focal da composição. O posicionamento do Palácio da Liberdade na interseção dos eixos das avenidas João Pinheiro, Brasil e Bias Fortes reforçava a monumentalidade da proposta.

Em estilo romântico, as propostas paisagísticas da Praça da Liberdade e a Praça Rui Barbosa foram inauguradas em 1902/1905 e 1904/1906, respectivamente. A Praça Rui Barbosa tinha o Prédio da Estação de Minas, inaugurado em 1895 no prolongamento do eixo da Avenida Santos Dumont, como elemento ordenador da composição. Pensada para funcionar como a principal porta de entrada da nova capital, a Praça Rui Barbosa, que tem a sua área delimitada pelas ruas da Bahia, Caetés, Guaicurus e pela linha férrea, era interceptada longitudinalmente pelo Ribeirão Arrudas.

Na década de 1920, composições em estilo clássico foram implantadas na Praça da Liberdade e Praça Rui Barbosa, em conformidade com o projeto de Reinaldo Dierberger e Magno Carvalho, respectivamente. Essas propostas foram mantidas na sua essência até os dias atuais, bem como a proposta implantada na Praça Raul Soares na época da sua inauguração em 1936.

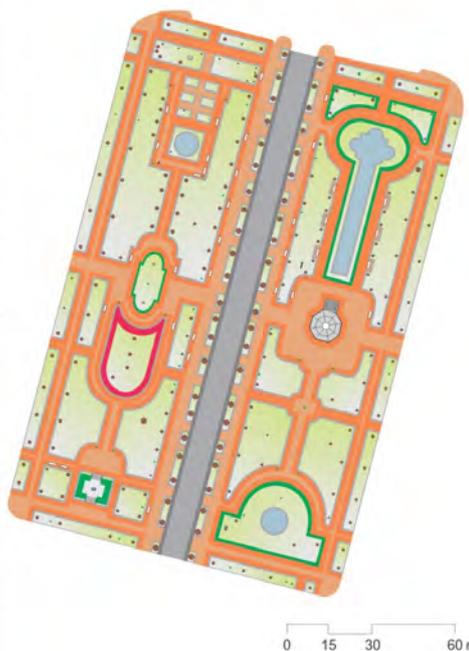
## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

A Praça da Liberdade [2] hoje se configura como um espaço retangular cercado por vias de grande fluxo veicular. Uma alameda de palmeiras imperiais conecta visualmente o Palácio da Liberdade à Avenida João Pinheiro e divide a praça em dois espaços com áreas semelhantes, mas com características paisagísticas distintas. Um eixo de simetria longitudinal organiza as composições de ambos os subespaços, caracterizados com caminhos retilíneos e curvos, jardins geométricos pontuados com árvores exóticas e contornados com topiarias, além de esculturas e chafarizes como pontos focais. A porção leste da praça ainda conserva o coreto que compunha a proposta paisagística em estilo romântico.

FIGURA 2 – Praça da Liberdade

Fonte: Elaborada pela autora.



Com a Linha Verde, conjunto de obras projetadas para proporcionar acesso rápido e seguro às regiões norte e nordeste da capital, teve início a obra do Boulevard Arrudas, que modificou significativamente a paisagem da Praça Rui Barbosa por compreender o tamponamento do Ribeirão Arrudas e aumento do número de pistas de rolamento da Avenida dos Andradas. A Praça Rui Barbosa atualmente pode ser descrita como duas praças separadas por uma via de grandes dimensões e intenso fluxo veicular.

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

O espaço localizado a leste da Avenida dos Andradas, popularmente chamado de Praça da Estação, foi requalificado em 2004 como parte do Programa Centro Vivo e é um dos estudos de caso da presente pesquisa. A Praça da Estação se configura como uma praça-seca por onde passa diariamente um grande número de usuários do transporte público, metrô e ônibus. O antigo prédio da Estação de Minas, hoje Museu de Artes e Ofícios, e o Monumento à Terra Mineira estão posicionados ao longo eixo de simetria da esplanada, que coincide com o eixo longitudinal da Avenida Santos Dumont. Fontes de água, postes de luz em granito vermelho, bancos e árvores reforçam a simetria da composição. O Museu de Artes e Ofícios e a Estação Central do Metrô de Belo Horizonte são acessados diretamente da esplanada da Praça da Estação [3].

FIGURA 3 – Praça da Estação

Fonte: Elaborada pela autora.



As obras de restauro da porção da Praça Rui Barbosa situada a oeste da Avenida dos Andradas foram concluídas em conjunto com o Boulevard Arrudas, como parte do Programa Centro Vivo, em 2007. O trecho da Avenida Santos Dumont que, na época da implantação da proposta de Magno Carvalho, dividia transversalmente a porção ajardinada da Praça Rui Barbosa, foi incorporado à praça como uma alameda de palmeiras imperiais que conecta visualmente a Avenida Santos Dumont ao Museu de Artes e Ofícios.

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

A inauguração da Praça Raul Soares, espaço circular com 70 metros de diâmetro, deu-se em 1936 com a abertura do II Congresso Eucarístico Nacional. A praça, localizada na interseção das avenidas Amazonas, Olegário Maciel, Bias Fortes e Augusto de Lima, mantém a solução paisagística original, em estilo clássico, preservada até os dias atuais. Uma fonte luminosa, rodeada por um espelho d'água, pontua a interseção de caminhos retilíneos que se desenvolvem nos prolongamentos dos eixos das avenidas Augusto de Lima e Olegário Maciel. Dentre os estudos de caso, essa praça-jardim é a única que apresenta uma simetria radial. Em 2008, a Praça Raul Soares foi restaurada como parte do Programa Centro Vivo [4].

FIGURA 4 – Praça Raul Soares

Fonte: Elaborada pela autora.



Os estudos de caso, Praça da Liberdade, Praça da Estação e Praça Raul Soares, apesar de morfologicamente distintos, estão inseridos em micro contextos que compartilham das seguintes características: significativo fluxo de pessoas e veículos automotores, facilidade de acesso ao transporte coletivo, usos diversos, incluindo comércios, serviços e residências, e ocupação heterogênea em função dos edifícios em diferentes estilos, alturas e estados de conservação.

### Métodos de coleta e análise de dados

As atividades de campo foram programadas em diferentes dias da semana com vistas a aumentar a representatividade da amostra. Os usuários com idade inferior a 16 anos foram excluídos do estudo por razões éticas. A coleta de dados incluiu uma série de métodos, quais sejam: levantamento físico, análise documental, entrevista estrutu-

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

rada aplicada *in situ*, e observação não sistemática. A utilização de uma variedade de métodos possibilita a superação das limitações de cada um deles. Os dados obtidos por meio de entrevistas foram analisados quali-quantitativamente. As atividades de campo, realizadas em 2007, contaram com 386 respondentes: 130 na Praça da Liberdade, 130 na Praça da Estação e 126 na Praça Raul Soares.

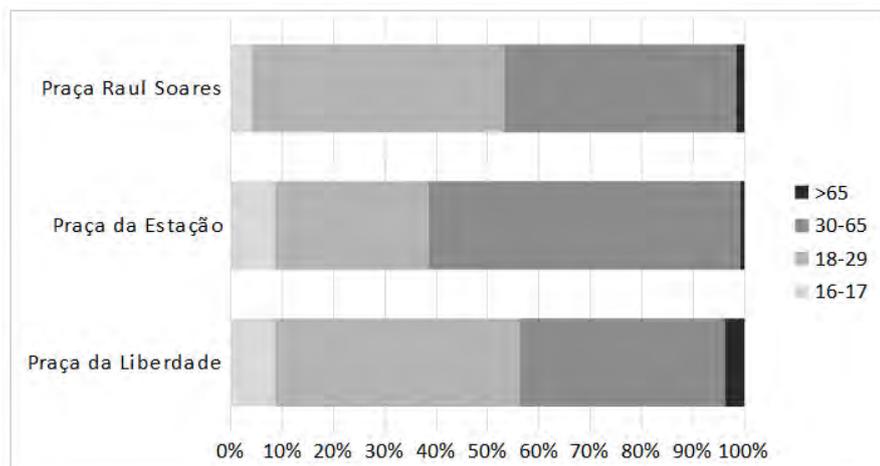
## Resultados

### Perfil dos participantes

Aproximadamente 90% dos participantes em todos os estudos de caso têm entre 18 e 65 anos. O fato de a minoria dos pedestres entrevistados na Praça da Liberdade (3,8%), Praça da Estação (0,8%) e Praça Raul Soares (1,6%) pertencerem à categoria idosos levanta questionamentos acerca da adequação desses espaços à necessidade desse grupo social que, segundo estimativas, tende a crescer [5].

FIGURA 5 – Idade dos participantes da pesquisa

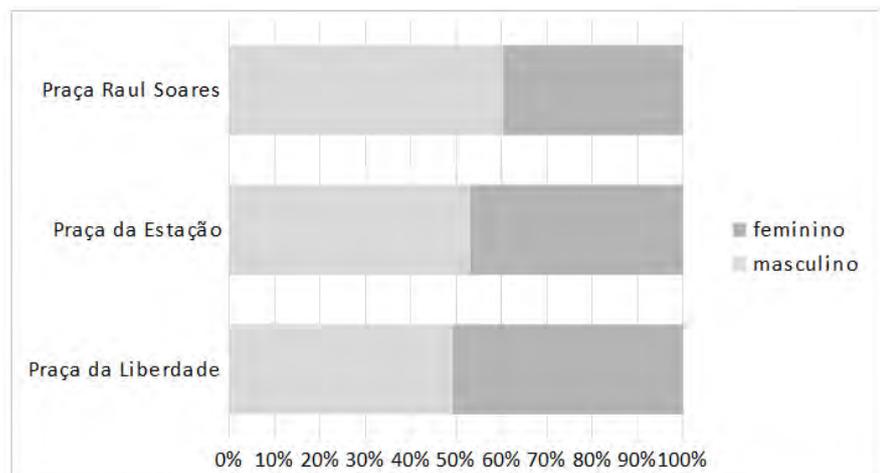
Fonte: Elaborada pela autora.



Na Praça da Liberdade, a porcentagem de pessoas do sexo feminino (50,8%) e masculino (49,2%) que aceitaram o convite para participar da pesquisa era praticamente a mesma, enquanto na Praça Raul Soares (39,7%) e Praça da Estação (46,9%), a minoria dos participantes era do sexo feminino [6].

FIGURA 6 – Sexo dos participantes

Fonte: Elaborada pela autora.



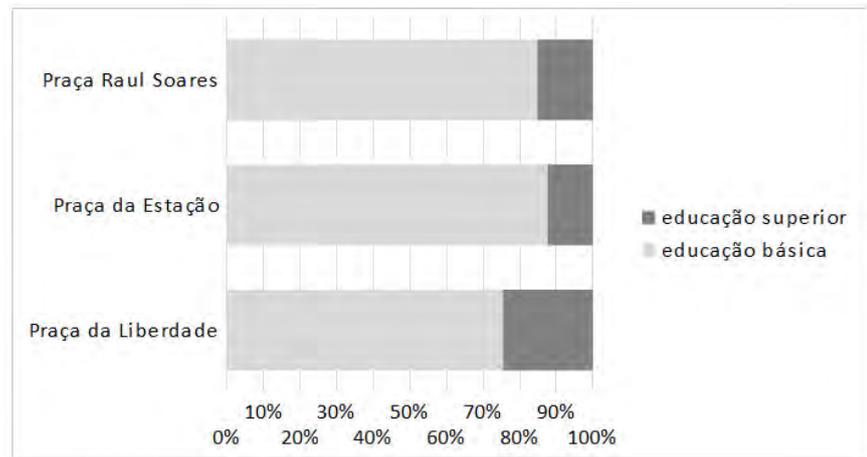
## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

A minoria dos respondentes em todos os estudos de caso declarou ter curso superior completo: apenas 24,6%, 12% e 15,10% na Praça da Liberdade, Praça da Estação e Praça Raul Soares, respectivamente [7]. Esse resultado sugere que as praças centrais na contemporaneidade tendem a ter um caráter mais popular.

FIGURA 7 – Grau de escolaridade dos participantes

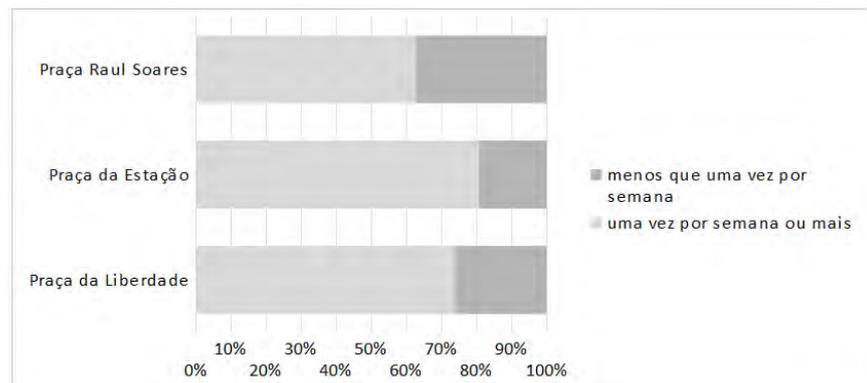
Fonte: Elaborada pela autora.



A maioria das pessoas que aceitaram participar da pesquisa tem grande familiaridade com os locais estudados: 73,8%, 80,8% e 62,7% dos participantes abordados na Praça da Liberdade, Praça da Estação e Praça Raul Soares, respectivamente, caminham nesses espaços pelo menos uma vez por semana. Dentre todas as praças, a mais recorrentemente utilizada como local de passagem é a Praça da Estação, possivelmente por dar acesso à estação de metrô e estar próxima a um terminal de ônibus urbano [8].

FIGURA 8 – Frequência de uso dos estudos de caso como local de passagem

Fonte: Elaborada pela autora.



As evidências, portanto, indicam que as praças centrais nos dias de semana, entre as 12 e 14 horas, no contexto de Belo Horizonte, são espaços de caráter popular, raramente percorridos por pessoas com mais de 65 anos. A Praça da Estação e Praça Raul Soares são frequentemente utilizadas como local de passagem principalmente por pessoas do sexo masculino, enquanto a proporção de homens e mulheres que atravessam a Praça da Liberdade é aproximadamente a mesma.

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

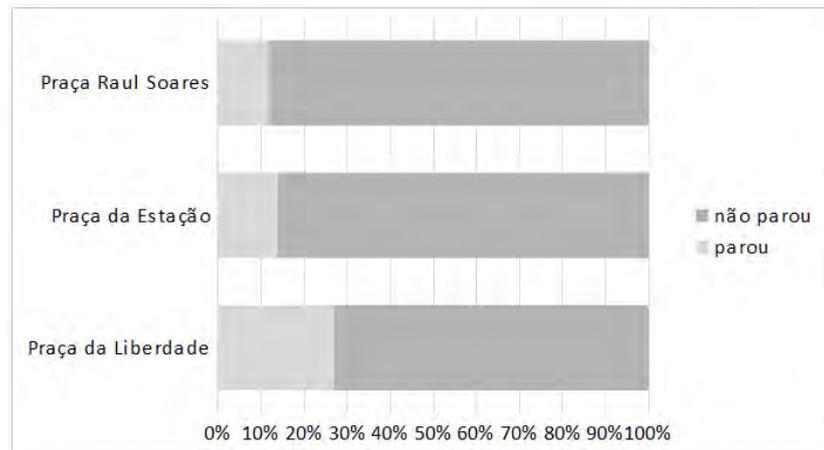
*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

### Tipo de caminhar predominante

A maioria dos transeuntes que aceitaram participar da pesquisa na Praça da Liberdade, Praça da Estação e Praça Raul Soares, 73.1%, 86.2% e 88.1%, respectivamente, não interromperam, nem mesmo por poucos minutos, o seu caminhar através desses espaços [9]. Esse resultado permite inferir que o tipo de caminhar que predomina nos logradouros públicos das áreas centrais das grandes cidades é do tipo utilitário, como verificado em estudos prévios (GEHL, 2010).

FIGURA 9 – Interromperam o caminhar, mesmo que só por alguns poucos minutos

Fonte: Elaborada pela autora.

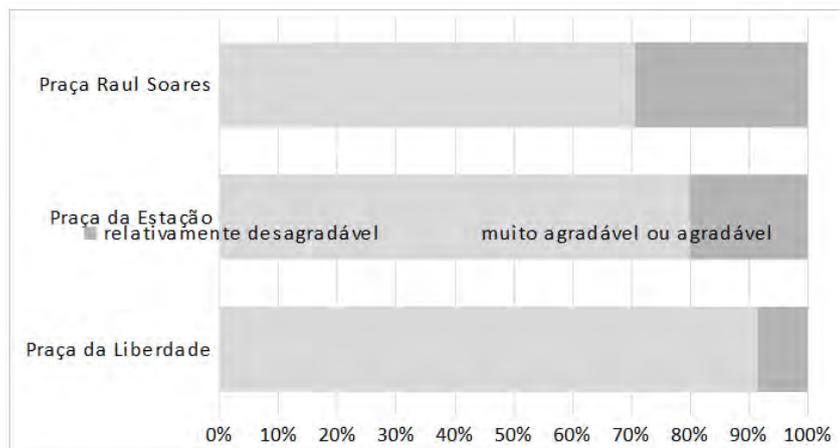


### Avaliação da qualidade do caminhar

A maioria dos participantes entrevistados na Praça da Liberdade, Praça da Estação e Praça Raul Soares, 91,5%, 80,0% e 70,6%, respectivamente, classificaram a rota percorrida através dessas praças como  *muito agradável* ou  *agradável* [10]. Partindo do pressuposto de que um caminhar percebido como agradável é acompanhado de uma sensação de bem-estar físico e psicológico (EWING; HANDY, 2009), os resultados mostram que as praças centrais tendem a influenciar positivamente a sensação de bem-estar das pessoas. O PlanMob 2015, todavia, restringe-se a discutir a importância das calçadas na promoção do modo a pé de deslocamento (BRASIL, 2015).

FIGURA 10 – Avaliação do caminhar

Fonte: Elaborada pela autora.



A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

### Elementos associados a agradabilidade do caminhar

Biodiversidade (44 referências), condições climáticas (21 referências) e sensação de relaxamento (13 referências) corresponderam aos primeiros fatores mais citados pelos respondentes como capazes de influenciar a agradabilidade do caminhar através da Praça da Liberdade [11].

FIGURA 11 – Aspectos que favorecem um caminhar agradável na Praça da Liberdade

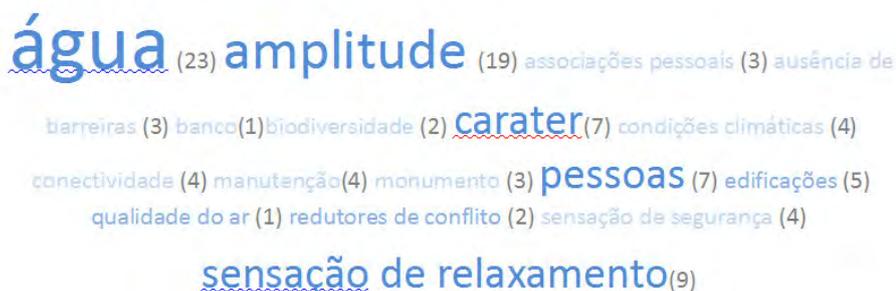
Fonte: Elaborada pela autora.



Presença de água (23 referências), amplitude (19 referências) e sensação de relaxamento (9 referências) corresponderam aos primeiros fatores mais citados como capazes de influenciar a agradabilidade do caminhar através da Praça da Estação [12].

FIGURA 12 – Aspectos que favorecem um caminhar agradável na Praça da Estação

Fonte: Elaborada pela autora.



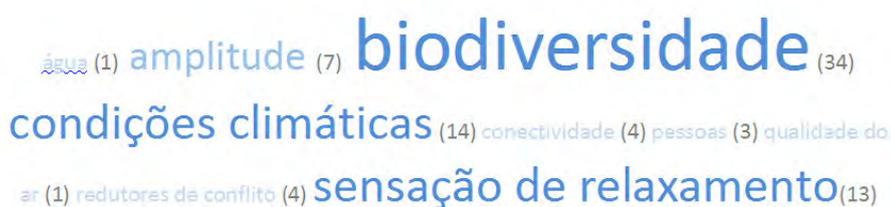
## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

Biodiversidade (34 referências), condições climáticas (14 referências) e sensação de relaxamento (13 referências) corresponderam aos primeiros fatores mais citados como capazes de influenciar a agradávelidade do caminhar através da Praça Raul Soares [13].

FIGURA 13 – Aspectos que favorecem um caminhar agradável na Praça Raul Soares

Fonte: Elaborada pela autora.



### Praças centrais enquanto ambientes restauradores

Os resultados indicam que o caminhar utilitário através das praças no contexto das áreas centrais das grandes cidades brasileiras são apreciados por evocarem uma sensação de relaxamento, ou seja, por funcionarem como ambientes restauradores. Aqui, cabe uma breve apresentação da Teoria da Restauração da Atenção (Attention Restoration Theory - ART) formulada por Stephen e Rachel Kaplan (R. KAPLAN; KAPLAN, 1989; S. KAPLAN, 1995). Segundo essa teoria, as pessoas processam as informações captadas através dos seus aparatos sensoriais fazendo uso de dois tipos de atenção: atenção dirigida e atenção involuntária (ou fascínio).

Tentativas de resolução de problemas complexos ou tentativas de barrar informações sensoriais desnecessárias para o desempenho eficaz da atividade em curso, como o som de uma porta rangendo durante a realização de uma prova, consomem o estoque (limitado) de atenção dirigida. A realização de atividades rotineiras demanda, portanto, oportunidades para reabastecimento da atenção dirigida, processo que tende a ocorrer mais facilmente em ambientes restauradores.

Estes ambientes apresentam um conjunto de propriedades - fascinação, afastamento, extensão e compatibilidade - que contribuem para a restauração da fadiga mental. A fascinação, ao não exigir esforço, permite a restauração da capacidade de atenção dirigida. O afastamento diz respeito à possibilidade de distanciamento psicológico ou geográfico dos ambientes usuais e das atividades rotineiras que causam a fadiga mental. Extensão é um processo que demanda a imersão em um ambiente que possibilite a exploração por um período de tempo, sem provocar o tédio. A compatibilidade evita o esforço mental excessivo por ser função do encontro entre as motivações pessoais e a adequação do ambiente para o desempenho da atividade em curso.

Apesar de um número significativo de estudos ter mostrado que a capacidade de restauração da fadiga mental dos ambientes naturais é superior a dos ambientes urbanos, pesquisas recentes verificaram que determinados ambientes urbanos, como praças e parques, também podem favorecer a restauração da fadiga mental, assim como a biodiversidade, a água e a amplitude (KARMANOV; HAMEL, 2008; GRAHN; STIGSDOTTER, 2010; NORDH; ALALOUCH; HARTIG, 2011; PESCHARDT; SCHIPPERIJN; SITGSDOTTER, 2012; LINDAL; HARTIG, 2013; PESCHARDT; STIGSDOTTER, 2013; CAR-RUS et al., 2015).

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

### Avaliando o PlanMob 2015

Foi elaborado um quadro que relaciona os elementos urbanos e características físicas locais que influenciam a qualidade do caminhar segundo os resultados de estudos prévios<sup>1</sup>, as diretrizes projetuais contidas no PlanMob 2015 visando a promoção do modo a pé de deslocamento e os resultados aqui obtidos [14]. O quadro evidencia que a Política Nacional de Mobilidade Urbana reflete parte do conhecimento acumulado até o momento sobre a influência do ambiente local no caminhar.

| Variáveis ambientais (micro escala)   | Estudos prévios | Presente estudo | PlanMob 2015 |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| <b>Praças</b>                         | ●               | ●               | X            |
| Barreiras                             | ●               | ●               | ●            |
| Redutores de conflitos                | ●               | ●               | ●            |
| Declividade, desníveis e pavimentação | ●               | ●               | ●            |
| Espaço para caminhar                  | ●               | ●               | ●            |
| Conectividade                         | ●               | ●               | ●            |
| Micro clima                           | ●               | ●               | ●            |
| <b>Biodiversidade</b>                 | ●               | ●               | X            |
| <b>Água</b>                           | ●               | ●               | X            |
| <b>Qualidade do ar</b>                | ●               | ●               | X            |
| Soluções edilícias                    | ●               | ●               | ●            |
| <b>Monumentos</b>                     | ●               | ●               | X            |
| Bancos                                | ●               | ●               | ●            |
| <b>Amplitude</b>                      | ●               | ●               | X            |

FIGURA 14 – Tabela comparativa

Fonte: Elaborada pela autora.

Por mais que alguns trechos do PlanMob 2015 relacionem, ainda que vagamente, a qualidade do caminhar com a agradabilidade dos percursos, as diretrizes visam à promoção de um caminhar seguro e confortável para todos, como resume a passagem a seguir:

*[...] é necessário projetar, planejar e manter os locais destinados ao tráfego das pessoas, sejam elas pedestres, cadeirantes, idosos, gestantes ou pessoas com deficiências: o passeio público, as faixas de travessia, calçadas, passarelas, rampas de acesso e outros elementos construídos para o seu deslocamento, maximizando as suas condições de segurança, conectividade e conforto (BRASIL, 2015, p.38).*

Alfonzo (2005) no artigo *Walk or not to walk? The hierarchy of walking needs* propõe uma pirâmide das necessidades relativas ao caminhar. Da base em direção ao topo, a pirâmide apresenta os seguintes cinco níveis: capacidade (feasibility), acessibilidade (accessibility), segurança (safety), conforto (comfort) e agradabilidade (pleasurability). Os atributos ambientais podem facilitar (ou inibir) a satisfação das necessidades que ocupam os quatro níveis superiores da pirâmide.

<sup>1</sup> Trabalhos recentes e clássicos foram revisados com o objetivo de identificar as principais questões projetuais que têm norteado as discussões acerca do tema caminhabilidade, quais sejam: ALFONZO, 2005; BORST et al., 2008; AGRAWAL; SCHLOSSBERG; IRVIN, 2008; SAELENS; HANDY, 2008; BORST et al., 2009; EWING; HANDY, 2009; EWING; CERVERO, 2010; GEHL, 2010; ADKINS et al., 2012; PESCHARDT; SCHIPPERIJN; STIGSDOTTER, 2012; VAN CAUWENBERG et al., 2014; CHO; RODRIGUEZ, 2015; RODRIGUEZ et al., 2015; LEGRAIN; ELURU; EL-GENEIDY, 2015.

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

O autor aponta que a satisfação de uma necessidade qualquer não pressupõe a satisfação plena das necessidades que ocupam posições inferiores (ALFONZO, 2005). Por exemplo, um percurso pode ser avaliado como confortável para caminhar, apesar de ser percebido como relativamente inseguro em relação ao crime.

Por outro lado, a satisfação de qualquer necessidade pressupõe a satisfação, mesmo que parcial, das necessidades inferiores. Logo, um percurso acessível, seguro e confortável não é necessariamente agradável ao passo que um percurso agradável é inevitavelmente percebido como minimamente confortável, seguro e acessível.

Isso posto, o quadro elaborado [14] mostra que as diretrizes que definem a política pública nacional de mobilidade urbana em vigor, apesar de não estarem incoerentes com o conhecimento científico acumulado até o momento sobre o caminhar, não são suficientes para a promoção de um caminhar agradável. Aqui, cabe destacar que um caminhar percebido como agradável é necessariamente acompanhado de uma sensação de bem-estar (EWING; HANDY, 2009) e que a Constituição Federal define que as diretrizes de desenvolvimento urbano devem “garantir o bem-estar de seus habitantes” (BRASIL, 1988).

Apesar do foco do presente estudo ter sido em quais elementos físico-espaciais, percebidos ao longo do caminhar e passíveis de projeção, influenciam na qualidade do caminhar segundo a percepção dos pedestres, a dimensão social dos ambientes urbanos, a gestão dos espaços públicos, o planejamento urbano e a projeção na escala urbanística também exercem, segundo a literatura, uma grande influência no caminhar.

## Considerações finais

Este trabalho buscou compreender como diferentes características físico-espaciais influenciam a qualidade do caminhar segundo a percepção dos pedestres no contexto das áreas centrais das grandes cidades brasileiras. A identificação dos fatores ambientais locais que contribuem para a agradabilidade do caminhar fornece subsídios para definição de diretrizes de mobilidade urbana que contribuam para que o deslocamento a pé seja acompanhado de uma sensação de bem-estar, como determina a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988).

Os resultados obtidos permitem constatar que as diretrizes do PlanMob 2015 (BRASIL, 2015) não são suficientes para promoção de um caminhar agradável, que, segundo pesquisas prévias, contribua para a promoção de uma sensação de bem-estar. O PlanMob 2015, por exemplo, não evidencia a importância das praças na promoção de um caminhar agradável, nem tampouco faz referência à relevância da biodiversidade, da água e da amplitude como atributos que tendem a favorecer um caminhar agradável. Argumenta-se que o potencial das praças em incrementar a qualidade do caminhar e, por via de consequência, a saúde psicológica dos passantes, deve ser reconhecido e propagado.

Apesar de os resultados obtidos serem considerados relevantes, eles devem ser interpretados com cautela uma vez que as generalizações são feitas com base em como três praças centrais localizadas em Belo Horizonte são percebidas de segunda a sexta-feira, entre as 12 e 14 horas.

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

Há ainda escopo para ampliar a pesquisa em como diferentes tipos de ambientes restauradores influenciam o caminhar sob a ótica das minorias, incluindo crianças, idosos e pessoas com dificuldade de locomoção. Podem-se ainda realizar estudos visando a uma compreensão mais aprofundada de como elementos de desenho urbano podem ser combinados com vistas a iniciar processos de fascinação, extensão, compatibilidade e distanciamento ao longo do caminhar.

## Agradecimentos

Agradeço principalmente aos usuários da Praça da Liberdade, Praça da Estação e Praça Raul Soares que aceitaram o convite para participar do presente estudo, que faz parte de uma pesquisa de doutorado realizada na Oxford Brookes University, Inglaterra, Reino Unido, sob a orientação de Brian Goodey e co-orientação de Georgina Butina Watson.

## Referências

ADKINS, A. et al. Unpacking walkability: testing the influence of urban design features on perceptions of walking environment attractiveness. **Journal of Urban Design**, v. 17, n. 4, p. 499-510, 2012. Disponível em: < <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=79343384&pt-br&site=ehost-live&authtype=ip,cookie,uid> >. Acesso em: 10 mai. 2015.

AGRAWAL, A. W.; SCHLOSSBERG, M.; IRVIN, K. How far, by which route and why? A spatial analysis of pedestrian preference. **Journal of Urban Design**, v. 13, n. 1, p. 81-98, 2008. Disponível em: < <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=28865177&pt-br&site=ehost-live&authtype=ip,cookie,uid> >. Acesso em: 3 fev. 2015.

ALFONZO, M. A. To walk or not to walk? The hierarchy of walking needs. **Environment and Behavior**, v. 37, n. 6, p. 808-836, 2005. Disponível em: < <http://eab.sagepub.com/content/37/6/808.abstract> >. Acesso em: 15 jan. de 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Relatório do sistema de informação da mobilidade**. São Paulo, 2011.

BRASIL. Constituição, 1988.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **PlanMob: caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade urbana**. Brasília: Ministério das Cidades, 2015.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012.

BORST, H. C. et al. Influence of environmental street characteristics on walking route choice of elderly people. **Journal of Environmental Psychology**, v. 29, n. 4, p. 477-484, 2009. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494409000498> >. Acesso em: 10 fev. 2015.

\_\_\_\_\_. Relationships between street characteristics and perceived attractiveness for walking reported by elderly people. **Journal of Environmental Psychology**, v. 28, n. 4, p. 353-361, 2008. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494408000248> >. Acesso em: 10 ago. 2015.

A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

CARRUS, G. et al. Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting, urban and peri-urban green areas. **Landscape and Urban Planning**, v. 134, p. 221-228, 2015. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000347511400022 >. Acesso em: 1 jun. 2015.

CHO, G. H.; RODRIGUEZ, D. Location or design? Associations between neighbourhood location, built environment and walking. **Urban Studies**, v. 52, n. 8, p. 1434-1453, 2015.

EMPRESA DE TRANSPORTE E TRÂNSITO DE BELO HORIZONTE S.A. - BHTRANS. **Plano de Mobilidade Urbana de Belo Horizonte** – PlanMob BH – Relatório final. Belo Horizonte, 2012.

EWING, R. et al. Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity – update and refinement. **Health & Place**, v. 26, n. 0, p. 118-126, 2014. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S135382921300172X> >. Acesso em: 10 jan. 2015.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the built environment. **Journal of the American Planning Association**, v. 76, n. 3, p. 265-294, 2010. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000279209500001 >. Acesso em: 3 fev. 2015.

EWING, R.; DUMBAUGH, E. The built environment and traffic safety a review of empirical evidence. **Journal of Planning Literature**, v. 23, n. 4, p. 347-367, 2009. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000266512900001 >. Acesso em: 3 fev. 2015.

EWING, R.; HANDY, S. Measuring the unmeasurable: urban design qualities related to walkability. **Journal of Urban Design**, v. 14, n. 1, p. 65-84, 2009. Disponível em: < <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=35383453<=pt-br&site=ehost-live&authtype=ip,cookie,uid> >. Acesso em: 3 fev. 2015.

GEHL, J. **Cities for people**. London: Island Press, 2010.

GRAHN, P.; STIGSDOTTER, U. K. The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration. **Landscape and Urban Planning**, v. 94, n. 3-4, p. 264-275, 2010. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000274885300014 >. Acesso em: 2 jul. 2015.

KAPLAN, R.; KAPLAN, S. **The experience of nature: a psychological perspective**. Nova York: Cambridge University, 1989.

KAPLAN, S. The restorative benefits of nature: toward a integrative framework. **Journal of Environmental Psychology**, 15 (3), p.169-182, 1995.

KARMANOV, D.; HAMEL, R. Assessing the restorative potential of contemporary urban environment(s): beyond the nature versus urban dichotomy. **Landscape and Urban Planning**, v. 86, n. 2, p. 115-125, 2008. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000256568100001 >. Acesso em: 10 fev. 2015.

KOOHSARI, M. J. et al. Mismatch between perceived and objectively measured land use mix and street connectivity: associations with neighborhood walking. **Journal of Urban Health-Bulletin of the New York Academy of Medicine**, v. 92, n. 2, p. 242-252, 2015. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000353563900003 >. Acesso em: 3 jun. 2015.

LEGRAIN, A.; ELURU, N.; EL-GENEIDY, A. M. Am stressed, must travel: the relationship between mode choice and commuting stress. **Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour**, v. 34, p. 141-151, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847815001370> >. Acesso em: 1 nov. 2015.

A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

LIAO, F. H.; FARBER, S.; EWING, R. Compact development and preference heterogeneity in residential location choice behaviour: A latent class analysis. **Urban Studies**, v. 52, n. 2, p. 314-337, 2015. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000347058700007 >. Acesso em: 1 nov. 2015.

LINDAL, P. J.; HARTIG, T. Architectural variation, building height, and the restorative quality of urban residential streetscapes. **Journal of Environmental Psychology**, v. 33, n. 0, p. 26-36, 2013. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272494412000643 >. Acesso em: 2 mai. 2015.

NORDH, H.; ALALOUCHE, C.; HARTIG, T. Assessing restorative components of small urban parks using conjoint methodology. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 10, n. 2, p. 95-103, 2011. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000290930400004 >. Acesso em: 2 jul. 2015.

PEREIRA COSTA, S. A. et al. Os espaços livres na paisagem de Belo Horizonte. **Paisagem & Ambiente: Ensaios**, n. 26, p. 51-72, 2009.

PESCHARDT, K. K.; SCHIPPERIJN, J.; STIGSDOTTER, U. K. Use of Small Public Urban Green Spaces (SPUGS). **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 11, n. 3, p. 235-244, 2012. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866712000593 >. Acesso em: 1 fev. 2015.

PESCHARDT, K. K.; STIGSDOTTER, U. K. Associations between park characteristics and perceived restorativeness of small public urban green spaces. **Landscape and Urban Planning**, v. 112, p. 26-39, 2013. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000316530900004 >. Acesso em: 5 mai. 2015.

RODRIGUEZ, D. A. et al. Influence of the built environment on pedestrian route choices of adolescent girls. **Environment and Behavior**, v. 47, n. 4, p. 359-394, 2015. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000352552600001 >. Acesso em: 15 ago. 2015.

SAELEN, B. E.; HANDY, S. L. Built environment correlates of walking: a review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 7, p. S550-S566, 2008. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000257192300007 >. Acesso em: 1 mar. 2015.

VAN CAUWENBERG, J. et al. Physical environmental factors that invite older adults to walk for transportation. **Journal of Environmental Psychology**, v. 38, p. 94-103, 2014.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. Beverly Hills: Sage Publications, 1984.

## A importância da praça central enquanto local de passagem: um estudo de caso múltiplo no contexto da cidade de Belo Horizonte, Brasil

*The role of the central square as a place to pass through: a multiple case study within the context of the city of Belo Horizonte, Brazil*

### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

ALESSANDRO BORSAGLI E BRENDA BERNARDES

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

### **Alessandro Borsagli**

Bacharel em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Pesquisador atuante nas áreas relacionadas ao espaço urbano com ênfase em geografia urbana e história das cidades (memória urbana), no que diz respeito ao processo de desenvolvimento, de urbanização e requalificação do espaço. Autor do site [www.curraldelrey.com](http://www.curraldelrey.com), destinado à discussão sobre as mudanças ocorridas no espaço e na paisagem urbana de Belo Horizonte.

*Graduated in Geography from the Catholic University of Minas Gerais. He is currently a researcher working in areas related to urban space with an emphasis on urban geography and history of cities (urban memory), as well as development process, urbanization and upgrading of space. Author's website [www.curraldelrey.com](http://www.curraldelrey.com), for the discussion of changes in space and the urban landscape of Belo Horizonte*

[borsagli@gmail.com](mailto:borsagli@gmail.com)

### **Brenda Bernardes**

Graduada em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix (2011). Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído (2013). Professora do Centro Universitário Metodista Izabela Hendrix.

*Graduated in Architecture and Urban Planning at Methodist University Izabela Hendrix (2011). Specialist in Technological systems and Sustainability Applied to the Built Environment (2013). She is currently a professor at the University Methodist Izabela Hendrix Center.*

[brenda.mbernardes@gmail.com](mailto:brenda.mbernardes@gmail.com)

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

### Resumo

Os antigos povoados se desenvolveram a partir de um lento processo de expansão e de substituição do tecido urbano destacando-se como característica predominante na formação desses núcleos populacionais a definição de traçados irregulares, adaptados aos condicionantes naturais das regiões onde se estabeleciam. Nesse sentido, a ocupação próxima a rios, ribeirões e córregos muitas vezes era vista como estratégica, tendo em vista a possibilidade dos povoados se beneficiarem da facilidade de irrigação, transporte e de utilização dos cursos d'água para o abastecimento e atividades de lazer. Assim, até o século XVIII os cursos d'água eram reconhecidos como elementos integradores da paisagem urbana. Com o processo de industrialização e o avanço dos ideais vinculados ao progresso e modernização que passam a ser perseguidos nas grandes cidades, a partir do século XIX, os cursos d'água deixam de ser vistos como elementos integradores da paisagem urbana e passam a ser vistos como obstáculo ao desenvolvimento dos núcleos urbanos. O caso de Belo Horizonte, Estudo de Caso do presente artigo, não é exceção, na confecção da planta da nova capital em 1895 pela Comissão Construtora da Nova Capital (CCNC) foi definido uma malha quadriculada ortogonal que desconsiderou o percurso natural dos rios, tornando-se necessário nas décadas seguintes a retificação e a canalização destes por parte do Poder Público. Nesse sentido, o presente artigo aborda a importância da cartografia urbana de Belo Horizonte para entendimento do processo de inserção dos rios no espaço urbano da capital e para conhecimento dos trajetos originais do leito natural dos rios, desaparecidos na definição do novo traçado. Foi definido como prioridade de investigação o ribeirão Arrudas pelo fato desse curso d'água atravessar a zona urbana da capital, que concentra um volume significativo de documentações e imagens que possibilitam a compreensão das drásticas transformações sofridas a partir da década de 1920 até os dias atuais. A justificativa para análise do ribeirão está associada também ao papel importante que ele desempenha na drenagem de um número considerável de córregos provenientes da Serra do Curral. Serão utilizadas como fontes primárias de análise as Plantas confeccionadas pela CCNC entre os anos de 1894 e 1897 juntamente com outras plantas elaboradas no decorrer do Século XX e registros fotográficos, para possibilitar a interpretação das mudanças ocorridas no ribeirão ao longo dos anos.

**Palavras-chave:** Espaço urbano. Cartografia urbana. Rios urbanos. Transformações urbanas. Ribeirão Arrudas.

### Abstract

*The ancient settlements developed from a slow process of expansion and replacement of the urban core such as predominant characteristic in the formation of these urban core the definition of irregular strokes adapted to the natural conditions of the regions where established. In this sense, the occupation next to rivers, streams and brooks was often seen as strategic, with a view to the possibility of the villages take advantage of ease irrigation, transport and use of watercourses for supplying and leisure activities. So, until the 18<sup>th</sup> century watercourses were recognized as integrators elements of urban landscape. The industrialization process and the advance of ideals linked to progress and modernization will be pursued in the major cities, from the 19<sup>th</sup> century the water are no longer seen as integrators elements of the urban landscape and come to be seen as an obstacle to the development of urban centers. In the case of Belo Horizonte, which is the focus in this article, it is no exception, in the making of the new capital plan in 1895 by the Construction Commission of new Capital (CCNC) was set a mesh that disregarded the orthogonal checkered natural course of rivers, becoming necessary in the following decades the rectification and the channeling of these by the public authorities. In this sense, this article*

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

*discusses the importance of urban cartography of Belo Horizonte to understanding the process of insertion of the rivers in the urban area of the capital and knowledge of the original paths of the natural bed of the rivers, missing in the definition of the new track, as well as proposing the investigation of recent proposals that have been directed to the reintegration of the Arruda River at urbanistic plans of Belo Horizonte as the actions implemented by the program DRENURBS/NASCENTES (2002) and the proposal from the Urban Operation Intercropped Antônio Carlos/Pedro I East-West (2015). It was defined as a priority the Arrudas Rivers that this watercourse crossing the urban area of the capital, which concentrates a significant documentation volume and images that allow the understanding of drastic transformations, suffered from the 1920 to the present day. The rationale for analysis of this river is linked also to the important role that it plays in drainage of a considerable number of streams from the Curral Mountain. So, it will be used as primary sources of analysis the plants made by CCNC between 1894 and 1897 along with other plants developed in the course of the 20<sup>th</sup> century and photographic records to facilitate the interpretation of the changes in the River over the years.*

**Keywords:** Urban space. Urban Cartography. Urban Rivers. Urban transformations. Arrudas River

## Introdução

Os rios urbanos das cidades brasileiras são, em sua maioria, foco de degradação ambiental e de desprezo pela sociedade e pelo Poder Público. Essa postura predatória da sociedade em relação aos cursos d'água existentes nas cidades têm resultado em consequências negativas, uma vez que, ao serem reconhecidos como obstáculos ao desenvolvimento da *urbe*, testemunhamos a degradação e ocultação dos mesmos. Associado a isso, presenciamos danos ao meio natural e a qualidade ambiental urbana, além da influência de tais ações no cotidiano das cidades, já que atividades que antes eram praticadas como navegação e apropriações de suas margens para lazer, tornam-se escassas ou impraticáveis.

O caso de Belo Horizonte não é exceção se tratando da relação negativa estabelecida entre o desenvolvimento das cidades e os cursos d'água. Construída pelo governo estadual para abrigar a capital de Minas Gerais, em Belo Horizonte presenciamos o processo de retificação, canalização e cobertura dos cursos d'água para a conclusão do traçado geométrico da nova capital, a partir da sua inauguração em 1897 até a consolidação da metrópole, ocorrida no início da década de 1970. Essas transformações, realizadas em um relativo curto período de tempo, resultaram na erradicação de importantes cursos d'água da paisagem urbana e foram impulsionadas, dentre outros fatores relevantes, pela abundância hídrica da bacia do ribeirão Arrudas, que corresponde a região onde se assentou o sítio urbano da nova capital e que abrigava, anteriormente, o arraial do Curral del Rey.

Apesar da existência dos cursos d'água que percorriam o arraial, fato que pode ser constatado nas plantas confeccionadas a partir de 1893, a definição da malha ortogonal para abrigar a zona "planejada" da nova capital, concebida dentro dos limites da Avenida do Contorno, desconsiderou o trajeto dos cursos d'água e as condições topográficas de Belo Horizonte, caracterizada pela existência de vales e colinas, na definição do traçado viário da cidade. Assim, os cursos d'água que atravessavam o arraial e suas proximidades – como os córregos do Acaba Mundo, Leitão e Serra, foram ignorados quando da confecção da planta da Cidade de Minas em 1895. Nesse contexto, apenas o ribeirão Arrudas seria inserido na malha da nova *urbe*, figurando como a divisa entre as zonas urbana e suburbana nas porções norte e sul da capital.

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

Com o contínuo processo de desenvolvimento urbano de Belo Horizonte, entre as décadas de 1920 e 1970, que culminou no processo de metropolização da capital a partir da abertura de importantes eixos viários de expansão do núcleo metropolitano, os cursos d'água urbanos foram retificados e canalizados a céu aberto, sendo posteriormente tamponados, procedimento que pode ser comprovado pela cartografia urbana produzida nesse período e pelas imagens documentais.

Não obstante, diante dos problemas oriundos da ocultação dos cursos d'água associado à impermeabilização do solo, ao adensamento e verticalização das áreas centrais, presenciemos uma inversão dessa relação negativa, consolidada historicamente, entre ocupações urbanas e rios.

Assim, diante da sobrecarga dos rios urbanos, que têm sido convertidos em emissários de esgotos e receptor de toda a água pluvial das vertentes impermeabilizadas, lidamos com drásticas consequências, evidenciadas, sobretudo, nos períodos chuvosos, quando as vias construídas sobre o leito dos cursos d'água se transformam em verdadeiros rios, acarretando inúmeros transtornos para a população e trazendo a lembrança de que sob a rua ainda existe um rio.

Diante desse contexto, o presente artigo aborda a importância da análise da cartografia urbana de Belo Horizonte para compreensão do processo de inserção dos cursos d'água na zona urbana "planejada" da capital mineira. Será foco de investigação o ribeirão Arrudas, ocultado sobre a malha viária de Belo Horizonte.

Com o intuito de contribuir para a identificação do percurso natural desse curso d'água, o estudo será embasado na análise de fontes primárias, a partir de cartografias produzidas desde a última década do Século XIX até o ano de 1970. Tais fontes são consideradas fundamentais para o alcance dos objetivos desse trabalho tendo em vista a dificuldade na identificação do percurso original do ribeirão Arrudas com a erradicação do seu leito original a partir da retificação e canalização do seu curso. Ademais, o elevado grau de adensamento urbano e a constante necessidade de adequação da capacidade das vias no contexto metropolitano de Belo Horizonte tem resultado em transformações significativas da paisagem urbana. Ainda, a partir desses documentos será possível constatar como ocorreu o processo de urbanização das micro bacias dos cursos d'água aqui abordados, bem como, sua inserção na malha urbana da capital mineira.

Tendo em vista a necessidade de entendimento do processo de inserção e, posteriormente, de erradicação dos cursos d'água da paisagem, nesse trabalho serão priorizadas a análise das Plantas confeccionadas pela Comissão Construtora da Nova Capital (CCNC) entre os anos de 1894 e 1897. A interpretação dessas plantas, juntamente com outras plantas confeccionadas ao longo das décadas do Século XX, além dos registros fotográficos correspondentes a diversos períodos de intervenção nos cursos d'água, possibilitará compreender as mudanças espaciais sofridas ao longo dos tempos, no que diz respeito ao processo de ocupação do vale dos cursos d'água e a inserção deles no espaço urbano.

Diante de quase 700 km de córregos existentes no município de Belo Horizonte<sup>1</sup>, a escolha para recorte de análise do ribeirão Arrudas é justificada pelo fato do rio atravessar a zona urbana planejada pela CCNC, destinada para abrigar os funcionários públicos e toda a infraestrutura necessária para desempenhar a função administrativa da cidade além de concentrar comércios, serviços e equipamentos comunitários, características constatadas desde a inauguração da capital em 1897. Ademais, a área

1 Dados obtidos a partir da publicação do DRENURBS (2002).

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

central é a que apresenta volume significativo de documentações disponíveis para pesquisas além de inúmeras imagens e plantas que nos permitem compreender as transformações do espaço urbano ao longo das décadas. A região central (primitivamente denominada bairro comercial) de Belo Horizonte se encontra inserida nas micro bacias dos córregos do Leitão, Acaba Mundo e Serra, além da sub-bacia do ribeirão Arrudas, receptor das águas dos três córregos aqui estudados.

## O traçado urbano da nova capital e os cursos d'água: negação da rede hídrica no processo de ocupação urbana

Desde o surgimento das cidades antigas a ocupação de áreas adjacentes a rios, ribeirões e córregos foi considerada atrativa pelo fato dos cursos d'água desempenharem um papel importante, sobretudo, como facilitador de irrigação e transporte de áreas povoadas, induzindo a formação de núcleos populacionais, seja nômade ou permanente, nas suas proximidades. Ainda, a ocupação próxima aos cursos d'água era considerada estratégica por configurar uma barreira física de defesa contra o ataque de povos inimigos. Nesse contexto, os cursos d'água podem ser vistos como elementos utilizados para demarcação territorial, como canais para transporte de produção e como elementos indutores de ocupação diante da possibilidade de utilização dos rios para irrigação, transporte e para atividades de lazer.

A partir do Século XIX, os cursos d'água deixaram de ser vistos como elementos indutores da ocupação urbana e passaram a serem reconhecidos como elementos fragmentadores e/ou obstáculos para o desenvolvimento das cidades. Diante dos avanços dos modos de produção com a Revolução Industrial e a necessidade de adaptação constante do espaço urbano com o inchaço populacional das cidades, presenciamos profundas transformações urbanas de caráter sanitarista e excludente. Como exemplo, a reforma de Paris, empregada por Georges Eugène Haussmann entre os anos de 1852 e 1870.

Essas reformas urbanas tinham como finalidade trazer melhorias para a conectividade e capacidade viária nas áreas centrais além de garantir a salubridade no ambiente urbano, tendo em vista os problemas oriundos do processo de industrialização e adensamento. Esses objetivos foram alcançados por meio da implantação de extensas e largas avenidas e de boulevares ventilados, intervenções concebidas nos moldes modernistas, de caráter higienista e disciplinar.

Nesse contexto, os cursos d'água que antes eram vistos como elementos integradores das paisagens dos centros urbanos foram perdendo a sua importância para a sociedade, conforme as novas ideias vigentes, passando a ser vistos como um entrave no desenvolvimento da *urbe*, o que pode ser constatado conforme colocações de GORSKI (2010, p.31) “a evolução da urbanização foi conseguindo eclipsá-los e anular a sua importância, restringindo sua presença quase apenas aos sintomas perturbadores, ou seja: mau cheiro, obstáculo à circulação e ameaça de inundações”.

É nesse cenário de renovação urbana que é idealizada a nova capital de Minas Gerais após a Proclamação da República em 1889, visto que Ouro Preto já não apresentava condições técnicas e morfológicas para uma remodelação e expansão do seu espaço urbano.

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

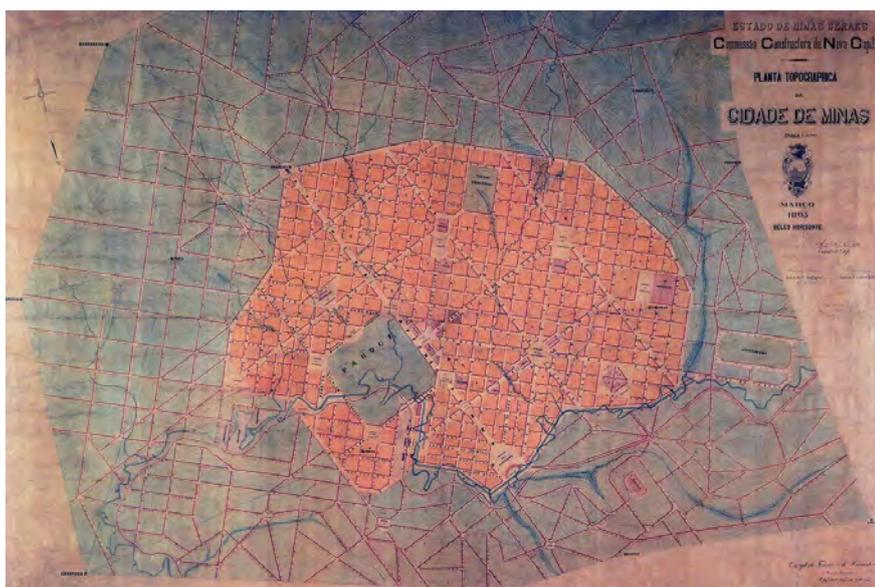
Assim, a partir da criação da Comissão de Estudos das Localidades Indicadas para Nova Capital, em 1892, foram definidos critérios para a escolha do local mais adequado para a construção da nova sede. Desses estudos resultaram cinco plantas, a saber: arraial de Belo Horizonte, Várzea do Marçal (São João del Rei), Juiz de Fora, Barbacena e Paraúna. Foram considerados fatores relevantes para a seleção: as condições topográficas das localidades em análise, a existência de terrenos devolutos, propriedades particulares e a adequação da rede hidrográfica para fins de abastecimento, geração de energia e escoamento de esgotos.

A partir desses critérios foi definido em 1893 que o arraial de Belo Horizonte é que deveria abrigar a nova capital, nesse período foram intensificados os estudos para a confecção da planta que serviria de instrumento de intervenção no território e de ordenamento do crescimento urbano. É importante mencionar, nesse contexto, a necessidade de produção de outras plantas do arraial para fins de desapropriação.

Idealizada para ser um modelo de *urbe* no infante Brasil Republicano, Belo Horizonte foi a primeira capital da República a ser projetada, planejada e organizada a partir de um saber técnico. Sobre a cartografia produzida pela CCNC, merece destaque a planta geodésica, topográfica e cadastral da zona urbana que foi apresentada em Março de 1895 - período que antecede a produção da planta definitiva com o traçado urbano de Belo Horizonte. A partir da planta produzida em 1895 pela CCNC (Figura 1) é possível constatar, além da rede hidrográfica da localidade foco de investigação do presente trabalho, a demarcação da zona suburbana e dos sítios com a definição do arruamento e casas que conformavam o antigo arraial. A zona urbana, demarcada pela Avenida 17 de Dezembro (atual Avenida do Contorno), contrastava com as zonas suburbana e agrícola em função do traçado retilíneo e pela valorização de pontos focais, estabelecidos por meio da convergência das vias radiais para praças, o que conferia destaque no traçado urbano. Ainda, é possível identificar a partir dessa planta as antigas fazendas que situavam-se dentro da área delimitada para abrigar a nova capital, posteriormente desapropriadas para a definição do novo traçado. A partir de indicações na própria planta, é possível comprovar que foi a primeira deste gênero produzida no Brasil.

Figura 1 – Planta Topográfica da nova capital de Minas Gerais, confeccionada no ano de 1895.

Fonte: APCBH/Gabinete do Prefeito



## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

Em sequência, foi apresentada também no ano de 1895 a planta oficial da nova capital do Estado de Minas Gerais. Concebida pela equipe do Engenheiro Aarão Reis, a Planta da nova capital apresentava um traçado racional e positivista, assemelhando-se a um tabuleiro de xadrez devido à conformação de quarteirões ortogonais com 120 metros de extensão. Em conformidade com os ideais vigentes da época, a Planta confrontava com a herança colonial ao induzir a destruição por completo o arraial do Curral del Rey e dar prioridade à definição de um traçado sanitaria, com ênfase na conformação de praças e vias arborizadas. Um dos locais de maior relevância na planta era o Parque Municipal Américo Renné Giannetti, inicialmente de área generosa e de localização privilegiada em função de seu acesso pela Avenida Afonso Pena.

É importante ressaltar que, apesar da preocupação com o embelezamento e com as condições de salubridade da cidade planejada, não havia prioridade de adequação do traçado às condições naturais do sítio, fato que pode ser comprovado por meio da sobreposição do novo traçado aos cursos d'água que faziam parte do extinto arraial. Com exceção do ribeirão Arrudas, que desempenhava o importante papel de drenagem de grande parte dos córregos provenientes da Serra do Curral, os demais cursos d'água foram ocultados a partir da abertura de vias e da implantação de loteamentos. Na planta de 1895 é possível identificar a canalização do percurso do ribeirão Arrudas nos trechos em que perpassa a zona urbana, somente na área correspondente ao Parque Municipal foi mantido o seu leito natural, com o objetivo de integrá-lo ao projeto do parque urbano.

A partir da análise apresentada por Aguiar (2006, p. 59-60), fica clara a importância do ribeirão Arrudas na previsão de infraestrutura adequada a partir do projeto da nova capital:

Para o transporte urbano e a iluminação pública foram previstos serviços de eletricidade, aproveitando a princípio uma queda d'água no ribeirão Arrudas, a jusante da nova cidade. As ruas foram projetadas prevendo a colocação das tubulações de uma rede abrangente de distribuição de água potável e de outra para a coleta das águas servidas, completada por uma estação de tratamento dos esgotos que deveriam ser lançados ao ribeirão e ao rio das Velhas.

É importante salientar que nos estudos desenvolvidos para o uso dos mananciais disponíveis, tanto o córrego do Acaba Mundo como o córrego do Leitão foram logo descartados, como afirma (BARRETO, 1996, v.2 p.167) no caso "o córrego do Leitão, de pouco volume, baixo e com as nascentes disseminadas por um amplo anfiteatro de propriedade particular, não era o que mais enquadrava ao plano do abastecimento inaugural". Tendo em vista a amplitude de suas cabeceiras ramificadas em três nascentes principais, a captação de água a partir desse córrego seria muito dispendiosa quando comparado a possibilidade de captação de água a partir dos córregos da Serra e do Cercadinho. Já o córrego do Acaba Mundo foi logo descartado, pois apresentava registros nos períodos de seca de vazão de cerca de 32 litros por segundo, insuficiente para abastecer até mesmo um pequeno povoado.

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

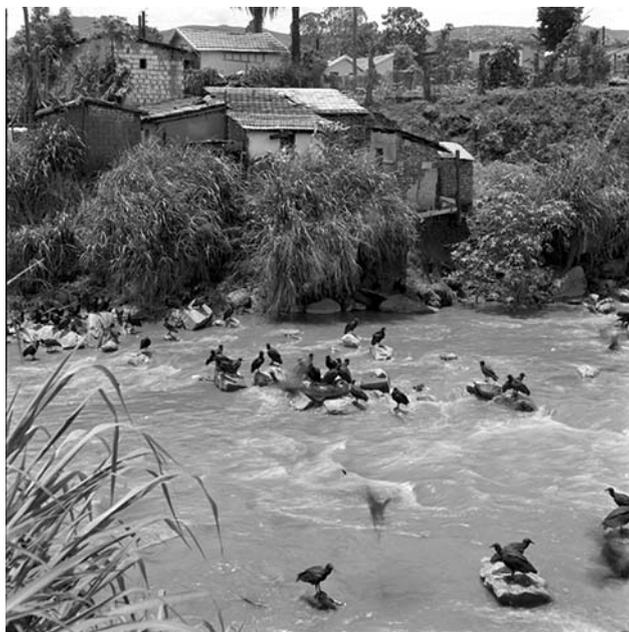
*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

### O processo de inserção do ribeirão Arrudas na malha urbana de Belo Horizonte (1920-1940)

De acordo com a Plambel (1976) a bacia do ribeirão Arrudas, desde o surgimento de Belo Horizonte, foi o principal foco de ocupação (Figura 2) devido às condições topográficas favoráveis pela conformação do vale, situação que pode ser constatada “[...] desde suas nascentes até o limite entre os municípios de Belo Horizonte e Sabará” (PLAMBEL, 1976, p. 15). Entretanto, apesar da intensificação da ocupação em suas margens, o curso d’água sempre foi visto como uma barreira ao desenvolvimento urbano, fragmentando a cidade nas porções norte e sul.

Figura 2 – Ribeirão Arrudas no ano de 1960. Ao fundo a favela Urubus.

Fonte: Laboratório de Fotodocumentação Sylvio de Vasconcellos/EA UFMG



No momento da inauguração da nova capital de Minas Gerais, o ribeirão Arrudas havia sofrido uma pequena intervenção em seu leito natural para a construção de algumas pontes, necessárias para a comunicação com a zona suburbana e para receber a Estação Ferroviária, no qual os trilhos haviam sido estrategicamente assentados ao longo do ribeirão, possibilitando o transporte da quase totalidade dos materiais necessários para a continuidade da construção da nova capital de Minas Gerais.

O lento crescimento da zona urbana, compreendida dentro dos limites da Avenida do Contorno nos primeiros anos do século XX postergou a confecção e finalização de uma nova planta geral e cadastral de Belo Horizonte em cerca de vinte anos, acarretando inúmeros problemas para as administrações que passaram pela prefeitura até o início da década de 1920, período em que Belo Horizonte deixou de ser uma capital exclusivamente administrativa para se tornar um pólo de atração no Estado, permitindo a primeira remodelação espacial patrocinada pelo poder público, encabeçada pelas retificações e canalizações dos cursos d’água que atravessam a zona urbana.

As canalizações, irradiadas a partir do ribeirão Arrudas foram empreendidas entre os anos de 1925 e 1930, com destaque para o canal do ribeirão no trecho compreendido

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

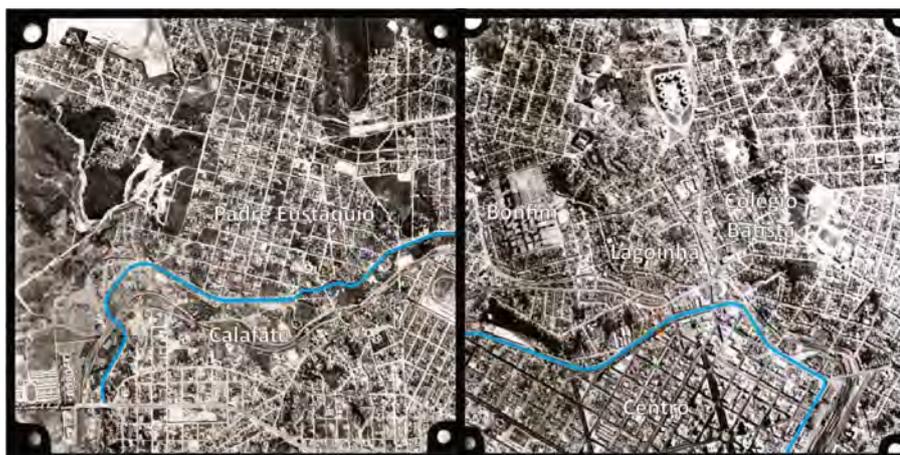
*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

entre a Praça Vaz de Melo (demolida para dar lugar ao Complexo Viário da Lagoinha) e a ponte do Perrela. Nessa época o embelezamento paisagístico do vale do Arrudas havia se tornado uma das prioridades do poder público estadual, visto que a região era a porta de entrada da capital. É importante ressaltar que nesse período foram produzidas três plantas cadastrais que atestam o processo de inserção do ribeirão na malha urbana planejada, assim como a abertura da Avenida dos Andradas ao longo do seu leito, considerada a mais drástica alteração ocorrida na planta de 1895.

A nova ordem política no Brasil instaurada a partir de 1930 impactou os planos urbanístico, social e econômico de Belo Horizonte, que consolidaria a sua expansão urbana a partir do incremento dos investimentos por parte do poder público. O ribeirão Arrudas teria não só a sua canalização concluída na zona urbana e parcialmente na zona suburbana (Figura 3), mas também possibilitaria a criação e a consolidação de duas zonas industriais<sup>2</sup> assentadas em seu vale, fato que levou o ribeirão e seus afluentes a se transformarem em condutores dos esgotos domésticos e industriais para fora do município. A consolidação da zona industrial contribuiu decisivamente para o aumento do fluxo migratório que, impedido de se fixarem na zona urbana, passaram a se aglomerar, junto com a população favelada expulsa da zona urbana, entre a cidade e o ribeirão Arrudas, na porção compreendida à montante e à jusante da “Cidade Oficial”.

Figura 3 – Imagem aérea do ribeirão Arrudas em dois momentos: à esquerda, parcialmente canalizado na zona suburbana e à direita na zona urbana, figurando como o limite entre a cidade planejada e a cidade real.

Fonte: APCBH/Gabinete do Prefeito



Legenda: — Trajeto do Ribeirão Arrudas em 1953.

Com a consolidação da metrópole e a acentuada expansão urbana, o ribeirão passaria a receber cada vez mais água, esgoto e materiais drenados das vertentes impermeabilizadas, resultando em enchentes de graves proporções a partir do final da década de 1960. A crescente poluição das águas urbanas impunha a adoção de um novo modo de vida por parte da população ribeirinha, que ocupava quase toda a faixa não urbanizada situada entre a cidade e o ribeirão Arrudas. Durante décadas as águas do ribeirão foram utilizadas para a lavagem de roupa, piscicultura, lazer e mesmo para o consumo diante da inexistência de um abastecimento regular de água potável no período. Os ribeirinhos continuavam a utilizar e ter contato com as poluídas águas urbanas, principalmente nos transbordamentos cada vez mais frequentes, elevando Belo Horizonte à categoria das cidades mais insalubres do país, com grande incidência de doenças causadas pelas águas.

<sup>2</sup> A zona industrial do vale do Arrudas, criada em 1936 na faixa de terra delimitada pelo ribeirão e pelas linhas férreas, e a Cidade Industrial do Ferrugem, criada em 1941.

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

Como uma das enchentes mais significativas do período podemos mencionar a ocorrida em janeiro de 1983, que vitimaria mais de cem pessoas, na sua maioria moradores ribeirinhos atingidos pelo turbilhão hidráulico drenado pelo ribeirão Arrudas.

## As intervenções recentes no Ribeirão Arrudas

Desde a memorável enchente ocorrida em 1983 é verificado constantes intervenções no ribeirão Arrudas, realizadas com a finalidade de extinguir as ocupações irregulares de suas margens (Figura 4). Dentre as intervenções implantadas pode-se citar o alargamento e o aprofundamento do seu canal, bem como, a retificação e cobertura de seu percurso objetivando o aumento e alargamento das faixas de rolamento para veículos.

Figura 4 – Favela Sovaco de Cobra em 1982, entre os bairros da Nova Suíça e Gameleira.

Fonte: PBH Acervo Laudelina Garcia



No ano de 2002 foi implementado em Belo Horizonte o Programa DRENURBS/NASCENTES que tem como objetivo principal possibilitar a reinserção ou reintegração dos cursos d'água da capital que ainda se encontram em leito natural. Essa iniciativa do poder público surgiu diante da problemática de constantes enchentes ocorridas no município que têm sido potencializadas, sobretudo, pela não adequação dos cursos d'água ao traçado viário da cidade e do excessivo adensamento associado à impermeabilização de extensas áreas para melhoria da capacidade viária do município no contexto metropolitano. Assim, essas ações mitigatórias visam proporcionar o controle de sedimentos que são acumulados nos fundos de vale como também reduzir os riscos de inundações.

É importante salientar que o Programa DRENURBS/NASCENTES não abrange intervenções nos rios urbanos canalizados a céu aberto ou cobertos. Nesse sentido, apesar de tal iniciativa ter sido destaque no cenário latino americano, ao propor um novo "olhar" sobre os rios urbanos, três anos após o lançamento desse programa foi apontado pelo poder público a necessidade da cobertura do ribeirão Arrudas, projeto que ficou denominado como Boulevard Arrudas. Esse projeto teve por intuito promover a melhoria da conectividade viária entre a região central da capital e o aeroporto de Confins, tendo em vista a intensificação da importância do Vetor Norte como um dos principais eixos de expansão de Belo Horizonte. Desse modo foi executado o alargamento das pistas de rodagem por meio do projeto denominado Linha Verde.

A visibilidade alcançada pelo projeto da Linha Verde entre os moradores de Belo Horizonte estava associada à possibilidade de melhoria viária e de embelezamento do

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

vale do Arrudas, ideia vendida por meio de imagens que ressaltavam a preocupação com o tratamento paisagístico e o conceito de modernização. Entretanto, a partir da análise do ribeirão no contexto atual fica claro o descaso por parte da administração pública e dos parceiros privados com a manutenção das áreas residuais conformadas a partir da implantação da Linha verde. Ainda, predomina no século XXI a visão higienista e rodoviarista com a implantação de projetos que privilegiam os veículos individuais motorizados e a remoção de moradores em áreas ribeirinhas (Figura 5) sob a justificativa de ocupação de áreas de risco. No ano de 2010 o ribeirão sofreria uma nova intervenção em seu curso natural no município de Contagem, sob a justificativa da melhoria viária e do saneamento em âmbito local. A intervenção, que consistiu em retificar e canalizar parcialmente o ribeirão promoveu a remoção de cerca de 400 famílias ribeirinhas e suprimiu os últimos resquícios de mata ciliar existentes à montante do município de Belo Horizonte.

Figura 5 – Parte da favela Sovaco de Cobra após a grande enchente de janeiro de 1983.

Fonte: PBH Acervo Laudelina Garcia



Ainda sobre as propostas atuais que têm sido direcionadas para o ribeirão Arrudas, recentemente surge em Belo Horizonte a possibilidade de aplicação do instrumento de Operação Urbana Consorciada <sup>3</sup> (OUC) que teve seu plano urbanístico aprovado pelo Conselho Municipal de Política Urbana (COMPUR) no ano de 2013.

A denominada Operação Urbana Consorciada Antônio Carlos-Pedro I/Leste-Oeste<sup>4</sup> tem como foco de atuação os principais corredores viários e de transporte coletivo de Belo Horizonte, tendo como uma das diretrizes principais o adensamento das áreas adjacentes a Avenida Antônio Carlos, Pedro I e, no eixo Leste-Oeste, da Avenida dos

<sup>3</sup> Em Belo Horizonte, a possibilidade de aplicação do instrumento Operação Urbana foi incorporada, inicialmente, por meio do Plano Diretor Municipal de 1996 (Lei n° 7.165/96). Sua revisão em 2010 (Lei n° 9.959/10) contribuiu para a definição de diretrizes específicas sobre a utilização do instrumento Operação Urbana Consorciada como a determinação das áreas de interesse de atuação, limitações para o aumento do potencial construtivo e a necessidade de elaboração de um Plano Urbanístico conjugado ao Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) e ao Estudo de Viabilidade Econômica Financeira (EVEF).

<sup>4</sup> A proposta da OUC, denominada inicialmente de Nova BH, foi divulgada no site da prefeitura de Belo Horizonte no ano de 2013. Entretanto, tendo em vista as irregularidades apontadas pelo Ministério Público e a pressão dos setores populares e da comunidade acadêmica sobre a pouca abertura do processo à participação da sociedade civil, foi divulgada uma nova proposta no ano de 2015 com a mudança do nome da operação para Operação Urbana Consorciada Antônio Carlos-Pedro I/Leste-Oeste. As informações sobre a operação podem ser acessadas a partir do site da prefeitura de Belo Horizonte.

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

Andradas, Teresa Cristina e da Via Expressa. Ressalta-se dos materiais divulgados pelo poder público: a delimitação dos perímetros de intervenção, contemplando os setores que serão focos de renovação urbana e a intenção de aumento de potencial construtivo no entorno das estações de metrô e do BRT, sob a justificativa de que essas áreas, que são dotadas de infraestrutura, estão subutilizadas (BELO HORIZONTE, 2013a). Assim, a partir da proposta da operação urbana consorciada é importante mencionar que tem sido frequente no município a adoção de parcerias público-privadas ancoradas nos interesses do poder público de promover a renovação urbana da cidade.

Tendo em vista a escala<sup>5</sup> de abrangência da operação, uma das áreas que está sendo contemplada como foco de atuação é o eixo Leste-Oeste, cujos programas, denominados respectivamente de Parque do Calafate, Boulevard Oeste, Parque Linear Leste, Programa Parque Metropolitano Oeste e Parque da Cachoeira do Arrudas, propõem a integração do projeto urbanístico aos trechos do ribeirão Arrudas inseridos dentro do perímetro da operação (BELO HORIZONTE, 2015b).

Dentre as propostas que estão sendo previstas de implantação de parques lineares ao longo de percurso do ribeirão Arrudas a partir da OUC é importante destacar o Programa Parque Linear Leste, que prevê a valorização do ribeirão Arrudas que se encontra em canal aberto no trecho que compreende as ruas Levi Coelho e Itaituba, a partir de uma proposta de tratamento paisagístico, de criação de espaços de uso público e de implantação de travessias para pedestres, com o intuito de vencer a barreira física conformada por esse elemento natural. Outro programa que propõe a integração do ribeirão em seu leito natural é o Programa Parque Cachoeira do Arrudas, que engloba a área de proteção ambiental no Granja de Freitas e propõe a criação do Parque Linear Ribeirão Arrudas na área delimitada pela Rua Itaituba e pelo limite leste da operação, único trecho em que o ribeirão forma uma queda d'água (BELO HORIZONTE, 2015b).

## Considerações finais

Pode-se perceber que o ribeirão Arrudas, desde o planejamento de Belo Horizonte sempre foi visto como um importante curso d'água no sistema de drenagem do município a partir dos córregos que desembocam ao longo de seu percurso provenientes da Serra do Curral. Ainda assim, desde a inauguração da capital, muitas das ações empreendidas pelo poder público revelam todo o processo de negação desse relevante elemento natural no processo de desenvolvimento da cidade.

No contexto atual, apesar das constantes necessidades de ampliação da capacidade viária do município para atendimento de demandas no âmbito metropolitano, verifica-se uma reconversão do olhar sobre o ribeirão. Essa mudança de postura está associada aos problemas que vivenciamos no núcleo metropolitano em relação às enchentes e as alterações do microclima que tem produzido efeitos negativos na qualidade de vida dos moradores de Belo Horizonte.

Pragmaticamente, em 2015 estamos passando pela mais grave crise hídrica da história do sudeste do Brasil, fruto do ineficaz planejamento em relação à gestão das águas e do predomínio dos interesses econômicos e políticos em detrimento às demandas da sociedade. Ganha força, nesse contexto de crise, discursos voltados à importância da água no meio ambiente, sendo muitas vezes visível o desconhecimento dos

<sup>5</sup> Estão sendo contemplados na proposta 99 bairros abrangendo 33km de extensão e 29,9km<sup>2</sup> de área (BELO HORIZONTE, 2015a).

## O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

fenômenos naturais e cíclicos que ocorrem em um âmbito local, regional e global. Apesar do inevitável racionamento e do esgotamento iminente dos recursos naturais, consequência do modelo de desenvolvimento adotado pela sociedade, não houve ainda ações efetivas realizadas no contexto nacional, tendo em vista que as águas urbanas são largamente utilizadas como instrumento político e muitas vezes esquecidas pela sociedade após as intervenções realizadas para ocultação dos cursos d'água. Ignorados não só pelos administradores, órgãos públicos e não governamentais, mas também pela própria sociedade, os cursos d'água permanecem invisíveis e quando se encontram a céu aberto, são reconhecidos como obstáculos a serem erradicados para o progresso das cidades.

Em Belo Horizonte tem sido desenvolvido projetos que visam contribuir para a melhoria da drenagem urbana e para a recuperação dos fundos de vale na bacia do ribeirão Arrudas por meio do gerenciamento dos recursos hídricos. Recentemente foram divulgadas, a partir da Operação Urbana Consorciada Antônio Carlos/Pedro I Leste-Oeste, propostas que contemplam a integração do ribeirão Arrudas aos projetos urbanísticos que poderão ser desenvolvidos pelo poder público em parcerias com os setores privados. Podem-se considerar tais propostas embrionárias para uma futura reabilitação do curso d'água para a cidade, recuperando assim os antigos valores desaparecidos a partir da degradação do ribeirão ao longo do século XX.

Nesse sentido, é importante explicitar o histórico de intervenções no ribeirão para a formação de uma postura crítica quanto aos processos de renovação urbana que têm sido idealizados pelo poder público. Ademais, caso a operação urbana não seja gerida e construída a partir do diálogo permanente com a sociedade civil, poderá resultar em impactos negativos tendo em vista a magnitude do projeto e o jogo de interesses das forças econômicas e políticas que permeiam a operação.

Contudo, é importante mencionar em um cenário otimista que tem sido frequente no contexto nacional e, sobretudo internacional<sup>6</sup>, tentativas ou ações de reabilitação de rios priorizando sua reinserção na paisagem urbana. Tais estratégias englobam: políticas de saneamento, com investimentos no tratamento de esgotos que tem sido lançado nos cursos d'água e seus efluentes; propostas de reabilitação de rios associado à gestão eficiente de bacias hidrográficas; ações de educação ambiental e de requalificação de rios por meio da recuperação das suas funções ecológicas, despoluição e estímulo à biodiversidade (MACHADO, 2010, p. 6).

Assim, é relevante o papel que tem assumido entidades governamentais, ONGs, ativistas, escolas e a comunidade acadêmica na mobilização social e conscientização da necessidade de reinserção dos rios na paisagem, o que desperta de certa forma, esperança quanto às novas relações que serão empreendidas entre os cursos d'água e as gerações futuras, ainda que essa conscientização sobre a importância dos cursos d'água seja incipiente.

<sup>6</sup> Pode-se citar como exemplos relevantes de requalificação de rios a proposta de recuperação do Rio das Velhas, iniciado em 2006 por meio do Projeto Manuelzão (UFMG), a tentativa de recuperação do Rio São Francisco que engloba seis estados brasileiros e intervenções realizadas na bacia do Rio Tietê (SP). Como experiências internacionais de requalificação destacam-se a revitalização do Rio Tâmis na Europa, a recuperação do Rio Sena em Paris e da bacia do rio Danúbio na Europa e a renaturalização do rio Isar em Munique (MACHADO et al, 2010).

O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

## Referências

AGUIAR, Tito Flávio Rodrigues de. **Vastos subúrbios da nova capital: formação do espaço urbano na primeira periferia de Belo Horizonte**. 2006. 443f. Tese (Doutorado em História Social da Cultura) - Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Unidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <<http://www.biblioteca-digital.ufmg.br/dspace/handle/1843/VCSA-6X4NU4>>. Acesso em: 26 ago. 2015.

BARRETO, Abílio. **Belo Horizonte, memória histórica e descritiva; história média**. v.2. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro/Centro de Estudos Históricos e Culturais, 1996.

BELO HORIZONTE (SUDECAP). **Canalização do Ribeirão Arrudas: indicação de obras mínimas necessárias**. Junho de 1982. Mimeo.

BELO HORIZONTE, Prefeitura de. **Conheça o Projeto Nova BH, é a nossa cidade crescendo do jeito certo**, 2013b. Disponível em: <<http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/noticia.do?evento=portlet&pAc=not&idConteudo=129779&&pIdPlc=&app=salanoticias>> Acesso em: 22 out. 2014.

BELO HORIZONTE, Prefeitura de. **Operação Urbana Consorciada Antônio Carlos-Pedro I/Leste-Oeste. Plano urbanístico e Estudo de Impacto de Vizinhança**, 2015a. Disponível em: < [www.pbh.gov.br/ouc](http://www.pbh.gov.br/ouc) > Acesso em: 01 out. 2015.

BELO HORIZONTE, Prefeitura de. **Operação Urbana Consorciada Antônio Carlos-Pedro I/Leste-Oeste. Plano urbanístico e Estudo de Impacto de Vizinhança**. Cadernos de textos, tabelas e figuras, 2015b. Disponível em: < [www.pbh.gov.br/ouc](http://www.pbh.gov.br/ouc) > Acesso em: 01 out. 2015.

BERNARDES, Brenda Melo, BORSAGLI, Alessandro. **A metamorfose de uma paisagem: a construção, o apogeu e o processo de descaracterização do bairro Lagoinha**. Revista do Arquivo Público da cidade de Belo Horizonte v.1, 2014. Disponível em [http://issuu.com/reapcbh/docs/versao\\_final\\_em\\_pdf](http://issuu.com/reapcbh/docs/versao_final_em_pdf). Acesso em 20 de setembro de 2014.

BORSAGLI, Alessandro. **O Vale do Córrego do Leitão em Belo Horizonte: Contribuições da cartografia para a compreensão da sua ocupação**. 1º Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica. Paraty, 2011. Disponível em [http://www.ufmg.br/rededemuseus/crch/simposio/BORSAGLI\\_ALESSANDRO.pdf](http://www.ufmg.br/rededemuseus/crch/simposio/BORSAGLI_ALESSANDRO.pdf). Acesso em 18 de abril de 2014.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO/Centro de Estudos Históricos e Culturais. **Panorama de Belo Horizonte**; Atlas Histórico, Belo Horizonte, 1997.

GORSKI, Maria Cecília Barbieri. **Rios e Cidade. Ruptura e Reconciliação**. São Paulo: Senac, 2010.

MACHADO, Antônio Thomaz (org.). **Revitalização de rios no mundo: América, Europa e Ásia**. Belo Horizonte, Instituto Guaicuy, 2010.

PBH. **Programa DRENURBS/NASCENTES**. Disponível em: [http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=politicasurbanas&lang=pt\\_br&pg=5562&tax=16906](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=politicasurbanas&lang=pt_br&pg=5562&tax=16906). acesso em: 30 junho 2014.

PLAMBEL. **Identificação das áreas faveladas sujeitas à inundação e desabamento ao longo do Ribeirão Arrudas, Volumes 1 e 2**. Belo Horizonte: PLAMBEL, 1983.

PLAMBEL. **Plano de Ocupação do Solo da Aglomeração Metropolitana de Belo Horizonte**. Belo Horizonte: PLAMBEL, 1976.

SILVA, Margarete Maria de Araújo. **Água em meio urbano, favelas nas cabeceiras**. Belo Horizonte: Núcleo de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo, 2013, 243p. (Tese). Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

O Ribeirão Arrudas em Belo Horizonte: de elemento integrador e indutor da ocupação urbana para obstáculo no desenvolvimento da urbe mineira

*The Arrudas River in Belo Horizonte: Integrator element and urban occupation inducer for obstacle in development of mining city*

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvo o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

GLAUCINEIDE COELHO, VERA MARIA DE VASCONCELLOS E LUCIANA ANDRADE

## Cidade emoção: o ver e o viver os espaços públicos nas representações de um grupo de jovens a partir da comunidade Carobinha no Rio de Janeiro

*City emotion: the look and urban living for a youth group of Carobinha community in Rio de Janeiro*

Cidade emoção: o ver e o viver os espaços públicos nas representações de um grupo de jovens a partir da comunidade Carobinha no Rio de Janeiro

*City emotion: the look and urban living for a youth group of Carobinha community in Rio de Janeiro*

### **Glaucineide Coelho**

Graduação em arquitetura e urbanismo (UFRJ, 1998), mestrado em Arquitetura (PROARQ, 2004), doutorado em Urbanismo (PROURB, 2015). Suas áreas de interesse destacam a emoção como categoria de análise, estruturação de método de análise urbana e percepção do espaço urbano através de incursões etnográficas.

*Graduated in Architecture and Urban Planning (UFRJ, 1998), Master of Architecture (PROARQ, 2004), PhD in Urban Planning (PROURB, 2015). As a researcher, her interests are on the emotion as a category of analysis, as well as the structuring method of urban analysis and perception of urban space through ethnographic incursions.*

**coelhoglaucci@gmail.com**

### **Vera Maria de Vasconcellos**

Graduada em Psicologia (1975), mestrado pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1980), doutorado em Social Developmental Psychology Department - University of Sussex (1986) e Pós-doc em Desenvolvimento Humano na Universidade da Carolina do North-Chapel Hill. Foi por 25 anos (1977 - 2002) professora do Departamento de Psicologia (Professora Titular desde 1994) da Universidade Federal Fluminense onde coordenou o Núcleo Multidisciplinar de Pesquisa, Extensão e Estudo da Criança de 0 a 6 anos. Professora dos Programas de Pós-graduação em Educação (1989 - 2004) e Psicologia (1998 - 2002). Atualmente é Professora Titular do Departamento de Estudos da Infância e do PROPED, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, onde coordena o Núcleo de Estudos da Infância: Pesquisa e Extensão (NEI:P&E/UERJ).

*Graduated in Psychology (1975), master's degree from Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro (1980), ph.D in Social Developmental Psychology Department - University of Sussex (1986) and Post-doc in Human Development at the University of Carolina of the North-Chapel Hill. She was for 25 years (1977-2002) Professor of the Department of Psychology (Professor since 1994) at the Federal Fluminense University where she had coordinated the Multidisciplinary Center for Research, Extension and Study of Child 0-6 years. She was also a professor of the Graduate Program in Education (1989 - 2004) and Psychology (1998-2002). She is currently Professor of the Department of Childhood Studies and PROPED, State University of Rio de Janeiro, where coordinates the Child Study Center: Research and Extension (NEI: P & E / UERJ).*

**vasconcellos.vera@gmail.com**

Cidade emoção: o ver e o viver os espaços públicos nas representações de um grupo de jovens a partir da comunidade Carobinha no Rio de Janeiro

*City emotion: the look and urban living for a youth group of Carobinha community in Rio de Janeiro*

#### **Luciana Andrade**

É professora associada da FAU-UFRJ e membro permanente do Programa de Pós-graduação em Urbanismo / PROURB, da mesma unidade. É especialista em sociologia urbana pelo IFCH/UERJ, mestre em arquitetura pelo PROARQ/UFRJ e doutora em Geografia pelo PPGG/UFRJ. De dezembro de 2005 a novembro de 2006 desenvolveu pesquisa de pós-doutorado sobre espaços públicos de conjuntos habitacionais (Siedlungen) em Berlim. Seu tema de pesquisa e extensão é habitação popular com foco em ocupações em áreas centrais, favelas e conjuntos habitacionais.

*Associate professor at FAU-UFRJ and permanent member of the Graduate Program in Urban Planning/ PROURB in the same university. Specialist in urban sociology at IFCH / UERJ, Master in architecture at PROARQ / UFRJ and PhD in Geography at PPGG / UFRJ. From December 2005 to November 2006 she developed a post-doctoral research on public spaces in housing estates (Siedlungen) in Berlin. Her research and extension theme is social housing with a focus on occupations in central areas, slums and housing projects.*

**luciana.s.andrade@gmail.com**

### Resumo

Este trabalho entende a cidade através do olhar de um grupo de jovens que habita um lugar sujeito às condições de pobreza. O que nos move é conjecturar como, a partir das emoções, tais jovens são capazes de construir em processos interacionais no e com o espaço urbano, a percepção de cidade ao localizarem nesta, suas identidades. Para a caracterização desta cidade, que convencionamos chamar “cidade emoção”, coletamos as representações que os jovens expressam em desenhos e falas sobre o espaço urbano, uma vez que são imagens gravadas no imaginário coletivo. O objetivo de nossa pesquisa foi entender o espaço vivenciado do Rio de Janeiro, através dos processos perceptivos de jovens que trazem à tona a complexidade urbana à medida que revelam a identidade do território cotidiano de suas experiências. Por conseguinte, essa relação interacional dos jovens, converte-se em uma das peças fundamentais e tecedoras da construção do indivíduo, que analisamos com base na ideia de Vygotski (1998). Nesse contexto teórico, nosso objeto de estudo, a cidade, se coloca culturalmente como uma comunidade emocional, de domínio dos seus habitantes, porém, está no território apropriado o centro de onde emana o entendimento do que é o todo urbano.

**Palavras-chave:** Território. Paisagem Urbana. Espaços Públicos. Apropriação. Identidade.

### Abstract

*This report tries to understand the city through the look of young people that lives in a place expose to poverty conditions. What move us to try understand how, starting to the feelings, those young people are able to construct in interaction process in and with urban space, the perception of city to the notice their identities in it. To characterization of this city, that we decide to call “emotion city”, so was collected representations that they usually express at drawings and speeches about the urban space, since they are captured images at collective imaginary of the habitants. The objective of this research has been to try understand the living area to the Rio de Janeiro, through to young peoples’ perceptive processes bring up urban complexity as they reveal identity territory and daily experiences. Therefore, this young people’s interactional relation became itself at one of most important parts at development for the individual that was analyzed having at base Vygotski’s idea (1998). This theory context, our object of study, the city, take itself culturally as one emotional neighborhood, of habitants’ domain, although it is in a territory belongs to the city habitants, the center where the knowledge come from that is the all urban.*

**Keywords:** Territory. Urban Landscap. Public Spaces. Appropriation. Identity.

## Considerações iniciais

Este trabalho entende a cidade como a expressão do conhecimento resultante de processos sócio históricos das culturas, que guiadas pelo olhar sensível sobre o que seja o espaço urbano, vivencia e simboliza os territórios da cidade através das apropriações. Neste sentido, tanto o olhar como o viver urbano, consequência interacional da experiência humana, se transformam em conhecimento, nos informando sobre o que é a cidade, nos transformando como personas nos territórios urbanos.

Nós partimos do pressuposto que o conceito de cidade é algo socialmente construído dentro dos grupos sociais a que pertencemos (Vygotski, 1998), embasando nosso estudo no entendimento do que seja a “comunidade emocional” enunciada por Maffesoli (2010). Na comunidade emocional, as emoções emergem coletivamente, tecendo dialogicamente as experiências percebidas e vivenciadas (Raffestin, 1995, 1977). A partir do olhar, destaca-se a síntese dos processos perceptivos que traduzem a paisagem, e a partir das vivências, destaca-se a síntese dos processos experienciais que traduzem as complexidades e tensões que configuram os territórios, realçando sempre a construção do que seja para nós o conhecimento sobre a cidade.

Tal conhecimento é trazido à tona em nossa pesquisa quando indagamos um grupo de jovens entre 15 e 17 anos que habita a cidade do Rio de Janeiro, a partir da Comunidade da Carobinha, loteamento irregular no subúrbio da cidade. A investigação adota o fazer etnográfico com registros no caderno de campo, de falas e impressões dos autores, para posterior análise e síntese do que seja a “cidade emoção” expressa por uma comunidade emocional.

## O ver e o viver no e com os espaços públicos: breves considerações sobre paisagem e territorialidade

Acreditamos que as experiências humanas são produzidas entre o olhar (perceber pelos processos perceptivos) e o vivenciar (acumular experiências). Esta relação entre perceber e viver localizam identidades, à medida que constitui territórios que se tornam cada vez mais complexos pelos movimentos de desterritorialização e reterritorialização.

Para compreendermos a complexificação interna desse território e as relações de reciprocidade na sua constituição, se faz necessária captar o sentido de diferenciação e ressignificação da paisagem urbana pelos diversos grupos culturais, ressaltando o simbolismo da sua forma e funções através das apropriações. Com isto, algo que antes era simplesmente categorizado pela dimensão do olhar, agora incorpora a dimensão do vivenciar.

Com base em tais considerações, é importante pensarmos a paisagem como um sistema arranjado de elementos variados, ou de uma maneira muito teórica e elementar, a paisagem é uma combinação de unidades que possibilita diversas morfologias. Trata-se assim, de uma sintaxe geográfica, uma frase que combina diferentes elementos no espaço-tempo, que responde a fins práticos e que concentra em si a experiência que serve a conservação e transmissão de informações, mas que em geral, pode, se

interpretada somente por seu aspecto visual, mascarar os limites e significações do território (Raffestin, 1977, p.127-129).

Estamos dizendo com isso, e com base nas informações de Raffestin que a dimensão visual que confere maior ou menor grau de espetacularidade a paisagem, não é suficiente para descrevê-la em nosso estudo, a partir do momento que as diversas possibilidades de arranjos que criam os territórios nos imaginários humano são colocadas em relação também pela dimensão viver como aporte sociocultural. Assim sendo, faz-se necessário diferenciar e compreender uma “linguagem da territorialidade” (Raffestin, 1995) que irá nos permitir decifrar as relações vividas através das apropriações manifestas pelas culturas nos e com os espaços públicos.

A linguagem da territorialidade trata de uma relação, um processo capaz de criar territórios humanos carregados de significados, que tendem a desterritorializar no espaço-tempo, para em seguida reterritorializar a experiência humana em novas significações. Tal linguagem é definida, sobretudo, como um processo de troca de informações ou de comunicação que se desenrola numa rede complexa como uma interface biossocial (Raffestin, 1995).

Isto nos anuncia que a linguagem da territorialidade deve nos conduzir através da compreensão do mundo pelo conjunto formado pelos fatores que anunciam tanto a linguagem da paisagem, como a linguagem do território, como “aspectos paralelos” (Cullen, 1983, p.10) de uma cultura, que ocorrem num determinado ambiente, capaz de suscitar reações emocionais, o que delimita a cidade como “uma ocorrência emocionante no meio-ambiente” (Cullen, 1983, p.10).

Importante ficar claro que tecemos nossas considerações sobre a construção da linguagem da paisagem e da territorialidade, a partir das possibilidades interacionais ocorridas nos espaços públicos da cidade. Entendemos o espaço público também como produto da história em constante movimento, “uma construção social” (Serfaty, 1988, p.116) produzida por intenções e representações de um contexto. Os espaços públicos urbanos podem ser então percebidos como territórios coletivos interiores e exteriores de sociabilidade, através da existência ou não de limites físicos e/ou simbólicos de controle.

***Os muros, tetos e portas colocam a questão do controle de acesso [aos espaços públicos urbanos interiores], mas também das regras de utilização do lugar (...). [§] trata-se de uma questão dupla, que considera não somente a abertura social de um lugar, mas também a definição dos usos sociais possíveis deste lugar (...). [§] esta dupla questão pode ser pensada à propósito dos diversos territórios onde o proprietário é a comunidade, tais como: escolas, universidades, teatros e museus nacionais (Serfaty, 1988, p.112).***

Já os espaços públicos exteriores são por excelência os territórios urbanos do coletivo, onde observamos as práticas dos costumes de uma comunidade em interação com as ambiências<sup>1</sup> que animam esses territórios, e desenham o sistema de espaços livres de uma cultura.

***Os espaços públicos urbanos são os territórios coletivos exteriores, com limites físicos claramente definidos (por edifícios por exemplo, ou jardins e praças, e ruas) e facilmente acessível (por diversas ruas, ruelas, escadarias, etc.). Nesse sentido, são lugares escolhidos e abertos, que favorecem o estar tanto quanto a passagem. Devido***

1 O “espaço, arquitetonicamente organizado e animado, que constitui um meio físico e, ao mesmo tempo, meio estético, ou psicológico, especialmente preparado para o exercício de atividades humanas” (Aurélio, 2004).

**ao seu carácter espaço fisicamente e socialmente aberto, o seu papel e as práticas que lhes são próprias são influenciadas pelo contexto urbano no qual ele se insere. Sua situação, arquitetura e funções simbólicas de muitos desses espaços, faz com que eles desempenhem, por outro lado, um papel estrutural no tecido urbano como um todo (Serfaty, 1988, p. 120).**

Ao fundamentarmos o espaço público como territórios de sociabilidade destacamos ainda que este é um importante suporte material para o desenrolar das interações que desenham a “linguagem da paisagem” e a “linguagem das territorialidades”, de indivíduos e grupos que significam os territórios urbanos, cooperando na construção do conhecimento da cidade emoção.

## A cidade emoção

### Um conceito socialmente construído

É importante delimitarmos que consideramos a emoção como uma categoria de análise a partir da antropológica, capaz de organizar o conhecimento que construímos sobre o que é real através das interações. Ela se estrutura não apenas como algo da subjetividade, mas, sobretudo como algo “(...) que tem efeitos significativos para as interações e a coletividade de modo amplo” (Rezende e Coelho, 2010, p.13).

Com isso, quando dizemos cidade emoção, estamos conjecturando o espaço urbano como uma materialidade que ganha significação à medida que nos relacionamos com o mundo tanto pelos processos perceptivos como pelos sócios culturais de significação espacial, ao colocar em evidência as linguagens da paisagem e territorialidade, processos estes, capazes de, como citamos anteriormente, suscitar reações emocionais que irão afetar nossa interpretação sobre a realidade.

Então, a cidade emoção é um produto do conhecimento, que para cada indivíduo ou grupo é um conceito socialmente construído. Por isso, compartilhamos com Vygotski (1998) que a formação dos conceitos é uma operação intelectual, que une tanto diferenças como similaridades, e tem como mediador central o significado da palavra que designa as coisas no mundo, ao centralizar a atenção, abstrair traços, sintetizando-os e simbolizando-os através de um signo (Vygotski, 1998, p.101).

Vygotski (1998) aponta que o desenvolvimento dos conceitos ocorre tanto de maneira espontânea como intencional, ou seja, de forma instrucional. O que ele denominou, respectivamente, de conceitos cotidianos e conceitos científicos. Eles se relacionam e se influenciam mutuamente, e são mutuamente estimulados (Vygotski, 1998, p.107). É importante balizar que quando o autor usa a palavra espontânea para se referir à formação de conceitos, esta “(...) é sinônimo de não-consciente, [uma vez que] ao operar com conceitos espontâneos, a criança não está consciente deles, pois, a sua atenção está centrada no objeto (...), nunca no próprio ato do pensamento” (Vygotski, 1998, p.115).

Resumidamente, a formação dos conceitos é um processo relacional, que é possível somente através das interações as quais somos submetidos por foça das circunstâncias ou que escolhemos vivenciar. Isto nos anuncia que mesmo a identidade individual – “o eu”, somente é possível em um processo sócio histórico através da identidade coletiva – “o nós”. Assim, nos é pertinente pensar que o conhecimento emocional ocorre imerso em uma comunidade também emocional.

### A comunidade emocional e as construções identitárias na cidade

A construção do conhecimento é para Maffesoli (2010), orgânica. Este autor trata tal organicidade como um retorno ao vitalismo, ou seja, a vida universal presente em pequenos grupos contemporâneos, e que é capaz de esclarecer a “(...) emoção e a dimensão afetual” (Maffesoli, 2010: 27) que estruturam suas realidades.

Maffesoli considera ainda, que na contemporaneidade a lógica das identidades compartimentadas, estanques e que reduzem indivíduos está diluída em tribos. O que ele chama de “metáfora das tribos” contribui para o entendimento do processo de desindividualização, em que os indivíduos passam a ter uma atuação coletivista dentro de diversas tribos, e que por sua vez, não estão restritos a uma única identificação tribal. Isto significa que ao transitar entre uma tribo e outra, o ser passa a possuir múltiplas identidades “(...) como nebulosas de pequenas identidades locais” (Maffesoli, 2010, p.36).

Esse movimento dos indivíduos é percebido através da nova ordem social, no que Maffesoli diz ser fruto do deslocamento e tensão, que parte da antiga ordem calcada em uma estrutura mecânica do social à atual estrutura complexa ou orgânica da sociabilidade. A primeira ordem social considera a função dos indivíduos em grupos contratuais, já a segunda considera o papel das pessoas em tribos afetuais (Maffesoli, 2010, p.31).

Com base em tal entendimento o autor coloca ainda que as novas experiências de sociabilidade podem ser analisadas através do conceito de tribalismo presente na comunidade emocional. Resumidamente a comunidade emocional está pautada em três paradigmas: o estético; o ético, e; os de costumes.

O paradigma estético considera a multiplicidade do eu, personas (personagens), o que serve para a reflexão sobre as múltiplas identidades é a ambiência de fundo em que se instalam os eventos, não somente a vida vivida, mas também a percebida, qual seja, “(...) o sentido de vivenciar e sentir [viver e ver pelos processos perceptivos]”, que tende a construir uma estética comum sobre o real (Maffesoli, 2010, p.37).

O paradigma ético considera o conformismo existente em cada comunidade, ou a “aceitação” dos fatos, qual seja “a lei do meio” que fundamenta a ética comunitária. O que é tratado neste âmbito é o “estar-junto solidário” (Maffesoli, 2010, p.45-46).

O paradigma de costumes considera a maneira de fazer de uma comunidade, que fundamenta o seu estar-junto. O que está em questão são os aspectos rituais, as experiências, pois o cotidiano é fundamentado por ações livres e relacionais (MAFFESOLI, 2010, p.54-55).

Os paradigmas que fundamentam a comunidade emocional se manifestam através da comunicação que estabelecemos com o mundo, por isso entrelaçam o território à língua<sup>2</sup> na constituição das diversas territorialidades. Raffestin (1995) nos aponta que é difícil imaginarmos situações nas quais língua e território não estão envolvidos de uma maneira ou de outra, nas quais esses mediadores não joguem um papel qualquer na construção das subjetividades e do sentido coletivo (RAFFESTIN, 1995, p.90).

Esses mediadores na construção da subjetividade, território e língua, metodologicamente são analisados através das nuances espaciais dos seguintes territórios:

2 Importante destacar que o termo língua para definir a comunicação humana, não tem aqui a intenção reducionista que considera a fala verbalizada, que demarca territórios, como única forma de expressão. Por isso, esta pesquisa se debruça também sobre a expressão corporal, evidenciadas pelas escolhas de movimentação (trajetos) no espaço urbano, textos e imagens desenhadas ou fotografadas por nossos informantes em campo.

O território cotidiano, onde se desenrola a vida do dia-a-dia. Nesse território se constrói as necessidades de segurança, pertencimento, afetividade entre outros; O território de trocas, um território em movimento que não deve ser cartografado na escala do lugar, mas sim do planeta. Na escala da localidade, acreditamos que ele acontece nas sutilezas das relações de posse e poder de consumo; O território referencial, que é o território ancestral e que diz respeito à memória de um povo ou grupo; O território sagrado é importante por seu aspecto abstrato que organiza o real (RAFFESTIN, 1995, p.99).

### Os elementos estruturais e os de significação sociocultural nas representações espaciais: a definição de um método para a análise da cidade emoção

Os eventos que ocorrem no espaço-tempo comportam propriedades projetivas, simbólicas e temporais e marcam tanto os aspectos organizacionais dos territórios cotidianos como dos indivíduos ou grupos, onde observamos as coconstruções de suas identidades. Bailly sugere, dada a complexidade de conceituação, organizarmos a análise das representações do espaço visto e vivido em dois aspectos: os estruturais e os de significações culturais e sociais do lugar (Bailly, 1990, p.266).

O nível estrutural corresponde ao conjunto de referências ou marcos físicos tidos como eixos estruturantes a que um indivíduo se reporta para se orientar e deslocar em um determinado espaço, e as relações entre estes. O nível das significações analisa as relações sociais, pois considera que todos os lugares são carregados de significações diversas: coordenadas simbólicas; limites culturais, históricos e simbólicos; imagens mentais; e propriedades simbólicas e/ou funcionais atribuídas por outros.

Tabela 1: Duplos elementos, exteriores e interiores, de construção de nossas representações

Fonte: Autor, 2015.

| Tabela 1: Duplos elementos, exteriores e interiores, de construção de nossas representações   |  |
|---|--|
| Elementos exteriores<br>LINGUAGEM DA PAISAGEM   | Elementos interiores<br>LINGUAGEM DA TERRITORIALIDADE  |
| Estruturas do lugar<br>O VER  | Significações socioculturais do lugar<br>O VIVER   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Eixos estruturantes (vias e/ou lugares);</li> <li>Relações entre os eixos (vias e/ou lugares);</li> <li>Referências (marcos físicos);</li> <li>Limites físicos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Coordenadas simbólicas;</li> <li>Limites culturais, históricos e simbólicos;</li> <li>Imagens e representações simbólicas e/ou funcionais;</li> <li>Características simbólicas (marcações e personalizações);</li> <li>Territorialidades (espaço significado).</li> </ul> |
| Fonte: Autor, 2015.   |  |

Observamos conclusivamente, que as representações da estrutura do lugar, caracterizam a linguagem da paisagem – o ver. Já as representações das significações culturais e sociais do lugar, caracterizam a linguagem da territorialidade – o viver. Em ambos os casos, é a experiência humana que trata de combinar ambos os aspectos nos nossos processos de construção do conhecimento sobre a cidade emoção.

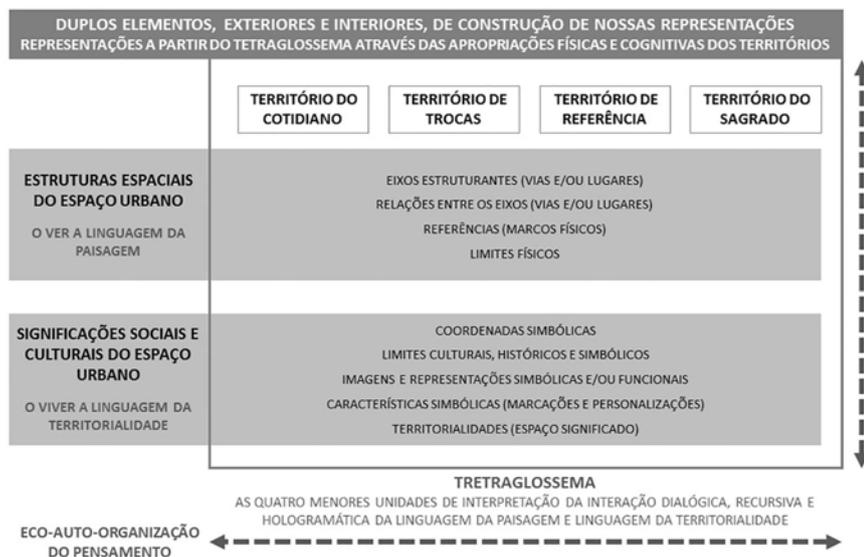
A construção do conhecimento sobre a cidade emoção distingue os lugares simbolizados que se ligam em uma teia de relações diretamente vinculada aos nossos sentimentos, e assim construímos nossa relação emocional com os territórios, entre aquilo que conhecemos como “conceitos científicos” e aquilo que interpretamos como “conceitos espontâneos” (Vygotski, 1998, p.115). Não esquecendo que as representações espaciais são tantas quantas são possíveis as nossas vivências. A este respeito, Bailly recorda a advertência de Lévi-Strauss de que devemos observar que cada relação indivíduo-espaço irá constituir conotações de quais são os aspectos positivos e negativos no seu ambiente, e à medida que o indivíduo se relaciona em um campo de possibilidades constitutivas de identidades, essa conotação converte-se na identidade coletiva

(Bailly, 1990, p.269) da comunidade emocional.

Por isso, consideramos que para o exame dos processos interacionais mediados pelo conhecimento que representa os territórios vistos e vividos em um movimento dialógico de construções identitárias por apropriações, o mais lógico é conjugar os discursos tanto da análise dos elementos estruturais do espaço, que trata da linguagem da paisagem, como da análise cognitiva das significações socioculturais que trata da linguagem da territorialidade, às partes territoriais mínimas e indicadas por Raffestin (1977), quais sejam: o território cotidiano; o de trocas; o de referência; e o sagrado.

Figura 1: Quadro síntese das representações a partir do tetraglossema através das apropriações físicas e cognitivas dos territórios, e que eco-auto-organizam os pensamentos sobre a realidade.

Fonte: Autor, 2015.



É importante assinalar que a proposta de análise indica quatro partes mínimas (tetraglossema) para a análise da paisagem e da territorialidade. Contudo, ele pode ter as quatro partes desdobradas segundo as necessidades de cada contexto, ou ainda segundo as modalidades de apropriação no campo material e no campo das ideias. O que irá determinar o “glossema”, para a análise, é a incursão e entendimento de cada realidade analisada. Por isso, Raffestin (1977) apontou no início que as relações entre os indivíduos e destes com o espaço “implica numa antropológica das relações construída de territorialidades que explicita a existência humana, como método de análise” (Raffestin, 1977, p.132).

Assim, a nossa postura investigativa é combinar o método de análise proposto aos métodos de campo de base etnográfica que nos possibilitam olhar os contextos urbanos de dentro. Consideramos para isso, a interpretação da emoção como categoria analítica na antropologia, a partir da qual o método de observação do “percurso comentado” (Thibaud, 2004) implica a interação de todos os envolvidos no processo de pesquisa.

## O olhar de dentro: o percurso comentado como método de campo

Esta pesquisa observa as representações urbanas, através das nuances entre o perceber e o viver ambiências pelas emoções. Por isto, a nossa aproximação com o objeto de análise se faz pela etnografia que especificamente trata a emoção como as impressões que qualificam um determinado objeto, e que são também expressas principalmente através das falas dos que nos informam (Rezende & Coelho, 2010; Koury, 2009).

Porém, esta fala está associada à apropriação que fazemos do lugar, à medida que esta é capaz de nos informar e captar a experiência sensível, através da percepção em movimento, por meio de três atividades ao mesmo tempo: “caminhar, perceber e descrever” (Thibaud, 2003, p.3).

Nesse sentido, Thibaud (2008) nos esclarece a importância de uma etnografia, através do método do percurso comentado, comprometida com a percepção e representação produzida por todos os atores envolvidos, quais sejam, os “eu, tu, ele: caminhando com três pessoas” (Thibaud, 2008).

O “EU” neste caso somos o “NÓS” pesquisadores. De qualquer forma a primeira pessoa, que experimenta a descoberta de um novo território urbano através do caminhar, é “[o] primeiro contato com um espaço não conhecido e de novas ambiências” (Thibaud, 2008, p.2). O “TU” volta o olhar para a fala do outro. Não são mais nossas impressões ao caminhar livremente, mas as impressões daquele que nos leva no caminhar ou que são entrevistados no decorrer do trajeto. Já o “ELE”, consiste em nos colocar ao ritmo dos passantes pura e simplesmente, e em diversas horas do dia, os quais nós observamos à distância, nos posicionando em um ponto específico do território, mas que, não está envolvido diretamente nesta pesquisa.

Na intenção de captar a dimensão emocional do espaço urbano através das apropriações dos espaços públicos, buscamos um grupo de jovens adolescente como informantes, e o lugar a partir do qual eles deram vazão às emoções na descrição da cidade, foi o Jardim Nossa Senhora das Graças, loteamento irregular mais conhecido como Carobinha, no bairro de Campo Grande, zona oeste do Rio de Janeiro.

Nossa interação como investigadores foi participativa, por tanto, organizamos tanto quanto os nossos informantes nossas identidades nas interações cotidianas que estabelecemos. Nesta perspectiva, permanecemos em campo cinco dias não subsequentes entre abril e maio de 2012. Os meios de informações foram as falas expressas nas dinâmicas e nos percursos comentados, gravadas em vídeo e transcritas em um caderno de campo, além de desenhos produzidos pelos jovens em dinâmicas.

Escolhemos trabalhar com um grupo de jovens entre 14 e 17 anos, porque a juventude se comporta exatamente como uma comunidade solidária, tal como enunciado por Maffesoli (2010), que age emocionalmente em pequenas tribos por processos de empatia, e por isso é capaz de se articular em redes de sociabilidade.

Isso nos possibilita refletir também sobre as relações de poder econômico, sentidas pelo fio da emoção de uma juventude que vê, percebe e vivencia as diferenças formais de um espaço urbano submetido às condições de pobreza. A partir de tais considerações, apresentamos uma breve análise do que é a cidade emoção entre o olhar e

o viver urbano de dez jovens integrantes do Programa Projovem Adolescente<sup>3</sup> sediado, no momento da pesquisa de campo, na Associação de Moradores, sendo quatro meninos e seis meninas. Todos os meninos possuíam 17 anos, enquanto as meninas distribuíam-se entre 14, 16 e 17 anos na relação 3:2:1.

## Espaços públicos apropriados e representados na constituição das territorialidades da juventude da carobinha

A partir do percurso metodológico apontado, nossas análises estão focadas em desvendar o que os territórios, cotidianos, de trocas, referencial e sagrado (RAFFESTIN, 1995) são para um grupo de jovens que moram na Carobinha, entendendo que a leituras dos aspectos estruturais e de significações que delimitam tais territórios, caracteriza a comunidade emocional dos jovens que representam a sua cidade emoção. Para isto, entendemos, através das considerações analíticas que se seguem, que as interpretações dos jovens são constituídas de aspectos emocionais que organizam suas percepções e reações no e com o mundo.

### O território cotidiano

A melhor forma de iniciarmos nossas considerações sobre a cidade emocional, é ressaltar o conflito de estranhamento e resistência expressado pela jovem Gabriela<sup>4</sup> quando perguntamos ao grupo como era o território cotidiano da Carobinha.

**[sic] Professor5: Fala Gabriela, olha pra cá... Gabrieela? Gabriela? Olha pra cá e fala como é a sua comunidade.**

**[sic] Gabriela: MINHA COMUNIDADE É CHATA. (Autor, 2015)**

O que interpretamos é que, de maneira geral, primeiramente os jovens reagem negativamente quando inqueridos sobre como é o lugar em que moram, mas tal reação é seguida de um discurso contraditório, carregado do mesmo conformismo que trata o paradigma ético de Maffesoli (2010) ao descreverem um lugar, que apesar da precária infraestrutura urbana, é capaz de acolher e posicionar suas identidades.

**[sic] Gabriela: O lugar que eu moro é um pouquinho ruim, pois não tem NADA. (...). É MUITO CHATO porque não tem adolescente da minha idade e os que têm só gostam de jogar bola, soltar pipa e ficar correndo para cima e para baixo que nem malucos. EU NÃO SAIRIA DO LUGAR ONDE MORO, pois é um lugar onde eu tenho paz e tranquilidade de espírito, só que melhorasse em muitos aspectos e o primeiro seria o saneamento e a drenagem do rio, pois todas as vezes que chove**

3 Programa do Governo Federal que integra a Política Nacional de Assistência Social, que é uma política pública de proteção social de caráter universalizante, que se materializa por meio do Sistema Único de Assistência Social (SUAS). O Projovem foi regulamentado através do Decreto nº 6629 de 4 de novembro de 2008 como um programa de Inclusão de jovens, e que tem como foco o “fortalecimento dos vínculos familiares e comunitários, o retorno dos adolescentes à escola e sua permanência no sistema de ensino” (MDS, 2013).

4 Os nomes dos jovens foram alterados para preservar suas identidades.

5 Forma como os jovens se referiam ao “orientador social” do Programa Projovem Adolescente. Este desempenha a “função-chave” de facilitar a trajetória de cada jovem e do coletivo juvenil na direção do desenvolvimento pessoal e social.

Cidade emoção: o ver e o viver os espaços públicos nas representações de um grupo de jovens a partir da comunidade Carobinha no Rio de Janeiro

*City emotion: the look and urban living for a youth group of Carobinha community in Rio de Janeiro*

**muito forte, o rio enche, transborda, e enche a minha casa e as casas de outros vizinhos. (...). CONCLUINDO, O LUGAR ONDE EU MORO É CHATO, MAS É BOM AO MESMO TEMPO, EXISTEM PESSOAS QUE ESTÃO PIORES OU NÃO TEM LUGAR ONDE MORAR. (Autor, 2015).**

Logo de início, é importante percebermos que a condição de pobreza dada pela precária infraestrutura urbana é algo percebido e entendido pelos jovens da Carobinha como um ponto central de distanciamento de outras realidades urbanas. Isto fica claro à medida que o exploramos o caderno de campo. Meninos e meninas percebem a cidade pelas suas nuances socioculturais da mesma forma, contudo, ainda que o debate de gênero não faça parte da nossa pesquisa, os jovens se dividiram em campo desta maneira. Assim, é importante trazeremos o discurso expresso pelos meninos e pelas meninas.

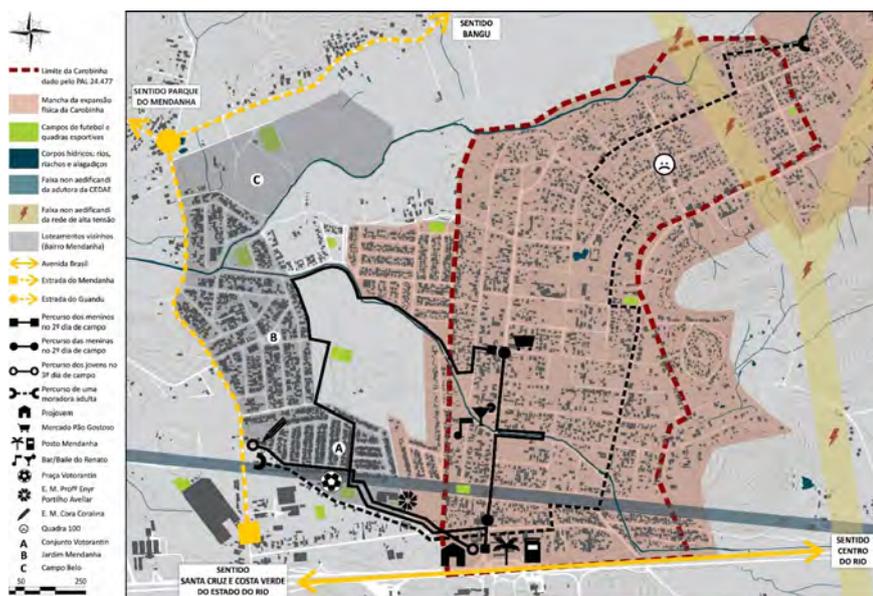
A filmagem dos meninos teve como mediador ativo "O professor" que indicava o que tinha que ser filmado, e isso desviava a atenção deles, que estavam preocupados de fato com o campo de futebol. Isso ressalta a força desse esporte no imaginário masculino de jovens que podem ter neste, uma maneira de subverter sua condição de pobreza. O campo de futebol é uma representação recorrente nos desenhos dos meninos como posituação do lugar.

Já o percurso comentado pelas meninas, não teve a força da mediação do "O professor". Elas ficaram livres para dar vazão as suas impressões sobre o espaço urbano. De maneira mais crítica, elas identificam a comunidade através da territorialização do controle dado pelo crime organizado<sup>6</sup>. Quando perguntamos sobre a organização de uma ocupação de moradores em um terreno, elas logo deixaram claro que aquilo tinha sido uma ação dos milicianos.

*[sic] Juliana: ... Eles é quem tiraram o mato, os MM's. (Autor, 2015).*

Figura 2: Cruzamento dos percursos comentados com os marcos referenciados pelos jovens na Carobinha.

Fonte das Informações: Autor, 2015.



<sup>6</sup> A comunidade da Carobinha é submetida ao controle dos milicianos, denominados pelos jovens de "Os MM's", sigla para meliantes milicianos.

### O território de trocas

As relações de trocas são visíveis através da plena consciência que os jovens da Carobinha têm do valor de compra dos pequenos objetos que fazem parte do seu cotidiano. Relacionam os valores dos objetos ao lugar, e por meio deste entendimento, se incluem ou excluem de determinado cotidiano.

**[sic] Romário: Mais um pouco a frente tem um negócio ali... É tipo um ponto. É caro pra “caraca” as coisas lá entendeu. Fui pra comprar um negócio ali, um doce um Real, caro pra “caraca”. Não aconselho ninguém a comprar nada ali. (Autor, 2015).**

### O território referencial

Já sobre o território referencial que diz respeito à memória, nós o percebemos através de um território que é referencial real e outro que é idealizado pelos jovens. O primeiro diz respeito à materialidade das experiências e que se relaciona tanto ao passado como ao presente, já o outro considera a imagem, muitas vezes utópicas que projetamos sobre qualquer fato ou coisa, e que incorpora o futuro como possibilidade.

Os jovens nos apontaram o território referencial real como o lugar afetivo, que tanto pode ser um lugar de construção da identidade através dos aspectos positivos, como dos negativos, ou seja, aquele lugar, que mesmo que saibam que pertence as suas realidades, eles tentam negar ou excluir de seus cotidianos. Um exemplo de lugar referencial real afetivo para esses jovens é o espaço da escola, primeiro espaço público interior qualificado emocionalmente, onde eles têm a possibilidade de se socializarem e expandirem suas identidades nas interações cotidianas. A escola é um lugar vivo na memória desses jovens, que eles revisitam a todo instante para descrever o lado melhor de suas vidas.

**[sic] Márcia: (...) Ih! “a lá” passei anos da minha vida nessa rua... Meu antigo colégio, tipo... Meu primeiro colégio. (Autor, 2015).**

Porém, o lugar referencial real afetivo pelos aspectos negativos, ou seja, o lugar negado, também aparece nas falas dos jovens, o que revela a nuance emocional que eles “travam” com a comunidade. O lugar negado é associado à imagem do tráfico de drogas, que antes dos milicianos, “controlava” o território da Carobinha, e para esses jovens é a pior imagem e a qual nenhum deles quer estar associado.

**[sic] Gabriela: Tem uma farmácia perto de onde eu moro que é na quadra 100... Perto, eu não moro na quadra 100... Graças a Deus, Deus me livrou desse mal!**

**[sic] Pesquisadores: O que é que tem na quadra 100?**

**[sic] Gabriela: Porque, é... Quando era bandidagem aqui, aí...**

**[sic] Gabriela: É... o pessoal só ficava lá, então a quadra 100 é tida como favela, como coisa que não presta, como lugar que não presta. (Autor, 2015).**

Cidade emoção: o ver e o viver os espaços públicos nas representações de um grupo de jovens a partir da comunidade Carobinha no Rio de Janeiro

*City emotion: the look and urban living for a youth group of Carobinha community in Rio de Janeiro*

Figura 3: Palmeiras na entrada da Carobinha, elementos estruturais da paisagem que qualificam positivamente o lugar.

Foto: Arquivo pessoal dos autores (2012).



Quanto ao território referencial ideal, os jovens mesclam entre aquilo que é esperado dos espaços públicos exteriores de uma cidade, com aquilo que existe de fato no lugar e que é razão de ironia para eles. Eles buscam a todo instante, imagens icônicas que servem para positivar a imagem do lugar, como a infraestrutura urbana ou elementos paisagísticos presentes em áreas abastadas da cidade.

*[sic] Romário: (...) Olha os coqueiros, que lindo! “Caraca”! Parece Copacabana né, massa! (...) (Coelho, 2015, p.xx).*

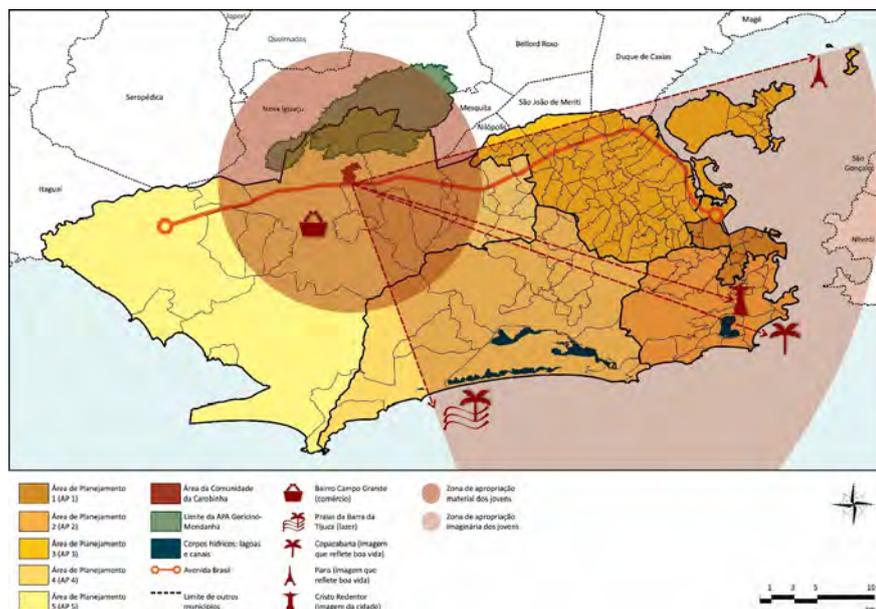
### O território sagrado

No contexto de precariedade da infraestrutura urbana, o território sagrado surge como o meio da salvação de suas realidades, através do discurso da aceitação e conformismo. Discurso este, exemplar do “estar junto solidário” que é próprio do paradigma ético caracterizado por Maffesoli (2010, p.45-46).

*[sic] Gabriela: Tem uma farmácia perto de onde eu moro que é na quadra 100... Perto, eu não moro na quadra 100... GRAÇAS A DEUS, DEUS ME LIVROU DESSE MAL! (Coelho, 2015, p.xx).*

Figura 4: Zonas que influenciam a construção do conhecimento emocional sobre cidade, a partir das apropriações materiais e imaginárias reveladas pelos trajetos físicos e cognitivos dos jovens do Projovem Carobinha.

Fonte das Informações: Autor, 2015.



## Considerações finais

O jogo entre os territórios cotidiano, de trocas, referencial e sagrado evidencia um cotidiano que é “dado” pela sociedade a esses jovens, onde, por suas situações econômicas têm suas capacidades de consumo dos espaços urbanos litados, pois os mesmos possuem a consciência das realidades dos territórios cotidianos a que são submetidos, ao se reportarem aos territórios referencias que evidenciam as diferenças estruturais dos espaços da cidade. O território sagrado entra para explicar o que o sistema não explica e para acomodar suas emoções através do mecanismo de aceitação.

Nossas construções indenitárias conflitam a todo instante entre interioridade-exterioridade a medida que interagimos através das apropriações a partir dos espaços públicos interiores e exteriores, e com os outros. O que fica como conhecimento do que é a cidade é exatamente aquilo que construímos com o coletivo, o que ressalta o caráter sócio histórico das sociedades. Maffesoli (2010) nos fala de persona como um “eu público”, ou melhor, aquilo que encenamos parecer, nos diferentes contextos, pois nós somos tantos quantos forem possíveis nossas vivências urbanas, mas sempre atrelados a uma tribo e os seus paradigmas estéticos, éticos e de costumes que constituem as “cidades emocionais” de cada um.

## Referências

- AURÉLIO. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. Positivo informática Ltda.: CD-ROM Versão 5.0, 2004.
- COELHO, Glaucineide do Nascimento. **Cidade Emoção: o ver e o viver urbano nas representações de um grupo de jovens do Rio de Janeiro**. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo, 2015.
- CULLEN, Gordon. **Paisagem Urbana**. Lisboa: Edições 70 Ltda, 1983.
- KOURY, Mauro Guilherme Pinheiro. **Emoções, sociedade e cultura: a categoria de análise emoções como objeto de investigação na sociologia**. Curitiba: Editora CRV, 2009.
- MAFFESOLI, Michel. **O tempo das tribos: o declínio do individualismo nas sociedades de massa**. Tradução de Maria de Lourdes Menezes. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 4ª ed, 2010.
- MDS (Ministério do Desenvolvimento Social). **Projovem Adolescente**. Brasília: Governo do Brasil. 2013. Disponível em: <<http://www.mds.gov.br/assistenciasocial/protecaobasica/servicos/projovem>> Acesso em: 14 jan. 2013.
- RAFFESTIN, Claude. **Langue et territoire. Autour de la géographie culturelle**. In: WALTJ, Samuel; WERLEN, Benno. **Kulturen und Raum: theoretische Ansätze und empirische Kulturforschung in Indonesien: Festschrift für Professor Albert Leemann**. Zurich: Rüegger, 1995. pp. 87-104. Disponível em: <<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:4451>> Acesso em: 16 dez. 2012.
- \_\_\_\_\_. **Paysage et territorialité**. Cahiers de géographie du Québec, vol. 21, Nº. 53-54, 1977, pp. 123-134. Disponível em: <<http://id.erudit.org/iderudit/021360ar>> Acesso em: 16 dez. 2012.

Cidade emoção: o ver e o viver os espaços públicos nas representações de um grupo de jovens a partir da comunidade Carobinha no Rio de Janeiro

*City emotion: the look and urban living for a youth group of Carobinha community in Rio de Janeiro*

REZENDE, Claudia Barcellos e COELHO, Maria Claudia. **Antropologia das emoções**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.

SERFATY, Perla Korosec. **La sociabilité publique et ses territoires: Places et espaces publics urbains**. In: Architecture et Comportement. Suisse: Lausanne: Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Vol. 4, n°. 2, 1988, pp. 111-132. Disponível em: <<http://www.comportements.ch/fr/revue-architecture-comportement>> Acesso em 19 jul. 2015.

THIBAUD, Jean-Paul. **Je, Tu, Il. La marche aux trois personnes**. Urbanisme. n.359, Mars-Avril 2008, pp.63-65. Disponível em: <[http://doc.cresson.grenoble.archi.fr/opac/doc\\_num.php?explnum\\_id=331](http://doc.cresson.grenoble.archi.fr/opac/doc_num.php?explnum_id=331)> Acesso em: 14 jan. 2013.

VYGOTSKI, Lev. **Pensamento e Linguagem**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo; et al. São Paulo: Martins Fontes, 2ª ed, 1998.

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvo o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

TATHIANE AGRA DE LEMOS MARTINS

## Potencial solar de quadras urbanas: estudo prospectivo para cidade de Maceió-AL

*Solar potential of urban blocks: a prospective study for a brazilian tropical city*

**Tathiane Agra de Lemos Martins**

Arquiteta e Urbanista formada pela Universidade Federal de Alagoas, com mestrado e Doutorado em Arquitetura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROARQ/FAU-UFRJ) e doutorado em Engenharia civil pelo **Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse** (LMDC/MEGeP/INSA Toulouse), com ênfase em energia das construções urbanas. Recebeu o Grande Prêmio CAPES de Tese da área de Ciências Humanas, Linguística, Letras e Artes, Ciências Sociais Aplicadas e Multidisciplinares, em 2015. Atualmente é pesquisadora associada no Laboratoire de Recherche en Architecture de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse, atuando no projeto "multipliCités".

*Architect and Urban Planner graduated from the Federal University of Alagoas, Master and PhD in Architecture from the Federal University of Rio de Janeiro (PROARQ / FAU-UFRJ) and a PhD in civil engineering from the **Institut National des Sciences Appliquées Toulouse** (LMDC / MEGeP / INSA Toulouse), with an emphasis on urban construction energy. Winner of the Grand Prix CAPES Thesis in the area of Human Sciences, Linguistics, Letters and Arts, Applied and Multidisciplinary Social Sciences in 2015. Currently works as Associate Researcher at the Laboratoire de Recherche en Architecture de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture of Toulouse, acting in a project called "multipliCités".*

**tathianemartins@gmail.com**

### Resumo

Com o rápido crescimento da população urbana no mundo, os planejadores têm sido confrontados aos importantes limites da infraestrutura de suas cidades, especialmente no que concerne a oferta de energia. Nesse contexto, a morfologia urbana tem sido considerada como vetor de transformação das cidades no sentido da eficiência energética de suas construções. O presente trabalho é uma contribuição para requalificação e concepção de quadras urbanas em cidade de clima tropical a partir de uma abordagem energética. Este estudo propõe uma análise prospectiva de tipologias urbanas de Maceió-AL vis-à-vis da energia que é consumida e potencialmente produzida pelos edifícios na escala urbana local. Para isso, aplicou-se uma metodologia de otimização com restrições a duas tipologias urbanas representativas da cidade. Primeiramente, um conjunto de parâmetros morfológicos foi empregado para caracterizar essas tipologias urbanas e analisar seu potencial solar. Um algoritmo de otimização foi acoplado a um algoritmo simplificado de radiosidade. Dois objetivos conflituosos foram considerados simultaneamente no processo de otimização: maximizar o potencial solar da cobertura dos edifícios, e minimizar a radiação solar incidente nas fachadas a fim de reduzir os ganhos excessivos de calor de fonte solar. A forma das quadras foi concebida respeitando os parâmetros do código de edificações local e os níveis de iluminância foram considerados como restrições impostas às variáveis de saída, a fim de garantir condições minimamente satisfatórias de luz no interior de edifícios. A aplicação do método de projeto por otimização permitiu testar mais de 80.000 configurações urbanas, apontando para uma grande diversidade de morfologias “ótimas” de quadras urbanas. Esses projetos apresentaram desempenho solar superior aos encontrados nas tipologias existentes na cidade. Uma importante heterogeneidade das quadras “ótimas” foi identificada revelando ainda uma grande oportunidade de auxiliar ações e decisões no sentido de um projeto urbano mais sustentável para os bairros estudados.

**Palavras-chave:** potencial solar; quadras urbanas; otimização multiobjetivos; clima tropical.

### Abstract

*Faced with energy constraints of fast-growing cities, urban morphology has been pointed out as a pivotal issue on shifting to climate adapted urban environments towards energy efficiency of buildings. In this context, this paper addresses the twofold sustainable energy challenge of Brazilian tropical cities: the major potential in harnessing solar energy as renewable resource for local electricity production and the energy demand due to the undesirable solar heat gains in buildings. This study proposes a prospective analysis of existing urban typomorphologies in a Brazilian city located in a typical tropical region regarding their solar potential of renewable energy production. A constrained optimization methodology has been applied to two representative urban typologies of Maceió-Brazil. Firstly, a set of energy-related morphological parameters were applied to characterize these urban typologies and analyse their solar potential. A multi-objective Non-dominated Sorting Genetic Algorithm was coupled with a Simplified Radiosity Algorithm. Two conflicted objectives were considered simultaneously in this optimization procedure: maximize the solar potential of buildings roofs while minimizing the incoming solar radiation over buildings' façades aiming at controlling excessive solar heat gains into buildings. Regulatory and environmental constraints were imposed to the model. The urban form of building blocks was designed respecting local building regulation and illuminance levels were considered as output constraint, in order to ensure minimum satisfactory conditions of daylight inside buildings. The application of optimization algorithms allowed testing more than 80,000 urban settings, point-*

*ing out a great diversity of “optimum” morphologies of urban blocks. The urban block designs obtained behaved better compared to the existing local typologies, while the spreading of solutions on the design space revealed a large number of potentialities. An important heterogeneity of optimum blocks was found which revealed a great opportunity to support sustainable urban design actions and choices to the evolution of the studied neighbourhood sites.*

**Keywords:** solar potential; urban blocks; multiobjective optimization; tropical climate.

## Introdução

Mais da metade da população mundial habita hoje ambientes urbanos, os quais consomem mais de 70% dos recursos energéticos globais. A previsão é de que essa crescente população urbana seja de 75% até 2050 (UN, 2004). No contexto brasileiro, esse processo de urbanização é cada vez mais intenso, evidenciando dois efeitos colaterais: um rápido crescimento das cidades sem que haja um controle eficaz do desenvolvimento urbano e uma explosão de demanda de energia.

Frente a perspectiva de um desenvolvimento urbano sustentável, a morfologia urbana construída tem exercido papel central na determinação do consumo global de energia nas cidades (OWENS, 1986; DROEGE, 2007; BATTY, 2008; BREHENY, 1992). Entende-se aqui por morfologia urbana, como o tecido urbano dotado de forma (s) física(s), de dimensões e de tipos construídos particulares. Na escala urbana, a configuração dos edifícios afetam diretamente as condições climáticas urbanas locais, e consequentemente no interior dos mesmos tendo, portanto, uma incidência direta na energia operacional (RATTI et al., 2003).

Os edifícios são responsáveis por uma grande parcela da demanda energética nas cidades. No Brasil, o setor da construção representa uma fração de 47% (MME/PROCEL, 2008). Embora muitos esforços tenham sido recentemente empregados na promoção da eficiência energética do ambiente construído, estes são principalmente direcionados à escala do edifício isolado (MME/PROCEL, 2008). No entanto, alguns estudos têm tentado quantificar o efeito da densidade urbana e do ordenamento urbano no consumo energético dos edifícios (MARTINS et al., 2013; BOYEUR et al., 2011), bem como no seu potencial de produção de energia renovável, como a energia solar em países desenvolvidos (COMPAGNON, 2004; KAMPF, 2009; MONTAVON, 2010). Algumas abordagens mais recentes buscaram ainda otimizar alguns aspectos relevantes da morfologia urbana a fim de minimizar os efeitos de ilha de calor urbano (ALLEGRIANI et al., 2015) ou ainda maximizar a exposição das superfícies construídas à radiação solar direta (ganhos solares), em condições de céu claro em clima temperado (VERMEULEN et al., 2015). Estes trabalhos mostram que uma cidade densamente construída com edifícios de reduzido fator de forma e construídos com materiais mais adaptados ao clima, podem apresentar bom desempenho energético para contextos de clima temperado. Além de medidas de conservação e redução da demanda, outra oportunidade na tentativa de resolução desse desafio, pode-se dar pelo uso de fontes renováveis de energia para produção de eletricidade localmente nas cidades. No entanto, poucos são os estudos focam simultaneamente as duas abordagens (potencial de oferta e demanda). Estudos paramétricos ou de otimização da forma urbana visando um aproveitamento racional do potencial solar na escala da quadra urbana em clima tropical ainda é incipiente. No âmbito das pesquisas brasileiras, poucos avanços no sentido de explorar o potencial da forma urbana em reduzir o consumo energético ou em otimizar a produção de energia renovável podem ser encontrados.

Um relatório publicado pela Agência Internacional de Energia destaca que a concepção urbana é um fator chave na integração das energias renováveis na cidade (IEA, 2009). No entanto, o critério de otimização da geração dessas energias é dificilmente considerado no planejamento e na concepção urbana (VETTORATO, GENELETTI e ZAMBELLI, 2011). Além disso, poucos são os estudos que tratam de diretrizes para concepção da morfologia urbana sob o enfoque duplo: de redução da demanda e da avaliação do potencial para produção de energia.

Entre as principais fontes renováveis, a energia solar é um dos recursos mais amplamente disponíveis para a geração térmica e elétrica, em algumas regiões da Terra com maior abundância e regularidade que outras. Todavia, a radiação solar interage de modo complexo com a morfologia urbana e dos edifícios, e carece de uma análise criteriosa para a sua utilização para geração elétrica no meio urbano.

O objetivo desse trabalho consiste em realizar um estudo prospectivo sobre o potencial de aproveitamento racional da energia solar em tipologias urbanas de referência de uma cidade de clima tropical no Brasil, Maceió(AL). Este estudo busca otimizar duas tipologias de quadras urbanas encontradas na cidade, visando o aproveitamento da energia solar pelas cobertas das envoltórias e a redução do aporte solar nas fachadas das edificações.

## Metodologia de análise e projeto

Para alcançar o objetivo assinalado, três etapas metodológicas principais foram adotadas:

- Definição das tipologias de quadras urbanas estudadas em Maceió;
- Análise do potencial solar das tipologias a partir do uso de um modelo de radiossidade;
- Estudo prospectivo da forma das quadras urbanas à partir de um processo de otimização onde o modelo de radiossidade (SRA) é acoplado à um algoritmo genético de otimização multiobjetivo (NSGA-II) por meio de um programa multidisciplinar de otimização de projetos, modeFRONTIER® (ESTECCO, 2013).

### Tipologias de quadras urbanas em Maceió-AL

Para aplicação da metodologia proposta nesse trabalho, foi realizado um estudo de caso na cidade de Maceió, Alagoas. A capital alagoana, situada na região Nordeste do Brasil, à 9°40' Sul e 38°37' Oeste, estende-se por uma área de aproximadamente 500 km<sup>2</sup> e conta com a crescente população de 932.129 habitantes urbanos (IBGE, 2011). Desde a metade do século XX, a cidade de Maceió tem vivenciado um intenso crescimento urbano, resultando em um aumento significativo de sua densidade construída.

Maceió é um exemplo importante onde se caracteriza uma urbanização e verticalização intensa do seu território, porém ainda está muito pouco consolidado, ou seja com elevado potencial de evolução urbana de sua morfologia construída. Além disso, Maceió encontra-se em região tropical de baixa latitude, onde a abundância de energia solar está também associada à sua regularidade, o que aponta para a região um grande potencial de aproveitamento e conversão desta energia de fonte renovável (Figura 1). No entanto, faz-se necessário ter-se em conta que, em regiões tropicais de clima quente e úmido como Maceió, tem-se igualmente níveis bastante elevados de temperatura ar e umidade relativa do ar durante todo o ano. Nessas regiões, os ganhos térmicos provindos da energia solar diária incidente na edificação podem também produzir condições bastante indesejáveis em termos de conforto térmico no interior dos edifícios.

No que concerne as tipologias urbanas de Maceió, as quadras que serão submetidas ao processo de otimização são representativas e extraídas das classes de referência estudadas em Martins *et al.* (2013). Esse estudo preliminar da forma urbana de Maceió

definiu em um SIG com auxílio de um conjunto de parâmetros morfológicos e de métodos estatísticos, cinco tipologias urbanas de referência: (1) horizontal disperso; (2) vertical baixo; (3) colonial contínuo; (4) vertical alto e o (5) horizontal denso. O mapa abaixo representa o mapeamento da distribuição dessas classes de referência para a toda cidade de Maceió (Figura 2) (MARTINS et al., 2013).

FIGURA 1 – Dados de irradiação solar direta e difusa e médias de temperatura e umidade relativa do ar para cidade de Maceió – AL.

Fonte: Meteonorm, 2012.

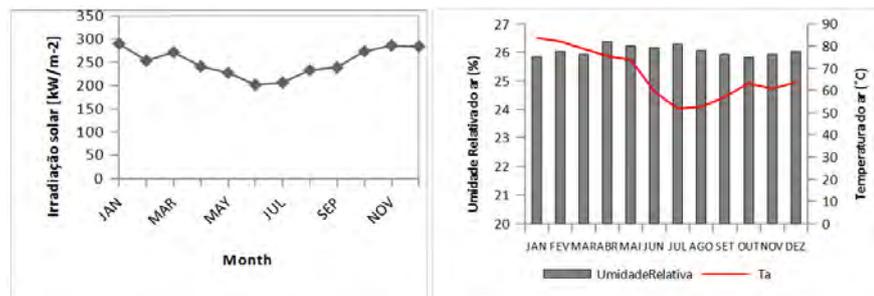
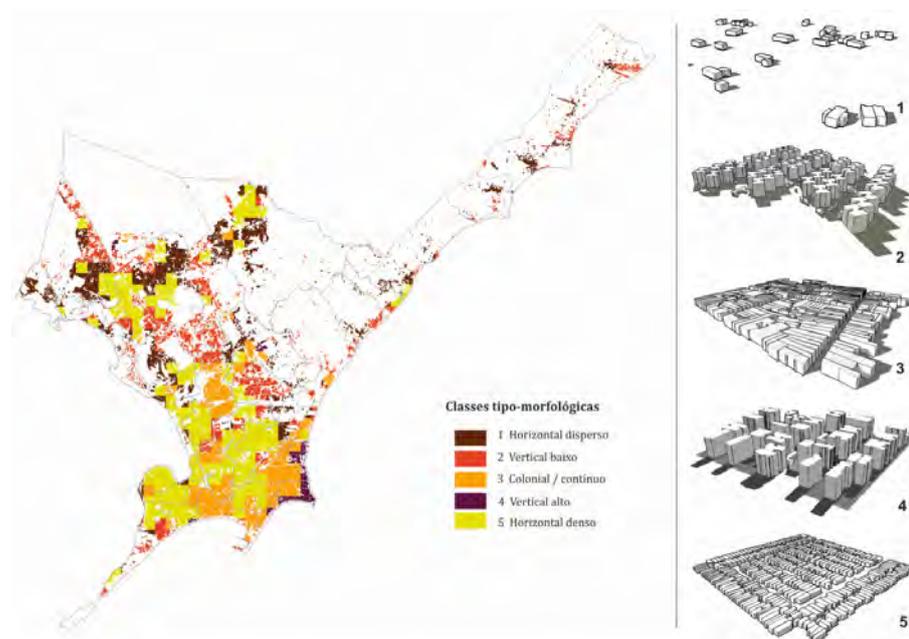


FIGURA 2 - cartografia das classes tipológicas representativas da forma urbana de Maceió.

Fonte: Martins et al., 2013.



A classe 3 e 4 (habitat colonial compacto e torres modernas), ambos situados principalmente na zona urbana da planície litorânea da cidade (Figura 2), foram escolhidas como o cenários de base para o investigações nesse estudo, tendo em vista as rápidas transformações que essas tipologias vêm sofrendo. O acelerado adensamento vertical dessas zonas urbanas já vem impondo há alguns anos severas restrições estruturais e ambientais, tais como limitações no abastecimento de água e energia. Os problemas de abastecimento de energia estão relacionados à saturação da rede devido ao constante aumento do consumo. No ano 2000, uma nova subestação de energia elétrica foi construída no distrito como tentativa de melhor atender a demanda local, mas esta já começou a operar em sua capacidade máxima (CRUZ, 2001). Se partirmos da hipótese de que a tipologia 4 (vertical alto) possivelmente e progressivamente ocupará toda a baixada litorânea da cidade, torna-se imprescindível antecipar seu desempenho e

buscar diretrizes que possibilitem adaptá-la para integrar preocupações primordiais, tais como consumo e provimento de energia elétrica, de preferência de fonte renovável.

Já a classe 3, originalmente de herança colonial, continua a se reproduzir pela facilidade associada às técnicas construtivas locais. Caracterizada predominantemente pelas edificações baixas, geminadas e, muitas vezes de reduzida testada e grande profundidade, essa tipologia, apesar de ocupar grande parte do tecido da cidade, trata-se de uma das tipologias que, em alguns distritos, como na baixada litorânea, tem sido substituída pelas torres verticais (Figura 3).

A fim de contrastar e comparar essas duas tendências que avançam em direções opostas para alguns bairros, optou-se por avaliar cenários prospectivos tendo em vista as principais características de cada uma.

FIGURA 3 - verticalização e adensamento da baixa marítima de Maceió, evidenciando a tipologia vertical e horizontal compacta.

Fonte: Martins, 2014.



### Análise do potencial solar

Para previsão da radiação solar nas superfícies urbanas, empregou-se o algoritmo simplificado de radiosidade (*Simplified Radiosity Algorithm* - SRA) de Robinson (2011), que se encontra programado no código Citysim. Em síntese, o SRA é desenvolvido a partir de um esquema de discretização do céu, dado por Tregenza e Sharples (1993), onde a abóbada é dividida em 145 partes, cada uma compreendendo um ângulo sólido e uma radiância calculada pelo modelo *All-Weather* de Perez (PEREZ et al., 1993), que integra a anisotropia da radiação solar difusa. A irradiância é prevista, na sequência, computando o ângulo de incidência e as frações de visibilidade solar e do céu a partir de cada superfície urbana receptora e a declividade das mesmas. Para ter em conta a influência do ambiente urbano, este é considerado de duas formas. De uma lado, na redução da radiação direta em função das obstruções produzidas pelos edifícios da cena urbana, bem como, da topografia do sítio e, do outro, pelo efeito das inter-reflexões entre os edifícios e entre os edifícios e o solo. Neste último, encontra-se a principal hipótese simplificadora do modelo, na qual todas as superfícies urbanas são tidas como superfícies lambertianas (ou seja, como refletores difusos ideais). O modelo obteve bons resultados quando comparado ao modelo RADIANCE (WARD LARSEN e SHAKESPEARE, 1997) para parâmetros de entrada equivalentes (ROBINSON, 2011).

As variáveis de entrada do programa podem ser inseridas para parâmetros de clima, geometria e especificações termo-físicas. Para o clima, faz-se necessário definir uma localidade geográfica e gerar um ano climático completo em intervalo horário. Para a geometria, considera-se um conjunto de edifícios em 3D, para os quais é possível inscrever a complexidade da forma construída, inserindo-se diferentes alturas, distâncias e orientações dos edifícios. O modelo permite também a definição de um perfil de obstruções em função da topografia do sítio urbano. Quanto às especificações termo-físicas, o modelo permite atribuir valores, entre outros, para o fator solar e o albedo das superfícies construídas e do solo.

Para medir o desempenho das classes de tipologias examinadas, faz-se necessário utilizar alguns critérios que permitam analisar o potencial de utilização da energia solar (térmica e fotovoltaica) e de iluminação ao nível das fachadas. Os valores mínimos exigidos para conversão de energia solar fotovoltaica e térmica em cobertas, assumindo-se condições normais de operação, correspondem à 600 kWh/m<sup>2</sup>.ano e 1000 kWh/m<sup>2</sup>.ano, respectivamente (COMPAGNON, 2004; MONTAVON, 2011; CHENG et al., 2006). Para iluminância média em aberturas verticais, esta varia em função da orientação da fachada e contexto climático. Se consideramos 150 lux como o limite mínimo no interior dos edifícios, na altura do plano de trabalho e nos fundos do espaço e dividi-lo pelos coeficiente de luz natural correspondentes à cada fachada (1,6 para fachadas sul; 1,4 para norte; 1,4 para oeste; e 1,5 para leste), teremos, então, uma estimativa da iluminância por fachada: 99375 lux para a fachada sul, 10000 lux para a leste, 11538 lux para a norte, 10741 lux para oeste (SCARAZZATO, 1995). Para Maceió, o dia de projeto calculado por esta metodologia é o dia 11 de agosto e os coeficientes indicados referem-se aos limites mínimos sob condições de céu encoberto calculado para a cidade (SCARAZZATO, 1995).

### Projeto por otimização multiobjetivo

A fim de lidar com o processo de tomada de decisão, diferentes métodos de avaliação multicritério têm sido desenvolvidos (WRIGHT et al., 2002), inclusive metodologias de otimização. Exemplos de aplicações bem sucedidas são apresentados em um amplo espectro de contextos e campos disciplinares da pesquisa operacional, inclusive no projeto arquitetônico e urbano (KAMPF et al., 2010; MONTAVON, 2010).

De modo geral, a otimização refere-se ao ato de se obter o melhor resultado sob das circunstâncias, feitas pela seleção do melhor elemento (ou melhor projeto) de um conjunto de alternativas disponíveis. O objetivo principal de tal metodologia pode ser minimizar ou maximizar qualquer medida de eficiência desejada, que deve ser expressa como uma função objetivo de determinadas variáveis de decisão (MONTGOMERY, 2001). A otimização consiste, portanto, no processo de encontrar os valores para essas variáveis, dentro de um conjunto permitido e que fornece o valor máximo ou mínimo da função-objetivo expressa e submetida à um certo número de restrições. As variáveis de projeto consistem em parâmetros cujos valores podem variar livremente pelo projetista a fim de definir uma estrutura urbana/construída. Restrições de projeto devem ser obedecidas para produzir um projeto aceitável.

Em algumas situações, pode ocorrer a necessidade de se considerar mais de um objetivo ou critério a ser satisfeito simultaneamente. Tais problemas são geralmente chamados de problemas multiobjetivos (DEB, 2001). Também conhecido como problemas multicritérios, eles podem ser encontrados em vários campos disciplinares onde decisões otimizadas precisam ser tomadas na presença de um compromisso entre dois ou mais objetivos conflitantes. Nesse caso, não existe apenas uma única solução que seja ótima simultaneamente para todos os objetivos. Logo, a solução envolve a identificação de soluções que tentam equilibrar os vários objetivos. Tais soluções são chamadas de soluções não-dominadas ou soluções de Pareto. Na ausência de quaisquer outras informações, dentre as soluções ótimas de Pareto encontradas, não é possível afirmar que um projeto seja melhor que o outro. Isto exige que o algoritmo encontre tantas soluções de Pareto quanto possível e que, em seguida, o projetista possa avaliar a partir de critérios adicionais e escolher uma ou mais soluções. Algoritmos de otimização multiobjetivo são classificados entre métodos clássicos e evolutivos.

De modo geral, os métodos clássicos de otimização sugerem a transformação de um conjunto de objetivos em um único objetivo, multiplicando cada um deles por um peso definido pelo usuário (MARLER e ARORA, 2010; SCHAFFLER et al, 2002). Uma lista de métodos comumente usados na otimização multiobjetivo dita clássica pode ser encontrada em (DEB, 2001). Por outro lado, algoritmos multiobjetivos evolutivos são baseados em princípios evolutivos naturais, tais como reprodução, mutação e seleção, para definir o processo de otimização. Soluções candidatas ao problema de otimização desempenham o papel de indivíduos em uma população, e a função de aptidão determina o ambiente no qual as soluções candidatas são ou não capazes de sobreviver e, conseqüentemente, de reproduzir. A evolução da população, então, ocorre após a aplicação repetida de operadores evolutivos. Entre os métodos evolutivos de otimização multiobjetivo destacam-se: VEGA (SCHAFFER, 1984), MOGA (FONSECA e FLEMING, 1993), NPGA (HORN e NAFPLIOTIS, 1993), NSGA (SRINIVAS e DEB, 1994), NSGA-II (DEB et al., 2002). Zitzler et al. (2000) apresenta uma comparação entre os algoritmos evolutivos multiobjetivo por meio de exemplos de aplicação.

Esses métodos têm sido utilizados na resolução de diversos tipos de problemas, como nos problemas de projeto de edificações (MAGNIER e HAGHIGHAT, 2010, GRIEGO et al., 2012). Baseado em aplicações bem sucedidas com o uso do método NSGA-II, considerado um dos mais eficientes algoritmos evolutivos (COMPAGNON, 2000), este trabalho emprega este método específico para a otimização de formas urbanas. A principal característica dos métodos NSGA-II é o uso de relação de dominância de Pareto e um mecanismo de manutenção de diversidade para avaliação da aptidão, incorporando ainda o conceito de elitismo (DEB, 2001, DEB et al., 2002). Dada estas características, tanto a convergência é avaliada como um bom espalhamento (diversidade) das soluções na fronteira de Pareto é garantido, sem que seja necessário integrar novas populações externas (DEB et al., 2002).

O programa utilizado para modelagem de projetos por otimização nesse estudo, é a plataforma multidisciplinar modeFRONTIER®. A modelagem de projetos por otimização ocorre no ambiente do modeFRONTIER®, onde o modelo de cálculo da radiossidade em meio urbano (SRA-Citysim) pode ser acoplado e onde é possível definir o conjunto de dados e os processos de análise.

### **Definição do problema de otimização**

Para modelagem de um problema de otimização, faz-se necessário definir: as principais variáveis do projeto, as possíveis restrições que se busca impor ao processo e as funções-objetivos (medidas de eficiência).

Para cada uma das duas classes tipo-morfológicas de referência para Maceió, apresentadas anteriormente, foi elaborado um modelo de base simplificado, para o qual serão impostas os intervalos de variação, as restrições de projeto e os critérios de otimização. Para cada uma, a otimização foi empregada considerando distintas condições de contorno.

Busca-se otimizar aqui a tipologia e, não a forma específica dotada de detalhes extremamente variáveis e aleatórios. Busca-se estudar os traços fortes que definem o tipo que se repete e os fatores, portanto, mais influentes no fenômeno. Sabe-se que no processo de projeto, as decisões principais e de maior peso na determinação do desempenho ambiental das construções estão na fase de concepção, quando o projetista precisa definir o tipo, o volume, a proporção, a compacidade de sua forma, a implantação e a orientação, amparando-se igualmente em parâmetros urbanísticos

da legislação local (e.g. taxa de ocupação, gabarito, coeficiente de aproveitamento). São, portanto, esses parâmetros que procuramos otimizar. Outrossim, ao simplificar a geometria dos edifícios urbanos, reduz-se o impacto dos resultados advindos da complexidade (dos detalhes, menos relevantes na etapa de concepção e que poderão ser definidos e modificados nas fases seguintes) e, portanto, pode-se aprofundar a compreensão em termos da relação existente entre as tipologias construídas e o potencial radiativo de suas formas (STEEMERS, BAKER, et al., 1997) (COMPAGNON, 2000) (COMPAGNON e RAYDAN, 2000) (COMPAGNON, 2004).

A partir do estudo estatístico de sensibilidade realizado em estudo anterior (MARTINS et al. 2014), foi possível definir os principais fatores tipo-morfológicos influentes nos fenômenos físicos de interesse – balanço de energia radiante e iluminância nas fachadas. As variáveis de entrada do modelo de otimização correspondem aos fatores identificados nesse estudo como significativos. Essas variáveis são: altura construída, largura, profundidade, distância entre edifícios, coeficiente de aproveitamento, taxa de ocupação do solo, coeficiente de forma, verticalidade, prospecto médio e o albedo. Para cada variável representativa foram considerados intervalos em função dos valores recorrentes identificados em cada classe morfológica de referência, conforme indicam a Tabela 1 e Tabela 2.

O modelo simplificado utilizado como base para análises de otimização para a classe 3 (MARTINS et al., 2013), é composto de 35 edificações, das quais 14 compõem a quadra urbana avaliada (Figura 4). Os intervalos das variáveis para esse modelo estão indicados na Tabela 1.

FIGURA 4 - modelo geométrico simplificado utilizado de base para o estudo de otimização da classe 3.

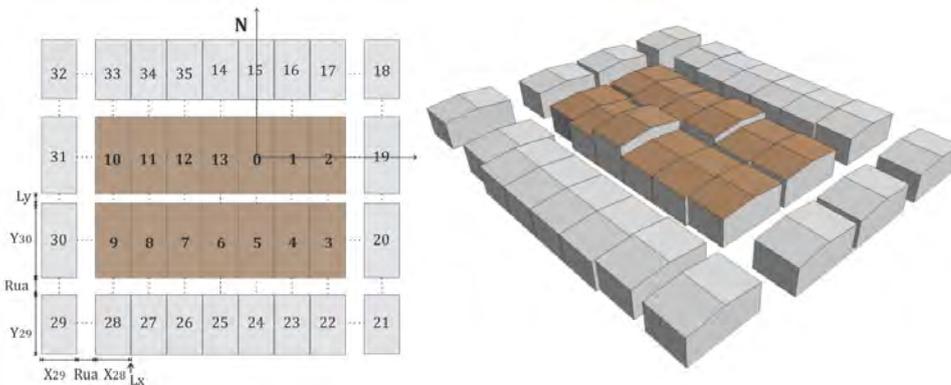


TABELA 1 - intervalos para o conjunto de variáveis tipo-morfológicas considerados no estudo para a classe 3.

| Número de pavimentos (NP) | Largura (X) | Profundidade (Y) | Afastamentos iniciais (Lx) | Afastamentos iniciais (Ly) | Largura da rua | Coeficiente de aproveitamento (CA) | Taxa de ocupação (TO) | Coeficiente de Forma (Cf) | Verticalidade | Prospecto médio (Pm) | Albedo |
|---------------------------|-------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|----------------------|--------|
| 1                         | 4           | 16               |                            | 0                          | 3              | 1,5                                | 0,70                  | 1,5                       | 0,01          | 0,3                  | 0,05   |
| ↓                         | ↓           | ↓                | 0                          | ↓                          | ↓              | ↓                                  | ↓                     | ↓                         | ↓             | ↓                    | ↓      |
| 5                         | 8           | 30               |                            | 4                          | 8              | 4,0                                | 0,95                  | 3,5                       | 0,15          | 5,0                  | 0,5    |

O modelo simplificado utilizado como base para análises de otimização para a classe 4 (Martins et al., 2013), é composto de 24 edificações, das quais 8 compõem a quadra urbana avaliada (Figura 5). Os intervalos das variáveis para esse modelo estão indicados na Tabela 2.

FIGURA 5 - modelo geométrico simplificado utilizado de base para o estudo de otimização da classe 3.

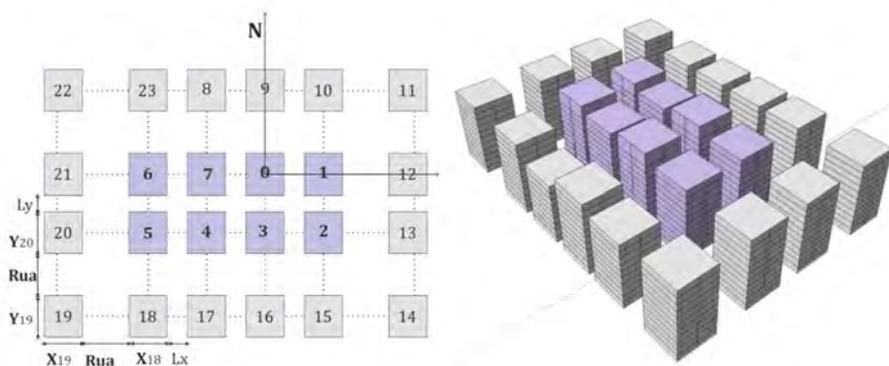


TABELA 2 - intervalos para o conjunto de variáveis tipomorfológicas considerados no estudo para a classe 3.

| Número de pavimentos (NP) | Largura (X) | Profundidade (Y) | Afastamentos iniciais (Lx e Ly) | Largura da rua | Coefficiente de aproveitamento (CA) | Taxa de ocupação (TO) | Coefficiente de Forma (Cf) | Verticalidade | Prospecto médio (Pm) | Albedo |
|---------------------------|-------------|------------------|---------------------------------|----------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|---------------|----------------------|--------|
| 2                         | 8           | 8                | 1,5                             | 6              | 2,0                                 | 0,35                  | 0,5                        | 0,01          | 0,5                  | 0,05   |
| ↓                         | ↓           | ↓                | ↓                               | ↓              | ↓                                   | ↓                     | ↓                          | ↓             | ↓                    | ↓      |
| 15                        | 40          | 40               | 3                               | 15             | 6,0                                 | 0,70                  | 5,0                        | 0,8           | 10                   | 0,5    |

As restrições consideradas nesse estudo estão baseadas nos critérios que definem, de um lado, a disponibilidade de iluminância no interior dos espaços na pior condição sazonal de céu (céu encoberto) e, do outro, as principais restrições morfológicas dadas pelo código de edificações urbanas para Maceió, para cada classe de referência (MARTINS, 2014). A restrição que impõe níveis mínimos de iluminamento para as fachadas permitirá pesquisar o melhor projeto em termos de minimização da irradiação nas fachadas (minimizando os ganhos solares), sem comprometer o atendimento de valores mínimos de iluminação natural. Entre os principais parâmetros morfológicos do código, são impostas aqui valores máximos estabelecidos para a taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, afastamentos e número de pavimentos.

Com as variáveis de entrada e as condições de contorno definidas, passa-se à escolha do método de planejamento de experimentos e o método de otimização de projetos. Para iniciar o processo de projeto por otimização, faz-se necessário definir os projetos ou soluções iniciais (população inicial). Para isso, utiliza-se o método de Sobol, que tem uma característica pseudoaleatória de geração de projetos (método aleatório, mas que permite um bom espalhamento inicial dos projetos no espaço paramétrico de busca). Para tanto, foi estabelecida uma população inicial de 50 indivíduos (projetos). Conforme dito, será aplicado o método NSGA-II como metodologia de projeto por otimização. Quanto às configurações desse método de otimização, adotou-se 200 gerações, probabilidade de cruzamento de 0,9 e probabilidade de mutação de 0,1. Os valores destes parâmetros são definidos com base em valores recorrentes indicados na literatura (MAGNIER e HAGHIGHAT, 2010) (TAN, LEE e KHOR, 2002).

Os projetos gerados inicialmente são, então, encaminhados para simulação no modelo de cálculo Citysim. Este último gera um arquivo de saída com dados horários que são transferidos diretamente para uma rotina de cálculo no programa Matlab que é também acoplado ao programa modeFRONTIER®. A rotina de cálculo consiste em um tratamento de dados, transformando dados horários em estatísticas anuais para análises.

As variáveis de saída de interesse nesse trabalho consistem na iluminância (lux) e a irradiação solar (kWh/m<sup>2</sup> ano), por orientação de fachada.

Para completar o modelo de otimização, faz-se necessário definir os objetivos para o projeto. A otimização de cada configuração é avaliada por meio de uma medida de eficiência de interesse que caracteriza a função objetivo. Conforme já indicado anteriormente, uma estratégia principal de otimização é considerada:

- minimizar o saldo de radiação nas fachadas e maximizar o saldo de radiação nas cobertas, a fim de reduzir os ganhos solares térmicos nas fachadas e simultaneamente aumentar o potencial de produção de energia de fonte solar. Impõe-se como restrições de projeto, o atendimento a exigências quanto ao nível de luz natural nessas superfícies verticais.

Achar  $\arg \min f_{obj1} = [\max(I_{bc}), \min(I_{bf})]$   
 submetido às seguintes restrições:

$$E_S \geq 9375 \text{ lux} ; E_N \geq 11538 \text{ lux} ; E_O \geq 10714 \text{ lux} ; E_L \geq 10000 \text{ lux} ; \iota \leq 0.70 ; CA \leq 4.0$$

$I_{bc}$  = Irradiação de onda curta em cobertas;  $I_{bf}$  = Irradiação de onda curta em fachadas;  $E_{S,N,O,L}$  = Iluminância nas quatro fachadas: Sul, Norte, Oeste e Leste;  $TO$  = Taxa de Ocupação;  $CA$  = Coeficiente de aproveitamento.

## Resultados e discussões

### Potencial solar das formas existentes em Maceió

Uma amostra representativa de cada tipologia de Maceió foi examinada em Martins et al., (2013) com relação ao desempenho da envoltória (telhado e área ponderada das fachadas) seus edifícios em termos de disponibilidade total de irradiação e iluminação natural (tabela 3).

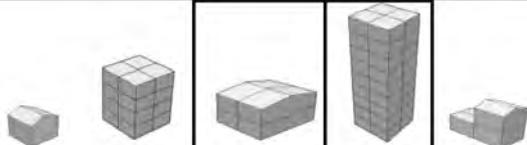
Para a classe 3, de elevada taxa de ocupação do solo, o que pode proporcionar, de um lado, uma área importante em termos de potencial disponível para captação solar nas superfícies das cobertas, do outro, conta com níveis inferiores de energia solar e luminosa incidente nas fachadas, em média de 242 kWh/(m<sup>2</sup> ano) e 7706 lux, respectivamente. Este conjunto tipológico de edificações predominantemente geminadas pode mesmo assim, oferecer um potencial favorável a instalação de sistemas de conversão de energia solar nas cobertas (1944 kWh/(m<sup>2</sup>.ano)), devido ao reduzido desvio-padrão da altura média construída. O espaçamento entre os edifícios, no entanto, é em média bastante reduzido – característica do traçado colonial de ruas estreitas e edifícios implantados, muitas vezes, no limite do lote - o que pode comprometer a qualidade ambiental dos espaços interiores.

Para a classe 4, caracterizada por uma elevada verticalidade e alta densidade urbana, foi verificada um redução do potencial de aproveitamento solar em comparação com as outras tipologias investigadas (Martins, 2014). Além disso, a sobreposição de

unidades habitacionais em torres verticais implica a redução da superfície de telhado exposto por unidade de habitação (elevada contiguidade vertical).

Estas características morfológicas levam, por um lado, à um desempenho questionável em termos de acesso à luz natural no interior dos edifícios e por outro lado, à uma redução dos ganhos solares de calor. A carga térmica potencialmente produzida unicamente por esta contribuição solar é em média 85% menor que em unidades individuais moradia isolada (classe 1) devido a menor área de superfície horizontal exposta.

TABELA 3 - resumo comparativo das principais características "morfológicas" das cinco tipologias de Maceió.

| Indicadores  |  |          |          |          |          |
|--|--|----------|----------|----------|----------|
|  | Classe 1   | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 | Classe 5 |
| Área construída no solo (m <sup>2</sup> ) ou área da cobertura | 1416,5   | 9492,0   | 31552,0  | 27190,4  | 22792,4  |
| Área total construída (m <sup>2</sup> )                        | 1581,6   | 25615,7  | 93233    | 237367,8 | 34188,5  |
| Número de pavimentos (/)                                       | 1,13   | 4        | 3        | 10       | 1        |
| Área da envoltória (m <sup>2</sup> )                           | 3050,4   | 39564,9  | 131376   | 15330,2  | 60617,9  |
| Volume construído (m <sup>3</sup> )                            | 5774,8   | 79609,0  | 238339   | 712923,6 | 102565,6 |
| Coefficiente de forma  | 4,75   | 5,18     | 3,87     | 4,94     | 3,66     |
| Taxa de ocupação   | 0,08   | 0,22     | 0,75     | 0,49     | 0,56     |
| Coefficiente de aproveitamento                                 | 0,08   | 0,88     | 2,38     | 4,15     | 0,75     |
| Albedo (/)   | 0,12   | 0,18     | 0,15     | 0,20     | 0,15     |
| Nível de iluminância nas fachadas (Lux)                        | 13060,4  | 8723,2   | 7706,9   | 1934,8   | 10782,1  |
| Irradiação total disponível na cobertura (kWh/m <sup>2</sup> ) | 2056,8   | 1970,2   | 1949,7   | 1994,2   | 2025,1   |
| Irradiação disponível / pavimento (kWh/m <sup>2</sup> .ano)    | 2458,8   | 569,25   | 729,06   | 280,1    | 1553,4   |
| Irradiação total disponível nas fachadas (kWh/m <sup>2</sup> ) | 264,3  | 237,3    | 187,9    | 212,8    | 207,2    |

### Otimização do potencial solar de quadras urbanas

Para cada classe tipo-morfológica de quadra urbana considerada, foram obtidos dois conjuntos de simulações, considerando ou não as restrições morfológicas do código de edificações. Isto nos permite avaliar configurações ótimas, conservando as principais características tipológicas relacionadas à densidade de cada classe; e identificar o percentual de influência desses parâmetros restritivos na elaboração dos projetos.

#### Otimização para a classe tipológica 4: a cidade vertical

Os resultados dessa primeira otimização estão apresentados na Figura 6 e tabela 4 onde é possível visualizar as configurações da fronteira de Pareto junto ao caso existente (losango laranja). Um bom espalhamento das soluções no espaço de busca foi encontrado entre os dois extremos, o que proporciona boa diversidade de projetos.

O caso de base original foi encontrado como um projeto inviável devido ao baixíssimo nível médio de luminosidade nas fachadas, o que explica um nível menor de irradiação nas fachadas em comparação aos projetos otimizados. Os resultados da presente simulação mostram que para a resposta de irradiação nas cobertas, um ganho de aproximadamente 7% foi alcançado ao longo do processo de otimização; e uma perda de apenas 6% na irradiação nas fachadas, porém garantindo níveis bastante superiores de iluminância média, dentro dos valores mínimos impostos. O ganho em média, em relação a esse fator foi de cerca de 80%.

Soluções de compromisso variaram entre um extremo do Pareto com 1993kWh/m<sup>2</sup>.ano de irradiação em cobertas e 338kWh/m<sup>2</sup>.ano em fachadas, e o outro extremo com 2064kWh/m<sup>2</sup>.ano em cobertas para 538kWh/m<sup>2</sup>.ano em fachadas. Os extremos da frente de Pareto são as configurações não-dominadas que apresentam um compromisso entre o maior valor viável de irradiação em cobertas para o menor valor possível nessas condições para as fachadas. Um dos projetos intermediários demonstrou um bom compromisso entre as demais soluções não-dominadas, em relação a esses

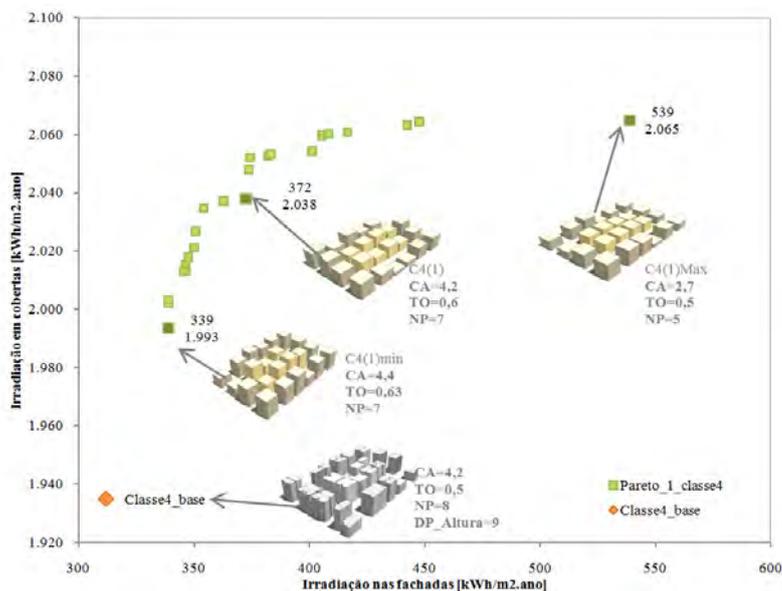
aspectos. Para um potencial solar apenas 1% menor que a melhor solução encontrada para esse critério e, para uma incidência solar em fachadas de 10% maior, tal configuração apresenta um coeficiente de aproveitamento igual a 4,2 para uma taxa de ocupação do solo de cerca de 60%. Sendo o número médio de pavimentos igual a 7 e o desvio padrão de altura é o maior entre as soluções dos extremos do Pareto (DP\_altura=7,8m.). Para responder aos dois critérios simultaneamente, o projeto intermediário apresenta uma diversidade moderada em termos de altura construída. Essa característica pode emergir como indicador extremamente relevante para prospecção de unidades de vizinhanças com diversidade de uso e ocupação.

Além de um conjunto de soluções específicas que se apresentam como bons projetos e que atendem aos critérios e objetivos impostos, desse processo foi possível também retirar um conjunto de importantes parâmetros que demonstram tendências que podem auxiliar no crescimento urbano da região em estudo. Um exemplo disso, diz respeito aos valores próximos do limite superior para o albedo de superfícies verticais. O aumento no valor do albedo produz uma contribuição direta bastante significativa na resposta de iluminância nas fachadas. O valor do albedo proposto para as soluções ótimas supera muito os valores encontrados em média para o caso da classe existente. Modificações nesse fator integrado a modificações em outros fatores igualmente significativos, como o prospecto médio, promoveram desempenhos significativamente melhores. Outrossim, impor um gabarito (com limite superior de 7 pavimentos), evitando um desvio padrão muito elevado de altura entre os edifícios, pode induzir a um maior potencial de produção de energia pelas cobertas, com uma demanda de energia associada mais moderada.

Garantindo os mesmos níveis mínimos de iluminância média em fachadas, procurou-se também estender o espectro de possibilidades de configurações urbanas, desconsiderando, dessa vez, as restrições morfológicas do código local de edificações.

As novas configurações representaram uma redução de 24% na radiação solar nas fachadas, para a mesma irradiação máxima encontrada em cobertas (Tabela 4). Estes resultados indicam o papel crucial desses atributos de densidade que podem ser trabalhados pelo planejador urbano local, favorecendo tanto as potencialidades ambientais quanto os benefícios econômicos (com o aumento da área total possível de construir, por exemplo). Comparando o caso base, encontramos um ganho de 7% para irradiação em cobertas, e um ganho de apenas 2% no que diz respeito à redução da irradiação solar nas fachadas, garantindo níveis bastante superiores de iluminância.

FIGURA 6 - resultados da otimização multiobjetivo restrita pelos parâmetros do código de edificações.



As novas configurações representaram uma redução de 24% na radiação solar nas fachadas, para a mesma irradiação máxima encontrada em cobertas (Figura 7). Estes resultados indicam o papel crucial desses atributos de densidade que podem ser trabalhados pelo planejador urbano local, favorecendo tanto as potencialidades ambientais quanto os benefícios econômicos (com o aumento da área total possível de construir, por exemplo). Comparando o caso base, encontramos um ganho de 7% para irradiação em cobertas, e um ganho de apenas 2% no que diz respeito à redução da irradiação solar nas fachadas, garantindo níveis bastante superiores de iluminância, dentro dos valores mínimos impostos.

Entre os projetos ótimos gerados, podem ser notadas soluções bem mais contrastadas, principalmente, quando analisamos o projeto ótimo mínimo. Uma maior verticalidade foi proposta, associada a um maior desvio padrão na altura e um prospecto médio bastante generoso ( $P_m=6,6$ ). Tal cenário permitiria reduzir ao máximo os ganhos solares pelas fachadas, garantindo um nível mínimo de iluminação e, também possibilitar um aproveitamento em termos de densidade construída total bastante elevado ( $CA=8,2$ ).

A Tabela 4 abaixo resume o intervalo de valores das variáveis para as soluções encontradas nos dois processos, comparando-os com o caso base, os intervalos iniciais e as restrições morfológicas do código.

TABELA 4 - intervalos, restrições e valores encontrados para as configurações, original e otimizadas para classe 4.

| Fatores   | Limites  | Caso Base | Restrições do código |           | Soluções ótimas C4(1) |         | Soluções ótimas C4(2) |         |
|---|----------|-----------|----------------------|-----------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|
|   |          |           | Min                  | Max       | Min                   | Max     | Min                   | Max     |
| Albedo cobertas                                 | 0,05;0,5 | 0,2       | -                    | -         | 0,26                  | 0,26    | 0,47                  | 0,26    |
| Albedo fachadas                                 | 0,05;0,5 | 0,2       | -                    | -         | 0,49                  | 0,49    | 0,50                  | 0,49    |
| Profundidade (m)                                | 8;40     | 15        | -                    | -         | 22,0                  | 18,0    | 20,0                  | 24,0    |
| Largura (m)                                     | 8;40     | 15        | -                    | -         | 16,0                  | 18,0    | 16,0                  | 22,0    |
| Altura (m)                                      | 6;45     | 30        | -                    | -         | 22,0                  | 16,0    | 33,0                  | 16,0    |
| Afastamentos eixo X e Y (m)                     | 1,5;3,0  | 3,0       | 1,5                  | 3,0       | 6,0;2,0               | 6,0;6,0 | 6,0;1,0               | 6,0;6,0 |
| Rua (m)   | 9;15     | 9,0       | 9,0                  | -         | 9,0                   | 12,0    | 5,0                   | 12,0    |
| NP  | 2;15     | 8         | 10                   | 15        | 7                     | 5       | 11                    | 5       |
| CA  | 2,0;4,0  | 4,2       | -                    | 4,0 (4,5) | 4,4                   | 2,7     | 8,1                   | 3,06    |
| TO  | 0,35;0,7 | 0,49      | 0,50                 | 0,70      | 0,63                  | 0,51    | 0,73                  | 0,58    |
| Cf  | 0,05;5,0 | 0,30      | -                    | -         | 0,26                  | 0,29    | 0,26                  | 0,24    |
| Pm  | 0,5;10   | 3,3       | -                    | -         | 2,5                   | 1,3     | 6,6                   | 1,32    |
| Irrad. solar cobertas (kWh/m <sup>2</sup> .ano) | -        | 1935      |                      |           | 1993                  | 2065    | 1528                  | 2065    |
| Irrad. solar fachadas (kWh/m <sup>2</sup> .ano) | -        | 312       |                      |           | 339                   | 538     | 258                   | 539     |
| Iluminância fachada oeste (Lux)                 |          | 1.925     |                      |           | 11.078                | 16.197  | 12.354                | 16.197  |
| Iluminância fachada norte (Lux)                 |          | 2.002     |                      |           | 12.491                | 14.942  | 10.519                | 14.943  |
| Iluminância fachada leste (Lux)                 |          | 1.955     |                      |           | 11.444                | 13.498  | 12.247                | 13.498  |
| Iluminância fachada sul (Lux)                   |          | 1.855     |                      |           | 10.006                | 15.679  | 10.035                | 15.680  |

### Otimização para a classe tipológica 3: a cidade compacta

Para a classe 3, as soluções de compromisso variaram entre um extremo do Pareto (Min) com 1810 kWh/m<sup>2</sup>.ano de irradiação em cobertas e 331 kWh/m<sup>2</sup>.ano em fachadas, e o outro extremo (Max) com 2070 kWh/m<sup>2</sup>.ano em cobertas para 470 kWh/m<sup>2</sup>.ano em fachadas (Figura 7). Comparando com o caso base, encontramos um ganho de 6% para irradiação em cobertas, e uma perda de apenas 13% na redução da irradiação solar nas fachadas, porém garantindo níveis bastante superiores de iluminância. Quanto menor o desvio padrão da altura, maior a irradiação solar nas cobertas, maior o potencial de aproveitamento da energia solar. Projetos intermediários mostraram-se bastante heterogêneos, em termos de altura construída, apresentando em média um excelente potencial solar (apenas 4% que a solução do extremo do Pareto que maximiza esse critério) para um ganho em termos de redução da irradiação em fachadas, de 17% (Figura 7).

Se compararmos essa solução de compromisso com o caso base, identificaremos uma perda de 26% em termos de redução da irradiação nas fachadas. A quadra existente seria mais eficiente na minimização dos ganhos solares indesejáveis e representaria um potencial solar menor em apenas 2%, quando comparado ao projeto ótimo inter-

mediário. No entanto, sabe-se que o caso base examinado apresenta um nível médio de iluminação insuficiente, conforme os valores mínimos estabelecidos na literatura, o que o torna um projeto inviável (Figura 7).

A maior dificuldade encontrada no projeto dessa classe tipológica diz respeito à sua elevada contiguidade, ou seja, sua forma urbana geminada, já que essa condição pode impor (como é possível verificar no desempenho obtido para o caso base) concomitantemente a uma grande redução da incidência solar média nas fachadas, uma redução drástica em termos de iluminação nas mesmas. A fim de não violar as restrições de iluminação impostas para as fachadas, a solução encontrada para os projetos ótimos da fronteira foi de garantir uma variação estratégica na altura das construções e um prospecto menor. Essa diferença na altura construída possibilita que os edifícios da quadra urbana examinada tenham uma fração de todas as suas fachadas expostas ao exterior (Figura 8).

FIGURA 7 - resultados da otimização multiobjetivo restrita pelos parâmetros do código de edificações.

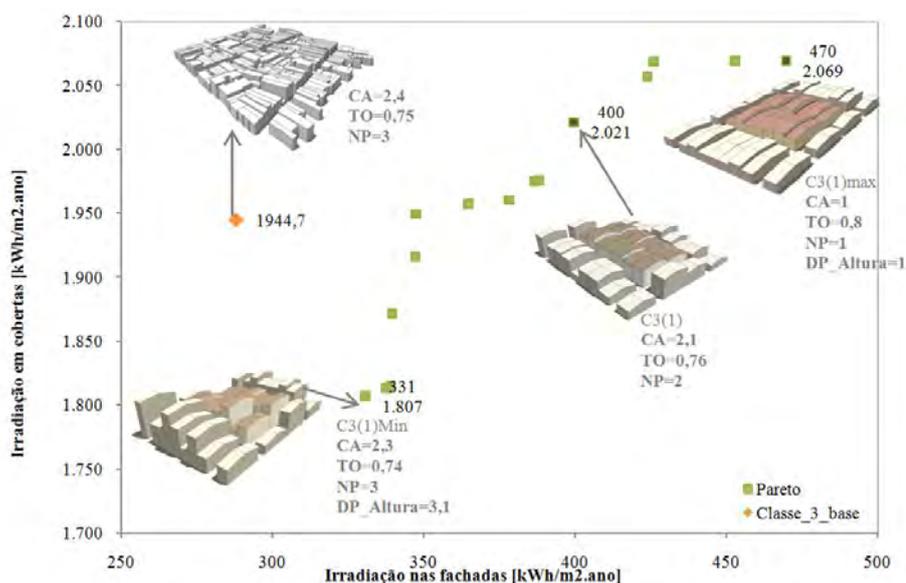


FIGURA 8 - vista da tipologia C3(1) gerada pelo processo de otimização e a variação obtida na altura média das construções.



Desconsiderando as restrições morfológicas do código local, soluções de compromisso variaram entre um extremo do Pareto (Min) com 1580 kWh/m<sup>2</sup>.ano de irradiação em coberturas e 336 kWh/m<sup>2</sup>.ano em fachadas, e o outro extremo (Max) com 2070 kWh/m<sup>2</sup>.ano em coberturas para 470 kWh/m<sup>2</sup>.ano em fachadas. Comparando com o caso base, encontramos um ganho de 6% para irradiação em coberturas, e uma perda de apenas 13% de redução da irradiação solar nas fachadas, porém garantindo níveis bastante superiores de iluminância. Nessa segunda rodada de simulações, o mesmo projeto do extremo que maximiza o potencial solar foi encontrado. E, o projeto do outro extremo, apresentou desempenho inferior.

Projetos intermediários mostraram-se, todavia, mais eficientes que os encontrados na primeira simulação da classe 3. Também bastante heterogêneos, em termos de altura construída (Tabela 5), estes podem apresentar, em média, um excelente potencial solar para um ganho, em termos de redução da irradiação em fachadas, de 17%. A Tabela 5 resume o intervalo de valores das variáveis para as soluções encontradas nos dois processos para a classe 3, comparando-os com o caso base, os intervalos iniciais e as restrições morfológicas do código.

TABELA 5 - intervalos, restrições e valores encontrados para as configurações, original e otimizadas para classe 3.

| Fatores   | Limites   | Caso Base | Soluções ótimas C3(1) |        | Soluções ótimas C3(2) |        |
|---|-----------|-----------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|
|   |           |           | Min                   | Max    | Min                   | Max    |
| Albedo cobertas                                 | 0,05;0,5  | 0,15      | 0,2                   | 0,2    | 0,2                   | 0,2    |
| Albedo fachadas                                 | 0,05;0,5  | 0,15      | 0,45                  | 0,2    | 0,46                  | 0,2    |
| Profundidade (m)                                | 16;30     | 20        | 16                    | 16     | 16                    | 16     |
| Largura (m)                                     | 4;8       | 6         | 4                     | 4      | 4                     | 4      |
| Altura (m)                                      | 3;15      | 9         | 11                    | 4      | 11                    | 4      |
| Afastamentos eixo X e Y (m)                     | 0;4,0     | 0         | 0;1                   | 0;1    | 0;1                   | 0;1    |
| Rua (m)   | 3;8       | 4         | 4                     | 3      | 3,7                   | 3      |
| NP  | 1;5       | 3         | 4                     | 1      | 4                     | 1      |
| CA  | 1,5;4,0   | 2,4       | 2,7                   | 1      | 2,5                   | 1      |
| TO  | 0,70;0,95 | 0,75      | 0,74                  | 0,8    | 0,74                  | 0,8    |
| Cf  | 1,5;3,5   | 3,9       | 0,7                   | 0,9    | 0,73                  | 0,96   |
| Pm  | 0,3;5     | 2         | 2,9                   | 1,3    | 2,9                   | 1,3    |
| Irrad. solar cobertas (kWh/m <sup>2</sup> .ano) | -         | 1940,7    | 1806                  | 2070   | 1583                  | 2070   |
| Irrad. solar fachadas (kWh/m <sup>2</sup> .ano) | -         | 287,9     | 331                   | 470    | 336                   | 470    |
| Irrad. IV fachadas (kWh/m <sup>2</sup> .ano)    | -         | -54,7     | -37,2                 | -92,4  | -40,5                 | -92,4  |
| Irrad. IV cobertas (kWh/m <sup>2</sup> .ano)    | -         | 5,0       | 22,4                  | -2,9   | 60                    | -2,9   |
| Iluminância fachada oeste (Lux)                 |           | 7.609     | 10.131                | 17.356 | 10.208                | 17.356 |
| Iluminância fachada norte (Lux)                 |           | 7.602     | 10.119                | 14.124 | 12.096                | 14.124 |
| Iluminância fachada leste (Lux)                 |           | 7.812     | 10.359                | 15.956 | 10.006                | 15.956 |
| Iluminância fachada sul (Lux)                   |           | 7.805     | 10.319                | 12.458 | 10.288                | 12.458 |

## Considerações finais

O uso de métodos paramétricos de projeto integrado ao uso de algoritmos evolutivos para concepção da forma das quadras urbanas permitiu gerar variadas soluções de compromisso para os dois objetivos conflitantes assumidos. Mais de 80.000 simulações foram realizadas para obtenção das soluções não-dominadas propostas.

Para além das respostas mais esperadas, a diversidade de soluções da fronteira de projetos entre os dois extremos, mostrou que para uma perda muito pequena (2 a 5%) em termos de potencial solar nas cobertas, seria ainda possível ter projetos com elevado potencial de oferta, para uma redução bastante significativa de demanda potencial (em relação aos extremos). Para isso, um espectro bastante variado de soluções mais heterogêneas puderam ser propostas. Esses resultados podem sugerir oportunidades bastante interessantes em termos de diversidade morfológica, bem como de uso e ocupação, podendo favorecer uma maior mistura urbana.

Uma tal abordagem interdisciplinar pode ser muito relevante, permitindo definir de forma eficiente e objetiva, parâmetros que respondem a um compromisso razoável entre diferentes e conflitantes medidas de eficiência, preservando o conjunto de critérios importantes ao contexto urbano local. A metodologia empregada nesse estudo pode conduzir a aplicação de um conjunto de indicadores mais abrangentes a serem considerados no código de edificações urbanas de Maceió, ao mesmo tempo que pode igualmente permitir intervenções pontuais em bairros que passam por rápidas transformações. Nesse sentido, esse tipo de estudo poderia também ser empregado como uma influente ferramenta de auxílio a decisão ou priorização de ações relativas no

que concerne o código de edificações e urbanismo. Frente a complexidade urbana e o desafio de pensar a adaptação da forma construída às restrições ambientais e urbanas, o uso de metodologias de otimização torna-se, portanto, de grande relevância.

## Agradecimentos

A autora gostaria de agradecer ao CNPq e CAPES pelo auxílio financeiro concedido ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, bem como as empresas ESSS e ESTECO pelo atencioso suporte técnico e licença acadêmica do programa modeFRONTIER® cedida para aplicação nessa pesquisa.

## Referências

ALLEGRINI, J.; DORERA, V.; CARMELIET, J. Coupled CFD, radiation and building energy model for studying heat fluxes in an urban environment with generic building configurations. **Sust. Cities & Socie.** 19. 385–394. 2015.

ALMEIDA, E.; BARBIRATO, G.M. A morfologia urbana como determinante de variações climáticas locais: estudo comparativo das orlas marítima e lagunar de Maceió – AL. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 10, 2004. Anais...São Paulo: ENTAC, 2004.

BATTY, M. **The size, scale, and shape of cities**, Science, 2008. 769–771.

BOYEUR, J.; INARD, C.; MUSY, M. Microclimatic coupling as a solution to improve building energy simulation in an urban context. **Energy and Buildings** 43, 2011. 1549–1559.

BREHENY, M. (Ed.), **Sustainable Development and Urban Form**, Pion, London, England, 1992.

CHENG, V. et al. **Urban form, density and solar**. The 23rd PLEA Conference. Geneva, Suíça, 2006. p. 6.

COMPAGNON, R. **PRECis: Assessing the Potential for Renewable Energy in Cities, Anexo3: Solar and daylight availability in urban areas**. University of Applied Sciences of Western Switzerland (HES-SO). Fribourg. 2000.

COMPAGNON, R. Solar and daylight availability in the urban fabric. **Energy and Buildings**, v. 36, n. 4, p. 321-328, 2004.

COMPAGNON, R.; RAYDAN, D. **Irradiance and illuminance distributions in urban areas**. PLEA - 17th International Conference on Passive and Low Energy Architecture. 2000.

CRUZ, J. M. **Sustentabilidade do ambiente construído: Conservação de energia através do uso da ventilação natural como forma de refrigeração passiva do ambiente urbano**. Dissertação (mestrado em Arquitetura), Universidade Federal de Alagoas. Maceió, Alagoas, Brasil, p. 220. 2001.

DEB, K. **Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms**. New Jersey: John Willey and Sons, 2001.

DEB, K. et al. A fast and elitist multi-objective genetic algorithm: NSGA-II. **EEE Transactions on Evolutionary Computation**, v. 2, n. 6, p. 182–197., 2002.

DROEGE, P. **The Renewable City: A Comprehensive Guide to an Urban Revolution**, Wiley, Chichester, UK, 2007.

ESTECO. **modeFRONTIER: the Multi-objective Optimization and Design Environment. Versão 4.4.1**. ESSI / ESTECO. 2013.

FONSECA, C. M.; FLEMING, P. J. **Genetic algorithms for multi-objective optimization: formulation, discussion and generalization**. International Conference on Genetic Algorithms. San Mateo, 1993.

GRIEGO, D.; KRARTI, M.; HERNANDEZ-GUERRERO, A. Optimization of energy efficiency and thermal comfort measures for residential buildings in Salamanca, Mexico. **Energy and Buildings**, v. 1, n. 54, p. 540–549, 2012.

HORN, J.; NAFPLIOTIS, N. **Multiobjective Optimization Using the Niche Pareto Genetic Algorithm**. IlliGAL Report No. 93005, Illinois Genetic Algorithms Laboratory, University of Illinois. Urbana, Champaign. 1993.

IBGE. **Censo Demográfico 2010: Características da População e dos Domicílios - Resultados do Universo**. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Rio de Janeiro, p. 270. 2010.

IEA. **Cities, towns and Renewable energy - Yes in my front yard**. International Energy Agency, 2009.

KAMPF, J. **On the modelling and optimization of urban energy fluxes**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente). Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Lausanne, Suisse. 2009.

MAGNIER, L.; HAGHIGHAT, F. Multiobjective optimization of building design using TRNSYS simulations, genetic algorithm, and Artificial Neural Network. **Building and Environment**, v. 45, p. 739–746, 2010.

MARLER, R. T.; ARORA, J. S. The weighted sum method for multi-objective optimization: new insights. **Structural and Multidisciplinary Optimization**, v. 41, n. 6, p. 853–862, 2010.

MARTINS, T.A.L. **De condicionantes solares à oportunidades de desenho urbano: otimização de tipo-morfologias urbanas em contexto de clima tropical**. (Tese de Doutorado). PROARQ-FAU-UFRJ. 2014. 370p.

MARTINS, T.A.L.; BONHOMME, M.; ADOLPHE, L. Análise do impacto da morfologia urbana na demanda estimada de energia das edificações: estudo de caso na cidade de Maceió-AL, **Ambiente Construído**, Porto Alegre, 2013

MAUGARD, A. **Regards sur le bâtiment: Le futur en construction**. Paris: Editions Le Moniteur, 2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA/PROCELEDIFICA (MME/PROCEL). Balanço Energético Nacional – Ano Base 2008. Available from: [www.mme.gov](http://www.mme.gov) (accessed 03.01.10).

MONTAVON, M. **Optimisation of Urban Form by the Evaluation of the Solar Potential**. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Lausanne. 2010.

OWENS, S.E. **Energy, Planning and Urban Form**, Pion, London, 1986.

PEREZ, R.; SEALS, R.; MICHALSKY, J. All-weather model for sky luminance distribution - preliminary configuration and validation. **Solar Energy**, 50, n. 3, 1993. 235-243.

RATTI, C.; RAYDAN, D.; STEEMERS, K. "Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate. **Energy and Buildings**, v. 35, p. 49-59, 2003.

- ROBINSON, D. **Computer modelling for sustainable urban design**. Londres: Earthscan, v. 1, 2011.
- SCARAZZATO, P.S. **Conceito de dia típico de projeto aplicado à iluminação natural: dados referenciais para localidades brasileiras** (Tese doutorado) FAU-USP, 1995.
- SCHAFFER, J. D. **Multiple Objective Optimization With Vector Evaluated Genetic Algorithms**. Vanderbilt University. Nashville. 1984.
- SCHAFFLER, S.; SCHULTZ, R.; WEINZIERL, K. Stochastic method for the solution of unconstrained vector optimization problems. **Journal of Optimization Theory and Application**, v. 114, n. 1, p. 209–220, 2002.
- SRINIVAS, N.; DEB, K. Multi-objective optimization using non-dominated sorting in genetic algorithms. **Evolutionary Computation**, v. 2, n. 3, p. 221–248, 1994.
- STEEMERS, K. et al. City Texture and Microclimate. **Urban Design Studies**, v. 3, p. 25–50, 1997.
- TAN, K. C.; LEE, T. H.; KHOR, E. F. Evolutionary Algorithms for Multi-Objective Optimization: Performance Assessments and Comparisons. **Artificial Intelligence Review**, v. 17, p. 253–290, 2002.
- TREGENZA, P.; SHARPLES, S. **Daylighting algorithms**. ETSU. 1993.
- UN. **World Urbanization Prospects: The 2003 Revision**. United Nations. 2004.
- VERMEULEN, T.; KNOPF-LENOIR, C.; VILLON, P.; BECKERS, B. Urban layout optimization framework to maximize direct solar Irradiation. **Computers, Environment and Urban Systems**. 51. 2015. P. 1–12
- VETTORATO, D.; GENELETTI, D.; ZAMBELLI, P. Spatial comparison of renewable energy supply and energy demand for low-carbon settlements. **Cities**, 28, n. 6, 2011. 557-566.
- WARD, L. G.; SHAKESPEARE, R. **Rendering with Radiance - The Art and Science of Lighting Visualisation**. San Francisco: Morgan Kaufmann, v. 1, 1997.
- WRIGHT, J. A.; LOOSEMORE, H. A.; FARMANI, R. Optimization of building thermal design and control by multi-criterion genetic algorithm. **Energy and Buildings**, v. 1, n. 34, p. 959-972, 2002.
- STRAUSS, Fulano de.
- ZITZLER, E.; DEB, K.; THIELER, L. Comparison of Multiobjective Evolutionary Algorithms: empirical results. **IEEE Transactions on Evolutionary Computation**, v. 8, p. 173–95, 2000.

### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

GIOVANA DE ALMEIDA COELHO CAMPOS DRIESSEN E ELOY FASSI CASAGRANDE JUNIOR

## Análise da Influência do Sombreamento Gerado pelos Edifícios Mais Altos na Zona Central de Curitiba

*Analysis of Shadow Influence Caused by the Tallest Buildings  
in Curitiba Downtown Zone*

**Giovana de Almeida Coelho Campos Driessen**

Mestre em Engenharia Civil (Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Graduada em primeiro lugar em Arquitetura e Urbanismo (Universidade Positivo). Intercâmbio em General Arts and Science (Fanshawe College – ON – Canadá).

*Master in Civil Engineering (Federal Technological University of Paraná) Graduated as the top of class in Architecture and Urban Planning (Positivo University). Exchange student in General Arts and Science (Fanshawe College – ON – Canada)*

**giovana Coelho Campos@gmail.com**

**Eloy Fassi Casagrande Junior**

PhD em Engenharia de Recursos Minerais e Meio Ambiente (Universidade de Nottingham, Reino Unido); Graduado em Design pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Pós-Doutor em Inovação Tecnológica e Sustentabilidade (Instituto Superior Técnico de Lisboa - IST/UTL). Professor de Gestão Ambiental no Departamento Acadêmico de Construção Civil (DACOC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e na linha de pesquisa em sustentabilidade do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC); Coordenador do Curso de Especialização em Construções Sustentáveis e do Projeto Escritório Verde da UTFPR. Coordenador do CRIE – Curitiba, Regional Center of Expertise (RCE) de Educação para o Desenvolvimento Sustentável, ligado a Universidade das Nações Unidas (UNU/ONU); Auditor Ambiental pelo EARA (Reino Unido); Estágio no programa DAAD na Alemanha, junto ao Instituto de Pesquisa em Energia e Meio Ambiente (IFEU, Heidelberg).

*Holds a PhD in Mineral Resources Engineering and Environment (University of Nottingham, UK); Graduated in Design from the Catholic University of Paraná (PUCPR). Post-Doctorate in Technological Innovation and Sustainability (Technical University of Lisbon - IST / UTL). Professor of Environmental Management in the Academic Department of Civil Construction (DACOC) of the Federal Technological University of Paraná (UTFPR), in the sustainability line of investigation at the postgraduate Program in Technology (PPGTE) and at the Undergraduate Program in Civil Engineering (PPGEC). He coordinates the Specialization Course in Sustainable Buildings and the Green Office Project UTFPR. He also coordinates the CRIE - Curitiba, Regional Center of Expertise (RCE) on Education for Sustainable Development, attached to the United Nations University (UNU / UN); Environmental Auditor at EARA (United Kingdom); Intern in the DAAD program in Germany, by the Research Institute for Energy and Environment (IFEU, Heidelberg).*

**eloy.casagrande@gmail.com**

### Resumo

O crescimento urbano e o ritmo acelerado de concentração de pessoas nas cidades são inevitáveis. A verticalização das construções como solução para atender a necessidade da máxima ocupação do solo e para justificar a demanda da infraestrutura investida pelo poder público nas áreas centrais, causa consideráveis impactos no entorno em que estão inseridas. Contudo, a urbanização em si não é um problema, mas sim a forma como as cidades estão sendo construídas e ocupadas. Diante disso, o trabalho apresenta como objetivo principal a verificação da influência do sombreamento gerado pelos três edifícios mais altos dentro de um recorte definido na zona com maior capacidade de verticalização em Curitiba. Esta pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas: a primeira, de breve fundamentação teórica, a segunda com delimitação da área a ser estudada, a terceira com simulações computacionais nos softwares Auto CAD e Sketchup e, a quarta para discussão dos resultados encontrados. Durante a evolução da pesquisa, verificou-se que, de fato, o sombreamento causado pelos edifícios analisados compromete consideravelmente as construções vizinhas e o entorno imediato. Além disso, Curitiba, uma cidade considerada fria, sofre nos períodos de inverno com o excessivo sombreamento projetado nas edificações. A intenção de redução de impacto gerado por esse processo deve ser analisada em um contexto mais abrangente. A elaboração de projetos deve ter como premissa a adequação ao clima e ao contexto local, levando em consideração as construções vizinhas e os espaços externos localizados ao seu redor. A idéia de preservar o skyline já consolidado na cidade, evitando edifícios muito altos, pode ser uma alternativa para minimização dos impactos de sombreamento.

**Palavras-chave:** Verticalização. Impacto urbano. Sombreamento.

### Abstract

*Urban growth and fast concentration of people in cities are inevitable. Building verticalization as a solution to attend the need of maximum land use and to justify the infrastructure demand invested by the government in central areas, causes considerable impacts on the environment which they are. However, urbanization is not a problem itself, but how cities are being built and occupied. Thus, the main goal of this work is to verify shadow influence caused by the three tallest buildings in a specific area inside of the zone with more capacity of verticalization in Curitiba. This research was developed in four steps: firstly is presented brief theoretical foundation, after was to define study section to be analyzed, following the computer simulations with Auto CAD and Sketchup softwares, and then a results discussion. During the evolution of this work, it was verified that the shading caused by these tall buildings undertake considerably neighboring buildings and surrounding area. Furthermore, Curitiba, a cold city, suffers in winter season due to excessive projecting shading on buildings. The intention to reduce the impact caused by these processes must be planned in a more embracing context. Project elaboration must consider local climate and urban context, just as the environmental impacts of those on neighboring buildings and on open spaces. The idea of preserving skylines already consolidated, avoiding tall buildings, can be an alternative to minimize shading impacts.*

**Keywords:** Vertical. Urban impact. Shadowing.

## Introdução

O crescimento e o adensamento urbano são inevitáveis e vêm causando diversas alterações ao meio natural e à qualidade ambiental das cidades. O ritmo acelerado na concentração de pessoas nos centros urbanos, a verticalização das construções, o aumento da poluição e a produção descontrolada de resíduos comprometem a sustentabilidade do tecido urbano e exigem novos processos de adaptação e transformação dos espaços diante de instrumentos regulatórios discutíveis (SCUSSEL, 2010).

As áreas centrais com crescente valorização, graças à infraestrutura de ruas, calçadas, comércio, praças exigem uma ocupação condizente para justificar tal investimento do poder público. Contudo, a busca para suprir essas demandas gerou cidades pouco sustentáveis do ponto de vista de conforto térmico e insolação, pois enquanto as leis estimulavam a densificação do solo, ao mesmo tempo retiravam de algum atributo urbanístico as qualidades mínimas passíveis de utilização pelo usuário. Deve-se compreender, contudo, que a urbanização em si não é um problema, e sim a forma como as cidades estão sendo construídas e ocupadas (MIANA, 2010). A tipologia do edifício alto causa consideráveis impactos nas áreas onde estão inseridos, podendo ser positivos ou negativos. Relacionado à economia está a valorização imobiliária e o impacto na estrutura urbana. No contexto social, o aumento da densidade populacional, aumento do tráfego. Já no que se refere ao ambiente, alteração no microclima, sombreamento, ventilação, alteração da paisagem e do espaço urbano. Dessa forma, a verticalização das construções considerando apenas a ocupação dos lotes vagos sem a análise do entorno e dos possíveis impactos a serem gerados caminha para uma proposta ineficiente. A intenção de redução de impacto gerado por esse processo no entorno imediato juntamente com a necessidade de maximização da ocupação do solo deve ser estudado em um contexto mais abrangente. A elaboração de projetos deve ter como premissa a adequação ao clima e ao contexto local, da mesma forma que devem ser analisados os impactos ambientais dessas sobre as construções vizinhas e os espaços externos localizados em uma área de influência.

O acesso ao sol e a disponibilidade de luz natural, no ambiente construído, proporcionam conforto térmico e lumínico, além de uma redução considerável da necessidade de energia elétrica durante o período diurno em climas como o de Curitiba no período de inverno. A acumulação de calor pela captação solar permite maior qualidade nos espaços internos e redução de sistemas auxiliares de condicionamento térmico nos períodos de inverno. Portanto, questiona-se a melhor forma de utilização do solo ainda não ocupado para garantir a qualidade dos espaços públicos e privados.

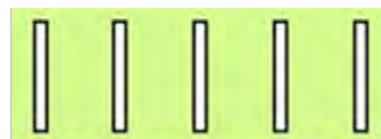
O objetivo deste artigo é analisar o impacto de sombreamento dos edifícios mais altos no centro de Curitiba em seu entorno imediato.

## Revisão de Literatura

A Revolução Industrial marcou um período de grandes transformações tecnológicas, socioeconômicas e ambientais. Segundo Miana (2010), toda vez que uma cidade atinge um determinado nível de desenvolvimento e crescimento da malha urbana e da população, a questão “qualidade ambiental” é debatida. Sendo assim, foi neste período de consolidação da indústria, de expansão territorial, aumento da população e início do processo da globalização que as discussões urbanísticas se destacaram.

Em 1927, Walter Gropius, em sua proposta de Cidade Funcional, modelo ideal de cidade, propôs alguns critérios de insolação. Analisou a razão entre a altura edificada e a área sombreada, constatando que a partir de cinco pavimentos, o espaço perdido pela sombra é maior que a área reduzida do solo pela ocupação do edifício se for considerado que as habitações do primeiro pavimento recebam sol.

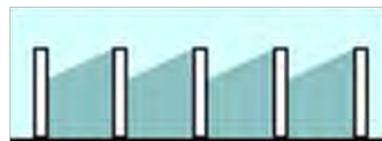
O cálculo baseava-se nos dados do solstício de inverno que, estatisticamente, tende a ser o dia mais frio do ano. Na Figura 1 é possível observar que na simulação 1, os blocos de apartamentos projetam sombra sobre outros blocos. Isso acarreta que alguns apartamentos (marcados em azul) são mais saudáveis do que os outros e, portanto, mais valorizados.



Simulação 1: Planta



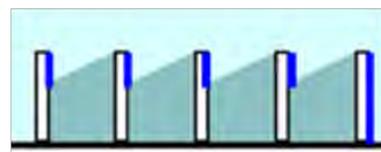
Simulação 2: Planta



Simulação 1: Elevação



Simulação 2: Elevação



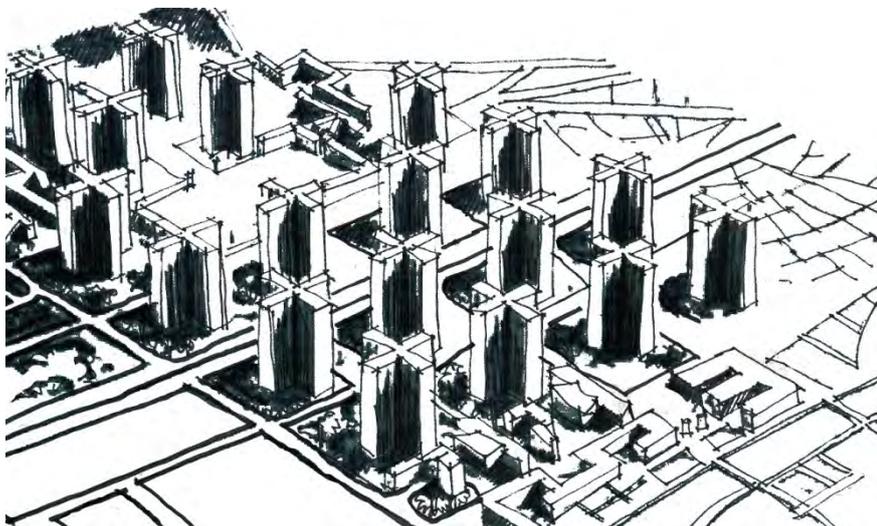
Simulação 1: Apto mais saudáveis

Na simulação 2, por outro lado, nenhum bloco de apartamentos projeta sombra sobre outros. Todos os apartamentos são igualmente saudáveis. Gropius apresentou várias simulações (com cálculos que equacionavam insolação, quantidade total de blocos em um lote, relação entre número de apartamentos e área total do empreendimento, distância entre blocos, altura de blocos e custos de elevadores). A situação ideal encontrada seriam os blocos de 12 pavimentos.

Em 1920, Corbusier apresentou croquis com os conceitos das Cidades Torres de Perret conforme ilustrado na Figura 2.

FIGURA 2 – Cidade Torre de Le Corbusier.

Fonte: autoria própria, 2016



Estas consistiam de aglomerações compostas de grandes arranha-céus, implantados ordenadamente com grande distância um dos outros, ver na figura acima. De acordo com Miana (2010), as Cidades- Torres eram dotadas de edifícios altos e idênticos, de 220 m de altura, 60 andares e de 150 a 200 m<sup>2</sup> de base, afastados entre si 250 a 300 m, dispostos em terrenos livres contínuos tratados como parques. Estes eram cortados por grandes vias de tráfego de veículos, que se organizariam conforme as características e velocidades específicas. Dessa maneira, a intensa verticalização proporcionaria densidades cinco a dez vezes superiores as verificadas nas aglomerações urbanas tradicionais deixando parte significativa do solo livre de construções.

O desejo pela verticalidade, seu simbolismo e possibilidade de desenvolvimento de novas tecnologias, transformaram o edifício alto em objeto de poder e status (GREGOLETTO, 2012). Esse processo é o resultado pela busca da multiplicação do solo para permitir a sua ocupação por um número maior de pessoas e atividades, segundo Fontenele (2010).

No final do século 19, cidades norte-americanas como Nova York e Chicago começaram a desenvolver os seus modelos de edifícios altos. Inicialmente a altura dos edifícios foi determinada pelas limitações de tecnologia e acessibilidade a iluminação natural. A partir da Segunda Guerra Mundial, esse cenário evoluiu, pois as novas tecnologias como o ar condicionado, elevadores e o aço permitiram aumentar a altura dos edifícios e criar um microclima interno independente do ambiente externo. Assim, um novo modelo de arquitetura, os edifícios envidraçados enquadrados como “estilo internacional”, passou a ser exportado e copiado por várias cidades como um ícone da arquitetura contemporânea e símbolo econômico.

A crise energética dos anos 70, por outro lado, passou a indicar essa tipologia de edifício como grande consumidora de energia, e a partir dos anos 80 novas idéias começaram a ser propostas na direção do bioclimatismo e mais tarde da sustentabilidade.

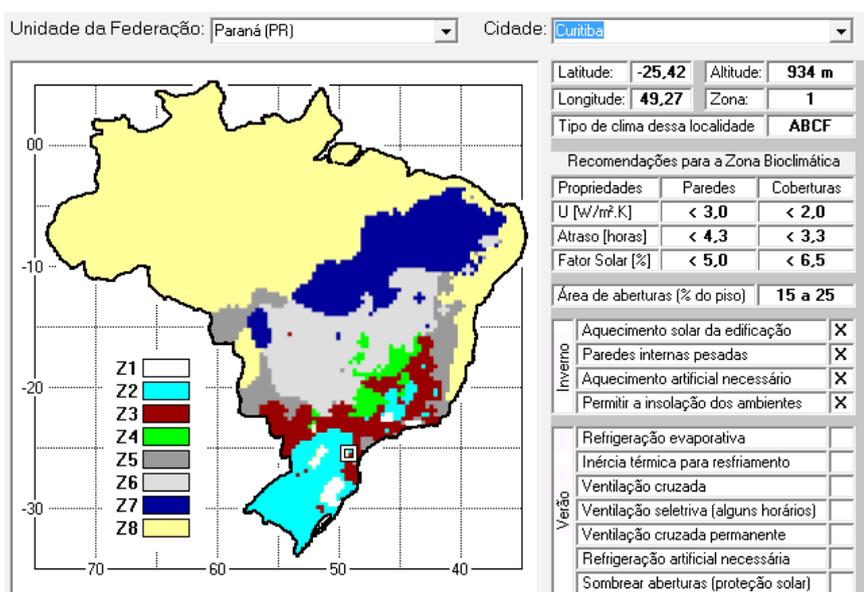
Gonçalves, Duarte e Mulfarth (2007) comentam que os primeiros impactos devido à diferença de altura entre o edifício e o entorno urbano são: o de marcar geografi-

camente uma localidade da cidade e o de provocar alterações no microclima urbano, em decorrência dos efeitos combinados entre a altura e a forma do edifício, e a morfologia do entorno. Os efeitos sobre o microclima urbano podem ser positivos, ou negativos, dependendo das condições climáticas locais e das características físicas finais da morfologia urbana, resultantes da inserção do edifício. Estes, por sua vez, quando muito altos, podem caracterizar grandes barreiras à penetração solar e geram enormes áreas sombreadas.

Segundo a NBR 15.220/05 sobre o desempenho térmico de edificações, o território brasileiro foi dividido em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico construtivas que visam um melhor desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática, conforme Quadro 1.

Quadro 1 – Estratégias bioclimáticas para Curitiba.

Fonte: autoria própria – ZBBR (2013)

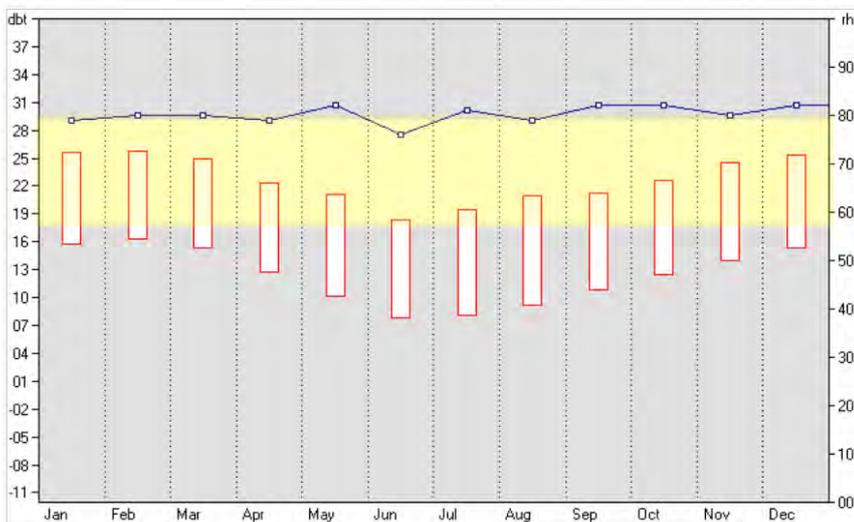


Curitiba encontra-se na zona 1, que determina o aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas como principais estratégias de condicionamento térmico para o período de inverno. Essas recomendações são apontadas, pois segundo os dados do Gráfico 1, apenas 20% durante todo o ano apresentam períodos de conforto e 80% de períodos em desconforto sendo estes 73,2% de frio e 6,84% de calor.

Por ser uma cidade com grandes períodos do ano em desconforto é imprescindível o aproveitamento máximo da irradiação solar nos dias ensolarados para a qualidade dos espaços internos.

Gráfico 1 – Faixa de conforto para Curitiba segundo temperatura e umidade.

Fonte: autoria própria – ABC (2013)



O gráfico acima mostra barras verticais para a variação de temperatura mensal, uma linha azul para umidade relativa ao longo do ano e em amarelo a faixa de conforto para as pessoas. Por meio do software *Architectural Bioclimatic Classification version 1.3* baseado nos gráficos de Givoni (1992) e dos dados de temperatura e umidade desenvolvidos por Roriz (2006) é possível observar que Curitiba apresenta poucos períodos do ano com temperatura e umidade ideais simultaneamente.

**Delimitação do Estudo**

Com a intenção de avaliar a influência do sombreamento gerado por alguns edifícios em Curitiba, buscou-se na Lei 9.800/00 de uso e ocupação do solo e na Portaria 80, as regiões da cidade com maior capacidade para verticalização. Para melhor interpretação dos dados foi montado o Quadro 2 com todos os parâmetros construtivos que podem influenciar na altura dos edifícios: Coeficiente de Aproveitamento, a Taxa de Ocupação, a Altura Máxima, o Limite estipulado pelo Cone da Aeronáutica e o Potencial Construtivo.

Quadro 2 – Zonas com altura livre

Fonte: autoria própria

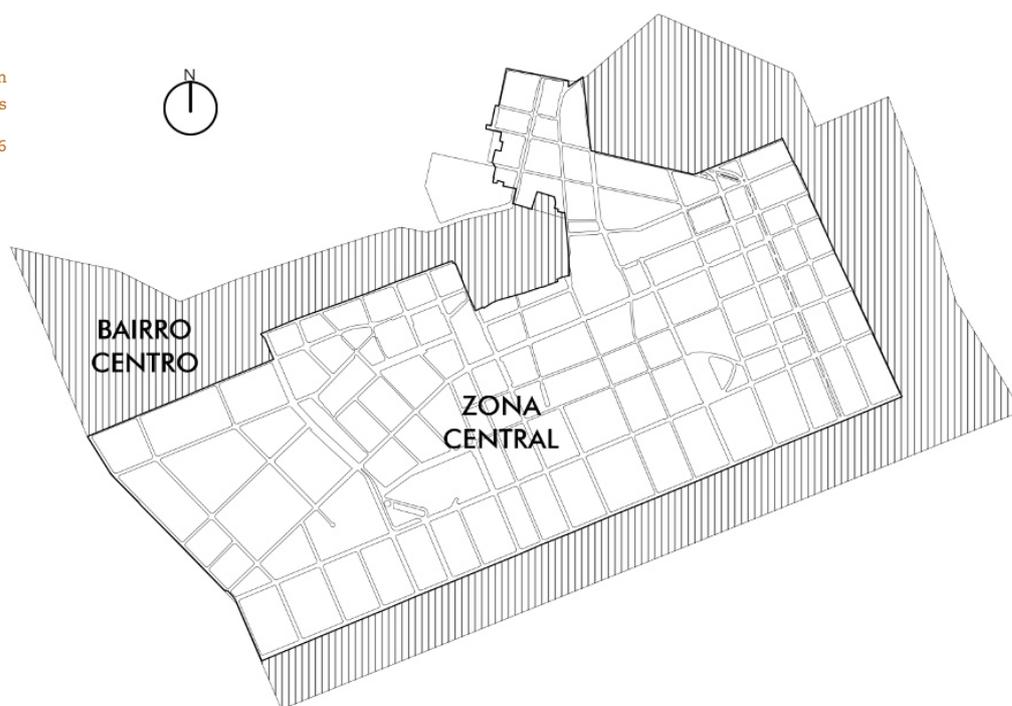
| Lei 9.800/00 e 9.803/2000             |       |      |  |                                     |
|---------------------------------------|-------|------|--|-------------------------------------|
| Zoneamento                            | H     | C.A. | T.O.                                       | Potencial Construtivo               |
| ZC<br>Zona Central                    | Livre | 5    | Térreo e 1Pav. = 100%<br>Outros Pav. = 66% | 7 para habitação<br>5 para comércio |
| SE<br>Setor Especial Estrutural       | Livre | 4    | Térreo e 1Pav. = 100%<br>Outros Pav. = 50% | 5 para habitação<br>6 para comércio |
| SE BR 116<br>Linha Especial da BR 116 | Livre | 2    | 50%  | 3                                   |
| SE CC<br>Setor Especial Centro Cívico | Livre | 5    | 50%  | 2,5                                 |
| SE NC<br>Setor Especial Nova Curitiba | Livre | 3    | 50%  | 1,8                                 |

Os zoneamentos em Curitiba que apresentam altura livre são a ZC (Zona Central), a SE (Setor Especial Estrutural), a SE-BR 116 (Setor Especial da BR 116 – Linha Verde), a SE-CC (Zona Especial Centro Cívico) e a SE-NC (Setor Especial Nova Curitiba). Em seguida, foram analisados os coeficientes de aproveitamento para cada uma das zonas acima e verificados que a ZC e a SE-CC são as regiões com maior capacidade para construção. A primeira determina que a taxa de ocupação é de 100% para o térreo e primeiro pavimento e 66% para os demais pavimentos. Já a segunda determina que a taxa de ocupação deve ser de 50%. Contudo, o Potencial Construtivo da ZC é de 7 para usos residenciais e 5 para usos comerciais enquanto na ZC- CC é de apenas 2,5. Neste caso, optou-se pela Zona Central como área de estudo considerando seu alto potencial para verticalização e maior capacidade de impacto de sombreamento.

A ZC - Zona Central de Curitiba localiza-se dentro dos limites do bairro Centro e é formada por 122 quadras como mostra a Planta 1.

Planta 1 – Zona Central com delimitação das quadras

Fonte: autoria própria, 2016



## Definição do Recorte de Pesquisa

Considerando que o zoneamento é uma área determinada pelos mesmos parâmetros legais e construtivos, não há razão para simular toda a sua extensão. Assim, foi delimitado um recorte de estudo ainda menor, dentro da zona central, que atua como uma amostra dos principais impactos gerados pelo sombreamento deste zoneamento no seu entorno imediato. Assim, através do levantamento de todas as construtoras que atuam hoje em Curitiba nesta região pode-se encontrar todos os empreendimentos construídos nos últimos 10 anos e aqueles que ainda estão em construção. O Quadro 3 abaixo mostra a lista dessas construtoras.

Quadro 3 – Construtoras atuantes na Zona Central de Curitiba atualmente

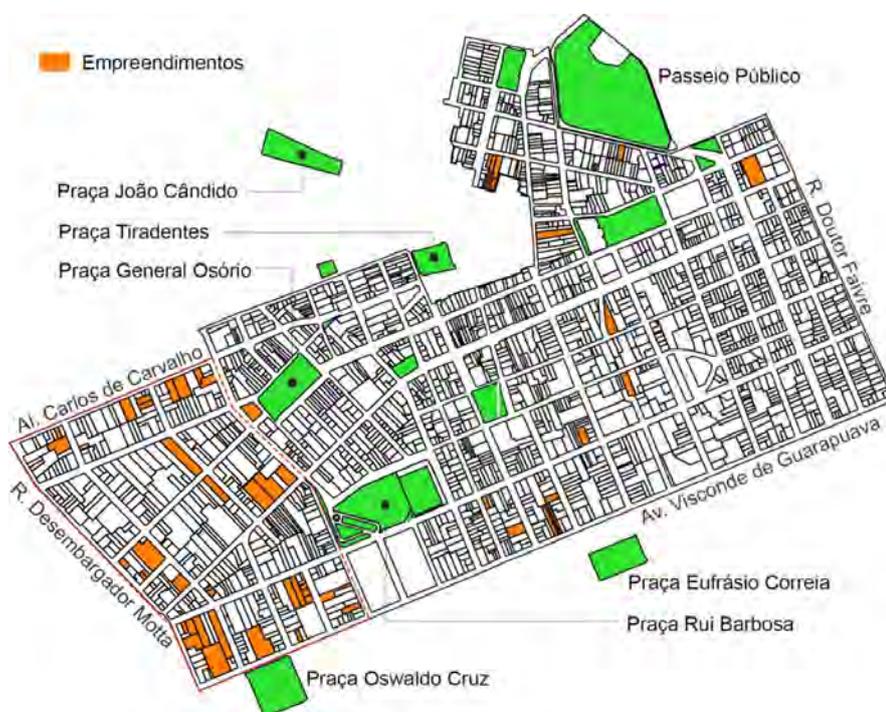
Fonte: autoria própria

| Arce       | GFA          | JL       | Rossi       |
|------------|--------------|----------|-------------|
| Belmmen    | Hafillnk     | Laguna   | Stuhlberger |
| Brookfield | Heitzfeld    | Monarca  | San Remo    |
| Cyrella    | Helbor       | Neubau   | Thá         |
| Concorde   | Hestia       | Partilha | Tecnisa     |
| Dória      | Hugo Peretti | PDG      | Terrasse    |
| Gafisa     | Invespark    | Riskalla | VCG         |

As praças e áreas verdes, por outro lado, foram demarcadas pela observação in loco conforme na Planta 2.

Planta 2 – Zona Central com empreendimentos destacados

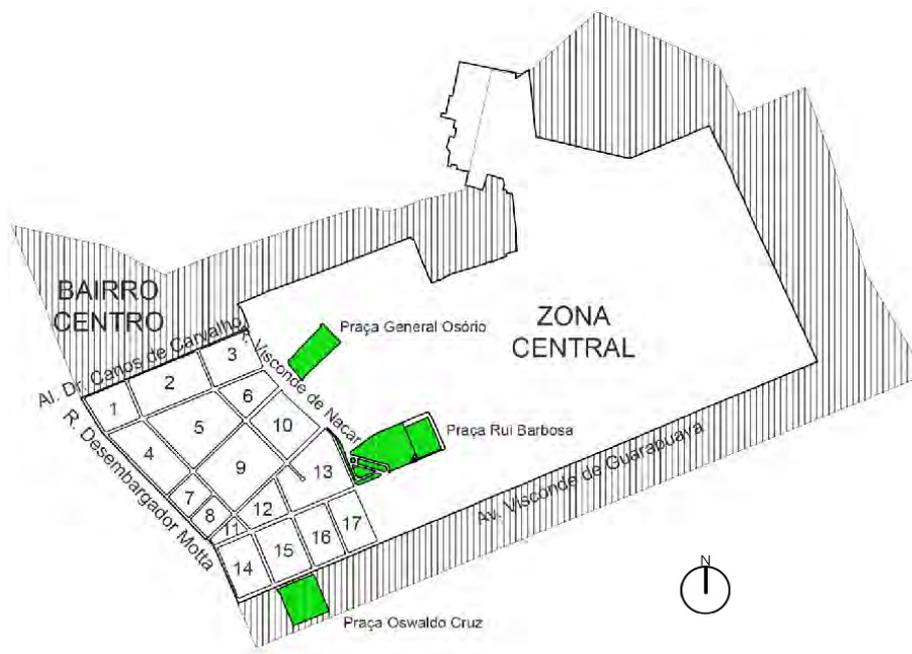
Fonte: autoria própria



Nitidamente foi encontrada uma aglomeração de construções entre as ruas Carlos de Carvalho, Visconde de Guarapuava, Desembargador Motta e Visconde de Nácar conforme Planta 2. Essa área mais adensada causa um impacto maior de sombreamento e, portanto, foi escolhida como recorte de estudo. A área engloba 17 quadras e está no limite oeste do zoneamento, onde a valorização imobiliária é maior segundo dados do Instituto Bridi e SINDUSCON- PR. As áreas abertas mais próximas a esse recorte são as praças Rui Barbosa, General Osório e Oswaldo Cruz. Ver Planta 3.

Planta 3 – Zona Central com recorte de pesquisa definido

Fonte: autoria própria



## Procedimento Experimental

A simulação computacional das construções verticalizadas foi elaborada nos softwares Auto CAD e Sketchup Pro para analisar a influência do seu sombreamento na Zona Central. Para isso, foi realizado um levantamento de campo para contagem da quantidade de pavimentos de cada edifício já construído nas 17 quadras e elaborado um modelo volumétrico para análise. Ver Figura 3.

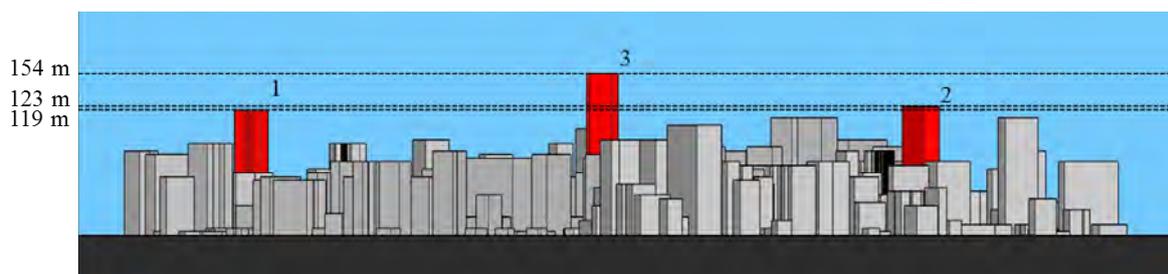


FIGURA 3 – Skyline do recorte de pesquisa.

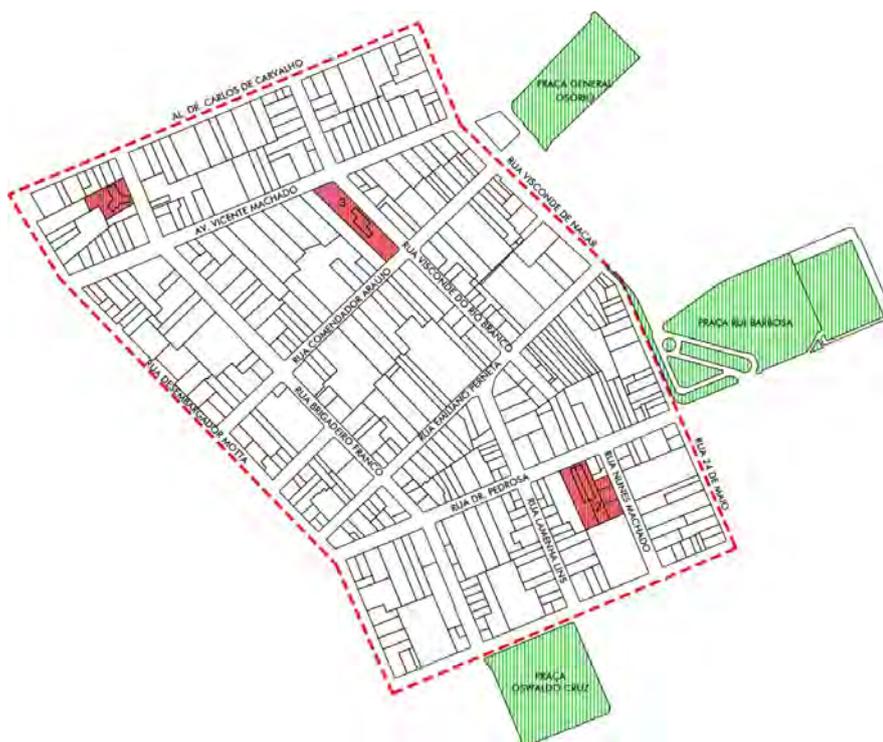
Fonte: autoria própria

Através do skyline do recorte foi possível visualizar que existem três edifícios que se destacam em relação à malha urbana construída. O edifício 1, com 119 m de altura e 34 pavimentos tem uso residencial; o segundo, com 123 m e 35 pavimentos, uso misto e; o terceiro, com 154 m é o edifício mais alto de Curitiba, com 44 pavimentos e uso misto.

Localizados na Planta 4 abaixo estão destacados estes empreendimentos que serão estudados com o intuito de avaliar a eficiência do instrumento regulatório, Lei 9.800/00 de uso e ocupação do solo do município de Curitiba.

Planta 4 – Mapa do recorte com edifícios a serem analisados

Fonte: autoria própria



A Figura 4 apresenta as fotos de cada um desses edifícios. Suas características volumétricas valorizam a tipologia do edifício torre, pois marcam geograficamente uma localidade da cidade e procuram se destacar do entorno imediato.

FIGURA 4 – Fotos dos três empreendimentos.

Fonte: autoria própria



Para analisar a influência do impacto de sombreamento gerado por esses edifícios no entorno, foram realizadas simulações computacionais para os solstícios de inverno e de verão. No primeiro período foram analisados apenas os horários da tarde, visto ser o intervalo mais relevante para aquecimento dos ambientes internos garantindo o conforto térmico para a noite. No segundo período, as simulações foram feitas nos horários da manhã, pois representam o sol mais saudável e temperaturas a níveis confortáveis. A tarde, durante o verão, é interessante que haja áreas sombreadas para evitar o uso de equipamentos de ar condicionado.



A combinação de todos esses pontos é que resulta em maior ou menor influência no entorno. Por outro lado, a distância máxima atingida pela sombra está diretamente relacionada à altura do objeto e, portanto, a sombra do edifício 3 alcança 295 m no período de inverno às 15:00 h.

Os resultados apresentados anteriormente são negativos em relação às necessidades do ser humano, pois enquanto busca-se a maior área de exposição ao sol nos dias mais frios para aquecimento e maior conforto térmico tem-se mais áreas sombreadas.

Com o objetivo de analisar a influência direta que os edifícios altos exercem nas construções vizinhas, elaborou-se uma segunda simulação com apenas o edifício 3, o mais alto entre eles, denominado Universe. Para isso, foram escolhidos os dois edifícios mais próximos a ele como sendo os objetos a serem analisados. Destes, os dois são de uso comercial, ver Planta 6.

Planta 6 – Edifícios que sofrem influência da sombra gerada pelo Universe

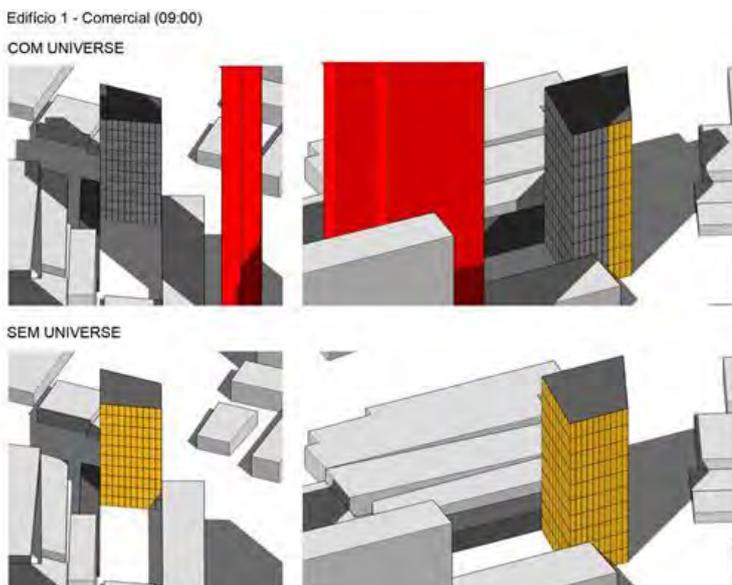
Fonte: autoria própria



A figura acima mostra a planta do recorte de pesquisa com os lotes que contêm os edifícios estudados. A sombra no solstício de verão às 9:00h atinge o lote A (edifício comercial de 18 andares). Já a sombra de solstício de inverno às 15:00h atinge o lote B (edifício comercial com 27 andares). Nas simulações volumétricas a seguir é possível verificar como a implantação do prédio Universe interfere com sombreamentos nos edifícios ao seu redor. Ver Figura 5.

FIGURA 5 – Simulação de verão – Ed. Comercial (9:00).

Fonte: autoria própria



Na figura 5 a simulação para o edifício Universe, colorido em vermelho, mostra que este projeta sua sombra diretamente no edifício vizinho. Na cor amarela estão representadas partes das fachadas que recebem luz solar direta e as partes em cinza o que está sombreado. Para quantificar a diferença entre a área que sofreu influência antes e após a inserção do Universe foi elaborada a Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados simulação solstício de verão – Ed. Comercial

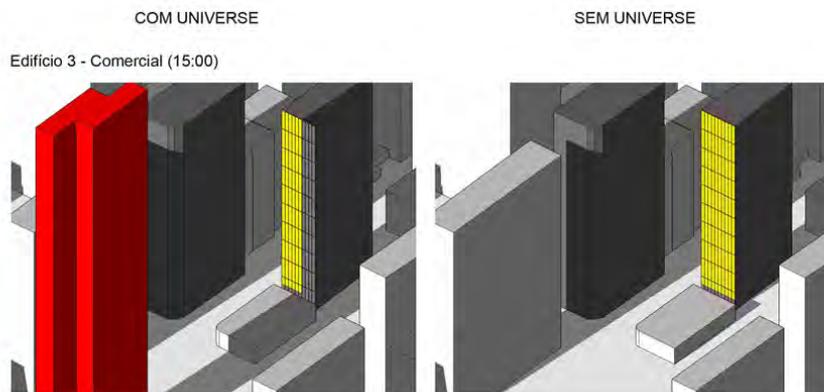
Fonte: autoria própria

| Solstício de Verão |                     |                      |              |              |
|--------------------|---------------------|----------------------|--------------|--------------|
| Latitude: -25.5°   | Dia: 21 Dezembro    | Edifício: A          |              |              |
| Longitude: -49.2°  | Sol nasce: 05:26 h  | Tipologia: Comercial |              |              |
| Zona: -3.0 h       | Sol se põe: 19:02 h | Fachada: 01          |              |              |
| Dados Gerais       |                     |                      | Sombreamento |              |
| Horário            | Azimute             | Altitude             | Com Universe | Sem Universe |
| 09:00h             | 98.2°               | 45.9°                | 100%         | 2%           |
| Latitude: -25.5°   | Dia: 21 Dezembro    | Edifício: A          |              |              |
| Longitude: -49.2°  | Sol nasce: 05:26h   | Tipologia: Comercial |              |              |
| Zona: -3.0 h       | Sol se põe: 19:02h  | Fachada: 02          |              |              |
| Dados Gerais       |                     |                      | Sombreamento |              |
| Horário            | Azimute             | Altitude             | Com Universe | Sem Universe |
| 09:00h             | 98.2°               | 45.9°                | 60%          | 10%          |

Pela tabela 1 às 9:00h para a fachada 1, por exemplo, há uma diferença de 98% de área sombreada com a construção do Universe e para a fachada 2 existe uma diferença de 50% de área. Por fim, a sombra gerada no solstício de inverno às 15:00 h alcança o edifício B também de uso comercial, ver Figura 6.

FIGURA 6 – Simulação de inverno – Ed. Comercial (15:00).

Fonte: autoria própria



Na imagem acima, o edifício comercial analisado sofreu profundamente com a construção do edifício Universe. Praticamente metade da sua fachada norte, teoricamente a que mais receberia sol, fica comprometida pelo sombreamento. Os dados numéricos na Tabela 2 mostram que há um incremento de áreas sombreadas de 38%.

Tabela 2 – Resultados simulação solstício de inverno – Ed. Comercial

Fonte: autoria própria

| Solstício de Inverno |                    |                      |              |              |
|----------------------|--------------------|----------------------|--------------|--------------|
| Latitude: -25.5°     | Dia: 21 Junho      | Edifício: B          |              |              |
| Longitude: -49.2°    | Sol nasce: 07:06h  | Tipologia: Comercial |              |              |
| Zona: -3.0h          | Sol se põe: 17:30h | Fachada: 01          |              |              |
| Dados Gerais         |                    |                      | Sombreamento |              |
| Horário              | Azimute            | Altitude             | Com Universe | Sem Universe |
| 15:00                | -42.0°             | 27.3°                | 43%          | 5%           |

## Considerações Finais

Devido ao desenvolvimento urbano acelerado e aos problemas decorrentes da falta de qualidade ambiental e urbana, estão presentes muitos desafios. Alguns estudiosos citados, como Walter Groupis e Le Corbusier defenderam alguns princípios que hoje devem ser analisados e ponderados com vista à construção de cidades mais sustentáveis. Pois, torna-se imprescindível o acesso das pessoas aos espaços verdes, os direitos do pedestre, a necessidade de insolação e ventilação nos ambientes urbano e construído.

O apoio de ferramentas de simulação computacional para avaliação da influência do sombreamento dos edifícios dentro do recorte do presente estudo possibilitou através da representação do modelo a obtenção de dados quantitativos para a sua análise. Os resultados de tais avaliações quando elaboradas ainda na fase preliminar de projetos podem dar suporte na tomada de decisões dos futuros empreendimentos com a intenção de minimizar os impactos causados por edifícios altos em seu entorno.

Os edifícios analisados e que já estão construídos comprometem consideravelmente o desempenho térmico, lumínico e energético das edificações vizinhas, devido à projeção de suas sombras.

O sol do inverno caracteriza-se por uma trajetória angular mais baixa do que o sol de verão. Isso comprova o fato das sombras durante o mês de junho ter maior alcance horizontal e maior área computada. Enquanto os três edifícios totalizam 19.775 m<sup>2</sup> de área sombreada no inverno, no verão atinge 16.059 m<sup>2</sup>. Na segunda etapa das simulações, a sombra projetada do prédio Universe teve grande influência sobre os edifícios mais próximos. Em todas as fachadas estudadas observou-se alguma diferença nos índices de sombreamento com e sem o edifício gerador de sombra variando de 30% a 98% de incremento de áreas que não receberiam mais a luz solar direta.

Conclui-se então que a verticalização exagerada na Zona Central de Curitiba apresenta um aspecto negativo. A intenção de redução de impacto ambiental no entorno imediato juntamente com a necessidade de ocupação máxima do solo deve ser planejada em um contexto mais significativo, englobando as quadras que estejam em um raio de influência direta.

Sugere-se que os órgãos responsáveis pela revisão do Plano Diretor analisem a possibilidade de especificar melhor a questão de altura livre em certos zoneamentos da cidade com o critério de proporcionalidade do entorno construído. Assim, impactos expressivos de sombreamento como o caso do Universe seriam evitados nos próximos empreendimentos.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220/05: Desempenho térmico de edificações. Parte 1: definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2005.

CAMPOS, Giovana; PREVEDELLO, André e JUNIOR, Eloy. **Universe, o Edifício Mais Alto de Curitiba: Uma Análise Qualitativa e Quantitativa do Impacto Ambiental Causado pelo Sombreamento no Entorno**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA E SOCIEDADE. 2013, Curitiba.

DUDEQUE, Irã. Material de aula. Graduação Arquitetura e Urbanismo. Universidade Positivo, Curitiba. 2008.

FONTENELE, Sabrina. **Relações entre o traçado urbano e os edifícios modernos no Centro de São Paulo**. Arquitetura e Cidade (1938/ 1960). 2010. 274f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo 2010.

GARNICA, Mariana. **Diretrizes construtivas utilizando o zoneamento bioclimático brasileiro**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis, 2011.

GIVONI, Baruch. **Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines**. Energy and Building, vol 18. July 1992, pp. 11-23.

GREGOLETTO, Débora; Reis, Antônio Tarcísio da Luz . **Os edifícios altos na percepção dos usuários do espaço urbano**. Cadernos do PROARQ (UFRJ), v. 1, p. 89-110, 2012.

GONÇALVES, Joana Carla Soares; DUARTE, Denise H. e MULFARTH, Roberta. **Sustentabilidade Ambiental Urbana no ensino de graduação: Proposta do departamento de tecnologia**. In: ENGAC ELACAC 2007 – IX Encontro Nacional e V Encontro latino- americano de conforto no ambiente construído, 2007, Ouro Preto.

INSTITUTO BRIDI – Instituto de Pesquisa de Opinião e Mercado. Dados em <<http://institutobridi.com.br/curitiba/>>. Acesso em outubro de 2013.

IPPUC- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Mapa de Zoneamento de Curitiba** (2000). Dados em <<http://www.ippuc.org.br/default.php>>. Acesso em 01 de Outubro de 2013.

IPPUC- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. **Diagrama de diretrizes de crescimento de Curitiba** (2010). Dados em <<http://www.ippuc.org.br/default.php>>. Acesso em 01 de Outubro de 2013.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores. 1997.

LOPES, Rodrigo Lourenço. **Processo de Descentralização da Cidade de Curitiba**. Iniciação Científica, Curitiba, v.1, n.1, p 63-70, 2009.

MACIEL, Carlos Alberto. **Villa Savoye: arquitetura e manifesto**. Arquitectos, Texto especial nº 024.07. São Paulo, Portal Vitruvius, maio 2002.

MIANA, Anna Christina. **Adensamento e Forma Urbana: Inserção de parâmetros ambientais no processo de projeto**. 2010. 394f. Tese (Doutorado) – Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

PMC – Prefeitura Municipal de Curitiba. Lei 9.800/ 2000 – **Zoneamento, Uso e Ocupação**. Dados em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/legislacao-zoneamento-smu/220>>. Acesso em Maio de 2014.

PMC – Prefeitura Municipal de Curitiba. **Portaria 80**. Dados em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/legislacao-smu-smu/211>>. Acesso em Maio de 2014.

RORIZ Maurício. **Architectural Bioclimatic Classification**. Disponível em: <http://www.roriz.eng.br>. Acesso em Fevereiro de 2014.

SCUSSEL Maria Conceição Barletta; SATTTLER Miguel Aloysio. **Cidades em (trans)formação: impacto da verticalização e densificação na qualidade do espaço residencial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n3 p. 137-150. Set. 2010.

SINDUSCON- PR – Sindicato da Indústria da Construção Civil do Paraná. Dados em <<http://www.sinduscon-pr.com.br/principal/home/>>. Acesso em 02 de Outubro de 2013.

TABOADA, Antonio; MUNIZ, Robinson. **Plano Preliminar de Requalificação da Área Central**. Caderno IPPUC. 129p. Curitiba, 2009.

#### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

MARINA DA SILVA GARCIA, MARIA LUIZA ALMEIDA CUNHA DE CASTRO E ROBERTA VIEIRA GONÇALVES DE SOUZA

## Perspectivas para a difusão da tecnologia LED face à configuração do paradigma da sustentabilidade

*The diffusion of the LED technology, within a context based  
on the paradigm of sustainability*

**Marina da Silva Garcia**

Mestranda no programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável - MACPS - pela UFMG. Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia (2014). Experiência de intercâmbio acadêmico na Universitat Politècnica de València, UPV, em Valência, Espanha (2012-2013). Premiada em 3º lugar pelo “Prêmio Odebrecht para o Desenvolvimento Sustentável (2011).

*Master's student in the postgraduate program in Built Environment and Sustainable Equity - MACPS - UFMG. Graduated in Architecture and Urban Planning from the Federal University of Bahia (2014). Academic exchange experience at the Universitat Politècnica de Valencia, UPV, Valencia, Spain (2012-2013). Awarded 3rd place for “Odebrecht Award for Sustainable Development (2011).*

**[marinagarcia.arq@gmail.com](mailto:marinagarcia.arq@gmail.com)**

**Maria Luiza Almeida Cunha de Castro**

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Minas Gerais (1985), mestrado em História e Teoria da Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Minas Gerais (2003) e doutorado em Ciências Sócio Ambientais pelo Núcleo de Altos Estudos da Amazônia (UFPA - 2009). Atualmente é professor adjunto I, atuando junto à Universidade Federal de Minas Gerais. Tem experiência nas áreas de Arquitetura e Urbanismo, e design, desenvolvendo atividades voltadas para os seguintes temas: arquitetura, Tecnologia da construção, inovação social e tecnológica; design de mobiliário e jóias; desenvolvimento sustentável.

*Graduated in Architecture and Urban Planning from the Federal University of Minas Gerais (1985). She has a master's degree in History and Theory of Architecture and Urban Planning from Federal University of Minas Gerais (2003) and a Ph.D in Social Sciences Environmental from Higher Studies Nucleus of Amazonas (UFPA - 2009). She is associate professor I, working with the Federal University of Minas Gerais, with experience in the fields of Architecture, Urban Planning and design; and developing activities related to architecture, construction technology, social innovation and technology; furniture and jewelry design; sustainable development.*

**[luizadecastro2000@yahoo.com.br](mailto:luizadecastro2000@yahoo.com.br)**

**Roberta Vieira Gonçalves de Souza**

Arquiteta com mestrado (1997) e doutorado (2004) em Engenharia Civil pela UFSC, doutorado sanduíche junto à Universidade Politécnica de Madri (2003). Professora da Escola de Arquitetura da UFMG desde 1997, Chefe do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo (2014-16). Atua na graduação em Arquitetura e no Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. Membro da Secretaria Técnica do PROCEL Edifica na elaboração e acompanhamento das Regulamentações de Eficiência Energética em Edificações (MME). Professora do curso de Especialização: "Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade". Consultora em Iluminação Natural e Eficiência Energética em Edificações nas áreas de Etiqueta PBE Edifica, NBR15.575, LEED e Aqua. Membro do BIOERG do Estado de Minas Gerais.

*Architect with a master's degree (1997) and a Ph.D (2004) in Civil Engineering from the UFSC and interuniversity exchange doctorate from the Polytechnic University of Madrid (2003). Professor at the UFMG School of Architecture since 1997, Head of the Department of Technology in Architecture and Urban Planning (2014-16). She is a professor of Architecture for the graduation's degree and of Built Environment and Sustainable Heritage for Master's degree. Member of the Technical Secretariat of PROCEL Edific, working monitoring and in the preparation of the Energy Efficiency Regulations in Buildings (MME). Specialization Course teacher: "Technology and Sustainability Systems". Consultant in Natural Lighting and Energy Efficiency in Buildings in the areas of PBE Build Label NBR15.575, LEED and Aqua. Member of BIOERG in Minas Gerais*

**robertavgs2@gmail.com**

### Resumo

O presente trabalho apresenta uma análise do cenário de adoção das lâmpadas LED nos sistemas de iluminação do setor residencial brasileiro. Os objetivos são perceber o comportamento desta tecnologia frente à concorrência com outras tecnologias, como por exemplo as lâmpadas incandescentes, halógenas e fluorescentes compactas; e identificar a influência que diferentes características do contexto atual exercem sobre a adoção e difusão de um sistema. A análise é relevante para a compreensão da evolução tecnológica e da dinâmica de inovação no setor. A pesquisa realizada inclui um levantamento bibliográfico sobre o estado da arte do desenvolvimento tecnológico das lâmpadas no mundo e no Brasil, assim como o levantamento de informações técnicas e comerciais junto aos fabricantes. Estes dados são em seguida analisados face às tendências sociais emergentes e ao contexto político-econômico, com vistas a estudar as possibilidades de difusão das lâmpadas LED e eventuais repercussões em termos de eficiências energética e sustentabilidade. A partir da análise realizada, foi possível perceber o processo de inovação em curso: a evolução tecnológica tem ocorrido no sentido da busca por soluções que visam sempre atingir níveis mais altos de eficiência energética. O paradigma tecnológico emergente neste setor demonstra a tendência de supressão de tecnologias pouco eficientes, como as lâmpadas incandescentes e as halógenas, e a maior difusão das tecnologias eficientes, como os LEDs - tecnologia que se demonstra mais adaptada ao ambiente do que suas concorrentes. Entretanto, a difusão dos LEDs, encontra barreiras no que diz respeito à flexibilidade de uso, o custo e a durabilidade. Em relação à flexibilidade de uso, o problema é a falta de confiabilidade do desempenho das lâmpadas. O longo período de payback observado devido ao alto custo de produção e aquisição aliado ao desconhecimento da real vida útil dos sistemas de iluminação LED, demonstram a necessidade de aprimoramento tecnológico no nível da produção.

**Palavras-chave:** LED. Iluminação residencial. Eficiência energética. Sustentabilidade.

### Abstract

*This paper presents an analysis of the adoption of LED lamps in the sector of residential light systems in Brazil. The goals are to understand the behavior of this technology in the competition with other technologies such as incandescent, halogen and compact fluorescent lamps; and to identify the influence that different features of the current context have on the adoption and diffusion of a lamp type. The analysis is relevant to the understanding of the technological change and innovation dynamics in this industry. The survey includes a literature review on the state of the art of the technological development of lamps in the world and in Brazil, as well as the collection of technical and commercial information from manufacturers. These data are then analyzed against emerging social trends and the political-economic context, in order to study the existing possibilities of diffusion for LED lamps, as well as the possible consequences in terms of energy efficiency and sustainability. This analysis reveals the ongoing process of innovation: technological progress has occurred towards solutions that aim to achieve higher levels of energy efficiency. The emerging technological paradigm in this sector demonstrates a trend towards the suppression of inefficient technologies such as incandescent and halogen lamps, and the wider diffusion of efficient technologies such as LEDs – which shows a better adjustment to the environment than their competitors. However, the diffusion of LEDs presents barriers with respect to the flexibility of use, cost and durability. Regarding the flexibility of use, the problem is the lack of reliability of the lamp performance. The long period of payback observed due to the high cost of production coupled with the lack of knowledge about the lifespan of LED lamps, demonstrate the need for technological improvement in production.*

**Keywords:** LED. Residential lighting. Energy efficiency. Sustainability.

## Introdução

No ano de 2014 o prêmio Nobel da Física foi atribuído a três pesquisadores japoneses, responsáveis pelo desenvolvimento do LED - diodos emissores de luz - azul: Isamu Akasaki e Hiroshi Amano, da Nagoya University, e Shuji Nakamura, na época integrante da Nichia Corporation e atualmente nos EUA (HENNING, 2015; NORMILE, 2014). O avanço proporcionado por esta pesquisa permitiu completar o conjunto das três cores primárias por meio da utilização de semicondutores, e gerar a luz branca. Juntamente com os LEDs existentes de alto brilho, os LEDs azuis e verdes possibilitam hoje o desenvolvimento de displays sólidos *full color*, luzes para sinalização de trânsito, e aplicações especializadas (AKASAKI, 2014).

O desenvolvimento da tecnologia LED que culminou, portanto, com o LED Azul, deu origem a uma revolução na iluminação. A inovação, que pode ser considerada radical pelo impacto<sup>2</sup> segundo alguns autores (VON DOLLEN et al. 2014), que pode provocar uma mudança de paradigma tecnológico semelhante à ocorrida com a invenção da lâmpada incandescente. Neste sentido, as Nações Unidas consideram 2015 como Ano Internacional da Luz e das Tecnologias baseadas em Luz, por reconhecerem o potencial destas tecnologias em contribuir para o desenvolvimento sustentável em diversas áreas, inclusive a da energia (UNESCO, 2015). Desta forma é importante entender as mudanças emergentes e sua contextualização dentro de um mundo no qual a redução do consumo energético e material se coloca como imperativo para a sobrevivência das gerações futuras.

No que diz respeito ao ambiente construído, esta análise é de suma importância, já que as edificações são responsáveis por uma parcela significativa dos danos causados pelo ser humano ao meio ambiente, tanto em razão dos recursos naturais utilizados como pelos resíduos gerados em todo o ciclo de vida das construções (BRASIL, 2015)<sup>1</sup>. Além disso, em um cenário no qual a matriz energética global é primordialmente composta por combustíveis fósseis (WORLD ENERGY COUNCIL, 2013), a energia destinada às construções - 32% da energia consumida no mundo - é considerada um dos grandes fatores responsáveis pela emissão de poluentes na atmosfera (IEA, 2015).

Devido à maior eficiência energética, a utilização da tecnologia LED tem o potencial de propiciar uma grande redução no consumo energético mundial na fase de uso das edificações, passando dos atuais 20% gastos com iluminação para 4% (NORMILE, 2014). Nos USA a redução seria de 18% para 6%, até 2025, (VON DOLLEN et al., 2014) e espera-se que no Brasil possa haver também uma economia significativa neste sentido.

Esta tecnologia abre também novas perspectivas de acesso à iluminação artificial para 1.5 bilhões de pessoas que não têm acesso à energia elétrica, já que seu uso pode ser feito por meio de energia solar ou pilhas simples (NORMILE, 2014; VON DOLLEN et al., 2014; AKASAKI, 2015).

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo analisar a forma pela qual a tecnologia de lâmpadas LED se apresenta no cenário residencial brasileiro frente ao paradigma emergente da sustentabilidade. Procurou-se abordar os diversos fatores que

1 Ministério de Minas e Energia (MME). Disponível em <<http://www.mme.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em set. 2015.

conformam o contexto (o “ambiente”), considerando, assim, sua complexidade. O potencial de adaptação dos diferentes tipos de lâmpadas é, portanto, analisado frente aos fatores de influência do ambiente, procurando-se observar as implicações desta adaptação para uma maior adoção<sup>2</sup> e difusão<sup>3</sup> dos sistemas de iluminação.

O estudo da tecnologia de lâmpadas LED sob esta ótica favorece a percepção de elementos para a construção de cenários que podem subsidiar a tomada de decisão por parte dos articuladores das políticas públicas, responsáveis pela condução das tendências emergentes no sentido da sustentabilidade; além disso, na microescala, disponibiliza conhecimento que possibilita aos projetistas adotar tecnologias mais condizentes com os paradigmas atuais.

A metodologia utilizada para a pesquisa foi uma revisão bibliográfica realizada junto a diferentes fontes. Inicialmente, foram buscadas informações sobre o estado da arte das tecnologias estudadas, assim como informações de mercado. Em seguida foi feita a análise do tema abordado, estabelecendo-se uma relação entre o movimento observado no cenário de iluminação residencial brasileiro e o contexto de sua inserção.

## A mudança de paradigma energético no ambiente construído

A grande demanda de energia gerada pelo homem é tida como um dos grandes fatores responsáveis pela emissão de poluentes na atmosfera, sendo foco das principais reuniões internacionais. Os setores residencial e comercial representaram, juntos, 29% da energia elétrica gasta no mundo em 2011 (EIA, 2014 *apud* ABRAHÃO, 2015). No Brasil, o setor de edificações, que compreende o residencial, comercial e públicos, foi responsável por 48,5% do consumo total de energia elétrica em 2013, sendo o setor residencial o de maior peso por corresponder a 24,2% do consumo (EPE 2014 *apud* ABRAHÃO, 2015). Assim, uma melhoria de eficiência energética neste setor apresenta grande potencial de redução de consumo, contribuindo no sentido da sustentabilidade.

Atualmente, a tendência relacionada ao uso da energia elétrica se dá no sentido contrário: em âmbito nacional, a previsão é de um aumento de 2,2% ao ano entre 2010 a 2040, frente a 1,4% ao ano para o fornecimento de todas as outras fontes de energia (IEA, 2013 *apud* ABRAHÃO, 2015).

O aumento real verificado de 2013 para 2014 ultrapassou esta previsão, chegando a 2,9%. No setor residencial, alcançou neste período 5,7% com média de crescimento de 5,2% ao ano, desde 2005 (BEN, 2015).

Parte do crescimento neste setor foi influenciada pelo aumento populacional, mas a ascensão econômica de classes sociais de baixa renda, a inclusão destes consumidores em programas como o “Luz para Todos”, os hábitos e a posse de eletrodomésticos representaram grande impacto no consumo energético nacional (IEA, 2014 *apud* ABRAHÃO, 2015). Assim, entre 2010 e 2014, ao passo que a população aumentou, em

2 Análise de adoção – decisões tomadas por agentes que incorporam uma nova tecnologia em suas atividades (METCALFE, 1988).

3 Análise de difusão – preocupa-se com como o valor econômico de uma nova tecnologia muda ao longo do tempo. Está diretamente relacionada com a análise de substituição de uma tecnologia antiga por uma nova (METCALFE, 1988).

média, 0,9% ao ano, o consumo de energia elétrica *per capita* cresceu 2,6% (EPE, 2015).

Se por um lado este crescimento é positivo pelo fato do consumo energético ser considerado um dos indicadores de desenvolvimento dos países (TEIXEIRA 2002 *apud* FEDRIGO *et al.* 2009); por outro lado, ele torna mais evidente a necessidade do desenvolvimento de ações que visem a eficiência energética, dada a busca pela redução de emissões de CO<sub>2</sub>, causadas pela utilização de fontes não limpas para a produção de energia elétrica, como o carvão e o petróleo (WEC, 2013). Eventuais ganhos em termos de eficiência energética nos sistemas de iluminação residencial deverão ter também consequências no aumento do acesso à inovação, como já se observou historicamente, quando houve melhorias significativas na eficiência das opções disponíveis, por exemplo, no caso da transição das lâmpadas a querosene para as lâmpadas incandescentes (HICKS *et al.*, 2015).

O reconhecimento da importância de melhorar os níveis de eficiência energética tem levado à criação de políticas públicas nacionais neste sentido desde a década de 1980. Estas políticas são coordenadas pelo Ministério de Minas e Energia (MME), e dentre elas destacam-se: o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), criado em 1984 e coordenado pelo Inmetro, que avalia produtos em aspectos relacionados ao seu desempenho, como a eficiência energética, dentre outros; o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), criado em 1985 e coordenado pela Eletrobrás, que tem o objetivo de promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício, em áreas de atuação como equipamentos, iluminação pública, poder público, indústria e comércio (ELETROBRÁS, 2015); e o Programa Nacional da racionalização do uso dos derivados de petróleo e do gás natural (CONPET), criado em 1991 e executado pela Petrobrás, cujo objetivo é promover a conscientização da população sobre a importância da racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural e estimular a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico em busca da eficiência energética (CONPET, 2015).

Em 2001, quando ocorreu o racionamento energético no Brasil (ABRAHÃO, 2015), foi estabelecida a Lei nº 10.295 conhecida como Lei da Eficiência Energética, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, delimitando valores máximos de consumo e mínimos de eficiência de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país (BRASIL, 2001).

No âmbito das edificações, esta lei resultou na criação, em 2003, do PBE Edifica: programa integrante do PBE, desenvolvido em parceria entre o Inmetro e a Eletrobrás/PROCEL Edifica. Por meio deste programa, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) pode ser conferida a edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas. Esta etiqueta representa a conformidade no atendimento de requisitos de normas e regulamentos técnicos e pode ser obtida em âmbito geral da edificação ou relacionada a sistemas isolados como a envoltória, o condicionamento de ar e a iluminação (PBE EDIFICA, 2015). De acordo com a Instrução Normativa Nº 2, de 4 de junho de 2014, ela se tornou compulsória para edificações públicas federais (DOU, 2014).

Conforme o Procel Edifica, os projetos de eficiência energética costumam atuar inicialmente na substituição de equipamentos ineficientes, como, por exemplo, os componentes dos sistemas de iluminação. Desta forma, o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes do ponto de vista energético neste setor se apresenta como uma das alternativas para redução do consumo energético nas edificações.

Do ponto de vista da criação de políticas públicas, outra forma de atuação do governo no sentido de contribuir diretamente para um mercado com tecnologias mais

eficientes é a criação de mecanismos fiscais (redução ou aumento de impostos para determinadas categorias de produtos), com vistas a favorecer ou inibir determinadas tecnologias (JANUZZI, 1994). Um exemplo foi o aumento, com a crise de 2001, dos impostos sobre produtos industrializados com baixa eficiência energética e a criação de incentivos para a comercialização daqueles com rendimento elevado. As lâmpadas fluorescentes compactas (LFCs), que não eram fabricadas no Brasil, foram isentas de alíquota de importação (anteriormente 21%) (CARNEIRO, 2010).

Apesar da maior parte da geração de eletricidade do Brasil ser feita por meio de usinas hidrelétricas, as adversidades na situação hídrica do país, causadas pela alteração do regime de chuvas desde 2012, resultaram na utilização cada vez maior da termelétrica – energia gerada por combustíveis fósseis em usinas termelétricas (UTE), com elevado custo. Assim, o caráter pressupostamente emergencial das UTEs tem dado lugar à utilização contínua desta forma de geração de eletricidade (SANTOS, 2015). Em consequência, em 2015, a ANEEL autorizou um Reajuste Tarifário Extraordinário para 58 concessionárias de distribuição, cujo efeito médio no aumento de preço percebido pelos consumidores foi de 23,4% (ANEEL, 2015).

Dentro deste contexto, a diminuição de consumo de energia elétrica proporcionada pelos LEDs assume importância decisiva na inovação no setor.

## Desenvolvimento dos LEDs: breve histórico

Os diodos emissores de luz (LEDs) são semicondutores que convertem a corrente elétrica em luz, sendo que sua reprodução se dá por meio da eletroluminescência – processo no qual a emissão é gerada por meio de excitação eletrônica causada pela passagem de corrente elétrica através de materiais, como semicondutores inorgânicos, cristais orgânicos e polímeros orgânicos (GREGGIANIN, 2013).

Os LEDs já estão disponíveis comercialmente desde os anos 1960, mas com uma gama limitada de cores. Em 1962, um LED vermelho baseado em ligas de *gallium arsenide phosphide* (GaAsP) foi desenvolvido por Holonyak Jr. e Bevacqua, tendo sido o primeiro LED no mundo a emitir luz visível. Em 1968, a equipe de Logan, do *Bell Laboratories* (EUA), produziu um LED verde baseado no *nitrogen-doped gallium phosphide* (GaP: N) (LOGAN *et al.*, 1968). Portanto, até o início dos anos 1990, só existiam no mercado LEDs em cores tais como vermelho e verde, (ZEHNER, 2011; NORMILE, 2014) que eram usados nas luzes de indicação em aparelhos eletrônicos, e mais tarde em luz de freio de automóveis (NORMILE, 2014).

Para a produção de luz branca, necessária para a generalização do uso, ainda era necessário o desenvolvimento do LED azul, que opera no comprimento de onda mais curto do espectro visível e produz o mais alto nível de energia (AKASAKI, 2015). O comprimento de onda da luz e, portanto, a cor, depende de propriedades do cristal e impurezas – ou *dopants*. Durante muitos anos procurou-se a combinação certa de materiais semicondutores e *dopants* capazes de produzir luz azul. De acordo com Normile (2014), o desafio estava em encontrar os materiais adequados.

As pesquisas para obtenção de emissões azuis se iniciaram na transição da década de 1960, para a de 1970 com os esforços do *RCA Laboratories* e *Bell Laboratories* (VON DOLLEN *et al.*, 2014). Inicialmente focadas em emissores baseados no GaN, as tentativas passaram para o *(ZnSe)* (VON DOLLEN *et al.*, 2014) e para o *silicon carbide* (6H-SiC) (VON DOLLEN *et al.*, 2014). Entre os poucos grupos que continuaram investindo em tentati-

vas com o GaN, estava o professor Akasaki da Nagoya University (VON DOLLEN *et al.*, 2014) em parceria com Hiroshi Amano e com a complementação proporcionada pela pesquisa de Shuji Nakamura, na época na Nichia Corp e atualmente nos EUA (HENNING, 2015; NORMILE, 2014) conseguiu-se, em 1986, chegar ao LED azul (NORMILE, 2014) e, a partir dele, ao LED Branco (ZEHNER, 2011).

Os primeiros modelos de LED para iluminação geral emitiam cor azulada, mas, com seu aperfeiçoamento, um espectro mais completo de iluminação LED passou a ser disponibilizada para os engenheiros de iluminação que dosaram com sutilezas de tons “quentes” ou “frios” as lâmpadas a serem comercializadas (ZEHNER, 2011).

Desta forma, a inovação trazida pela invenção do LED azul representou um grande salto de desempenho para a tecnologia e fez com que ela possibilitasse hoje um prognóstico para redução de consumo energético considerando a sua alta eficiência energética e a ampla utilização em aplicações comerciais. Desde os anos 2005, o uso dos LEDs se generalizou para iluminação em aviões, navios, automóveis, luzes de emergência, sinais, *displays* de telas planas, luzes de sala de operação e diversas outras inclusive para iluminação de ambientes (ZEHNER, 2011).

As vantagens dos LEDs para aplicação na iluminação despertam um grande interesse por sua eficiência geral, relacionada a um ótimo desempenho em diversos parâmetros que serão analisados a seguir.

## Características das lâmpadas incandescentes comuns, halógenas, LFCs e LEDs

Considerando o macro ambiente de mudança de paradigma energético e a maior consciência em relação à sustentabilidade, dentre os fatores que parecem estar atuando sobre o processo de evolução das tecnologias de iluminação estão inclusos a eficiência energética, o baixo nível de toxidade e a facilidade para o descarte; a questão do custo, que envolve não somente o investimento de produção e aquisição, mas também o aspecto da durabilidade, que reflete diretamente no valor total relacionado à manutenção; e a flexibilidade de uso, que inclui questões como a disponibilidade de cores, modelos, facilidade de substituição, possibilidades variadas de efeitos e intensidades (como dimerização), etc. A Tabela 1 a seguir expõe as características de cada tipo de lâmpada, que serão analisadas com relação aos fatores que mais influenciam na sua adoção.

Tabela 1- Características das lâmpadas incandescentes comuns, halógenas, LFCs e dos LEDs. Fonte: criação própria a partir de diversas fontes, indicadas na tabela.

|  | LÂMPADAS INCANDESCENTES COMUNS  | LÂMPADAS HALÓGENAS                                 | LFC  | LEDs   |
|--|---|--|--|--|
| Princípio de funcionamento (GREGGIANIN, 2013)                              | Incandescência  | Incandescência                                     | Descarga gasosa  | Eletroluminescência  |
| Principais componentes para manufatura (GREGGIANIN, 2013)                  | Metais, ligas metálicas, gases, laca, malaquita, pó de mármore e vidro. | Metais, ligas metálicas, gases halógenos e quartzo | Vidro, gases de vapor metálico, metais, funções orgânicas e <u>trifóforo</u> ou <u>halofosfato</u> | Plásticos, componentes eletrônicos, funções orgânicas metais e vidro (ligas alcalinas) |
| Contém mercúrio (ZEHNER, 2011)   | Não   | Não  | Sim  | Não  |
| Variedade de potência nominal (W)  | 25 a <u>100W</u> (OSRAM, 2015a)   | 20 a 1.000W (OSRAM, 2015b)                         | 5 a <u>105W</u> (OSRAM, 2015c)   | 3 a <u>33,8W</u> (OSRAM, 2015d)  |
| Eficiência luminosa  | 10 a 15lm/W (OSRAM, s/d.)   | 15 a 25lm/W (OSRAM, s/d.)                          | 50 a 85lm/W (OSRAM, s/d.)  | 30 a <u>113,7lm/W</u> (CB3E, 2015)   |
| IRC  | 100 (OSRAM, 2015a)  | 100 (OSRAM, 2015b)                                 | ≥80 (OSRAM, 2015c)   | >80 (OSRAM, 2015d)   |
| Temperatura de cor (K)   | 2.700K (OSRAM, 2015a)   | 2.700 a 3.000K (OSRAM, 2015b)                      | 2.700 a 6.500K (OSRAM, 2015c)  | 2.700 a 6.500K (OSRAM, 2015d)  |
| Disponibilidade de diferentes cores e formatos de bulbo (GREGGIANIN, 2013) | Sim   | Sim  | Sim  | Sim  |
| Disponibilidade base E27 (GREGGIANIN, 2013)                                | Sim   | Sim  | Sim  | Sim  |
| <u>Dimerizável</u> (GREGGIANIN, 2013)                                      | Sim   | Sim  | Não  | Sim  |
| Necessidade de equipamento auxiliar (GREGGIANIN, 2013)                     | Não   | Sim  | Não (reator integrado)   | Não  |
| Vida útil média (GREGGIANIN, 2013)   | 750 a 2.000 horas   | 5.000 horas  | 8.000 horas  | 45.000 horas   |

### Eficiência energética

Os fatores considerados na escolha das lâmpadas para a formação dos sistemas de iluminação residencial têm se modificado com a emergência do paradigma da sustentabilidade, tal como descrito anteriormente.

A fase de maior consumo energético nas edificações é a fase de uso, (HICKS *et al.* 2015) o que tem gerado políticas com vistas a suprimir as tecnologias pouco eficientes energeticamente.

Como é possível observar a partir dos dados da Tabela 1, as lâmpadas analisadas apresentam grande variação de eficiência luminosa (ou energética) - indo de 10 a 15lm/W nas lâmpadas incandescentes comuns, a 15 a 25lm/W nas halógenas, 50 a 85lm/W nas LFCs e 30 a 113,7lm/W nas LEDs. Assim, as lâmpadas com princípio de funcionamento de incandescência são as menos eficientes energeticamente, com grande parte da energia produzida dissipando-se sob forma de calor.

Após recomendação da Agência Internacional de Energia para remoção de lâmpadas incandescentes comuns do mercado com o objetivo principal de reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, diversos países têm adotado iniciativas neste sentido (BASTOS, 2011). Nos, EUA, o U.S. *Energy Independence and Security Act* de 2007, estabeleceu o fim da manufatura de lâmpadas incandescentes comuns até 2014 (HICKS *et al.*, 2015), a menos que pudessem atingir os rigorosos padrões de eficiência determinados pela lei (BASTOS, 2011).

A União Europeia (UE), por sua vez, estabeleceu em 2008, um calendário para suprimir progressivamente a produção e comercialização de lâmpadas incandescentes comuns, de 2009 até 2012 (BERTOLDI; ATANASIU, 2012; EUROPEAN COMMISSION, 2009). Sua gama de restrições foi estendida no ano de 2015, quando foi discutida a supressão gradual das lâmpadas halógenas não direcionais de seu mercado, com prazo final inicial para 2016, posteriormente adiado para setembro de 2018. O adiamento visou a maior disponibilização de tempo para o barateamento e das lâmpadas LED no mercado (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

Assim como estes e outros países (Austrália, Argentina, Cuba), o Brasil, em 2010, adotou medidas similares, estabelecendo a Portaria interministerial N°1007, que impõe periodicamente prazos-limite para comercialização das mesmas lâmpadas, conforme faixas de potência nominal (W), de forma que até 2017 não poderão ser comercializadas lâmpadas incandescentes comuns no mercado brasileiro (BRASIL, 2010).

Considerando a eficiência energética fator determinante para a escolha entre as diferentes tecnologias disponíveis para a iluminação, não restam dúvidas de que as lâmpadas incandescentes comuns e as halógenas podem ser caracterizadas como ameaçadas pelos novos paradigmas.

Por outro lado, as LFCs e as LEDs estão mais adaptadas ao ambiente atual, apresentando características que proporcionam o seu desenvolvimento e difusão no mercado.

A alta eficiência energética das LFCs foi o principal fator para sua difusão no mercado brasileiro, inicialmente ao final da década de 1990 devido ao fim dos subsídios ao custo de energia do país e conseqüente pressão para redução do consumo energético (GELLER, 1997); mas principalmente após 2001, quando o país sofreu problemas relacionados à oferta de energia ocasionados pelos baixos níveis dos reservatórios das usinas hidrelétricas. À época, as tarifas de energia sofreram consideráveis aumentos, o que impulsionou a população a substituir as lâmpadas incandescentes comuns pelas LFCs, que podem consumir até 80% menos de energia do que as primeiras, apesar de seu maior custo inicial (SILVA, 2008; PHILLIPS, s/d.).

Já os LEDs brancos apresentam os maiores índices de eficiência energética dentre todos os tipos de lâmpadas. Embora possam atingir até 230lm/W (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014), estudo realizado pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E) em 2015 com LEDs de diferentes marcas do mercado brasileiro, mostrou eficiência luminosa máxima encontrada de 113,7lm/W. O mesmo estudo apontou a presença de LEDs com eficiência luminosa de 30lm/W (menor do que o das LFC) no país, o que aponta uma grande variedade de qualidade destes produtos no mercado atual.

### Toxicidade

A toxicidade dos processos ao longo do ciclo de vida das lâmpadas é um aspecto que envolve questões relacionadas aos materiais componentes de cada equipamento, que irão impactar o meio ambiente e o homem tanto no momento de fabricação quanto no de descarte.

Para a manufatura das lâmpadas incandescentes comuns, são utilizados metais como tungstênio, cobre e estanho; ligas metálicas formadas por manganês-níquel, gases, como o argônio e ainda laca, malaquita, pó de mármore, vidro e alumínio. Ou seja, não há utilização de substâncias potencialmente agressivas, e há materiais que podem ser reciclados após o descarte, como o vidro e o alumínio (GREGGIANIN et al., 2013).

A composição das lâmpadas halógenas também não envolve o uso de materiais que representam perigo ao ambiente nem ao ser humano, incluindo os gases halógenos e o bulbo de quartzo, que suporta as altas temperaturas necessárias para a incandescência do filamento de tungstênio. Por isto, podem ser descartadas em lixo convencional, sem perigo de toxicidade (LAMBERTS et al., 2014).

As LFCs, por sua vez, são as mais prejudiciais, pois possuem mercúrio em sua composição - metal de alto grau de periculosidade - o que gera perigo de envenenamento na fase de fabricação. Esta atividade é classificada com o grau máximo de insalubridade pela norma regulamentadora NR15. Na fase de descarte, ela se torna um lixo tóxico e deve ser encaminhada para aterros de resíduos perigosos, a menos que tratada antes da destinação final (GREGGIANIN et al., 2013).

Apesar de se aproximarem das LFCs no quesito eficiência energética, em relação à toxicidade as lâmpadas LEDs não contém materiais tóxicos, mas apenas plásticos, elementos eletrônicos, vidros e metais como alumínio, estanho, cobre e níquel (GREGGIANIN et al., 2013).

### Flexibilidade de uso

Este aspecto diz respeito às características de utilização das lâmpadas, ou seja, sua resistência, efeitos estéticos gerados, facilidade de instalação e confiabilidade do desempenho. A importância desta avaliação está relacionada com sua aceitação pelo usuário final, na medida em que este tem suas expectativas atendidas.

Considerando as lâmpadas incandescentes comuns, sua resistência ao impacto e vibração é limitada, já que seu bulbo é de vidro simples. Estão disponíveis em variedade de cores e formatos de bulbos, cuja base mais utilizada é a E27. Elas podem ser dimerizadas, não necessitam de equipamento auxiliar para funcionar e são aplicadas em iluminação geral de ambientes ou em sistemas de iluminação complementar (PHILLIPS, s/d.). Sua temperatura de cor é de 2700K, gerando uma luz amarelada que, do ponto de vista psicológico, pode tornar o ambiente mais aconchegante (OSRAM, s/d.). Seu índice de reprodução de cor (IRC) de 100 favorece sua utilização em ambientes onde a percepção de cores é importante. Por sua grande perda de energia sob forma de calor, estas lâmpadas podem aquecer o ambiente e gerar desconforto ao usuário, principalmente se estiverem próximas ao plano de trabalho.

O tamanho reduzido das lâmpadas halógenas, juntamente ao seu IRC de 100, faz com que sejam as lâmpadas mais utilizadas para gerar efeitos estéticos como o *wallwash* e para iluminação direcional (*spots*) em lojas, por exemplo. Possuem bulbos de quartzo (resistente a altas temperaturas) e necessitam de transformadores para serem utilizadas na rede elétrica. Sua temperatura de cor pode variar entre 2.700 a 3.000K (vide

Tabela 1), gerando luz de efeito amarelado. Estão disponíveis em potência e tamanhos variados, inclusive com bocais E27, apesar de não ser este o mais comum para esta lâmpada. A iluminação direcional das lâmpadas halógenas pode gerar aumento de temperatura e ofuscamento no ponto iluminado, o que pode causar desconforto aos usuários.

As LFCs, por sua vez, possuem temperatura de cor que varia de 2.700 a 6.500K, podendo gerar luz de efeito amarelado ou branco. Seu funcionamento requer dispositivos auxiliares, como reatores e *starters*, que muitas vezes já se encontram acoplados em sua base, não sendo um obstáculo para sua adoção (LAMBERTS *et al.* 2014). As LFCs estão disponíveis para diferentes potências nominais e tamanhos, com base E27, o que facilita sua utilização em substituição às incandescentes comuns e influencia positivamente sua popularidade – a menos que haja necessidade de dimerização, que não é possível neste caso. Têm grande versatilidade, podendo ser utilizadas para iluminação geral de ambientes residenciais ou de trabalho, e em sistemas de iluminação complementar (PHILLIPS, s/d.). Apesar de não dissiparem muito calor, seu efeito estroboscópico (piscar na mesma frequência de alimentação) pode gerar incômodo aos usuários (LAMBERTS *et al.*, 2014). Além disso, sua vida útil está relacionada com os fluxos de chaveamento (liga-desliga): tempos de reacendimento inferiores a 15 minutos ou mais do que 8 acendimentos por dia podem diminuir sua vida útil, o que faz com que a análise do tipo de ocupação do ambiente seja necessária antes de sua utilização (GREGGIANIN, 2013).

Os LEDs, por sua vez, não emitem calor, podem utilizar dimerização, gerar iluminação geral ou focal, são robustos (AKASAKI, 2015) (resistentes ao choque e vibração), possuem acendimento e reacendimento praticamente instantâneos (FILADELFO, 2010). Estão disponíveis em temperaturas de cor que vão de 2.700 a 6.500K (vide Tabela 1), gerando ampla variedade de coloração – de acordo com as propriedades do semicondutor utilizado (ZEHNER, 2011). Esta tecnologia vem sendo amplamente difundida no mercado mundial e brasileiro, já possuindo uma diversidade de mais de 150 tipos de lâmpadas, incluindo modelo com bocal E27, semelhante ao das lâmpadas incandescentes comuns e LFCs (OSRAM, 2015d).

Entretanto, a falta de normatização para estabelecimento de padrões mínimos de qualidade na produção desta tecnologia, até 2015, gerou desempenho variável em fatores como IRC e temperatura de cor, até mesmo dentro de mesmos lotes de fabricação (FILADELFO, 2010). Além destas imprecisões, o fluxo luminoso das LEDs duas vezes menor do que o das LFCs dificulta o processo de simples substituição de uma pela outra e torna necessária, em algumas ocasiões, a formulação de arranjos com diversas unidades (GREGGIANIN, 2013). Outro fator a ser otimizado nesta tecnologia é sua sensibilidade a altas temperaturas, que atualmente reduz significativamente sua eficiência (CB3E, 2015). Estes são considerados grandes desafios para a maior difusão desta tecnologia no cenário nacional, apesar de sua grande vantagem relacionada à economia de energia e baixo impacto ambiental (CB3E, 2015).

O fator de variabilidade de desempenho tende a ser vencido, já que, a partir da recente aprovação das Portarias nº 143 e 144 do Inmetro (Requisitos de Avaliação da Conformidade para Lâmpadas LED com Dispositivo Integrado à Base), em março de 2015, foram estabelecidos critérios de qualidade mínimos a serem avaliados nesta tecnologia<sup>4</sup> – como potência nominal (W), fluxo luminoso (lm), IRC, eficiência, valores

4 Estão excluídos dos requisitos destas Portarias: lâmpadas com LEDs coloridos, lâmpadas de LED que produzam intencionalmente luz colorida, OLEDs (Organic Light Emitting Diode) e RGB que possuam invólucro decorativo e produzam luz colorida (BRASIL, 2015).

de correspondência, dentre outros (INMETRO, 2015a; INMETRO, 2015b). Segundo esta portaria, a partir de setembro de 2017 só será permitida a comercialização de LEDs com dispositivos integrados à base devidamente registrados no Inmetro, com ostentação de uma ENCE (INMETRO, 2015b).

### Custo e durabilidade

O custo das diversas lâmpadas inclui, além do custo unitário de aquisição, o custo de produção e o de manutenção. A produção em maior escala diminui o custo de aquisição; a durabilidade, por sua vez, diminui o custo de manutenção dos sistemas de iluminação, reduzindo a necessidade de reposição de peças, além de implicar na extensão da vida útil e consequente redução material.

O preço de venda varia de acordo com marcas, potências e modelos das lâmpadas. Em relação às lâmpadas incandescentes comuns, halógenas e LFC, o preço é baixo, com pouca variação entre modelos e marcas. Para as lâmpadas LEDs, a amplitude é maior: os modelos mais caros chegam a 12 vezes o preço dos mais baratos, custando até R\$200,00 a unidade<sup>5</sup>, o que está relacionado com a variação da qualidade dos produtos, que tende a diminuir, como citado anteriormente.

O preço de venda elevado também é reflexo da falta de capacidade de produção para suprir totalmente o mercado, o que fez com que a UE adiasse a supressão das lâmpadas halógenas para o ano de 2018 (EUROPEAN COMMISSION, 2015). Entretanto, ao analisar historicamente sua inserção no mercado Americano, a tendência do preço de venda das lâmpadas LEDs é de queda: na década de 1970, o preço/lm era de cerca de \$10, caindo para \$1 na década de 1980 e para apenas 10 cents em 1990. Em 2010, o preço médio da lâmpada era de cerca de \$60. (ZEHNER, 2011). No Brasil, dados do CB3E (2015) apontam que em 2025 os preços dos LEDs serão equivalentes aos das outras tecnologias. Apesar das perspectivas de barateamento, o alto custo de aquisição ainda é reconhecido como grande barreira para adoção dos LEDs no mercado brasileiro: dados da Avant (2015), empresa brasileira de fabricação e comercialização de lâmpadas, indicaram, no ano de 2014, uma comercialização de 250 milhões de unidades de lâmpadas incandescentes comuns, 200 milhões de unidades de LFCs, 20 milhões de unidades de lâmpadas halógenas e apenas 4 milhões de unidades de lâmpadas LED. Portanto, apesar da tendência de queda, o preço elevado ainda funciona como uma das principais barreiras à difusão dos LEDs.

Como os dados referentes à vida útil são referentes às lâmpadas testadas em laboratório, e não ao sistema de iluminação utilizados na prática (FILADELFO, 2010), ainda não se sabe ao certo o tempo de *payback* dos LEDs. Estudos de caso na Europa indicam um período de 2 a 10 anos – variação ainda grande (VALENTOVÁ *et al.*, 2012) o que dificulta a avaliação do custo ao longo do ciclo de vida.

## Considerações finais

O objetivo do presente trabalho foi analisar a evolução da tecnologia de lâmpadas LEDs - diodos emissores de luz - face ao contexto atual do cenário residencial bra-

<sup>5</sup> Para avaliação dos preços unitários das lâmpadas, foi realizado levantamento em site de empresa nacional, em 2015.

sileiro. Assim, esta tecnologia e suas concorrentes foram exploradas em relação aos diferentes aspectos que mais influenciam na escolha das lâmpadas.

Diante desta análise, foi possível perceber o processo de inovação em curso: desde as lâmpadas incandescentes comuns, às halógenas, às fluorescentes e finalmente às LEDs, o que se observa é a busca por soluções que visam sempre atingir **níveis mais altos de eficiência energética**. A partir deste processo, o paradigma tecnológico emergente neste setor demonstra **a tendência de supressão de tecnologias pouco eficientes**, como as lâmpadas incandescentes e as halógenas, e **a maior difusão das tecnologias eficientes**, como os LEDs - tecnologia que se demonstra mais adaptada ao ambiente do que suas concorrentes.

Aspectos que têm reforçado este paradigma, e que configuram o contexto dentro do qual os sistemas de iluminação estão em competição, vão desde as discussões acerca do desenvolvimento sustentável nas agendas mundiais e a grande mobilização em torno deste tema até, mais especificamente, as políticas públicas para supressão de tecnologias de iluminação ineficientes do ponto de vista energético. Tanto as políticas para supressão das lâmpadas incandescentes comuns, como a discussão acerca da supressão das lâmpadas halógenas, demonstram que o nível de eficiência energética é uma condicionante no que diz respeito à consolidação das lâmpadas no mercado.

Entretanto, dentre as questões analisadas, existem aquelas que trazem desafios à difusão dos LEDs, tornando o processo mais complexo: a **flexibilidade de uso, o custo e a durabilidade**. Em relação à flexibilidade de uso, o problema que emerge é a confiabilidade no desempenho das lâmpadas, que indica a necessidade de conformação destas tecnologias existentes às Portarias nº 143 e 144 do Inmetro, para que haja efetivo controle de qualidade – processo que demandará tempo previsto de adequação da indústria de trinta meses (INMETRO, 2015b). Além disso, o longo período de *payback* observado devido ao alto custo de produção e aquisição aliado ao desconhecimento da real vida útil dos sistemas de iluminação LED, demonstram a necessidade de aprimoramento tecnológico no nível da produção.

O estudo das diferentes tecnologias traz reflexões que dão suporte aos projetistas na adoção de tecnologias mais condizentes com os paradigmas atuais. Numa outra escala, permite a construção de cenários mais sustentáveis que podem nortear o desenvolvimento de políticas públicas – como por exemplo, o subsídio à produção de LEDs ou o estabelecimento de taxas para a deposição das LFCs, dada sua toxicidade (HICKS *et al.*, 2015).

A análise realizada destaca, portanto, a extrema relevância do tema para a compreensão da evolução tecnológica e da dinâmica de inovação no setor.

## Referências

- ABRAHÃO, K. **Avaliação dos pesos regionais do RTQ-R a partir da análise da estrutura do consumo residencial de energia elétrica por região geográfica**. Belo Horizonte: UFMG, 2015. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- AKASAKI, I. Fascinating journeys into blue light (Nobel Lecture). *Annalen der Physik*, online, vol. 527, n. 5-6, p. 311-326, jun. 2015.
- ANEEL. **ANEEL define Revisão Tarifária Extraordinária de distribuidoras**. 2015. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=8418&i](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8418&i)>. Acesso em: set. 2015.
- AVANT. **O Mercado LED no Brasil**. Disponível em: <<http://www.avantled.com.br/2013/noticias/releases/645%ADo%ADmercado%ADde%ADled%ADno%ADbrasil?tmpl=component&print=1&page=>>>. Acesso em: 13 jun. 2015.
- BASTOS, F. **Análise da política de banimento de lâmpadas incandescentes do mercado brasileiro**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2011. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <[http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/sergiovgo/materiais/Analise\\_da\\_politica\\_de\\_banimento\\_de\\_lampadas\\_incandescentes\\_do\\_mercado\\_brasileiro.pdf](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/sergiovgo/materiais/Analise_da_politica_de_banimento_de_lampadas_incandescentes_do_mercado_brasileiro.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2015.
- BERTOLDI, P.; ATANASIU, B. Electricity Consumption and Efficiency Trends in European Union - Status Report 2009. **European Commission Joint Research Centre Scientific and Technical Reports**. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2009.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2014**: ano base 2013. Rio de Janeiro, 2014.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Instrução Normativa Nº 2, de 4 de junho de 2014**. Normas para a etiquetagem de edificações públicas. Diário Oficial da União, n. 106, 05 de junho de 2014, Seção 1, p.102-103.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Nacional de Eficiência Energética. Brasília**, [2011]. Disponível em: <[http://www.orcamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-do-pes/Plano\\_Nacional\\_de\\_Eficiencia\\_Energetica.pdf](http://www.orcamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-do-pes/Plano_Nacional_de_Eficiencia_Energetica.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2015.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE**. Brasília, 1984.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **PBE Edifica**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem>>. Acesso em: 20 jun. 2015.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). **Norma Regulamentadora Nº 15 - Atividades e operações insalubres**. Brasília, atualizada em 2014.
- BRASIL. **Portaria Interministerial Nº 1007 de 31 de dezembro de 2010**. Regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de lâmpadas incandescentes. Diário Oficial da União, 06 de janeiro de 2014. Brasília, 2010.
- CARNEIRO, D. **Da loucura dos gatos dançantes ao curto-circuito do século XXI: o mercúrio contido nas lâmpadas e a importância da educação no processo de gestão ambiental**. Brasília: UNB, 2010. Dissertação [Mestrado] – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (CB3E). **Nota Técnica referente à eficiência luminosa de produtos LED encontrados no mercado brasileiro**: versão 3, revisada e ampliada. Florianópolis, mar. 2015. Disponível em: <<http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/20150505-NotaTecnicaLed.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2015.

CONPET. **Programa Nacional de racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural**. Disponível em: <[http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt\\_br/conteudo-gerais/conpet.shtml](http://www.conpet.gov.br/portal/conpet/pt_br/conteudo-gerais/conpet.shtml)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

ELETROBRÁS. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel)**. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/data/Pages/LUMISO389BBA8PTBRIE.htm>>. Acesso em: 20 jun. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional**. Brasília, 2015 – Ano base 2014.

EUROPEAN COMMISSION. **FAQ: phasing out conventional incandescent bulbs**. Bruxelas, 2009. Disponível em: <[http://europa.eu/rapid/press-release\\_MEMO-09-368\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-09-368_en.htm)>. Acesso em: 10 set. 2015.

EUROPEAN COMMISSION. **Phase-out of inefficient lamps postponed to 1 September 2018**. Abr., 2015. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/energy/en/news/phase-out-inefficient-lamps-postponed-1-september-2018>>. Acesso em: 10 set. 2015.

FEDRIGO, N. *et al.* **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro**. 2009. Relatório (Iniciação científica) – Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, UFSC, 2009. Disponível em: <[http://www.la-beee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_ic/IC2009\\_Natalia.pdf](http://www.la-beee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_ic/IC2009_Natalia.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

FILADELFO, F. **Desenvolvimento de um Conversor Estático Controlado por PWM para Luminária de Iluminação Pública com LEDs**. Guaratinguetá: UNESP, 2010. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica na área de Projetos, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, UNESP, Guaratinguetá 2010.

GREGGIANIN, C. *et al.* Estudo comparativo entre lâmpadas: incandescentes, fluorescentes compactas e LED. **Espaço Energia**, [Curitiba], vol. 18, p. 19 – 27, abr. 2013.

HENNING, R. Lighting the 21st century. **Physica status solidi (a)**, online, vol. 212, n. 5, p. 893-896, abr. 2015.

HICKS *et al.* Emergent Effects of Residential Lighting Choices: prospects for energy savings. **Journal of Industrial Ecology**, [online], vol. 19, n. 2, p. 285 – 295, abr. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Portaria nº 143 de 13 de março de 2015**. Portaria que realiza ajustes no Regulamento Técnico da Qualidade para Lâmpadas LED com Dispositivo Integrado à Base. Brasília, 2015a. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002234.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Portaria nº 144 de 13 de março de 2015**. Portaria que aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade para Lâmpadas LED com Dispositivo Integrado à Base. Brasília, 2015b. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002235.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy Efficiency**. Disponível em: <<http://www.iea.org/aboutus/faqs/energyefficiency/>>. Acesso em: set. 2015.

JANUZZI, G. The establishment of an energy efficient residential lighting program: social relations determining policy changes. **Energy for Sustainable Development**, [online], vol. I, n. 3, set. 1994.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2014. 3ª edição. [Rio de Janeiro]: ELETROBRAS/PROCEL. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros>> Acesso em: 10 jan. 2015.

LOGAN, R. A et al. Efficient green electroluminescence in nitrogen-DOPED GaP p-n junctions. **Applied Physics Letters**, vol. 13, n. 4 p. 139-141, ago. 1968.

METCALFE, J. S. The diffusion of innovation: an interpretative survey. In: DOSI, G.; FREEMAN, C.; NELSON, R.; SILVERBERG, G.; SOETE, L. (ed.) **Technical Change and Economic Theory**. Londres e Nova York: Pinter, 1988, p. 560-589.

NAIME, R.; GARCIA, A. C. Propostas para o gerenciamento dos resíduos de lâmpadas fluorescentes. **Revista Espaço para Saúde**, Londrina, v.6, n.1, p. 1-6, dez. 2004.

NORMILE, D. Nobel Prizes: Physicists change the light bulb. **Science**, Nova York, vol. 346, n. 6206, p. 149-50, out. 2014.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. [S.l.: s.n.], [s/d.]. Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015.

OSRAM. **Lâmpadas incandescentes**: catálogo. [Osasco, SP], 2015a. Disponível em: <[http://www.osram.com.br/osram\\_br/ferramentas-e-servicos/servicos/downloads/index.jsp](http://www.osram.com.br/osram_br/ferramentas-e-servicos/servicos/downloads/index.jsp)>. Acesso em: 24 out. 2015.

OSRAM. **Lâmpadas halógenas**: catálogo. [Osasco, SP], 2015b. Disponível em: <[http://www.osram.com.br/osram\\_br/ferramentas-e-servicos/servicos/downloads/index.jsp](http://www.osram.com.br/osram_br/ferramentas-e-servicos/servicos/downloads/index.jsp)>. Acesso em: 24 out. 2015.

OSRAM. **Lâmpadas fluorescentes compactas**: catálogo. [Osasco, SP], 2015c. Disponível em: <[http://www.osram.com.br/osram\\_br/ferramentas-e-servicos/servicos/downloads/index.jsp](http://www.osram.com.br/osram_br/ferramentas-e-servicos/servicos/downloads/index.jsp)>. Acesso em: 24 out. 2015.

OSRAM. **Soluções em LED OSRAM**: catálogo. [Osasco, SP], 2015d. Disponível em: <[http://www.osram.com.br/osram\\_br/ferramentas-e-servicos/servicos/downloads/index.jsp](http://www.osram.com.br/osram_br/ferramentas-e-servicos/servicos/downloads/index.jsp)>. Acesso em: 28 jun. 2015.

PHILLIPS. **Guia Prático Philips Iluminação** - Lâmpadas, Reatores, Luminárias e LEDs. [S.l.: s.n.], [s/d.]. Disponível em: <[http://www.lighting.philips.com.br/pwc\\_li/br\\_pt/connect/Assets/pdf/GuiaBolso\\_Sistema\\_09\\_final.pdf](http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/br_pt/connect/Assets/pdf/GuiaBolso_Sistema_09_final.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2015.

SCOPACASA, V. Introdução à Tecnologia de LED. **La\_Pro**, vol. 01, nov. 2004, p. 5-11. Disponível em: <<http://www.lumearquitetura.com.br/lume/default.aspx?mn=962&c=0&s=259&friendly=edicao-01>>. Acesso em: 29 jun. 2015.

SILVA, C. G. **Diagnóstico sobre a utilização das lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) como promotoras da eficiência energética nos sistemas de iluminação no Brasil**. São Paulo: USP, 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

UNESCO. 2015 - **Ano Internacional da Luz**. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/about-this-office/prizes-and-celebrations/2015-international-year-of-light/>>. Acesso em: 25 set. 2015.

VALENTOVÁ, M; QUICHERON, M.; BERTOLDI, P. LED Projects and economic test cases in Europe. **European Commission Joint Research Centre Scientific and Policy Reports**. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2012.

VON DOLLEN, P.; PIMPUTKAR, S.; SPECK, J. S. Let There Be Light - With Gallium Nitride: The 2014 Nobel Prize in Physics. **Angewandte Chemie** (International ed.), vol. 53, n. 51, p. 13978 -13980, nov. 2014.

WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Resources 2013 Survey**. Londres, 2013. Disponível em: <<http://www.worldenergy.org/>>. Acesso em: 06 jun. 2015a.

\_\_\_\_\_. **World Energy in 4 minutes**. Disponível em: <<http://www.worldenergy.org/>>. Acesso em: 06 jun. 2015b.

ZEHNER, O. Promises and Limitations of Light-Emitting Diodes. **Green Technology**, Londres, vol. 288, n. 91, 2011.

### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvo o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

MINÉIA JOHANN SCHERER E BEATRIZ MARIA FEDRIZZI

## Desempenho das cortinas verdes no controle solar de edificações: um estudo experimental

*Performance of green curtains in solar control of buildings:  
an experimental study*

**Minéia Johann Scherer**

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Maria (2002); mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (2005); doutorado em Arquitetura pelo Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura (PROPAR) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. É professora adjunta do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS).

*Graduated in Architecture and Urbanism from Federal University of Santa Maria (2002); Master's Degree in Civil Engineering from Federal University of Santa Maria (2005); PhD in Architecture from the postgraduate's research program in Architecture (PROPAR) of the Federal University of Rio Grande do Sul - UFRGS. She is an adjunct professor of Architecture and Urban Planning Course at the Federal University of Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul (UFSM-CS).*

**[mineiaarq@gmail.com](mailto:mineiaarq@gmail.com)**

**Beatriz Maria Fedrizzi**

Doutora em Paisagismo. Professora do Programa de Pós-graduação em Arquitetura (PROPAR), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

*Holds a PhD in Landscape studies and is currently a professor at the Postgraduate Program in Architecture (PROPAR), at the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS).*

**[beatrizfedrizzi@gmail.com](mailto:beatrizfedrizzi@gmail.com)**

### Resumo

As cortinas verdes caracterizam-se pelo plantio e desenvolvimento de espécies de vegetação trepadeira, com auxílio de suportes, posicionadas em frente e afastadas das superfícies verticais da edificação. Seu aspecto funcional mais relevante está associado à capacidade de proporcionar sombra, dependendo da densidade de sua folhagem, o que pode repercutir de forma positiva na eficiência energética da edificação. Nesse contexto, o objetivo deste artigo consiste em verificar a capacidade de sombreamento de quatro espécies trepadeiras adaptadas ao clima subtropical brasileiro, observando o Percentual de Transmissão Solar (PTS) de sua folhagem ao longo das diferentes estações do ano. O método utilizado caracteriza-se como experimental, uma vez que tem como base a construção de um protótipo de campo, no qual as espécies de vegetação foram plantadas e avaliadas através de fotografias durante um ano de observação. Os resultados demonstraram o comportamento dinâmico e particular de cada espécie no que diz respeito à capacidade de proporcionar sombra, dependendo da época do ano e de suas características formais. Por este motivo, a escolha adequada da espécie irá depender do contexto climático da edificação, pensada de forma a repercutir em um balanço energético mais natural e passivo, evitando o excesso de consumo de energia com climatização artificial, principalmente para resfriamento. Assim, além de evidenciar os aspectos positivos do uso das cortinas verdes em arquitetura, este estudo demonstra a viabilidade de aplicação da metodologia adotada, com valores médios e plausíveis de utilização em simulações computacionais de desempenho energético.

**Palavras-chave:** Cortinas verdes. Vegetação. Controle solar. Eficiência energética.

### Abstract

*Green curtains are characterized by planting and development of climbing vegetation species, by the use of supports, positioned in front of vertical surfaces of a building and away from these. Its most important functional aspect is associated with the ability to provide shade, depending on the density of the foliage, which can reflect positively on the energy efficiency of the building. In this context, the purpose of this article is to verify the four climbing plants species capacity of shading, adapted to brazilian subtropical climate, noting the Percentage of Solar Transmission (PTS) of these foliage throughout the different seasons. The method is characterized as experimental, as it is based on the construction of a prototype field, where the climbing plants species were planted and evaluated by photographs, during a year of observing. The results demonstrated the dynamic and particular behavior of each species in relation to the ability of providing shade, depending on the season of the year and its formal characteristics. For this reason, the proper choice of the species will depend on the climate context of the building, in order to establish a more natural and passive energy balance, avoiding the excess of power consumption with artificial climate, mainly for cooling. Thus, show clearly the positive aspects of the use of green curtains in architecture, this study demonstrates the viability of applying the methodology, therefore the data represent mean values and plausible for use in computer simulations of energy performance of buildings.*

**Keywords:** Green curtain. Vegetation. Solar control. Energy efficiency.

## Introdução

As cortinas verdes, objeto de estudo deste trabalho, caracterizam-se pelo plantio e desenvolvimento de espécies de vegetação trepadeira, com auxílio de suportes, posicionadas em frente e afastadas das superfícies verticais da edificação, sejam elas fachadas opacas ou transparentes. A denominação vem do termo em inglês *green curtain*, mais aceito mundialmente, sendo esta considerada uma tipologia específica de jardim vertical, que tem como particularidade sua posição estratégica “descolada” das fachadas. Assim, o aspecto funcional mais relevante da utilização das cortinas verdes está associado à sua capacidade de proporcionar sombra, atuando como dispositivo de controle solar em arquitetura.

O sombreamento proporcionado irá depender da densidade de sua folhagem, sendo que, quando adequadamente planejada, pode repercutir de forma positiva na eficiência energética da edificação. Diferente dos sistemas convencionais, o uso da vegetação como proteção solar ainda pode apresentar outros benefícios, na medida em que responde de forma dinâmica às variações do clima e das estações, pois é um elemento natural e de baixo impacto ambiental, além de representar uma nova possibilidade de revegetação para as cidades.

A maior parte do território brasileiro possui grande incidência de radiação solar e altas temperaturas o ano todo. Mesmo na região sul, onde a latitude é maior, o verão registra temperaturas elevadas. Sendo assim, deve-se evitar o excesso de insolação nos ambientes internos, o que provoca indesejável carga energética. A solução, na maioria das vezes, pode ser obtida com a adoção de dispositivos de proteção solar, sobretudo para as áreas transparentes de fachada, de forma a bloquear ou redirecionar a incidência dos raios solares.

Nesse contexto, a vegetação, mesmo sendo um elemento natural, possui uma estrutura de galhos e folhas capazes de minimizar a passagem da radiação. No entanto, uma das principais limitações no estudo das cortinas verdes, enquanto elemento de controle solar, é o seu dinamismo. Um dispositivo de proteção solar convencional será dimensionado com unidades de tamanho fixo, que não se alteram com o tempo, sendo que a maior possibilidade de variação estará relacionada ao movimento de abrir ou fechar suas aletas ou orifícios. A vegetação, no entanto, é um elemento vivo que sofre alterações ao longo do seu crescimento, das variações sazonais e por causas adversas, seja interferência humana, variações climáticas ou problemas de adaptabilidade. Além disso, cada espécie de vegetal possui características diferenciadas que irão influenciar na sua capacidade de sombreamento como, por exemplo, o maior ou menor grau de fechamento da folhagem, sua velocidade de crescimento, seu porte, folhas perenes ou decíduas. Estes aspectos também sofrem variações, dependendo das condições de plantio, adubação e irrigação, podendo ser intensificados ou apassivados.

Este dinamismo gera dificuldade de previsão da condição da vegetação ao longo do tempo e, por conseguinte, de quantificação de sua capacidade de sombreamento, de forma a ser possível avaliar sua influência no desempenho energético das edificações em procedimentos de cálculo ou simulação computacional. Mesmo com esta dificuldade evidente, considera-se, pela contemporaneidade do tema e pelo interesse cada dia mais evidente no uso das cortinas verdes em projetos de arquitetura, como se pode observar em obras executadas na América do Sul, Europa e Ásia [Figura 1], que pesquisas científicas, alicerçadas em bases metodológicas consistentes, são de grande valia e necessárias para o aprimoramento e difusão desta técnica.

FIGURA 1 - Edificações com cortinas verdes. a) no Chile; b) na Alemanha; c) no Japão

Fontes: ENRIQUE BROWNE Y ASOCIADOS, 2013; BRT ARCHITEKTEN, 2013; EDWARD SUZUKI, 2013



Diante do exposto, o objetivo deste artigo consiste em verificar a capacidade de sombreamento de quatro espécies trepadeiras, duas perenes e duas decíduas, adaptadas ao clima subtropical do Brasil, observando o Percentual de Transmissão Solar (PTS) de sua folhagem, ao longo de um ano de avaliação, perpassando as diferentes estações climáticas. A principal intenção do estudo é a de testar o método e gerar alguns parâmetros médios, plausíveis de utilização em simulações computacionais de eficiência energética, antevendo a performance da aplicação das cortinas verdes em arquitetura.

## As cortinas verdes e o desempenho energético das edificações

Observou-se, nos últimos anos, um aumento significativo de pesquisas com enfoque no desempenho das cortinas verdes enquanto elemento de controle solar. Um dos estudos relevantes foi desenvolvido através de um experimento em laboratório por Stec, Passen e Maziarz (2005). O objetivo consistiu em avaliar o rendimento térmico e as habilidades de um sistema com vegetação trepadeira localizado na cavidade de fachadas duplas envidraçadas, comparando seu desempenho com um sistema de veneziana tradicional. Os resultados demonstraram que o sombreamento com plantas se mostra mais eficaz do que com venezianas, com redução da temperatura superficial e na camada interna.

Outro estudo importante, este realizado *in loco*, foi a avaliação do comportamento energético do edifício Consorcio Santiago, no Chile, projetado pelo arquiteto Enrique Browne e que possui cortinas verdes como estratégia de sombreamento para fachada oeste. O edifício foi analisado por Reyes (2002 apud BROWNE, 2007), comparando dois pavimentos do prédio: um sem a vegetação como elemento de sombreamento e outro com a cortina verde. O resultado apontou que o pavimento protegido consome 35% menos de energia, com uma redução de 25% nos custos. Isto demonstra, mesmo que ainda empiricamente, os benefícios térmicos e energéticos da adoção desta solução.

Por sua vez, Pérez (2010) realizou uma investigação sobre o comportamento de cortinas verdes no clima mediterrâneo continental seco da Espanha. O experimento foi elaborado com o objetivo de comparar o crescimento de quatro diferentes espécies de vegetação trepadeira e sua capacidade de fornecer sombra. Os resultados demonstraram que o desempenho de bloqueio da radiação solar das plantas pode ser comparado aos melhores índices alcançados por barreiras artificiais, o que favorece a sua apli-

cação como elemento de proteção solar em fachadas. A capacidade de sombreamento mais favorável foi o da *Parthenocissus quinquefolia*, no período de verão, em que suas folhas estão em pleno desenvolvimento, em que atingiu uma média de transmissão de luz de 0,15.

Outro experimento, realizado na Universidade de Brighton (Reino Unido) por Ip, Lam e Miller (2010), teve como objetivo principal a elaboração de uma metodologia para a determinação de um coeficiente de sombreamento dinâmico, chamado "Bioshading", que refletisse um ciclo anual de crescimento da planta. Para tanto, foram instaladas duas cortinas verdes em salas de escritório com a espécie *Parthenocissus quinquefolia*, sendo os dados de radiação solar coletados regularmente, em frente e atrás da vegetação. A transmitância solar chegou a 0,47 no verão, reduzindo gradativamente até 0,95 no período sem folhas.

Já na Tailândia, país que vem adotando políticas de incentivo ao uso da vegetação em jardins verticais e, especialmente, na forma das cortinas verdes para sombreamento, os pesquisadores Sunakorn e Yimprayoon (2011) estudaram o uso de plantas trepadeiras como dispositivos de sombra verticais, aplicando a espécie *Thunbergia grandiflora* na fachada oeste de uma sala de aula ventilada naturalmente. O objetivo principal do experimento consistia em comparar a temperatura interna desta sala com outra nas mesmas condições, localizada ao lado, porém sem a cortina verde. Os resultados demonstraram que a temperatura interna ficou menor no ambiente com a vegetação, sobretudo durante o dia, devido ao sombreamento causado pela planta e também pelo processo de evapotranspiração do vegetal.

Mais recentemente, Koyama et al. (2013) realizaram um experimento com cinco diferentes espécies de trepadeiras, com o intuito de verificar quais as principais características que contribuem para o efeito de resfriamento das cortinas verdes. As espécies foram conduzidas em frente a painéis que representavam a parede de uma edificação, sendo que no último painel não havia vegetação, para fins de comparação dos resultados. Uma série de parâmetros foram medidos e analisados durante o experimento, como a temperatura na superfície do painel e na superfície das folhas, a área de cobertura foliar e transmissão solar pela folha. O método para obtenção da porcentagem de área foliar merece destaque, pois assemelha-se ao utilizado nesta pesquisa, através do tratamento de imagens, com separação entre a vegetação e o fundo. Os resultados identificaram a área de cobertura foliar como característica fundamental para determinar a influência na diminuição de temperatura no painel. Isto se deve, principalmente, à capacidade da folhagem de proporcionar sombra. Além disso, outro fator identificado que pode contribuir para o resfriamento são os diferentes percentuais de transmissão solar pelas folhas, que dependem das características genotípicas de cada espécie.

No Brasil, as pesquisas sobre sistemas verdes em fachadas são ainda mais recentes e escassas. Um dos poucos estudos foi desenvolvido por Morelli (2009), com o objetivo de avaliar, através de um experimento em células-teste, o desempenho térmico da espécie *Parthenocissus Tricuspidata*. Comprovou-se uma diminuição da temperatura interna de, em média, 0,9°C na célula-teste com trepadeira aderente e de até 2,6°C na célula-teste com trepadeira sobre treliça afastada da parede.

Todos estes estudos evidenciam que os aspectos positivos, ou seja, os benefícios do uso da vegetação superam os possíveis pontos negativos, embora estes possam ser decisivos no momento do planejamento da edificação. Certamente ainda existe uma grande hesitação na área da arquitetura e construção civil em implementar sistemas verticais com vegetação. Isto se deve, entre outros aspectos, aos custos iniciais envol-

vidos, necessidade de conhecimento técnico adequado, de manutenção extra, possibilidade de gerar patologias ou atrair fauna indesejada. Em uma análise financeira, desta forma, deve-se considerar, no cálculo do custo/benefício, outros aspectos que, direta ou indiretamente, afetam o ciclo de vida em longo prazo da edificação: menores custos de energia para climatização, aumento do valor estético e ecológico, possibilidade de valorização do imóvel ou de melhor condição de vida para os ocupantes.

## Materiais e método

O método utilizado para esta pesquisa caracteriza-se como experimental e exploratório, uma vez que tem como base a construção de um protótipo de campo, no qual diferentes espécies de vegetação trepadeira foram plantadas e avaliadas através de fotografias, para se obter o Percentual de Transmissão Solar (PTS) em cada estação do ano. As etapas de execução do protótipo experimental e de coleta e tratamento dos dados serão detalhadas a seguir.

### Execução do protótipo experimental

O experimento consiste na construção de um protótipo simplificado, que simula a situação de aplicação das cortinas verdes em pequena escala. O modelo está sendo considerado simplificado por não agregar o elemento edificação ao arranjo, ou seja, considerar somente a cortina verde, de forma isolada, sem vínculo com uma área construída específica. O protótipo foi executado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, local que possui clima subtropical, em que as estações do ano são bem definidas.

Foi construída uma estrutura com tela metálica, com 6,0 metros de comprimento por 1,5 metros de altura, posicionada com as faces da tela voltadas para as orientações Leste e Oeste. O espaço total foi subdividido em regiões, destinadas ao desenvolvimento das diferentes espécies de trepadeiras. Desde a época do plantio das primeiras mudas, em setembro de 2011, as espécies foram monitoradas em seu crescimento e adaptação, sendo que, em dados momentos, algumas, escolhidas inicialmente, foram substituídas por outras que apresentaram melhor resposta às condições climáticas e necessidades do experimento. O acompanhamento deste período de consolidação incluiu visitas regulares para irrigação, adubação, fixação dos novos galhos e registro fotográfico.

As avaliações definitivas, com registro fotográfico e tratamento das imagens, ocorreram no período de um ano, entre o final de 2012 e o início de 2014, com as espécies já consolidadas em termos de crescimento e fechamento da folhagem. As quatro espécies avaliadas foram: *Wisteria floribunda* (Glicínia) e *Campsis grandiflora* (Trombeta-chinesa), que são decíduas; *Lonicera japonica* (Madressilva-creme) e *Trachelospermum jasminoides* (Jasmim-leite), essas com folhagem perene.

### Procedimento de coleta e tratamento dos dados

A seguir será descrito o procedimento de coleta e tratamento dos dados para determinação do PTS das espécies trepadeiras avaliadas, etapa esta que ocorreu no período de doze meses, uma vez por mês em cada espécie, a fim de mapear a variação completa de sua condição nas diferentes estações do ano.

O Percentual de Transmissão Solar (PTS) de cada vegetação foi calculado através do tratamento de imagens obtidas no local, delimitando-se 1,0 m<sup>2</sup> de área da planta, de forma a possibilitar que esta média seja estendida para uma fachada completa, de acordo com suas dimensões reais. As imagens fotográficas foram tomadas na frontal e ortogonalmente ao protótipo experimental, pelo lado de incidência do sol do período da tarde (Oeste), com câmera digital, modelo DSC-WX7, do fabricante Sony. Para facilitar o tratamento das imagens, com melhor identificação dos cheios e vazios por contraste, foi posicionado atrás da vegetação um painel de madeira pintado na cor branca [Figura 2-a]. A localização do painel foi definida como o mais próximo possível da vegetação, sem, no entanto, interferir na disposição dos galhos ou “amassar” suas folhas.

A partir das imagens fotográficas originais do local, foi utilizado o software Adobe Photoshop® para tratamento e compilação dos dados. Conforme o exemplo, inicialmente a imagem é recortada nas dimensões do painel [Figura 2-b] e, após, é delimitada a região de 1,0 m<sup>2</sup>, que será analisada em cada espécie [Figura 2-c].

FIGURA 2 - Exemplo da sequência de obtenção e tratamento das imagens



A partir de então, iniciou-se o processo de separação entre o que efetivamente é componente da vegetação e o que está vazado ou faz parte da estrutura metálica entre as folhas. Foi, desta forma, subtraído da imagem qualquer elemento ou região visível que não fizesse parte da planta, com auxílio das ferramentas do software Adobe Photoshop® “varinha mágica” e “borracha”, como pode ser observado a seguir, na Figura 3. O fundo de cor vermelho foi adotado para facilitar a visualização das regiões vazadas.

De posse das imagens tratadas, com a separação das regiões que compunham o objeto e o fundo, foi utilizada a ferramenta de contagem de pixels, de forma a calcular a área preenchida pela vegetação e a área vazada. Para a contagem dos pixels, inicialmente é necessário dimensionar a imagem, sendo que foi definida a ocorrência de 20 px/cm, ou seja, para a área delimitada de 1,0 m<sup>2</sup>, 2000 pixels na horizontal e 2000 pixels na vertical, totalizando 4,0 x 10<sup>6</sup> pixels. Após, foram selecionados todos os objetos existentes na imagem, no caso as regiões de folhagem, e realizada a contagem dos pixels, sendo que o resultado já é expresso em fração da área total. Por fim, realizou-se a seleção “inversa”, ou seja, dos vazios entre as folhas e calculou-se novamente a fração da área total, sendo esta, portanto, o Percentual de Transmissão Solar (PTS) obtido na imagem.

Este valor de PTS pode ser considerado, então, como correspondente à média de transmissão solar direta para cada metro quadrado da cortina verde que compõe uma

fachada, considerando uma situação aproximadamente homogênea de distribuição desta mesma espécie, nesta condição de crescimento (após dois anos e meio do plantio) e época do ano. No exemplo da Figura 3, a área vazada da *Wisteria floribunda* correspondeu a 0,10 m<sup>2</sup>, sendo, portanto, o Percentual de Transmissão Solar igual a:  $PTS = 0,10 \text{ m}^2 / 1,0 \text{ m}^2 = 0,10$  ou 10,0%.

FIGURA 3 - Exemplo da subtração do fundo, na espécie *Wisteria floribunda*



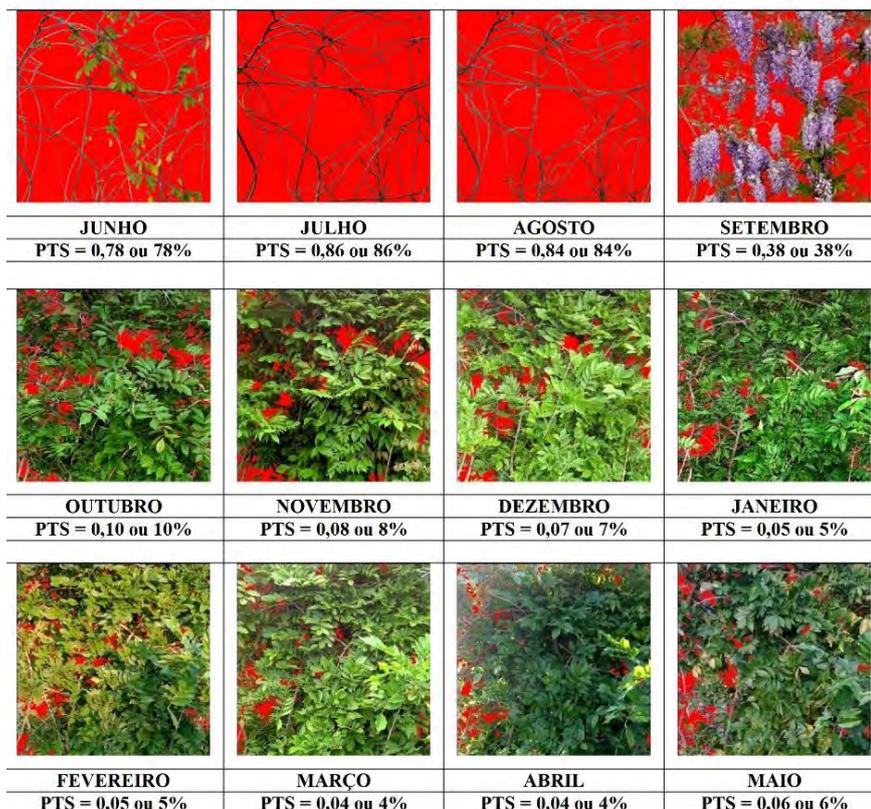
## Resultados e discussões

Neste item, são apresentados os resultados após um ciclo anual de observação, coleta de dados e tratamento das imagens de cada vegetação, realizando a análise e discussão sobre o Percentual de Transmissão Solar (PTS) obtido em cada espécie, bem como sua variação ao longo das estações do ano. Primeiramente, os resultados obtidos para cada espécie serão avaliados individualmente e, então, será realizada uma análise comparativa.

### *Wisteria floribunda* (Glicínia)

O resultado das imagens tratadas e do cálculo do Percentual de Transmissão Solar (PTS) da primeira espécie avaliada encontra-se a seguir, ilustrado pela Figura 4. O período de avaliação das três primeiras espécies apresentadas ocorreu de junho de 2013 a maio de 2014.

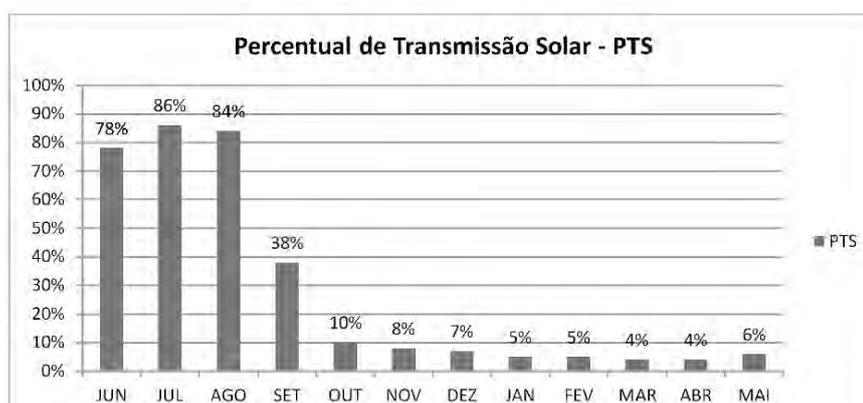
FIGURA 4 - Resultado das imagens tratadas durante um ano de observação, na espécie *Wisteria floribunda*



Observando a sequência de imagens, percebe-se a significativa variação na densidade de folhagem desta espécie ao longo das estações do ano. A glicínia é decídua, perdendo suas folhas justamente no período do inverno – junho até agosto, e revelando sua expressiva floração entre o final do inverno e o início da primavera. A partir daí, retoma rapidamente a brotação de sua folhagem até atingir o maior índice de fechamento no verão.

O gráfico da Figura 5 expressa esses diferentes períodos através da variação do PTS. Nos meses de inverno, em que as folhas caem (junho, julho e agosto), os índices de transmissão solar são maiores, ficando entre 78% e 86%. Em setembro, início da primavera, o PTS é intermediário, devido à presença da floração (38%). Já entre outubro e maio, nos períodos mais quentes do ano, os percentuais de transmissão solar ficaram abaixo de 10%, chegando até um mínimo de 4%. Isto indica um alto grau de fechamento da folhagem, com poucos vazios que permitam a passagem direta da radiação solar.

FIGURA 5 - Gráfico do PTS da espécie *Wisteria floribunda*, calculado através das imagens, durante um ano de observação



Esta variação sazonal de bloqueio da radiação solar, demonstrada na espécie *Wisteria floribunda*, pode ser considerada um ponto positivo para sua utilização em cortinas verdes no caso do clima temperado ou subtropical, em que há a estação fria e a quente. Devido ao seu dinamismo, o uso desta espécie como proteção solar pode representar condição favorável para o desempenho energético da edificação, tanto no verão quanto no inverno, em regiões de altitude e para o sul do País, onde o clima é mais apropriado ao seu desenvolvimento.

Na situação de verão, um maior sombreamento da fachada, principalmente das regiões envidraçadas, será desejável, de maneira a reduzir a insolação direta e, por conseguinte, a carga térmica que chega ao edifício. Já no período de inverno, o acesso do calor às áreas internas é útil ao aquecimento do prédio, sobretudo em edificações de uso residencial, onde os ganhos internos de calor são menores. Nestas duas condições extremas, assim como nas situações intermediárias da primavera e do outono, o uso da vegetação decídua na cortina verde pode auxiliar na redução do consumo de energia para resfriamento ou aquecimento da edificação.

#### *Campsis grandiflora* (Trombeta-chinesa)

O resultado das imagens tratadas e do cálculo do Percentual de Transmissão Solar (PTS) da segunda espécie apresentada, no decorrer de um ano de observação, encontra-se a seguir, ilustrado pela Figura 6.

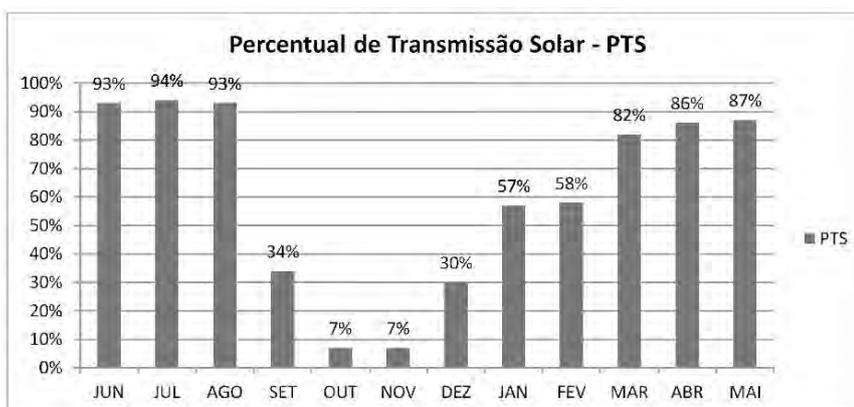
FIGURA 6 - Resultado das imagens tratadas durante um ano de observação, na espécie *Campsis grandiflora*

|                                       |                                     |                                      |                                      |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                                       |                                     |                                      |                                      |
| <b>JUNHO</b><br>PTS = 0,93 ou 93%     | <b>JULHO</b><br>PTS = 0,94 ou 94%   | <b>AGOSTO</b><br>PTS = 0,93 ou 93%   | <b>SETEMBRO</b><br>PTS = 0,34 ou 34% |
|                                       |                                     |                                      |                                      |
| <b>OUTUBRO</b><br>PTS = 0,07 ou 7%    | <b>NOVEMBRO</b><br>PTS = 0,07 ou 7% | <b>DEZEMBRO</b><br>PTS = 0,30 ou 30% | <b>JANEIRO</b><br>PTS = 0,57 ou 57%  |
|                                       |                                     |                                      |                                      |
| <b>FEVEREIRO</b><br>PTS = 0,58 ou 58% | <b>MARÇO</b><br>PTS = 0,82 ou 82%   | <b>ABRIL</b><br>PTS = 0,86 ou 86%    | <b>MAIO</b><br>PTS = 0,87 ou 87%     |

De forma semelhante à primeira espécie analisada, o grau de fechamento da folhagem na Trombeta-chinesa é variável ao longo do ano. Esta espécie também é decídua, perdendo totalmente suas folhas e flores no período do outono e inverno. As imagens demonstram que a brotação é retomada no início da primavera, quando a folhagem se desenvolve de forma rápida e vigorosa. A floração aparece no período de verão, quando as folhas vão gradativamente diminuindo.

O gráfico da Figura 7 demonstra a variação do PTS ao longo das estações do ano. No período do outono e inverno (março até agosto), a trepadeira está sem folhas, o que permite maior transmissão da radiação solar, com valores de PTS altos, entre 82% e 94%. Na época da primavera, ocorrem os menores índices de PTS (7% em novembro e dezembro) e no verão a transmissão solar é intermediária, entre 30% e 58%.

FIGURA 7 - Gráfico do PTS da espécie *Campsis grandiflora*, calculado através das imagens, durante um ano de observação



Sua utilização em elementos de controle solar do tipo cortina verde também se revela mais adequada para climas com estação fria e quente. No entanto, para o caso do clima subtropical, os índices de sombreamento para o verão, por não serem muito elevados, podem representar ganhos de calor em demasia. A consequência será o aumento no consumo de energia com refrigeração artificial, em um período com temperaturas altas e forte radiação solar.

#### ***Lonicera japonica* (Madressilva-creme)**

O resultado das imagens tratadas e do cálculo do Percentual de Transmissão Solar (PTS) da terceira espécie apresentada, no decorrer de um ano de observação, encontra-se a seguir, ilustrado pela Figura 8.

Observando a sequência das imagens tratadas, primeiramente deve-se ressaltar que essa espécie não estava em seu pleno desenvolvimento no início do período de avaliação, em junho de 2013. Isto é claramente visível pelo gradativo fechamento de sua folhagem, lembrando que se trata de uma espécie perene, ou seja, que não perde suas folhas em nenhum momento do ciclo anual. A espécie é bem adaptada ao frio e, mesmo neste período, não há significativa mudança no comportamento da Madressilva-creme, sendo que as folhas existentes permanecem. A floração ocorre praticamente o ano todo, alternando períodos com e sem flores, que são pequenas e têm um agradável perfume.

Por este motivo, optou-se pela realização de uma correção nos valores de PTS medidos para os meses de junho a outubro, de modo que fosse possível uma avaliação mais condizente do desempenho desta espécie em uma situação real de aplicação. Foi adotado, para este período, o valor de PTS resultante da média dos outros meses, quando a vegetação encontrava-se com seu desenvolvimento máximo. Assim, tomando-se os valores de PTS dos meses de novembro até maio, a média resultou em 0,03 ou 3% de vazados.

FIGURA 8 - Resultado das imagens tratadas durante um ano de observação, na espécie *Lonicera japonica*

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
|    |    |    |    |
| <b>JUNHO</b><br>PTS = 0,41 ou 41%   | <b>JULHO</b><br>PTS = 0,41 ou 41%   | <b>AGOSTO</b><br>PTS = 0,16 ou 16%   | <b>SETEMBRO</b><br>PTS = 0,09 ou 9%   |
|   |   |   |   |
| <b>OUTUBRO</b><br>PTS = 0,07 ou 7%  | <b>NOVEMBRO</b><br>PTS = 0,04 ou 4%   | <b>DEZEMBRO</b><br>PTS = 0,03 ou 3%  | <b>JANEIRO</b><br>PTS = 0,03 ou 3%  |
|  |  |  |  |
| <b>FEVEREIRO</b><br>PTS = 0,02 ou 2%  | <b>MARÇO</b><br>PTS = 0,02 ou 2%  | <b>ABRIL</b><br>PTS = 0,01 ou 1%   | <b>MAIO</b><br>PTS = 0,01 ou 1%   |

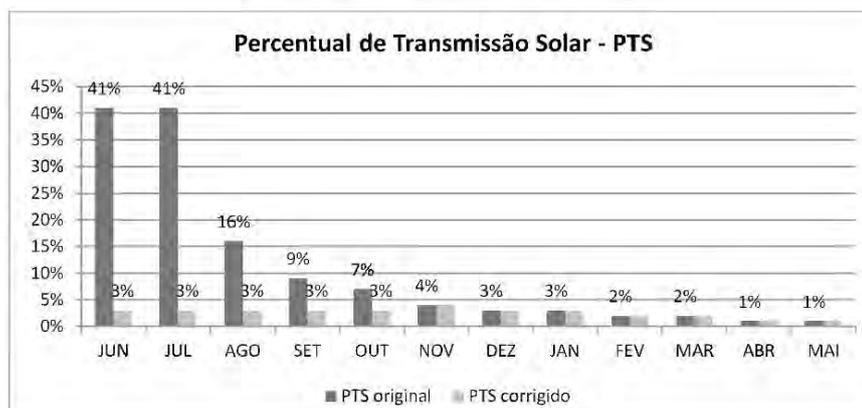
No gráfico da Figura 9, a seguir, são apresentados os resultados originais do PTS e os resultados corrigidos, que serão utilizados posteriormente nas simulações de desempenho energético para esta espécie.

Os dados da *Lonicera japonica* evidenciam sua grande vigorosidade e boa adaptação às condições climáticas do local, tolerando temperaturas baixas e geadas. Trata-se de uma espécie perene e com grau de fechamento da folhagem elevado, o que garante um sombreamento quase total, com poucos vazios entre as folhas que permitam a passagem da radiação solar. Por este motivo, os valores de PTS encontrados ou estimados foram baixos, entre 1% a 4%.

O desempenho energético para aplicação desta espécie em cortinas verdes, do ponto de vista térmico, será melhor em climas com predomínio de altas temperaturas o ano todo, onde o sombreamento das áreas envidraçadas é desejável e necessário. Para o clima temperado e subtropical, continuará tendo um desempenho positivo para as épocas mais quentes (primavera e verão), evitando o excesso de aquecimento da edificação. Por outro lado, durante as estações mais frias, este alto grau de fechamento da

folhagem provavelmente será negativo para o consumo de energia, obstruindo praticamente todo o acesso do sol e repercutindo na necessidade de climatização artificial para aquecimento.

FIGURA 9 - Gráfico do PTS da espécie *Lonicera japonica*, calculado através das imagens, durante um ano de observação

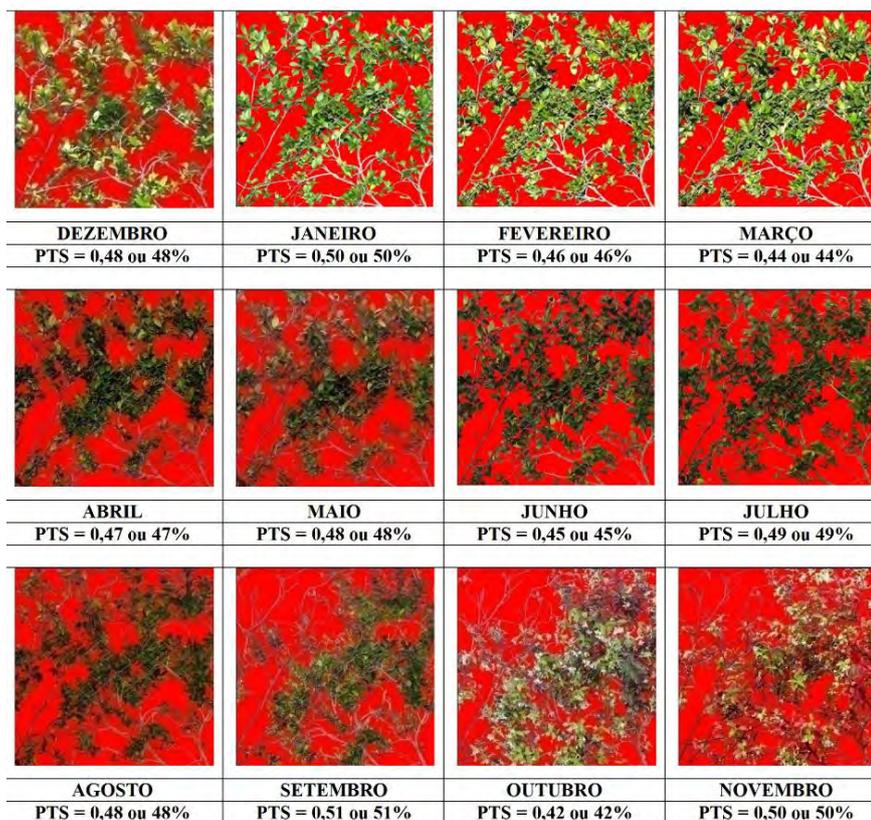


#### *Trachelospermum jasminoides* (Jasmim-leite)

O resultado das imagens tratadas e do cálculo do Percentual de Transmissão Solar (PTS) da quarta e última espécie avaliada, no decorrer de um ano de observação, encontra-se a seguir, ilustrado pela Figura 10. Esta espécie foi avaliada em um período anterior às demais, iniciando o ciclo em dezembro de 2012 e terminando em novembro de 2013, motivo pelo qual a ordem das imagens está diferente.

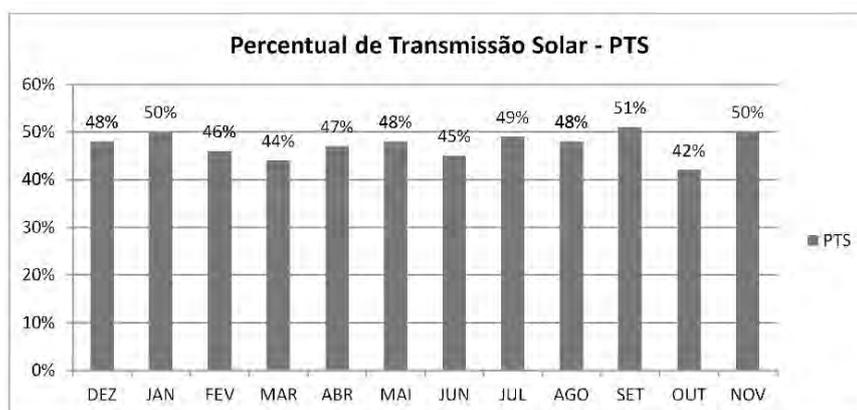
Pode-se observar, analisando as imagens com tratamento dos cheios e vazios, que esta espécie apresenta uma condição de fechamento da folhagem intermediária durante todas as estações do ano. O PTS possui pouca variação, oscilando em torno dos 50% (mínimo de 42% e máximo de 51%) nos diferentes meses, independente da estação fria ou quente. Portanto, trata-se de uma espécie perene, típica de clima tropical, sendo tolerante a temperaturas mais amenas, mas que possui uma velocidade de crescimento e uma vigorosidade menor que as outras espécies analisadas. A floração é perfumada e ocorre nos meses de primavera e verão.

FIGURA 10 - Resultado das imagens tratadas durante um ano de observação, na espécie *Trachelospermum jasminoides*



O gráfico da Figura 11 demonstra a variação do PTS em cada mês ao longo do ano, confirmando a relativa homogeneidade quanto à transmissão solar desta espécie. Ainda em comparação com as demais trepadeiras analisadas neste estudo, pode-se considerar que o Jasmim-leite se encontra em uma situação média em relação à capacidade de sombreamento. Não é tão fechado como a Madressilva-creme e nem possui períodos de total exposição, como ocorre nas duas espécies decíduas (Glicínia e Trombeta-chinesa). Por este motivo, seu desempenho energético enquanto elemento de proteção solar pode ser favorável para uso em diferentes climas, adaptando-se de forma equilibrada, tanto para uma condição de calor o ano todo, como também para regiões onde há estação fria.

FIGURA 11 - Gráfico do PTS da espécie *Trachelospermum jasminoides*, calculado através das imagens, durante um ano de observação



### Análise comparativa entre as espécies

O gráfico da Figura 12 e a Tabela da Figura 13 apresentam os resultados do Percentual de Transmissão Solar – PTS das quatro espécies avaliadas nesta pesquisa, organizados de forma paralela e seguindo a sequência convencional dos meses do ano, ou seja, iniciando em janeiro até dezembro.

FIGURA 12 - Gráfico comparativo do PTS de cada uma das quatro espécies avaliadas, nos doze meses do ano

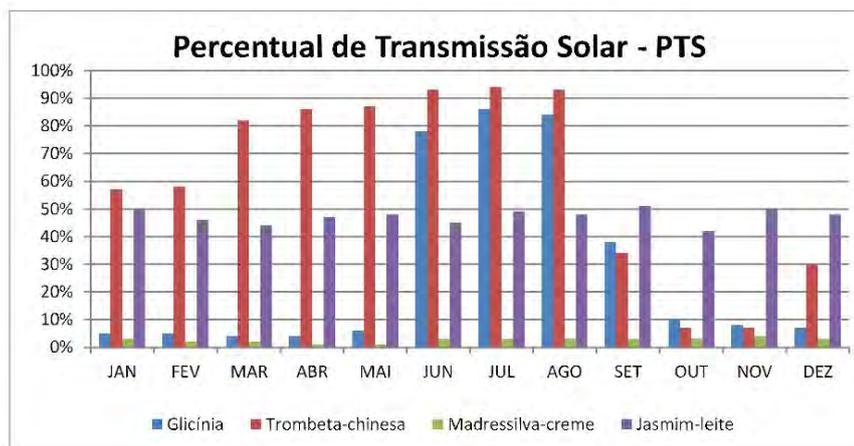


FIGURA 13 - Valores de PTS calculados, para cada espécie e em cada mês do ano

|                          | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT  | NOV  | DEZ  |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Glicínia</b>          | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,78 | 0,86 | 0,84 | 0,38 | 0,10 | 0,08 | 0,07 |
| <b>Trombeta-chinesa</b>  | 0,57 | 0,58 | 0,82 | 0,86 | 0,87 | 0,93 | 0,94 | 0,93 | 0,34 | 0,07 | 0,07 | 0,30 |
| <b>Madressilva-creme</b> | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 |
| <b>Jasmim-leite</b>      | 0,50 | 0,46 | 0,44 | 0,47 | 0,48 | 0,45 | 0,49 | 0,48 | 0,51 | 0,42 | 0,50 | 0,48 |

Analisando a variação do PTS das quatro espécies, pode-se verificar que cada uma possui particularidades distintas e relevantes em sua capacidade de sombreamento:

A espécie *Wisteria floribunda* (Glicínia) é decídua, apresentando o maior fechamento de sua folhagem entre os meses de outubro e maio, coincidindo com os períodos mais quentes do ano – primavera, verão e início do outono, no caso do clima temperado e subtropical. A média da transmissão solar nesta época é baixa, em torno de 6%. Já de junho a agosto, período mais frio do ano, perde praticamente todas as folhas, permitindo maior transmissão solar, amenizada pela ramificada galharia. Neste caso, a média do PTS durante três meses, ficou em 83%. A situação intermediária (PTS de 38%) ocorre no início da primavera, com o período de floração, que é bastante expressiva e numerosa.

A outra espécie decídua avaliada foi a *Campsis grandiflora* (Trombeta-chinesa). Essa apresentou um período reduzido de fechamento da folhagem, somente nos meses de outubro e novembro, com PTS de 7%. O que chama a atenção foi a redução gradativa de suas folhas justamente na época mais quente do ano, entre os meses de dezembro a fevereiro, sendo que a média de transmissão solar ficou em 48%. A intensidade e antecipação deste fato pode ter sido atípica, uma vez que normalmente a espécie inicia o processo de perda das folhas mais tarde. Já nos meses mais frios do ano (entre março e agosto para a situação do sul do país), as folhas caem totalmente e a transmissão solar é alta, com média de PTS em torno de 89%. No início da primavera, as folhas voltam a brotar com crescimento rápido.

A terceira espécie analisada foi a *Lonicera japonica* (Madressilva-creme), que é perene e não apresenta variação significativa em sua capacidade de sombreamento ao longo do ano. Esta espécie é muito vigorosa e desenvolve-se em várias camadas, permitindo pouca possibilidade de transmissão solar, com média anual de apenas 2,6%. Desta forma, comporta-se como uma barreira quase opaca, com sombreamento praticamente total, independente da estação do ano.

Por fim, a espécie de trepadeira *Trachelospermum jasminoides* (Jasmim-leite) também é perene, porém seu crescimento é lento e o grau de fechamento das folhas é menor. Durante todo o ano, apresentou uma situação intermediária de capacidade de sombreamento, ficando seu PTS com média de 47%.

## Considerações finais

O objetivo deste artigo consistiu em apresentar e discutir um sistema de controle solar diferenciado para aplicação em projetos arquitetônicos, as cortinas verdes, com uso de vegetação trepadeira nas fachadas. O enfoque principal foi dado à quantificação experimental da capacidade de sombreamento de algumas espécies e como isto pode repercutir na eficiência energética da edificação.

A partir da realização do estudo experimental com as quatro espécies de vegetação, pode-se constatar as principais diferenças na capacidade de sombreamento de cada uma, nas diferentes estações do ano, bem como sua adequabilidade para utilização em cortinas verdes, do ponto de vista da eficiência energética para a edificação, em diferentes condições climáticas. No entanto, é necessário lembrar que as espécies avaliadas talvez não se desenvolvam em outros climas ou apresentem um comportamento diferente do visto na região de implantação do protótipo experimental. Por este motivo, os parâmetros aqui gerados são válidos para estas espécies e na condição do clima subtropical. No entanto, também são úteis como base para a escolha de outras espécies com características semelhantes, mas que sejam adaptadas em outras regiões, como no clima equatorial ou tropical.

Assim, a capacidade de sombreamento de cada espécie irá depender de sua estrutura, tamanho e grau de fechamento da folhagem, condição perene ou decídua, sendo que o Percentual de Transmissão Solar (PTS) pode ser aproximadamente constante ou ter variação acentuada nos diferentes meses do ano. De uma forma geral, as decíduas são mais indicadas para uso em cortinas verdes de edificações em climas temperados ou subtropicais, em que há estação fria e quente, porque o dinamismo de sua folhagem proporcionará sombra nos períodos quentes e maior acesso da radiação solar nas épocas frias. Isto irá repercutir em um balanço energético mais natural e passivo, evitando o excesso de consumo de energia com climatização artificial, tanto para resfriamento como para aquecimento. Já as espécies perenes, com maior ou menor grau de densidade da folhagem, serão favoráveis para evitar o aquecimento demasiado de edifícios em climas tropicais ou equatoriais, com temperaturas altas o ano todo. No entanto, seu uso não é descartado para climas compostos, especialmente em edifícios de escritórios que geram elevada carga térmica interna, desde que sejam tomadas medidas de controle nas épocas mais frias, como a realização de manutenção com poda.

Vale salientar a influência dos diferentes graus de fechamento da folhagem na incidência de luz natural nos espaços e, por consequência, na necessidade e consumo com iluminação artificial. Obviamente, uma vegetação mais densa também irá

bloquear grande parte da luminosidade natural, o que pode repercutir no balanço energético total, elevando gastos com o sistema de iluminação artificial. Este aspecto pode ser melhor avaliado com a realização de simulações computacionais, de forma a verificar a repercussão do uso das cortinas verdes no balanço energético final da edificação. Assim, pode-se tomar decisões para “manipular” o desenvolvimento das espécies, diminuindo a concentração da folhagem, se necessário, através do maior espaçamento de plantio ou podas regulares.

Desta forma, além de evidenciar os aspectos positivos do uso das cortinas verdes para o desempenho térmico de edificações, este estudo demonstrou a viabilidade de aplicação da metodologia adotada, com valores médios e plausíveis de utilização em simulações computacionais que avaliam sua eficiência energética.

Por fim, ressalta-se que, dentre as atuais e diversas tipologias de jardim vertical com aplicação em arquitetura, as cortinas verdes se destacam pelo aspecto funcional e não somente pelo resultado estético. Além disso, é um sistema mais econômico e sustentável, uma vez que sua execução e manutenção são mais fáceis e menos dispendiosas em termos energéticos, de consumo de água para irrigação e insumos para manutenção da vegetação. Essas vantagens são condizentes com as premissas de uma arquitetura mais sustentável, com baixo impacto ao meio ambiente, eficiente energeticamente e saudável aos usuários.

## Referências

- BROWNE, E. 2007. **El Edificio “Consortio-Santiago” 14 Años Después**. Disponível em: <<http://www.ebrowne.cl>>, acesso em: 10 mar. 2011.
- BRT ARCHITEKTEN. Disponível em <<http://www.brt.de>>, acesso em 08 ago. 2013.
- EDWARD SUZUKI. Disponível em <<http://edward.net/>>, acesso em 24 abr. 2013.
- ENRIQUE BROWNE Y ASOCIADOS. Disponível em <<http://www.ebrowne.cl>>, acesso em 20 fev. 2013.
- IP, K., LAM, M., MILLER, A. 2010. Shading performance of a vertical deciduous climbing plant canopy. **Building and Environment**, 45, 81-88.
- KOYAMA T., YOSHINAGA, M., HAYASHI, H., MAEDA, K. 2013. Identification of key plant traits contributing to the cooling effects of green façades using freestanding walls. **Building and Environment**, 66, 96-103.
- MORELLI, D. D. O. **Paredes verdes: vegetação como qualidade ambiental no espaço construído**. Campinas: UNICAMP, 2009. [Dissertação]. Universidade Estadual de Campinas, 2009.
- PÉREZ, G. **Façanes vegetades: estudi del seu potencial com a sistema passiu d'estalvi d'energia, en clima mediterrani continental**. Barcelona, Espanha: UPC, 2010. [Tese]. Universitat Politècnica de Catalunya, 2010.
- STEC, W. J., PASSEN, A. H. C., MAZIARZ, A. 2005. Modelling the Double skin façade with plants. **Energy and Buildings**, 37, 419-427.
- SUNAKORN, P.; YIMPRAYOON, C. 2011. Thermal performance of biofacade with natural ventilation in the tropical climate. **Procedia Engineering**, 21, 34-41.

### RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito e a qualidade das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 1679-7604) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.