



Materiais e criação em Design e Arquitetura
Materiali e creatività per il Design e l'Architettura

**MATERIAIS PARA A ECONOMIA
CRIATIVA: PESQUISA EM
ARQUITETURA**

**MATERIALI PER L'ECONOMIA
CREATIVA: RICERCA PER
L'ARCHITETTURA**

Organização | Comitato organizzativo

Cibele Haddad Taralli

Barbara Del Curto

Célia Moretti Arbore



FAU USP



Materiais e criação em Design e Arquitetura
Materiali e creatività per il Design e l'Architettura

**MATERIAIS PARA A ECONOMIA
CRIATIVA: PESQUISA EM
ARQUITETURA**

**MATERIALI PER L'ECONOMIA
CREATIVA: RICERCA PER
L'ARCHITETTURA**

Organização | Comitato organizzativo

Cibele Haddad Taralli

Barbara Del Curto

Célia Moretti Arbore



FAU USP | 2018

DOI: 10.11606/9788580891232

SÉRIE MATERIAIS E CRIAÇÃO EM DESIGN E ARQUITETURA MATERIALE E CREATIVITÀ PER IL DESIGN E L'ARCHITETTURA

PROJETO DE PESQUISA | PROGETTO SCIENTIFICO Denise Dantas [coordenação | coordinação] (FAU USP), Barbara Del Curto (Politecnico di Milano), Cibebe Haddad Taralli (FAU USP), Cristiane Aun Bertoldi (FAU USP), Célia Moretti Arbore (LabDesign FAU USP), Iana Garófalo Chaves (doutoranda FAU USP), Maria do Rosário Gonçalves Mira (doutoranda FAU USP)

COORDENAÇÃO EDITORIAL | COORDINAMENTO EDITORIALE Denise Dantas, Barbara Del Curto, Cristiane Aun Bertoldi, Cibebe Haddad Taralli

ORGANIZAÇÃO DO VOLUME “MATERIAIS PARA A ECONOMIA CRIATIVA: PESQUISA EM ARQUITETURA” | COORDINAMENTO DEL VOLUME “MATERIALE PER L'ECONOMIA CREATIVA: RICERCA PER L'ARCHITETTURA” Cibebe Haddad Taralli, Barbara Del Curto, Célia Moretti Arbore

COM TEXTOS DE | CON TESTI DI Barbara Del Curto (Politecnico di Milano), Celia Moretti Arbore (LabDesign FAU USP), Cibebe Haddad Taralli (FAU USP), Claudia Terezinha de Andrade Oliveira (FAU USP), Eduardo Fernandes Domingues (LABMAT FAU USP), Paulo Eduardo Fonseca de Campos (FAU USP), Sérgio Coelho (GCP Arquitetura e Urbanismo), Alessandra Araújo (GCP Arquitetura e Urbanismo)

DESIGN GRÁFICO | GRAFICA janela estudio

CAPA | COPERTINA Elementos vazados cimentícios | Elementi cementizi (Fotografia: Célia Moretti Arbore)

TRADUÇÃO | TRADUZIONE Denise Dantas

REVISÃO DOS TEXTOS EM PORTUGUÊS | REVISIONE DEL PORTOGHESE Vitoria Pires Zampieri

REVISÃO DOS TEXTOS EM ITALIANO | REVISIONE DELL'ITALIANO Barbara Del Curto

FINANCIAMENTO | FINANZIAMENTO



COPYRIGHT © 2018 AUTORES | COPYRIGHT © 2018 AUTORI

É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada fonte e autoria. Proibido qualquer uso para fins comerciais. | È consentita la riproduzione parziale o totale di quest'opera, a condizione che ne venga riportata la fonte. Non è permesso l'uso per scopi commerciali.

Materiais para a economia criativa [Materiali per l'economia creativa]:
pesquisa em arquitetura [ricerca per l'architettura] / Cibebe Haddad Taralli,
Barbara Del Curto e Célia Moretti Arbore; tradução de Denise Dantas.

– São Paulo: FAUUSP, 2018.

156p. : il. (Materiais e criação em Design e Arquitetura / Materiais e criatividade
per il Design e l'Architettura)

Texto em português e italiano

ISBN: 978-85-8089-123-2

DOI 10.11606/9788580891232

1. Design (Pesquisa) 2. Arquitetura (Pesquisa) 3. Economia 4. Criatividade
5. Materiais (Uso) I. Taralli, Cibebe Haddad, org. II. Del Curto, Barbara, org.
III. Arbore, Célia Moretti, org. IV. Título. V. Série.

CDD 745.2

SUMÁRIO | SOMMARIO

PREFÁCIO: SOBRE A PESQUISA EM MATERIAIS E INOVAÇÃO PARA APLICAÇÃO NA ECONOMIA CRIATIVA NOS CAMPOS DO DESIGN E DA ARQUITETURA _____ 7

PREFAZIONE: LA RICERCA SUI MATERIALI E L'INNOVAZIONE APPLICATA NELL'ECONOMIA CREATIVA PER IL DESIGN E L'ARCHITETTURA _____ **77**

Barbara Del Curto | Cibele H. Taralli |
Cristiane Aun Bertoldi | Denise Dantas

INTRODUÇÃO _____ 13

INTRODUZIONE _____ **83**

Cibele Haddad Taralli

1

ARQUITETURA: CAMPO DE ATUAÇÃO E PESQUISA EM MATERIAIS _____ 17

MATERIALI PER L'ARCHITETTURA: TRA RICERCA E APPLICAZIONE _____ **87**

Cibele Haddad Taralli

2

ARQUITETURA INDUSTRIALIZADA E FABRICAÇÃO DIGITAL: PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO _____ 28

ARCHITETTURA INDUSTRIALIZZATA E PRODUZIONE DIGITALE: PROSPETTIVE DI SVILUPPO _____ **98**

Paulo Eduardo Fonseca de Campos

3

O PAPEL DOS MATERIAIS NO PROJETO E MONTAGEM DE RESIDÊNCIA ENERGIA ZERO PRÉ-FABRICADA _____ 37

IL RUOLO DEI MATERIALI NELLA PROGETTAZIONE E NEL MONTAGGIO DI UNA RESIDENZA PREFABBRICATA A ENERGIA ZERO _____ **107**

Claudia Terezinha de Andrade Oliveira | Eduardo Hernandez Domingues

4

A EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL EM ARQUITETURA E MATERIAIS _____ **49**

L'ESPERIENZA PROFESSIONALE
TRA ARCHITETTURA E MATERIALI _____ **119**

Sérgio Coelho | Alessandra Araujo

5

A IMPORTÂNCIA DA PESQUISA EM MATERIAIS PARA ARQUITETURA _____ **61**

L'IMPORTANZA DELLA RICERCA
SUI MATERIALI PER L'ARCHITETTURA _____ **131**

Barbara Del Curto

6

CONSIDERAÇÕES FINAIS _____ **67**

CONSIDERAZIONI FINALI _____ **137**

Cibele Haddad Taralli | Célia Moretti Arbore

AUTORES | AUTORI _____ **147**

REFERÊNCIAS | BIBLIOGRAFIA _____ **152**

LISTA DE IMAGENS E CRÉDITOS

ELENCO IMMAGINI E CREDITI _____ **155**

TEXTOS EM PORTUGUÊS | TESTI IN PORTOGHESE

SOBRE A PESQUISA EM MATERIAIS E INOVAÇÃO PARA APLICAÇÃO NA ECONOMIA CRIATIVA NOS CAMPOS DO DESIGN E DA ARQUITETURA

A pesquisa em materiais tem um papel importante na economia criativa, pois a chave do sucesso de um novo produto está cada vez mais vinculada aos materiais e tecnologias utilizados. O projeto *“Pesquisa em materiais e inovação para aplicação nas indústrias criativas nos campos do design e da arquitetura: a experiência do Politecnico di Milano analisada sob a ótica da realidade brasileira”* foi desenvolvido em parceria entre o **LabDesign** da **FAU USP** e a Profa. Dra. Barbara Del Curto, do grupo de pesquisa **NextMaterials**, do Politecnico di Milano, financiado pelo programa Ciências sem Fronteiras do CNPq. Buscou-se traçar um paralelo entre a experiência italiana em pesquisa sobre materiais para o design e a realidade no mercado brasileiro, de modo a poder beneficiar a economia criativa brasileira nas áreas de design e arquitetura. Seguindo o modelo proposto pela Comissão Europeia (2012) na mesa redonda *Materials research and innova-*

tion in the creative industries de 2012, o principal objetivo foi identificar prioridades para setores de destaque no design e arquitetura no Brasil e também compreender o melhor meio de divulgação de informações sobre novos materiais para que possam resultar em ações propositivas e empreendedorismo.

A economia criativa tem ganhado importância no cenário nacional e internacional nos últimos 15 anos em decorrência das mudanças sociais e econômicas que trouxeram o setor de serviços para o protagonismo nas atividades econômicas, em detrimento da anterior supremacia do setor industrial. Tem sido destaque desde 2004, quando a Conferência das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento – Unctad – em sua XI Conferência Ministerial, incluiu o tópico “indústrias criativas” na agenda econômica internacional e ampliou o conceito de criatividade, considerando “qualquer atividade econômica que produza produtos simbólicos intensamente dependentes da propriedade intelectual, visando o maior mercado possível.”¹ A Itália é o principal exportador mundial em se tratando de indústria criativa, segundo relatório da UNESCO (2012), com 9,76% de participação no mercado mundial. Em 2015, a indústria da cultura e da criatividade registrou no país um valor econômico de aproximadamente 47,9 milhões de Euros. Deste total, 86% dizem respeito diretamente a atividades relacionadas à criatividade, empregando mais de um milhão de pessoas, a maior parte em atividades diretamente relacionada à produção industrial. Mesmo tendo

¹ Texto original: “[...] to any activity producing symbolic products with a heavy reliance on intellectual property and for as wide a market as possible.” In: UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). *Creative Industries and Development*. Geneva: United Nation, 2004. Disponível em: http://unctad.org/en/docs/tdxibpd13_en.pdf. Acesso em: jan. 2015.

um papel de destaque no cenário latino-americano, o design brasileiro está aquém do que poderia representar em termos econômicos.

Apesar de sua grande variedade cultural e material, o Brasil não figura entre os dez maiores exportadores de design entre as economias desenvolvidas no mundo, segundo o mesmo relatório (2012, p.15). A maior parte de sua produção cultural criativa está nos campos do artesanato e novas mídias. Quanto aos investimentos para promoção do crescimento da indústria criativa no País, pode-se dizer que o artesanato se configura como a atividade relacionada à cultura material que recebe maiores incentivos por parte do governo, tanto de recursos financeiros quanto de capacitação pessoal para viabilização de negócios. A indústria, que por sua vez tem no design o meio de manter o nível de competitividade e de buscar inovação, conta com iniciativas próprias para o crescimento e depende de apoio de órgãos governamentais e paraestatais para divulgação e promoção de seus produtos. No que diz respeito à economia criativa no Brasil, o papel do design e da arquitetura é pouco relevante, se for considerado o aumento significativo do número de cursos superiores de design e arquitetura no país nos últimos 20 anos, bem como o visível aumento das pesquisas produzidas nessas duas áreas.

Todos os setores industriais podem tirar vantagem da criatividade e da inovação em materiais. Esta pesquisa selecionou alguns setores produtivos de destaque nos cenários brasileiro e italiano: arquitetura, brinquedos e jogos, cerâmica, embalagem, joalheria, mobiliário, têxtil e moda. Buscou-se compreender as especificidades do mercado brasileiro em relação à pesquisa e implementação de inovação no design e arquitetura e as possibilidades que se apresen-

tam a partir da experiência de pesquisa desenvolvida pela Professora Barbara Del Curto no *Politecnico di Milano*.

Além disso, aproveitando-se das especificidades culturais brasileiras, a pesquisa mapeou e identificou “modos de fazer” de objetos e ambientes construídos característicos e reconhecíveis como sinais da identidade e da cultura, para permitir transferência ou aplicação de aspectos formais ou produtos em novos materiais.

A pesquisa previu três meses de encontros com a Professora Barbara Del Curto em São Paulo, setembro de 2015, setembro de 2016 e fevereiro de 2017, além de pesquisas, trabalhos e reuniões a distância ao longo do projeto. Nesse período, foram feitas pesquisas bibliográficas, pesquisas de campo com visitas a lojas de móveis, brinquedos, joias, moda, revestimentos e lojas com produtos de materiais típicos brasileiros, para que a professora pudesse compreender a realidade do mercado nacional e da produção em design no país. Também foram feitas visitas a empresas, como Embraer, Natura e Fragnani, a feiras setoriais e exposições de design, como Prêmio Museu da Casa Brasileira, Paralela no MUBE, entre outros, e reuniões com pesquisadores brasileiros nas áreas de materiais, engenharia e design. Foram promovidas aulas e palestras com a Profa. Del Curto sobre materiais e design, além de treinamentos aos docentes e pesquisadores do projeto.

Esta pesquisa não pretendeu importar um modelo pronto da Itália para aplicar no Brasil. Buscou-se estudar e compreender as ferramentas e modos de fazer utilizados pelo *Politecnico di Milano* para empregá-los, mediante adaptações, em pesquisas orientadas a implementação no sistema produtivo vigente no Brasil, considerando-se nossa realidade cultural e socioeconômica. Pretende-se que, com isso, seja possível mostrar caminhos para ampliar o uso inovador de materiais nos campos do design e da ar-

quietura, fazendo com que haja uma maior aproximação entre as empresas, a universidade e os profissionais que trabalham com projeto na economia criativa no país. Espera-se também, como consequência dessa disseminação de conhecimentos e difusão de informações, que a indústria nacional possa se beneficiar de propostas inovadoras que agreguem valor aos produtos e serviços oferecidos no mercado global com o selo *Made in Brasil*.

Esta publicação é parte do resultado desta pesquisa, que compreende no total quatro livros que foram escritos a partir da troca de experiências entre profissionais, pesquisadores e representantes de algumas indústrias brasileiras nos eventos **Materiais e criação em design e arquitetura**, que ocorreu em São Paulo, na FAU USP, entre 5 e 23 de setembro de 2016, e **Materials for Creative industries**, em 20 de fevereiro de 2017, no mesmo local. Além deste volume que discute os aspectos relativos à pesquisa em materiais para a arquitetura, as publicações compreendem o volume **Materiais para a economia criativa: pesquisa em design**, que apresenta aspectos comparativos da economia criativa nos contextos brasileiro e italiano no campo do design e a pesquisa em materiais como instrumento de inovação. O volume **Materiais para a economia criativa: pesquisa em cerâmica** mostra a aplicação da pesquisa sobre cerâmica desde aspectos artísticos até os mais tecnológicos, apresentando também o resultado de workshop **Design e materiais: experimentações com cores e texturas para a criação de produtos cerâmicos** desenvolvido na FAU USP em 2016, no qual foram feitos diversos experimentos com materiais cerâmicos de diferentes formulações e texturas. O volume **Materiais para a economia criativa: estudos de caso** discute o uso de materiais convencionais e novos materiais a partir dos conceitos de inovação apresentados

pela Profa. Del Curto nos campos do design de brinquedos e jogos, embalagem, joalheria, mobiliário, têxtil e moda, mostrando a possibilidade de parcerias entre a Universidade e as indústrias e apresentando resultados de pesquisas acadêmicas e de experiências profissionais. Enfatiza a necessidade de se valorizar os aspectos culturais do Brasil e coloca em evidência os aspectos da seleção de materiais e sustentabilidade dentro do contexto que agrega valores culturais aos produtos.

Barbara Del Curto

Cibele H. Taralli

Cristiane Aun Bertoldi

Denise Dantas

Cibele Haddad Taralli

As possibilidades de pesquisa e desenvolvimento em materiais para a arquitetura pode fomentar a atuação em projeto e produção de tipologias espaciais e ambientais contemporâneas, com potencial para inovação arquitetônica ou melhoria da qualidade das construções. Novos materiais poliméricos, compósitos e agregados de diferentes procedências ou decorrentes de manipulações laboratoriais ou produtivas vêm sendo investigados e desenvolvidos por instituições de pesquisa, universidades e empresas, acompanhando a evolução e os avanços da ciência, e a viabilidade de sua transformação em produtos para a aplicação e uso em ambientes construídos. Ao mesmo tempo, no campo da arquitetura e da construção no país, esta condição não é tão direta e visível, e há poucos registros documentais e informações disponíveis para consulta, seleção ou uso imediato.

Além disso, considera-se que o acesso a dados precisos e necessários para o exercício profissional, a pesquisa e a formação de pessoal nesta área, tendo como objetivo o uso consciente, racional e sustentável de recursos naturais e também a possibilidade de experimentação em materiais e suas propriedades (físico-químicas, de conformação, estéticas, e de manipulação) podem potencializar a inovação em projeto e em produtos para a arquitetura.

Esta publicação coloca algumas questões sobre o papel dos materiais na arquitetura, que são examinadas por meio do percurso projetual e da materialização de espaços e ambientes, reconhecendo que desempenham diversas funções nas edificações e instalações, desde sua inserção como matéria prima na obra ou instalação, até sua aplicação em produtos acabados, que foram adquiridos prontos para comporem a edificação. Ela parte do pressuposto de que o conhecimento atualizado e a busca por informações precisas para atender a demandas e requisitos de projetos e de execução de obras na atualidade constituem ações valorativas para o exercício prospectivo e inventivo na arquitetura, enquanto expressão estética, sensorial, cultural, entre outras.

Nesta perspectiva, falar sobre as potencialidades das relações dos materiais com e na arquitetura demanda percorrer a natureza da atuação profissional, a busca por atualização de conhecimento, o exercício de práticas e experiências, e o estado e o acesso a informações sobre os resultados de pesquisa em materiais.

Algumas questões emergem da relação entre materiais e arquitetura, e são abordadas nesta publicação por meio de colocações e reflexões particulares como, por exemplo: qual o papel dos materiais? Quem faz pesquisa nesta área? Quais os contextos de estudos, propostas e práticas em projeto que tiram partido dos materiais? Quais recur-

tos e instrumentos estão disponíveis para consulta, informação e seleção de produtos para uso ou experimentação em prol da inovação em arquitetura?

Traçando um panorama da atuação profissional no país, mostrando diversidades territoriais, os contrastes na participação em atividades que caracterizam o exercício profissional e a pesquisa, a abertura e as dificuldades para a atualização de conhecimentos e a busca de dados sobre materiais para arquitetura, o capítulo 1 percorre alguns desses aspectos, enfocados a partir da concepção do projeto.

Tratando de experiências e práticas, são apresentadas três contribuições de autores nos capítulos 2, 3 e 4, duas delas retratando e discutindo perspectivas e realizações na universidade em pesquisa e em propostas nesta abordagem, e outra apresentando a realidade da atuação profissional em escritório de projetos. Nestes textos, a relação entre materiais e arquitetura é enfatizada, a partir da concepção do projeto da edificação através de diferentes perspectivas sobre esta questão.

Do ponto de vista dos estudos e dos avanços na fabricação digital da arquitetura, o capítulo 2 apresenta uma contribuição da universidade para as experiências contemporâneas em intervenções criativas no campo das edificações e instalações construtivas. Nesta perspectiva, o projeto pode assumir formas e configurações complexas e sua materialização depende de pesquisa e desenvolvimento em materiais, técnicas e equipamentos para a produção da arquitetura.

O capítulo 3 aponta para as possibilidades de inovação no campo da sustentabilidade das edificações, retratando um projeto de habitação desenvolvido por instituições de ensino brasileiras para um certame internacional, o *Solar Decatron Europe 2012*, tendo como premissa a autossu-

ficiência energética da edificação baseada no aproveitamento da luz solar. Nesta proposta, a seleção e o uso de materiais disponíveis no mercado, aliada a criatividade nas soluções projetuais e de produção do protótipo, colaboraram para o sucesso do resultado com inovação.

Em outra perspectiva, a visão de atuação profissional na experiência de escritório de arquitetura paulista, desenvolvedor de projetos para grandes eventos no país, apresenta no capítulo 4, texto sobre a importância dos materiais para a configuração formal e técnica do projeto, expondo a prática no atendimento da diversidade das demandas colocadas pela sociedade, dentro das possibilidades tecnológicas e construtivas brasileiras. Traz também a experiência do recurso da transposição de conceitos da biomimética para a criação em projeto.

A importância da pesquisa em materiais é tratada no capítulo 5, focando na arquitetura e na experiência na implantação de materiotecas físicas e virtuais no meio universitário, apontando para as possibilidades e potencialidades desta contribuição.

Fechando esta publicação, no capítulo 6, são apontadas algumas questões relevantes para a discussão do tema materiais e arquitetura, tecendo algumas considerações finais sobre problemas e perspectivas, em prol da melhoria da pesquisa na temática abordada nesta publicação.

As visões e perspectivas sobre este tema não se esgotam aqui e considera-se que os vínculos entre materiais e tecnologia podem promover juntos ou isoladamente inovações na expressividade e na qualidade estético-formal, na percepção dos atributos espaciais e das propriedades sensoriais, na melhoria dos processos produtivos e das características de uso e de desempenho dos espaços e das construções, entre outros aspectos, o que traz novas perspectivas para arquitetura.

ARQUITETURA: CAMPO DE ATUAÇÃO E PESQUISA EM MATERIAIS

Cibele Haddad Taralli

A arquitetura é considerada atividade criativa em si e talvez daí decorra a escassez de documentação que trate diretamente da sua relação com e a partir dos materiais.

Como área de conhecimento teórica e prática, agrega arte e técnica e, como atividade, se expressa por projeto imbuído de intenção, como foi historicamente colocado por Artigas (1967), por meio da palavra desenho – desígnio – no sentido de “idear”. Empregam-se também na sua conceituação os verbos criar, conceber, que incorporam nas atividades de projeto questões estéticas e construtivas relacionadas com a sociedade e o território, no tempo, que ampliam e extrapolam a dimensão profissional centrada exclusivamente na resolução de problemas. Siza Vieira, questionado em entrevista sobre o que é arquitetura, coloca em evidência a compreensão desta área de atuação em pelo menos duas dimensões – a da intenção e a da materialidade:

Há muitas arquiteturas. A primeira coisa é que arquitetura é o que não é só construção. Há uma resposta material que pode ser eficaz desse ponto de vista, mas a arquitetura na minha perspectiva vai para lá do material. Há uma parte espiritual, se quiser que não se satisfaz só com a construção. Nas cidades, construção vê-se muita. Arquitetura, não se vê tanta. (SIZA VIELRA, 2016, s.n.).

Cabe à arquitetura transitar entre os campos das ideias e da execução, sendo que o exercício de conceber e executar em etapas subsequentes ou mesmo desvinculadas entre si, confere materialidade ao projeto, por meio de processos e ações de construção, montagem e instalação de espaços e ambientes. A atividade é assim considerada criativa desde a fase de concepção do projeto, incluindo-se aí os materiais.

Poucas investigações e documentos retratam o viés criativo ou inventivo utilizado por arquitetos, sendo que, em se tratando de economia criativa, esses dados aparecem incorporados e diluídos nos dados da área do design.

Uma das fontes de pesquisa é do Conselho de classe – o CAU/BR (Conselho de Arquitetura e Urbanismo) – que, em 2012, retrata a atuação de arquitetos em segmentos profissionais bem diversificados e diferentemente distribuídos no país, sendo a concepção de projetos a atividade majoritária (34,73% dos profissionais) seguida da execução de obras (15,88%) e da arquitetura de interiores (14,94%). Outros setores aparecem distribuídos em percentagens próximas a 2%, como arquitetura paisagística; instalações e equipamentos (obra); sistemas construtivos e estruturais, design, segmentos estes que podem gerar condições propícias para inovações na configuração e na produção de ambientes abertos ou fechados. Como oportunidades futuras são citadas possibilidades de atuação em investigação e desenvolvimento de: materiais recicla-

dos para a construção; novas tecnologias de construção e equipamentos de obra; projetos e serviços nas áreas de sustentabilidade e de meio ambiente.

No segmento de pesquisa e desenvolvimento, aparecem atividades em áreas como pesquisa científica e acadêmica; materiais; conforto ambiental; bioarquitetura e sustentabilidade, em percentuais menos expressivos, mas potenciais para a inovação.

Em relação à distribuição dos profissionais e da atividade no território, a maioria se concentra nas regiões Sudeste (54%) e Sul (23%) e, em menor percentagem, aparecem nas demais capitais, com predomínio para a faixa leste do país.

Os contrastes na atuação profissional

A maioria dos arquitetos ativos se concentra no estado de São Paulo, no qual se localizam as oportunidades de emprego e trabalho no mercado profissional e na área científica de ensino e pesquisa (CAU/BR, 2012).

Contudo, os registros sobre a atividade profissional indicam contrastes nas oportunidades e nos setores de atuação entre arquitetos das cidades do interior e da capital. Os segmentos de projetos e obras residenciais e comerciais em condomínios ou em lotes movimentam a prática nas cidades de médio e pequeno porte (MOBILE, 2017, pp. 54-55), enquanto na capital as atividades compõem amplo leque de trabalhos e serviços que vão além de projetos e obras, como consultorias, prestação de serviços de desenvolvimento de projetos, execução e acompanhamento de obras e instalações, e atuação em segmentos especializados como nos setores de segurança, conforto ambiental, entre outros.

Já os dados referentes ao trabalho em pesquisa e desenvolvimento (ACIESP, 2017) que retratam a distribuição

das atividades científicas nos últimos dez anos em São Paulo apontam que nas áreas de Ciências Sociais Aplicadas, que inclui a Arquitetura, e nas Engenharias estão a maior densidade de pesquisadores e de produção e citação de artigos científicos entre 2002-2011. Este mapeamento revela grande concentração de pesquisas no eixo da capital em direção à cidade de Campinas, região que conta com duas grandes universidades públicas, a USP e a UNICAMP, além dos campi de universidades federais no âmbito metropolitano, como a UNIFESP e a UFABC, e de outras instituições particulares reconhecidas, como o Mackenzie, todas responsáveis pela formação de arquitetos em graduação e pós-graduação.

Contando com apoio de fomento (na sua maioria de recursos públicos), esses profissionais desempenham atividades científicas e corroboram com a construção de competências em panoramas propícios para a inovação e a transferência de conhecimento, nas empresas no Estado de São Paulo e em todo o território nacional. Não se desconsidera, entretanto, outras possibilidades de investigação e desenvolvimento espalhadas pelas demais regiões do país.

A busca por informações para o projeto

Sobre a busca de dados para o exercício da profissão, a maioria dos arquitetos procura atualização em cursos, seminários, feiras e eventos, além de consultar revistas especializadas, periódicos acadêmicos e livros técnicos sobre projetos e edificações em geral e, também, sobre materiais, produtos e suas aplicações em construção (CAU/BR, 2012). Alguns entraves nessa participação apontam para motivos ou impedimentos como a falta tempo disponível; as dificuldades de acesso por distância, custo ou oportunidade, que podem ser explicados em parte pela centralização destes

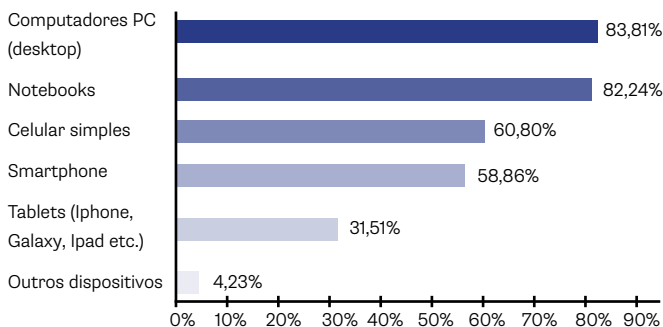
eventos nas grandes capitais brasileiras, distantes dos locais de moradia e de trabalho. Podem ser citadas como exemplos, as feiras da ANFACER/Expo Revestir, voltadas ao setor dos revestimentos cerâmicos para construção, e a FEiCON/Batimat (Salão Internacional de Construção e Arquitetura), ambas realizadas na cidade de São Paulo, expondo materiais, equipamentos e tecnologias e contando com expositores nacionais e internacionais.

Considerando este quadro favorável à atualização dos profissionais, de pesquisa e desenvolvimento nesta área, no eixo São Paulo-Campinas, conforme pesquisa da ACIESP (2017), como e onde estão disponíveis as informações sobre materiais para arquitetura?

Os arquitetos mencionam que, para projetos e execução de obras e atualização nos avanços em pesquisa e desenvolvimento (incluindo materiais e tecnologias), eles buscam dados tanto na mídia impressa como virtual, demonstrando amplo acesso à informação por meios eletrônicos de comunicação por dispositivos móveis ou fixos, usando internet e mídias sociais como Facebook, Orkut e Twitter, entre outras (CAU/BR, 2012)², como demonstrado no gráfico 1.

Embora se reconheça que a relação usual entre materiais e arquitetura está presente desde a concepção do projeto e, portanto, que os materiais determinam conceitos e características arquitetônicas, na prática, esta relação é mais citada na seleção de produtos disponíveis ou encontrados no mercado da construção, utilizados para atender a especificações de projeto e execução de obra.

² Dados do sistema de dados IGEO CAU/BR (Disponível em: <<https://igeo.caubr.gov.br/igeo/>>. Acesso em: 9 abr. 2017), que cruzou informações sobre os arquitetos do censo nacional (CENSO CAU/BR, 2012) com os dados do IBGE, retratando 24 mil profissionais pesquisados em São Paulo.

GRÁFICO 1: Principais usos de dispositivos (uso diário ou quase diário)

Quando considerada a engenhosidade da concepção do projeto arquitetônico, os materiais carregam experiências que incluem saberes técnicos e perceptivos, significados socioculturais e econômicos, que transcendem o tempo. Perguntado sobre como e o quanto ele busca a originalidade na arquitetura, Siza Vieira coloca que esta passa por mudanças históricas no tempo, em movimentos cíclicos, apontando na direção evolutiva do pensamento e do fazer arquitetura:

Acredito que há uma continuidade na evolução da arquitetura. No fundo, nada é cem por cento original. Trabalha-se sempre renovando a partir do que está já feito. E são também fatores externos à própria concepção que provocam maior ou menor novidade. Veja o que foi, no fim do século XIX, o aparecimento do ferro, ou do betão. Construía-se só em pedra e tijolo. Aparece o ferro e é um fator externo ao pensamento sobre a arquitetura. É uma espécie de estímulo que vem e é muito transformador. Provoca uma nova abordagem em relação à qual há necessidade de uma modificação na expressão formal (SIZA VIEIRA, 2016, s.n.).

Nesta visão, os materiais cumprem um papel integrativo e intrínseco na concepção do projeto. Eles também apontam para vínculos com a tecnologia, no fazer e nas exigências de ambiência e desempenho arquitetônico e construtivo. Já nos procedimentos de uso dos materiais, na e para a arquitetura, a obtenção de informações para o projeto está na pesquisa e no acesso aos dados disponibilizados por fabricantes e empresas, por meio de meios físicos e dispositivos digitais, que informam sobre características técnicas e sobre dados de desempenho e propriedades nem sempre suficientes, para atender a demandas específicas de projeto e de construção, usando catálogos e manuais³.

No quadro 1, a seguir, estão relacionados os principais tipos de pesquisa de materiais para arquitetura.

Sobre quem faz pesquisa de materiais para a arquitetura no Brasil, encontram-se trabalhos ligados às áreas das engenharias, nos setores químico e metalúrgico e de materiais, em instituições públicas e em empresas privadas. Em menor frequência, aparecem também trabalhos no campo da arquitetura, associados ou não à engenharia, desenvolvendo novas propostas e aplicações. Outras iniciativas são decorrentes da atuação e investimento de empresas, fabricantes e de profissionais, de forma isolada, colaborativamente ou em parcerias, e também da importação de produtos prontos.

Diferentemente do que ocorre no mercado da construção, caracterizado por política de renovação e atualização tecnológica constante de produtos e materiais, (como, por exemplo, nos setores de produtos para acabamento

³ Considera-se também a demanda por informações técnicas de produtos para o projeto e obra, exigindo contato com empresas ou consultores.

QUADRO 1: Síntese dos tipos de pesquisa sobre materiais na arquitetura e principais agentes

SÍNTESE DOS TIPOS DE PESQUISA SOBRE MATERIAIS PARA USO NA ARQUITETURA E PRINCIPAIS AGENTES	
TIPOS DE PESQUISA	PRINCIPAIS AGENTES
<p>Pesquisa direcionada para demandas específicas: Atendimento a exigências de projeto ou de execução de obras novas, reformas ou de manutenção; de desempenho técnico ou ambiental; de avaliação pós-uso; recuperação; reuso ou reaproveitamento de produtos e materiais para a solução de problemas construtivos ou de uso.</p>	<p>Instituições e centros de pesquisa e ensino; empresas e mercado; especialistas e publicações técnicas especializadas, entre outros.</p>
<p>Pesquisa de materiais e produtos prontos e disponíveis para especificação no projeto ou uso na construção/montagem: Consulta em catálogos, manuais, documentação e publicações de divulgação e técnicas em meios virtuais e físicos; Visita e consulta a técnicos e representantes e a estabelecimentos comerciais e industriais. Visita a feiras e eventos de materiais e produtos para arquitetura e construção e obtenção de amostras físicas.</p>	<p>Mercado da construção e equipamentos; indústria.</p>
<p>Pesquisa indutiva: Experimentações do material com ou sem manipulação (incluindo nanotecnologia, por exemplo); experimentações, considerando transferência de tecnologia ou setor de aplicação (materiais, técnicas e modos de utilização) para obtenção de resultados formais e expressivos; soluções para demandas ou problemas de projeto ou construção; ou de novos usos na arquitetura; experimentações para verificação de determinadas propriedades e características exigidas no uso e desempenho, aplicação construtiva ou de montagem.</p>	<p>Profissionais; empresas; instituições e centros de pesquisa e ensino.</p>

e revestimento de edificações), a inovação em materiais e produtos na arquitetura apresenta fluxo intermitente e, na maioria das vezes, dependente de iniciativas pessoais ou de grupos para a obtenção de financiamento e verbas dos setores público e privado. O acesso aos resultados de pesquisa e informações encontra-se disperso e nem sempre disponível para consulta, em meios digitais como plataformas, sites, blogs, redes sociais de pesquisadores ou centros e instituições de ensino e de pesquisa, e em publicações científicas e técnicas impressas ou virtuais. Destacam-se ações em trabalhos colaborativos envolvendo agentes e instituições públicas e privadas na proposição de políticas públicas e de incentivo em Pesquisa e Desenvolvimento, impulsionadas pelo setor da construção civil que impactam a também arquitetura⁴.

A inovação em materiais e na arquitetura

Materiais estão presentes na materialização de espaços e ambientes, dando forma as ideias e concepções espaciais e arquitetônicas, por meio de aplicações decorrentes de técnicas e procedimentos de construção. A seleção correta, adequada e consciente, a utilização racional, bem como a experimentação dos materiais e suas propriedades (físico-químicas, de conformação, estéticas e de manipulação) podem potencializar a inovação em projeto e em produtos.

⁴ Citam-se iniciativas para formulação de políticas para o setor de Ciência e Tecnologia, na área da indústria da Construção Civil, como a FINEP, além de programas estaduais como Programa PIPE/ FAPESP, atuando em temas aderentes às áreas da engenharia e da arquitetura.

SÍNTESE DE INOVAÇÃO EM MATERIAIS PARA ARQUITETURA
<p>Inovações em projeto</p> <p>Inovação formal e/ou construtiva incorporada à concepção ou à criação na fase de projeto.</p>
<p>Inovações de produto</p> <p>Inovações em elementos e componentes de edificação ou em um ou mais de seus subsistemas;</p> <p>Inovações em produtos acabados para uso ou aplicação em construção, instalação ou montagem.</p>
<p>Inovações de processos</p> <p>Inovações no processo de produção dos edifícios e instalações que podem ser obtidas a partir de alterações, modificações, aperfeiçoamentos e novas criações:</p> <p>em produtos intermediários, tais como tipos de subsistemas e componentes;</p> <p>em materiais que tenham impacto no processo e em produtos finais;</p> <p>na própria tecnologia ou processo construtivo de edificações, espaços e ambientes;</p>
<p>Inovações por experimentações dos próprios materiais</p> <p>Uso ou aplicação de materiais e produtos de forma diferenciada, adaptada ou modificada em relação à proposta original; Uso ou aplicação por transferência de tecnologia de outro setor para a arquitetura e construção; Experimentação ou inventividade, visando novos resultados formais ou tecnológicos.</p>



FIGURAS 1 E 2: Museu do Amanhã, Rio de Janeiro. Imagens das estruturas de cobertura e laterais em concreto que definem a plasticidade da obra. Inovação formal, utilizando material tradicional. Arq. Santiago Calatrava.

O quadro 2 sintetiza os principais tipos de inovação em materiais para a arquitetura. Todos estes aspectos podem gerar oportunidades de trabalho e renda, na atuação profissional ou de pesquisa, movimentando a parcela de contribuição da arquitetura para a economia criativa do país. Outras questões relacionadas à qualidade das edificações impõem limites, ao atender a necessidade de observância de normas e legislações construtivas, citando como exemplo a NBR 15575 de 2013, que rege o desempenho das edificações habitacionais, colocando restrições construtivas e a necessidade de testes e aferições, que podem interferir no procedimento criativo, na experimentação de novas oportunidades de utilização ou desenvolvimento de novos materiais para a arquitetura.

ARQUITETURA INDUSTRIALIZADA E FABRICAÇÃO DIGITAL: PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO

Paulo Eduardo Fonseca de Campos

Desde o início dos anos 2000, a fabricação digital vem se popularizando e, mais recentemente, sendo anunciada como o prenúncio de uma Terceira Revolução Industrial (ECONOMIST, 2012). É certo que se está assistindo ao surgimento de uma inovação que pode ser classificada como disruptiva ou radical, segundo os preceitos expressos no site *The Innovation Policy Platform*⁵, já que a fabricação digital pode representar uma oportunidade real de quebra de paradigma, cujo impacto será significativo sobre o mercado e a atividade econômica futura da sociedade, além de uma resposta ao esgotamento de um ciclo produtivo calcado, originalmente, nos clássicos padrões fordistas.

⁵ INNOVATION POLICY PLATFORM, The. Disponível em: <www.innovationpolicyplatform.org>. Acesso em 6 out. 2016.

Na arquitetura e, particularmente, no segmento da construção industrializada, os saltos tecnológicos, historicamente, são dados por meio de inovações incrementais, ou seja, aquelas baseadas em produtos, serviços, processos, organização ou métodos já existentes, cujo desempenho pode ser significativamente melhorado ou atualizado. Essa é habitualmente a forma de inovação que predomina na cadeia da construção e na arquitetura, ainda que a natureza da inovação e da taxa de mudança tecnológica muito possam diferir de um país para outro, entre setores produtivos e períodos de tempo envolvidos, de acordo com a *Innovation Policy Platform*.

Por sua vez, os processos de projeto e fabricação executados por meio dos sistemas CAD (do inglês: *computer aided design* ou projeto assistido por computador), CAE (*computer aided engineering* ou engenharia assistida por computador) e CAM (*computer aided manufacturing* ou manufatura assistida por computador), integram aquilo que se pode chamar de convergência digital ou “*continuum digital*”, como classifica Kolarevic (2003). Uma ligação direta entre projeto e produção, a qual se estabelece por meio das tecnologias digitais.

A fabricação digital é aqui encarada como um tema vinculado a uma nova alternativa tecnológica para o desenvolvimento da arquitetura industrializada, com inúmeros conceitos inovadores de projeto e de produção a ela ligados. Apesar disso, não há porque enxergá-la como uma forma de ruptura com o passado e a tradição da arquitetura, mas sim como um meio de continuidade, uma possibilidade a mais que permite combinar conceitos aparentemente opostos, tais como a produção padronizada e a produção flexível.

Materiais e arquitetura no contexto da fabricação digital

Apesar de todo o potencial oferecido pelas tecnologias de fabricação digital, é preciso reconhecer que seu desenvolvimento e validação para uso na arquitetura dependem, em boa medida, do conhecimento profundo das próprias especificidades desta “nova indústria”, sem o qual se corre o risco de convertê-la em um hobby ou uma curiosidade, quando não, um modismo. A aproximação entre a academia, como parte integrante do aparato de ciência e tecnologia, e o setor privado, além dos investimentos em pesquisa, particularmente de forma consorciada, constituem uma prática que já vem oferecendo resultados tangíveis em países desenvolvidos como a Inglaterra, por exemplo, no caso específico da Universidade de *Loughborough* (BUSWELL, 2007), como se verá mais adiante.

O ponto de partida deste esforço se dá com a geração de propostas criativas e a identificação de oportunidades, em um processo baseado na aplicação de metodologias para inovação e planejamento em estágios mais avançados. A equipe multidisciplinar a ser reunida em torno de um projeto de inovação radical pode abranger desde empresas produtoras de materiais e componentes para construção, até fabricantes de sistemas construtivos industrializados, que aspirem se manter inovadores e competitivos. Neste contexto, o concreto é, e ainda seguirá sendo, um dos materiais de construção mais conhecidos e utilizados no mundo, com um crescente apelo econômico, social e ambiental no âmbito deste setor produtivo. A fabricação digital ou robótica, por sua vez, é a tecnologia de manufatura mais avançada e flexível de que se dispõe na atualidade, com forte impacto no nível das condições tecnológicas e humanas. O desafio que ora se coloca diz respeito à inovação como indutora do desenvolvimento sustentável e à visão de futuro que a arquitetura industrializada será capaz de desenhar para si.

Breves considerações a respeito de inovação na arquitetura industrializada

A história da construção industrializada, especialmente no campo da pré-fabricação, sempre lidou com questões relacionadas à padronização e à produção seriada, particularmente vinculadas a programas massivos de habitação social. Sob a égide da inovação tecnológica voltada à construção massiva de habitações, vários foram os equívocos cometidos no período de reconstrução da Europa após a Segunda Grande Guerra (FONSECA DE CAMPOS, 2013). Neste período, predominaram, de forma implacável, as regras dos sistemas construtivos pré-fabricados da chamada “primeira geração” da industrialização, na qual frequentemente o usuário era relegado à condição de mero detalhe, predominando uma visão produtivista. Como exemplo, acessar a imagem⁶ do conjunto habitacional “*Killingworth Towers*”, construído nos anos 1970, em *Newcastle* (UK), fotografado durante sua demolição (1987).

Foram várias as críticas a este modelo inicial, que vinculava a pré-fabricação seriada à rigidez e à uniformidade para definir um sistema construtivo desenvolvido sem pensar nas qualidades intrínsecas de sua arquitetura e sua relação com o entorno urbano, a cidade. Este cenário, porém, vem se modificando rapidamente nas últimas décadas, com a introdução das tecnologias digitais de fabricação, as quais incentivaram projetistas a explorar soluções que estimulam a pesquisa de geometrias mais complexas, desafiando os princípios da padronização que, até então, dominavam os meios de produção. Desde então, a tecnologia digital tem sido associada à teoria e

⁶ Disponível em: <<http://towerblock.org/wp-content/uploads/2010/02/ne-55.jpg>>. Acesso em: 6 out. 2016.

ao desenvolvimento de uma produção arquitetônica contemporânea não padronizada, com ênfase à flexibilidade e à variedade.

Kolarevic (2003) afirma que a era digital reconfigurou radicalmente a relação entre concepção e produção, criando uma conexão direta entre o que pode ser concebido e construído. Os projetos de edifícios, atualmente, não só nascem digitalmente, como são realizados digitalmente por meio dos processos *file-to-factory*, que fazem uso de tecnologias de controle numérico computadorizado (CNC) para fabricação. Gershenfeld (2005), por sua vez, em seu icônico livro “*FAB; The coming revolution on your desktop – From personal computer stop personal fabrication*” pondera que, graças à convergência da computação e fabricação, hoje é possível converter bits em átomos, imprimindo objetos a partir de suas imagens ou modelagem virtual.

Ou seja, com o advento dos processos digitais de fabricação, por meio de máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado), somados aos sistemas CAD, CAE e CAM, que juntos proporcionam a integração de projeto, engenharia e manufatura auxiliados por computador, as técnicas tradicionais de produção vêm passando por uma autêntica revolução, embora não acabada, mas que indica uma tendência de quebra de paradigma a ser acompanhada com atenção não só pelas áreas de formação e pesquisa, mas também pelo setor produtivo.

Fabricação digital e tecnologia do concreto:

3D Concrete Printers

É possível afirmar, apoiando-se em pesquisas em bases de dados de patentes e anais de congressos especializados (ISARC, 1984-2014), que a primeira pesquisa envolvendo a utilização de material cimentício e fabricação digital, foi

realizada na *University of Southern California*, intitulada “*Contour Crafting*” (HWANG; KHOSHNEVIS, 2004).

O sistema consiste em uma tecnologia de fabricação aditiva que utiliza o controle computadorizado para criar superfícies de forma livre. Um grande pórtico automatizado, somado a um equipamento de extrusão de material cimentício, possibilitaria a construção da estrutura ou edificação de maneira integral. Segundo o próprio pesquisador principal (KHOSHNEVIS, 2006), a viabilização do sistema pressupõe tal desenvolvimento e integração da indústria da construção e de todos os seus atores em torno desse novo sistema construtivo, que hoje é ainda inimaginável pensar em sua viabilidade a curto prazo, embora a sua técnica seja comprovadamente plausível. Como exemplo, acessar a ilustração⁷ do sistema construtivo “*Contour Crafting*” baseado na extrusão de material cimentício.

Freeform Construction

Outra pesquisa de fundamental importância acerca da manufatura aditiva utilizando materiais cimentícios teve origem na Universidade de *Loughborough*, no Reino Unido. Da mesma maneira que a pesquisa desenvolvida pelo grupo da *Southern California University*, esse trabalho emprega um pórtico mecânico computadorizado, utilizado como meio para a deposição das camadas de matriz cimentícia, com precisão, no local desejado.

Inspirada, particularmente, nas técnicas já conhecidas de impressão 3D, a pesquisa tem o apoio de importantes atores do mercado da construção mundial, como o escritório de arquitetura Foster & Partners e o Buro Happold,

⁷ Disponível em: <<http://www.archdaily.com/554739/nasa-tech-brief-awards-contour-crafting-s-automated-construction-methodology-top-honors>>. Acesso em: 15 out. 2016.

especializado em projetos estruturais de alta complexidade (BUSWELL et al, 2007).

Mais recentemente, em 2014, a Universidade de Loughborough firmou um acordo de cooperação com um consórcio de empresas liderado pela gigante mundial da construção civil Skanska, com o objetivo de desenvolver o uso da impressão 3D em concreto. O engenheiro Rob Francis, diretor de inovação e desenvolvimento da Skanska UK (Reino Unido) declarou, na ocasião, que a “impressão 3D em concreto, quando combinada com uma espécie de centro de pré-fabricação móvel, tem um potencial para reduzir o tempo necessário para criar elementos complexos para os edifícios, de semanas para horas” (McGAR, 2014). Acrescentou ainda: “Nós esperamos alcançar um nível de qualidade e eficiência, jamais visto na construção”. O objetivo final da iniciativa, segundo a mesma matéria, é desenvolver o primeiro robô comercial do mundo para impressão em concreto.

Como exemplo, acessar a imagem⁸ da impressão de uma edificação pelo processo “3D Concrete House Printer” de Andrey Rudenko (EUA) – primeira impressora de concreto 3D portátil para impressão no local.

A principal diferença entre as duas pesquisas (*Contour Crafting* e *Freeform Construction*) é o fato de os ingleses partirem do princípio do uso da técnica para a execução de componentes construtivos, e não da edificação inteira, o que parece ser bem mais razoável.

Um dos mais recentes projetos envolvendo fabricação aditiva de concreto para edifícios foi o desenvolvido pela empresa de construção civil chinesa WinSun. O exemplo

⁸ Disponível em: <<https://sourceable.net/wp-content/uploads/2014/11/3d-concrete.jpg>>. Acesso em: 15 out. 2016.

do edifício mais alto do mundo executado com tecnologia de impressão 3D em concreto causou espanto e se disseminou rapidamente, não apenas na mídia especializada, mas também em veículos de grande circulação, junto com a notícia de que na China dez casas haviam sido “impresas” em concreto, em um período de menos de vinte e quatro horas.

Como exemplo, acessar a imagem⁹ do mais alto edifício do mundo executado com tecnologia de impressão 3D em concreto pela WinSun – Parque Industrial de Suzhou (China).

Conclusão

Nos últimos anos, as tecnologias digitais incentivaram designers e arquitetos a explorar geometrias complexas em seus projetos, que levaram à investigação de novos processos de fabricação, desafiando os princípios da estandardização que, até então, dominavam os meios de produção desde a Segunda Grande Guerra. É fato que a tecnologia digital tem sido associada à teoria e ao desenvolvimento de uma produção contemporânea não padronizada, tanto no Design como na Arquitetura.

Entre as obras mais recentes que talvez melhor simbolizem este *zeitgeist* da arquitetura digital, no qual tomam parte também materiais avançados, a exemplo dos compósitos cimentícios como o GRC (*Glass Fiber Reinforced Concrete* ou Concreto Reforçado com Fibra-de-vidro), encontra-se o Centro Olímpico da Juventude de Nanjing (2014), projetado por Zaha Hadid (1950-2016). Ali, o conceito de *Freeform Construction* encontrou um desafio de

⁹ Disponível em: <<http://www.yhbm.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=68&id=68>>. Acesso em: 15 out. 2016.

grande escala para a construção de estádios e edifícios contemporâneos, que possibilitaram aliar as mais avançadas tecnologias de projeto, materiais e execução.

Como exemplo, acessar a imagem¹⁰ do *Nanjing Youth Olympic Centre* (China, 2014), projetado por Zaha Hadid.

Na medida em que os processos digitais hoje proporcionam a integração de projeto, engenharia e manufatura auxiliada por computador é possível vislumbrar uma tendência de quebra de paradigma a ser acompanhada com atenção nas áreas de formação e pesquisa em Design e Arquitetura. São inúmeras as possibilidades oferecidas pela fabricação digital no desenvolvimento da arquitetura industrializada e de outros campos de aplicação, particularmente voltados ao projeto de produto para o edifício.

¹⁰ Disponível em: <<http://design--daily.blogspot.com.br/2014/09/nanjing-youth-olympic-centre-zaha-hadid.html?m=1>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

O PAPEL DOS MATERIAIS NO PROJETO E MONTAGEM DE RESIDÊNCIA ENERGIA ZERO PRÉ-FABRICADA

Claudia Terezinha de Andrade Oliveira

Eduardo Hernandes Domingues

O conceito de residência energia zero (REZ) está associado à capacidade da edificação de gerar a energia necessária ao seu funcionamento e à autossuficiência energética em termos de balanço anual. A energia é obtida preferencialmente por meios de baixo impacto ambiental, como por exemplo, pelo aproveitamento da radiação solar. Por se tratar de pré-fabricação, além das exigências de montagem, desmontagem e transporte, o projeto e a produção desse tipo de edificação impõem condições específicas quanto à seleção dos materiais e soluções de projeto a fim de garantir a eficiência energética do conjunto, ou seja, o melhor desempenho com o mínimo consumo de energia possível. A experiência aqui relatada traz uma abordagem completa do projeto e produção de sistemas de revestimentos vertical e horizontal de um protótipo de REZ denominado EkóHouse. O protótipo foi desenvolvido por equipes de universidades brasileiras com o propósito de participar do concurso internacional *Solar Decathlon Europe 2012* (SDE´2012).

A partir das simulações do desempenho térmico e de geração de energia, foram definidas as características gerais do protótipo. A distribuição espacial e o dimensionamento dos ambientes foram projetados segundo as regras do SDE´2012.

Com as bases do projeto definidas, o detalhamento de todos os sistemas construtivos foi desenvolvido por meio de método iterativo de trabalho. Para cada sistema foram definidos os principais requisitos a serem atendidos considerando o uso final, a operação e manutenção do protótipo, além dos requisitos do processo de montagem, incluindo o transporte. Os materiais e componentes construtivos deveriam ser selecionados também a partir de produtos comercialmente disponíveis. Optou-se por uma ferramenta de projeto que viabilizou a integração e a documentação das várias fases do processo de produção, proporcionando alto nível de confiabilidade e precisão na montagem, com foco na funcionalidade e integração dos elementos e componentes, além dos seus aspectos geométricos. Para tanto, foi selecionado um software de manufatura e de prototipagem digital para garantir a exatidão da montagem, contribuir para a análise do comportamento dos sistemas e para a geração de informações para máquinas operadas por comando numérico computadorizado (máquinas CNC).

A figura 3 ilustra o protótipo digital da EkóHouse, incluindo a associação dos sistemas: estrutural, de vedação, de cobertura, sistema envolvente (varanda e *deck*) e as instalações (elétricas, hidráulicas, mecânicas). Os recursos proporcionados pelas máquinas CNC permitiram a adaptação de produtos comercialmente disponíveis às demandas de alterações para o projeto e ao atendimento dos requisitos de desempenho que os materiais isoladamente não atenderiam. A prototipagem digital permitiu ainda a simulação das etapas da obra para analisar o movimento

de componentes ou elementos submetidos a determinadas ações (carregamentos, deslocamentos, ligações).

Nos itens subsequentes são apresentadas soluções de projeto e de montagem dos sistemas de revestimento vertical (paredes internas e externas) e horizontal (forros), com destaque à especificação de materiais e ao detalhamento de soluções inovadoras de ajustes geométricos e de ligações entre componentes.

Revestimentos verticais

O quadro 3 traz os materiais e tratamentos de superfície adotados para os sistemas de revestimento em referência. Uma das necessidades específicas do projeto de uma REZ é o alojamento de componentes de diversos sistemas, desde os básicos (instalações elétricas e hidrossanitárias), passando pelos componentes do sistema de isolamento térmico até os das instalações de automação, que permitem o controle efetivo do desempenho energético da casa. Além disso, as soluções também deveriam viabilizar a necessidade de personalização dos painéis de revestimento e, para tal, os quadros deveriam ser analisados sob os requisitos apresentados no quadro 4, atendendo princípios projetuais e técnicos. O sistema tem dois componentes básicos: (a) cartola, um perfil de chapa dobrada em forma de ômega fixada diretamente nos painéis estruturais; e (b) quadro de revestimento composto de uma moldura padronizada, desenvolvida especificamente para o sistema. As molduras se acoplam às cartolas e nelas podem ser fixados diversos tipos isolamento, revestimento e acabamento. As cartolas e os quadros são compostos de partes projetadas com o recurso *Sheet Metal* do software que permite criar peças de chapa utilizando processos conhecidos de usinagem e dobra utilizando máquinas CNC.

QUADRO 3: Materiais especificados

MATERIAL	TIPO/ FORMA	FUNÇÃO	TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE
Aço carbono	Chapa conformada (dobrada e furada) em forma de ômega	Estrutura de apoio dos quadros (componentes) do revestimento	Galvanização por processo eletrolítico
	Chapa dobrada	Moldura para fixação do revestimento de parede e de forro	
	Chapa dobrada e perfurada	Revestimento horizontal (componentes do forro)	Camada de alumínio-zinco e pintura eletrostática
Aço Inoxidável	Chapa conformada	Revestimento vertical nas áreas úmidas	Escovação
Fibrocimento (argamassa reforçada com fibras sintéticas)	Placa	Revestimento vertical interno	Pintura com tinta acrílica à base de água
		Revestimento vertical externo	Polímero monocomponente a base poliétersiloxano, cargas e aditivos
Vidro	Incolor pintado	Revestimento vertical nas áreas úmidas	Nenhum
	Espelho	Revestimento vertical interno no banheiro	
Ímã de terras raras (à base de neodímio)	Pastilha	Fixação magnética do forro	Alojamento em cápsula de aço carbono
Lã de vidro e à base de sílica	Manta	Isolação térmica	Nenhum

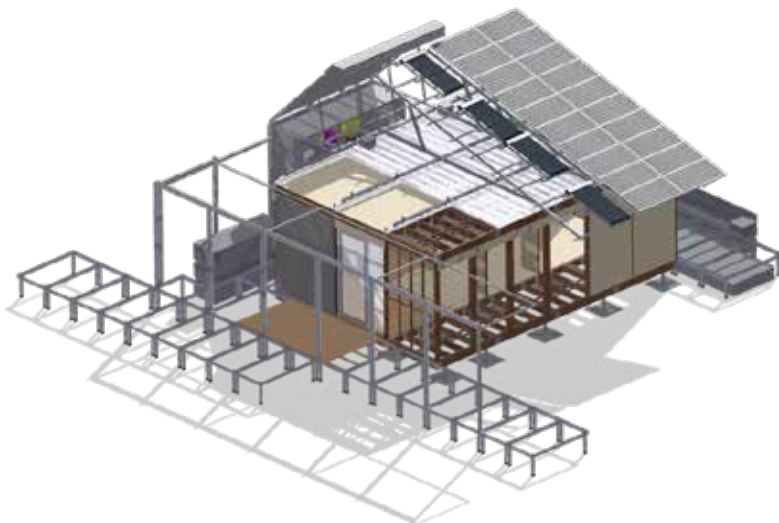


FIGURA 3: Perspectiva do protótipo digital da EkóHouse

QUADRO 4: Requisitos e soluções do revestimento vertical

ASPECTO	REQUISITO	SOLUÇÃO
Modulação	Compatibilizar com paredes estruturais	Quadros produzidos por artesanato digital
Uso final	Personalizar pelas características do ambiente	Quadros configurados como suporte para diversos materiais de acabamento
	Alojar isolamento térmico no revestimento externo	Alojar isolamento térmico no revestimento externo
	Disponibilizar espaço para instalações no revestimento interno	Perfil da moldura dos quadros desenvolvido prevendo espaço para isolamento e instalações.
	Viabilizar acoplamento de materiais de acabamento e de objetos de uso diário	Interface de ligação com recurso que permita fixação de mobiliário, equipamentos eletrodomésticos e elementos de decoração
Montagem	Facilitar transporte	Quadros transportados instalados nas paredes da estrutura. Quadros específicos para juntas transportados em cases
	Facilitar manuseio (massa máxima para manuseio manual 20 kg/pessoa)	Dimensões e massa que permitam o manuseio sem auxílio de equipamento mecanizado de movimentação de carga
Manutenção	Facilitar remoção e acesso	Ligação removível por encaixe

A figura 4, a seguir, contém detalhes do projeto dos perfis e das camadas de revestimentos verticais.

Por meio da interoperabilidade entre o software de modelagem computador e os softwares de manufatura assistidos (CAM – *computer aided manufacturing*) as peças foram reproduzidas com um grau de precisão maior do que o desejável para uma edificação (frações centesimais de milímetro). Sob a supervisão e controle da equipe de projeto, as chapas foram compradas diretamente de um distribuidor de laminados metalúrgicos que as enviou para uma empresa especializada em corte a laser; de lá, as peças cortadas foram para uma empresa especializada em dobra com máquinas CNC; a equipe de montagem formou os quadros utilizando processo de solda TIG (*tungsten inert gas*)¹¹ e, por fim, as peças foram galvanizadas por uma empresa especializada em tratamento de superfície por galvanização eletrolítica.

Revestimento horizontal interno

Na primeira versão do projeto, o revestimento horizontal interno, o forro do quarto, banheiro e ambientes de convivência foram definidos como recursos em que fosse possível instalar um sistema de teto gelado irradiante, que contribuiria para o controle da temperatura interna da casa. Independentemente do sistema gerador de frio, instalado diretamente sob a laje de cobertura, a parte visível do sistema foi constituída por produtos disponíveis no mercado. A retícula de guias produzidas com perfis dobrados de aço ABNT 1020 com tratamento anticorrosivo por eletrodeposição de zinco e painéis de chapa perfurada dobrada de aço

¹¹ TIG, *Tungsten Inert Gas*, processo de soldagem a arco elétrico entre um eletrodo não consumível de tungstênio e as peças a serem unidas, com ou sem deposição de material. Esse processo não deixa resíduos provenientes da queima do revestimento dos eletrodos de solda elétrica e por isso é adequado para peças que receberão proteção anticorrosão por processos eletrolíticos.

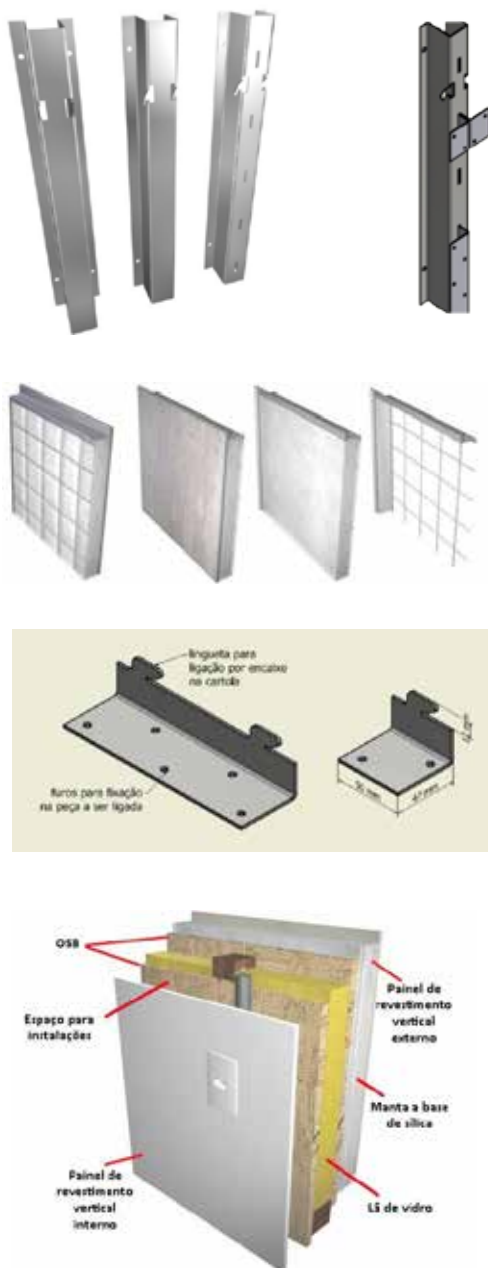


FIGURA 4: Componentes do sistema de revestimento vertical

ABNT 1020 com tratamento anticorrosivo conhecido como Aluzinco¹². O forro e o espaço entre ele e a laje de cobertura também alojavam componentes de outros sistemas necessários ao funcionamento da edificação: (a) equipamentos do sistema de iluminação; (b) sensores de monitoração e cabeamento do sistema de automação; (c) sonofletores do sistema de som ambiental; (d) difusores e dutos do sistema de ventilação mecânica e condicionamento do ar; (e) tubulação e cabeamento das instalações elétricas. Com as alterações do projeto, o sistema de forro que já havia sido adquirido (retícula de guias fixadas com parafusos) não atendia mais as necessidades de modulação do espaço interno. Portanto, a principal inovação para adequar os produtos já adquiridos às necessidades do novo projeto foi o projeto de quadros de forro compostos de um chassi montado com tubos retangulares e perfis dobrados de chapa de aço carbono, cuja geometria era compatível com a fixação definitiva dos painéis de chapa perfurada já existentes. Esses quadros tinham três funções: a primeira, de natureza geométrica, permitiu adaptar as características formais e dimensionais do material disponível à nova configuração dos ambientes internos da casa; a segunda foi servir de alojamento para instalar as luminárias lineares que proporcionavam a luz difusa nos ambientes; por fim, a canaleta constituindo um dos componentes que permitiu a fixação dos quadros perfurados.

Outras inovações quanto à fixação desses quadros na laje de cobertura foram:

¹² Marca da Hunter Douglas do Brasil. Revestimento com uma camada composta de 43,5% de zinco, 1,5% de silício e 55% de alumínio. O tratamento foi desenvolvido em 1972 pela *Bethlehem Steel Corporation* que o comercializa com a marca Galvalume. Disponível em: <http://www.galvinox.com.br/index.php?modulo=10&cod_produto_categoria=5>. Acesso em: 27 fev. 2014.

(a) Fixação magnética: uso de pastilhas de super-ímãs permanentes de neodímio instaladas no quadro de forro e esperas produzidas com chapas de aço, previamente fixadas na laje;

(b) Dispositivo complementar de segurança: os quadros foram equipados com cabos de aço ligados por mosquetões aos mesmos suportes dos componentes da ligação magnética. Esses suportes também continham um recurso redundante de ligação utilizando parafusos e porcas de aço que funcionam como travas entre os suportes.

O projeto do forro foi desenvolvido para atender a uma relação de requisitos sintetizados no quadro 5, a seguir.

QUADRO 5: Requisitos e soluções do revestimento horizontal

ASPECTO	REQUISITO	SOLUÇÃO
Modulação	Compatibilizar diferenças de geometria	Canaletas de ajuste geométrico com múltiplo uso
	Viabilizar concordância com demais sistemas (estrutura e vedação)	Tabeiras de arremate
Montagem	Aumentar velocidade e garantir precisão na instalação	Ligação Instantânea por magnetismo
		Dispositivos de segurança
	Poucas peças para manuseio	Uma peça por ambiente
		Conceito de produto plug&play
Facilitar manuseio (massa máxima para manuseio manual 20 kg/pessoa)	Componentes de ligação pré-fixados na laje	
Manutenção	Facilitar remoção e acesso	Tabeiras de fácil remoção
		Ligações magnéticas que permitem a fácil remoção do forro por deslocamento horizontal do conjunto

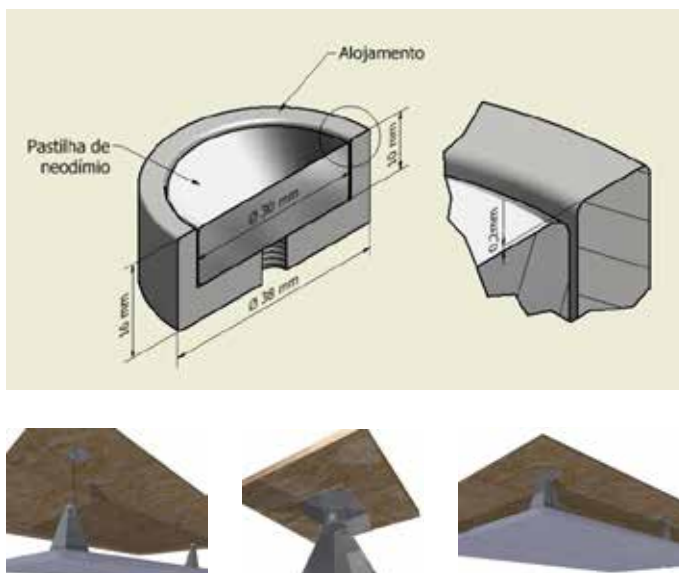


FIGURA 5: Dispositivos de fixação do elemento de revestimento horizontal na laje de cobertura



FIGURA 6: Protótipo da EkóHouse montado no Villa Solar em Madrid, durante o Solar Decathlon Europe 2012, em setembro de 2012

O protótipo

A perspectiva do protótipo concluído pode ser observada na Figura 6, quando montado na Villa Solar durante a Competição *Solar Decathlon Europe 2012*.

As soluções apresentadas para os sistemas de revestimento vertical e horizontal, juntamente aos demais sistemas também desenvolvidos especialmente para o protótipo pré-fabricado da REZ, viabilizaram a montagem da EkoHouse na Villa Solar no prazo determinado pelas regras do concurso. A equipe do Team Brasil, composta por cerca de 20 alunos, sem especialização na produção de edificações, montou uma residência de alta eficiência energética, com área interna de 45 m², em 150 horas.

A viabilidade do método foi assegurada pela valorização do projeto, utilizado como a principal ferramenta para tomada de decisões para a produção. A correta utilização dos recursos de projeto por meios digitais permitiu a criação de cenários virtuais confiáveis antes de produzi-los com segurança.

Considerações finais

Projetar uma casa pré-fabricada, que será montada, desmontada e novamente montada diversas vezes, requer uma nova forma de pensar o projeto. É necessário que todas as decisões passem pela crítica da análise reversa. O modelo proposto de gerenciamento dos projetos executivos e da produção, por meio do software de manufatura e de prototipagem digital, por si, se constitui em processo inovador que deve ser continuamente melhorado. Mas isso não basta. As características físicas dos materiais têm que atender as demandas tradicionais das edificações e as demandas dos processos de montagem de uma edificação pré-fabricada. A seleção de materiais deve ser feita por meio da coordenação dos requisitos

estéticos e dos requisitos de montagem, utilização e manutenção de uma REZ, que agrega novas funções aos programas tradicionais de uso, tais como as funções de gerar e gerenciar a energia necessária ao seu funcionamento. As decisões de projeto arquitetônico, com ênfase na geometria espacial, precisam estar intimamente relacionadas com os materiais e com os processos de produção a serem utilizados. A definição do porte, massa, durabilidade, dureza da superfície, resistência das ligações e fixações, aparência e precisão dimensional dos materiais e processos deve anteceder a produção industrial dos componentes e elementos construtivos. A seleção de materiais e o detalhamento executivo dos sistemas passam a fazer parte do caminho crítico do processo. Nesse ponto, ficam caracterizadas as inovações: o uso de produtos (materiais e componentes) comercialmente disponíveis de forma não convencional e a mudança de paradigma da construção de residências para a montagem de espaços multifuncionais habitáveis.

A prática dessa forma de produção contribui para a criação de novas bases de conhecimento para industrialização e pré-fabricação de edificações, notadamente aquelas que tenham alta eficiência energética. Além disso, a experiência na produção do protótipo da EkóHouse traz contribuições para o desenvolvimento de novas propostas, pois a consolidação das informações permite a retroalimentação sistemática que facilita a criação de novos modelos de projeto e produção de espaços habitáveis.

A EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL EM ARQUITETURA E MATERIAIS

Sérgio Coelho

Alessandra Araujo

A GCP Arquitetura e Urbanismo destacou-se, ao longo de seus quase vinte anos de existência, na aplicação de materiais e sistemas construtivos inovadores e sustentáveis, sendo que, mais recentemente, tem-se dedicado à aplicação de princípios da biomimética em soluções de projeto e pesquisa de novos materiais baseados nessa ciência. A associação do arquiteto Sérgio Coelho, fundador da GCP, com a bióloga Alessandra Araujo trouxe importante contribuição à empresa, por meio da preocupação com inovação sustentável baseada na Natureza, desenvolvendo, neste caso, muito mais a solução da arquitetura do que a do material.

A biomimética (do grego *bios*, vida, e *mimesis*, imitação), “é uma nova ciência que estuda os modelos da natureza e depois imita-os e inspira-se neles ou em seus processos para resolver problemas humanos” (BENYUS, 2011, p. 8). Trata-se de uma ciência que traduz a tecnologia que a na-

tureza tem para lidar com os mais diversos desafios. Levando em consideração os 3,8 bilhões de anos de constante evolução nos organismos atuais, constata-se um processo de melhoria contínuo e atualizado das pressões a que foram submetidos, tais como: altas temperaturas, necessidades de sombreamento, excesso de água, escassez de água, mudanças e regulagem de temperatura, produção de energia, iluminação, entre outras. Estas pressões são muito semelhantes às necessidades de uma edificação. Porém, neste caso, refere-se a uma série de soluções tecnológicas que a natureza desempenha com elegância, utilizando poucos recursos e muita eficiência, ou seja, tudo o que é necessário em ambientes construídos. Muitos materiais são criados ou melhorados com o uso da biomimética em todos os segmentos. No segmento da construção civil, nota-se mais iniciativas estrangeiras vinculadas à inovação, o que é justificado, em parte, pelo fato de a indústria estar mais próxima à academia e investir em pesquisas. Por exemplo:

Organismo inspirador: concha

A concha é criada por meio de processos de calcificação de carbonato de cálcio. Os produtos criados são tijolos inovadores fabricados com grãos de areia e bactérias. O fabricante bioMASON (BIOMASON, 2017) utiliza um processo natural de calcificação para ganhar a estrutura e força. O processo se dá com grãos de areia em um molde inoculados com bactérias (*Sporasarcinapasteurii*). Estas bactérias são alimentadas com íons de cálcio em suspensão na água e os íons são atraídos para as paredes das células das bactérias.

Organismo inspirador: folha de lótus.

As folhas de lótus estão em contato constante com água de rios e lagos, em regiões com alto índice de precipitação. Mas apenas a parte superior da folha pode fazer fotossín-

tese, para gerar energia. A sua proteção, para evitar que sua superfície fique suja, é ter um sistema autolimpante. A folha de lótus possui microtexturas que evitam a adesão de partículas de sujeira e são limpas e removidas com ação da água. O produto criado é a tinta da StoCoat Lotusan® (LO-TUSAN, 2016), que funciona seguindo o mesmo princípio.

Apresentam-se, a seguir, algumas soluções de projeto elaboradas pela GCP e consideradas diferenciadas e criativas seja pela aplicação inusitada de materiais, seja pela utilização de princípios da biomimética em suas soluções arquitetônicas. Nos dois primeiros projetos apresentados a seguir, o foco inovador está no envelopamento ou fechamento das edificações, que é sempre um tema delicado, já que é nas escolhas das soluções mais corretas que se pode garantir a necessária estanqueidade, o correto isolamento termo acústico e a obtenção de efeitos ótimos de ventilação e iluminação naturais, que são fundamentais para soluções de arquitetura sustentável.

Unilever Aerossóis – Aguai/SP: fachadas ventiladas em painéis laminados decorativos Fórmica® TS Exterior¹³ coloridos de 1,22m X 3,07m e 10 mm de espessura, fixados em estrutura auxiliar de alumínio, presas mecanicamente sobre estrutura metálica. Fechamentos interiores em alvenaria de blocos de concreto 2,0 MPa de 39x19x19cm ou placas de gesso acartonado padrão (ASTM C36) com espessura de 12,5mm, tipo *drywall*. O laminado Fórmica® TS Exterior é composto de extrato de fibras celulósicas impregnadas com resinas fenólicas termofixas compactadas por processo de alta pressão.

¹³ Especificação/Brochura da Fórmica®. Disponível em: <www.formica.com.br/produtos/datasheets/TSExterior.pdf>. Acesso em: jan. 2017.



FIGURA 7: Prédio administrativo da fábrica Unilever em Aguiá/SP

FIGURA 8: Arena Pantanal em Cuiabá / MT

A superfície é composta de papel decorativo com resinas amino-plásticas e filme de proteção superficial (UV). O processo produtivo prevê aplicação combinada de temperatura e alta pressão, condição essa obtida em prensas específicas para esse tipo de técnica. Desta maneira, se obtém um material compacto, de alta densidade, estável, não poroso e quimicamente inerte.

Arena Pantanal – Cuiabá/MT: fachadas microclimáticas com uso de tela perfurada compósita em PVC e Poliéster Ferrari Soltis FT 381 cor Cactus Green, tensionadas em estrutura metálica. Nos pórticos de sustentação das coberturas foi utilizada membrana compósita em PVC e

Poliéster Ferrari Precontraint 902 S2 cor branca, tensionadas em estrutura metálica¹⁴.

No projeto da Arena Pantanal, a concepção seguiu o conceito de quatro módulos posicionados para favorecer a ventilação, respondendo ao problema de calor característico do local, os quais eram desmontáveis para atender ao programa, o que levou a adotar estrutura metálica. Em um primeiro momento, não havia o envelope em membrana de PVC, que também poderia ser em *Meshing*, que é uma tela de inox. Fora do Brasil, alguns estádios são assim, mas o custo é altíssimo, considerando que o projeto era de um estádio público.

Concluído o projeto, percebeu-se que não poderia ser outro material que não o PVC, que de dia confere transparência visual e de noite, como as luzes internas são mais fortes, torna-se uma lanterna. Graças à evolução do próprio design e dos materiais, hoje os arquitetos têm uma gama de possibilidades que as gerações anteriores não tinham. Isso se deve ao avanço da tecnologia e da pesquisa.

No exemplo a seguir, a utilização da biomimética confere inovação à solução projetual.

Votu Hotel- Bahia: o Votu Hotel é um projeto localizado na Praia dos Algodões – Península de Maraú, Bahia, região muito rica em biodiversidade devido aos sistemas ambientais que tem: mar, bancada de coral, mata atlântica, lagoas naturais e manguezal. Além da beleza, esta localização oferece também alguns desafios devido às altas temperaturas, bom índice pluviométrico e salinida-

¹⁴ Informação Serge Ferrari. Disponível em: <http://pt-br.sergeferrari.com/corporate-pt/arena-pantanal-cuiaba-brasil/>>. Acesso em: set. 2017.

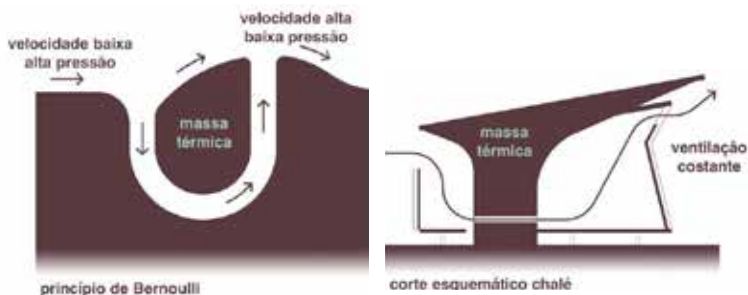


FIGURA 9: Esquema de ventilação permanente da toca do cão-da-pradaria (Princípio de Bernoulli)



FIGURA 10: Corte da suíte, com esquema de ventilação permanente, inspirado no cão-da-pradaria.



FIGURA 11: Votu Hotel: fachada sombreada da suíte, similar à de certos cactos, e massa térmica da laje jardim e cobertura com ventilação permanente inspirado no cão-da-pradaria.

de. Considerando a qualidade deste lugar, seus desafios e fragilidades, buscaram-se soluções de conforto térmico e eficiência energética aplicando a biomimética.

O tema central deste projeto é o conforto térmico por meio do partido arquitetônico, minimizando o consumo de energia. A grande inspiração da forma do bangalô é o fluxo de ar contínuo que foi estudado das tocas dos cães-da-pradaria, que seguem o fenômeno da física chamado de Princípio de Bernoulli. As soluções com biomimética nortearam o partido arquitetônico para as suítes, fechamentos de todos os prédios e coberturas eficientes. O organismo que inspirou a ventilação natural e constante garantindo conforto térmico, mesmo quando o espaço está fechado, é o cão-da-pradaria, que faz suas tocas enterradas no solo com entradas e saídas de ar. Como exemplo, acessar a imagem¹⁵ do cão-da-pradaria. O esquema de ventilação da toca do cão-da-pradaria pode ser visualizado nas figuras 9, 10 e 11.

Quanto a soluções arquitetônicas inovadoras serem restringidas por conta de normas e certificações, a GCP considera que existem soluções de projeto que não são aprovadas por não estarem contempladas nas normas como, por exemplo, um guarda-corpo especial. Há questões projetuais que são mais ou menos limitadas a uma solução específica da norma e todos seguem, mas se houvesse possibilidade de desenvolver outras ideias, talvez estas mais criativas atendessem à norma da mesma maneira. A falta de conhecimento restringe e confunde muito o papel das responsabilidades e a normatização no Brasil acaba significando, em um primeiro

¹⁵ Disponível em: <https://c2.staticflickr.com/2/1235/1350899871_eb0135ab5b.jpg>. Acesso em: dezembro de 2017.

momento, tolhimento de criatividade. O Corpo de Bombeiros tem base técnica forte e apoia-se em normas internacionais, mas a criatividade no partido arquitetônico e até o uso não convencional de materiais acaba penalizado do ponto de vista das responsabilidades de quem analisa e aprova. O mesmo acontece na área ambiental. Nos estudos ambientais, há dificuldade de aprovação por conta da legislação de crime ambiental. A falta de conhecimento e dos limites e competências da responsabilidade profissional tanto de quem propõe quanto de quem aprova inibe novas propostas.

Ainda no Brasil, o problema parece ser a falta de parâmetros. Agora, talvez, com a norma de desempenho, seja possível organizar referências e parâmetros construtivos no país tanto para os projetistas quanto para os órgãos fiscalizadores¹⁶. A certificação LEED, por exemplo, em alguns aspectos é boa, porque trabalha com critério de qualidade que está vinculado a bons materiais. Ela pode não ser a mais adequada para o Brasil, porque se apoia em critérios de consumo de energia próprios do hemisfério Norte, com uma base de geração de energia completamente diferente: o Brasil é um país tropical, não tem neve, faz calor, etc. Os parâmetros são diferentes, entretanto preza por qualidade em vários aspectos, mesmo em materiais, exigindo que a construção tenha critério de qualidade comprovado. A rigor, o que a norma em geral faz seria normalizar procedimentos e, neste sentido, há até falta de

¹⁶ Na Dinamarca e em muitos lugares, há normas mais rigorosas de que no Brasil e a arquitetura nesses locais não é tolhida. Revelou-se até mais criativa e responsável por causa da norma e a entidade ou profissional a cargo das aprovações, entende isso. No Brasil, isto não ocorre.

normas. Hoje, a norma protege, mas o arquiteto se sente tolhido em suas soluções.¹⁷

Em se tratando de projetar, a GCP entende que no desenho da arquitetura, a primeira fase é a da intenção técnico-artístico respondendo ao programa, sem que necessariamente já haja definição do material a ser utilizado. Mas é inerente que esta fase já esteja carregada com uma informação que passa pelo sistema construtivo e pelo material, seja na estrutura, seja no revestimento. Não há como determinar o que vem primeiro, pois para responder a um programa, como o de uma indústria ou de um shopping center, por exemplo, no qual a questão do vão é fundamental, provavelmente já se considera desde a concepção um sistema construtivo que propicie essa solução. Ao mesmo tempo, por mais que a zona de conforto seja repetir soluções já adotadas, procura-se avançar com novos materiais. Também se considera para cada cliente a questão do orçamento disponível para a obra, porque materiais mais sofisticados têm preço diferenciado, podendo deixar de atender a este requisito quando colocado como fator primordial. Outra consideração é que o produto mais caro se paga ao longo do tempo, seja pela durabilidade seja pela manutenção. Na fase seguinte de detalhamento do projeto, as questões referentes a materiais são fundamentais para definir a arquitetura.

Quanto à relação entre arquitetos e indústria no Brasil, que é caracterizado por um segmento de projetos e obras intermitente, percebe-se que o caminho é o da oferta de materiais ou de produtos da indústria aos arquitetos, ao

¹⁷ Na aeronáutica, por exemplo, existem acidentes aéreos que ocorrem por causa de um parafuso e resultam em muitas mortes. Mas procede-se a uma enorme investigação para identificar o problema e, então, cria-se uma nova norma e os engenheiros não se sentem tolhidos ao projetar.

contrário do que ocorre fora do país, onde a demanda de grandes escritórios de arquitetura provoca o setor produtivo de maneira muito mais incisiva. Esta situação contribui aqui para a retração da pesquisa e o desenvolvimento, diferentemente do cenário internacional. Como consequência, os materiais estrangeiros no país vêm por importação com custos elevados para o consumidor, inviabilizando o seu uso na maioria dos casos. Por exemplo, o fornecimento da membrana compósita de fachada foi feita pela empresa Ferrari da França, com parceiros estrangeiros detentores da tecnologia de tensionamento dessas membranas, por isso todas as tratativas técnicas para o projeto foram feitas fora do Brasil e seus poucos representantes locais. Outro problema é o da substituição do material especificado pelo arquiteto por produto similar, geralmente com menor custo proposto pelos construtores, mas que não apresenta o mesmo desempenho e garantia, o que gera conflitos entre arquitetos, clientes e construtores.

A respeito de pesquisa sobre materiais, a GCP instituiu em seu escritório inicialmente a figura de um *Spec-Writer*, o especificador de materiais, com a criação de um departamento de especificações, que faz contato com empresas para conhecer seus produtos e montar uma materioteca (biblioteca de materiais), assumindo a responsabilidade de especificar por deter mais informações sobre os materiais. Mas esta estrutura se revelou cara, ocupando também muito espaço. Ao que parece, não se tem na formação de arquitetos conhecimento aprofundado sobre materiais, ocorrendo certa passividade sobre a seleção de materiais. Atualmente, a coordenadora do escritório reúne estas informações e a cada projeto um arquiteto fica responsável pela especificação dos materiais. Hoje, conta-se com procedimentos mais tradicionais, como a coleta de catálogos e de algumas amostras, havendo, em

contrapartida, mais recursos com o acesso à internet. A pesquisa digital tem a vantagem de mapear as possibilidades, mas dependendo da situação, não é determinante e, às vezes, uma referência de uso ou de obra construída facilita o acesso e a visualização sobre materiais a serem especificados no projeto para os clientes.

As situações de projeto e de especificação são diferentes em setores como o residencial e o industrial, pois há várias questões a solucionar e viabilizar, além da intenção estética, dos efeitos visíveis, funcionais e que caibam no orçamento. Mas segurar a amostra do material, sentir sua textura, conforto e densidade, dentre outros aspectos, é muito interessante para a criação e para o conhecimento do cliente sobre o produto. O contato com o material é muito elucidativo e esta experiência abre outras possibilidades e ideias mais criativas, além daquela para qual o material foi originalmente concebido. Isso não se consegue sem se vivenciar. Um grande evento como a copa do mundo ou uma olimpíada, por exemplo, funciona como um catalisador de oferta de materiais estrangeiros, representando um avanço no setor que também ocorre em projetos especiais, como museus, por exemplo.

O escritório considera que a feira de materiais tem um papel importante e incentiva que seus arquitetos as visitem, mas existem eventos dirigidos acontecendo no mundo, que parecem ser mais efetivos¹⁸. Para o uso na construção, considera-se que o material tem que estar disponível no Brasil, porque os escritórios de arquitetura não têm escala para importar materiais para viabilizar um pro-

¹⁸ Mencionando-se um, o arquiteto Sérgio Coelho participou, na Jamaica, em um hotel, de um encontro de convidados para a apresentação sequencial de vários materiais durante uma hora. É outra forma de apresentação e conhecimento de materiais com informações para o projeto.

jeto. A seleção também é uma questão cultural, na qual o brasileiro e a indústria da construção são muito conservadores (por exemplo, o cliente final, o empreendedor, o dono do shopping, o dono da fábrica e a construtora).

A GCP avalia que uma ferramenta como um site brasileiro de materiais disponíveis no Brasil seria muito proveitosa para arquitetos e especificadores terem onde procurar informações já sistematizadas. É muito importante tratar a informação com seriedade por meio de um banco de dados confiável e isento que permita a escolha do material adequado. Seria muito interessante se também houvesse acesso a espaço físico e a amostra com abertura para a participação e uso presencial dos profissionais e até mesmo dos clientes. Seria importante também que alunos de outras faculdades pudessem utilizar dessa ferramenta, com o incentivo de seus professores, adquirindo informação consistente.

A IMPORTÂNCIA DA PESQUISA EM MATERIAIS PARA ARQUITETURA

Barbara Del Curto

Os materiais e as tecnologias sempre fizeram parte integrante do design e muitos autores enfatizaram essa ligação profunda entre esses campos, entre os quais Gillo Dorfles:

Qualquer definição corre o risco de ser defeituosa e imprecisa, e ainda mais quando se refere a um setor tão vasto e complexo como o que aqui nos propomos tratar. Por isso, prefiro não dar qualquer definição clara e axonomática do Design Industrial [...]. Há, todavia, alguns pontos-chave teóricos e técnicos de que não se pode prescindir [...]. Uma das primeiras condições necessárias para considerar que um elemento pertence ao sector (*sic*) [...] é que seja produzido com meios industriais e mecânicos [...]. E, finalmente, como premissa ulterior, devemos considerar a da maior ou menor – mas sempre presente – "esteticidade" do produto [...]mas que deveremos considerar como momento essencial [...] de todo design criativo [...] (DORFLES, 1984, p. 7-9).

Por que arquitetos precisam conhecer os materiais? O primeiro motivo é óbvio: os edifícios e a indústria da construção em geral mudaram drasticamente nos últimos anos. Entre os motivos da mudança estão os novos materiais disponíveis para serem usados em edifícios contemporâneos, tais como novas ligas de alumínio, materiais compósitos, adesivos, polímeros sintéticos e outros. Antes da revolução industrial, os materiais conhecidos eram a pedra, madeira e o vidro. Arquitetos e profissionais da construção agora trabalham principalmente com produtos, sendo a maioria resultado da combinação de diferentes materiais. O desempenho desses produtos depende das propriedades dos materiais que os compõem. O conhecimento das propriedades do material permite que o arquiteto compreenda qual será o comportamento dos produtos, para poder adaptá-los aos requisitos funcionais da construção. Por outro lado, a falta desse conhecimento pode levar profissionais a perderem algumas oportunidades de projetar e de explorar as possibilidades diferenciadas que produtos feitos com novos materiais poderiam proporcionar.

Os novos materiais são, de fato, capazes de fornecer o ímpeto para uma nova arquitetura, mas precisa-se do conhecimento de arquitetos para explorar o potencial de materiais não tradicionais. Muitos materiais utilizados hoje em sistemas de construção são novos e desconhecidos para os arquitetos, como selantes de silicone, revestimentos orgânicos, materiais compósitos, ou mesmo concreto de alta resistência, por exemplo, ou ainda outras propriedades intrínsecas como nas figuras 12 e 13. Esses materiais são originários de laboratórios de negócios e são vendidos diretamente para fabricantes de sistemas e, portanto, muitas vezes não são estudados em cursos de arquitetura. Alguns desses novos materiais têm o potencial de mudar a forma como são pensados os edifícios e seus sistemas.



FIGURA 12 E 13: Pedras fotoluminescentes

Além de incorporarem novas funcionalidades e propriedades, podem oferecer também novas características estéticas, como é o caso do aerogel de sílica, que é um material composto por 98% de ar e 2% de óxido de silício. Além de ser um vidro de alto desempenho que permite a passagem da luz do dia, é também um ótimo isolante térmico, permitindo projetar um edifício translúcido. As necessidades em constante evolução incluem indicadores de desempenho ecológico e ambiental, como energia incorporada, toxicidade e potencial de reciclagem, por exemplo. Outro aspecto importante é a durabilidade desses novos materiais. Torna-se necessário falar em sustentabilidade, de produtos não tóxicos e de menor consumo energético. Há que pensar em produzir edifícios com materiais duráveis. O anseio por edifícios de longa duração, como a Catedral de Los Angeles, por exemplo, conduziu à escolha de concreto de alta densidade com aço inoxidável reforçado, que promete uma vida útil de, pelo menos, 500 anos.

O projeto arquitetônico é uma disciplina dinâmica, comprometida em buscar constantemente novas formas e novos processos para se criar novas ideias. Novos materiais permitem que algumas dessas concepções sejam realizadas. Os designers sobrevivem muito bem confiando, em primeiro lugar, nos recursos pessoais do conheci-



FIGURA 14: LiTraCon

to e, depois, nos de seus colegas e conselheiros, além de sua coleção pessoal de livros e catálogos favoritos, bem conhecidos e testados. Mas o mundo se move rápido e as atividades associadas à tecnologia de materiais geram uma grande quantidade de informações (CORNISH, 1992, p. 261).

Um exemplo de material inovador é o LiTraCon¹⁹, (*light-transmitting concrete*), que são blocos de concreto pré-fabricado translúcidos, conforme figura 14, produzidos em diversos tamanhos. Ele foi inventado pelo arquiteto húngaro, Áron Losonczy, em 2001. Milhares de fibras ópticas dispostas paralelas formam uma matriz entre as duas superfícies principais de cada bloco. A proporção de fibras é muito pequena (4%) em relação ao volume total do bloco. Além disso, essas fibras se misturam ao concreto, devido a suas dimensões insignificantes, e se tornam um componente estrutural. Em teoria, a estrutura de uma parede construída por esse cimento que transmite luz pode ser, muitas vezes, visualizada de longe, porque as fibras fun-

¹⁹ LiTraCon: Disponível em: <www.litracon.hu>. Acesso em: set. 2016.

cionam, praticamente sem perda de luz, até aproximadamente 20 metros de distância.

Há também instrumentos novos, como, por exemplo, o uso do computador com CAD e o CAD/CAM, que permitem projetar novas estruturas com aço, com composto de titânio e zinco, adesivos, polímeros e podem controlar a quantidade de luz que penetra no edifício e o conforto interno do ambiente. Se antes da Revolução Industrial eram poucos os materiais à disposição, o cardápio, hoje, oferece de sessenta mil a cem mil materiais diferentes e é impossível conhecê-los todos. É necessário aprender como escolher o material. Conforme Manzini (1986), o momento atual é o da hiperescolha, das hiperalternativas, em que existe uma quantidade tão grande de materiais com desempenhos tão diferenciados, que a dificuldade está em escolher entre eles.

Foi para isso que nasceram as materiotecas. Surgiram por volta do ano 2000 e são arquivos digitais ou coleções físicas de amostras de material, que estão sempre conectados a um banco de dados, no qual um arquiteto ou designer pode pesquisar por meio de diferentes critérios de seleção (característica do material, propriedades mecânicas ou estéticas, entre outros). O interessante é poder tocar essas amostras de materiais e compará-las. Há vinte anos, falava-se muito pouco sobre materiais dentro do âmbito do design e arquitetura. A possibilidade de reunir universidades e empresas e informar tanto as características de engenharia quanto as expressivas e sensoriais dos materiais se concretizam por meio de materiotecas de instituições de ensino. Estas são arquivos em contínua evolução, acompanhando o desenvolvimento da proposição de novos materiais pelas empresas e elas oferecem possibilidades positivas, permitindo estimular pesquisas. Além disso, há também muitos eventos sobre materiais, possibilitando que arquitetos e designers conheçam, cada vez melhor, os materiais.



FIGURA 15: Profa. Dra. Barbara Del Cunto em palestra proferida para o evento Materiais e Criação em Design e Arquitetura, na FAU USP, em 2016

Mas há a necessidade de se alertar sobre materiotecas preferencialmente orientadas aos negócios, que conferem, conseqüentemente, mais ênfase a certos materiais de que a outros, conforme os interesses da empresa. Na maioria dos casos, as materiotecas, principalmente as ligadas a universidades, têm cumprido seu papel de informar profissionais e alunos, disseminando conhecimento e facilitando o acesso a novos materiais.

Neste sentido, a experiência de quase vinte anos do *Politecnico di Milano*, de criação e desenvolvimento de uma materioteca, primeiramente no âmbito interno de um departamento e, mais recentemente, incorporado ao sistema bibliotecário da instituição, compartilha sua trajetória e apoia a iniciativa do LabDesign de criação do Materialize, na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, para que este instrumento informativo venha auxiliar estudantes, professores e profissionais na obtenção de maior conhecimento a respeito de materiais em geral e os disponíveis no Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cibele Haddad Taralli

Célia Moretti Arbore

Algumas questões relevantes sobre pesquisa e inovação em materiais para arquitetura podem ser destacadas a partir das abordagens e conteúdos tratados neste livro e também da síntese de discussões ocorridas no evento Materiais e Criação em Design e Arquitetura²⁰, em 2016. Estas questões foram agrupadas por assuntos afins e resumidas, conforme disposto a seguir:

Falta de acesso a novas tecnologias na formação de arquitetos

As discussões sugerem que há pouco contato dos alunos com materiais e tecnologias inovadoras durante a

²⁰ Materiais e Criação em Design e Arquitetura – pesquisa e inovação em materiais no campo da arquitetura, evento ocorrido em setembro de 2016, na mesa de Arquitetura e Materiais, na sede da pós-graduação da Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo.

graduação e mesmo na pós-graduação. Levantou-se, porém, que também há a necessidade de o aluno assumir uma nova postura investigativa, buscando atualização constante, superando limites e restrições colocadas no contexto da educação formal, de modo a acompanhar a evolução tecnológica e responder às demandas do mundo contemporâneo.

Falta de comunicação e distância entre pesquisa/ensino e atuação profissional

Para assimilação de novas tecnologias do campo, há necessidade de adotar postura mais colaborativa por parte dos arquitetos, diferentemente daquela da formação tradicional passiva e individualizada, com acesso a canais pertinentes e confiáveis de pesquisa (em redes sociais e profissionais, plataformas, banco de dados) que atuem no incentivo à atualização constante em materiais e técnicas.

Desempenho, restrições e normas

No Brasil, há grande dificuldade em se tentar utilizar materiais com tecnologia inovadora, pela ausência de normas pertinentes, bem como deficiência para fornecimento de equipamentos especiais ou de grande porte fora dos grandes centros, sem mencionar a falta de preparo, formação e prática da mão de obra nacional. A arquitetura e a construção civil são setores considerados tradicionais, havendo necessidade de a inovação passar por uma validação dos materiais, com a realização de maior número de testes, demandando um período muito mais longo para a legitimação por meio da normalização, diferentemente de outros setores de atividade de produção e consumo, como por exemplo, a indústria da moda, que assimila rapidamente novos materiais têxteis que surgem.



FIGURA 16: Placas de bambu

FIGURA 17: Placa de bambu em destaque

A relação entre materiais e arquitetura parece se diferenciar da relação dos materiais com o design, pois, na arquitetura, estes estão extremamente imbricados a uma tecnologia, pois quando se constrói, edifica-se um espaço ou um ambiente que demanda e exige por parte dos profissionais o atendimento a aspectos, tais como habitabilidade, normas, requisitos e limitações que os códigos de obras e outros impõem.

Falta de viabilidade para colocação de produtos inovadores e de pesquisa no mercado

Percebe-se uma grande distância entre os avanços de pesquisa em materiais para a arquitetura e sua viabilidade de colocação no mercado.

Por exemplo, pesquisadores do grupo PET LIGNO da UNESP – Itapeva, SP, coordenados pela Profa. Juliana Cortez Barbosa, que desenvolvem trabalhos sobre o uso comercial do bambu, planta amplamente encontrada no Brasil, e que pode gerar produtos mais sustentáveis como as placas de painéis neste material, visualizadas nas figuras 16 e 17, em formato para utilização comercial (com patente requerida), em condições técnicas para colocar o produto no mercado. Leve e com elevada resistência mecânica, a placa de bambu pode ser usada desde na produção de móveis até em construção civil.

Defasagem de fornecimento de informações da indústria sobre novos materiais

A introdução de novos materiais demanda informações objetivas e claramente oferecidas ao consumidor pela indústria em relação a requisitos de desempenho, durabilidade, segurança, entre outros, mas, no Brasil, a indústria é pouco exigida neste sentido, sendo esta uma atribuição dos profissionais, que necessitam interagir mais com ela. Há uma enorme distância entre a atuação da indústria no Brasil e a de fora do país. O mesmo fornecedor de uma determinada empresa com sede na Europa porta-se de maneira diferente quando atende o mesmo profissional no exterior e no Brasil: aqui as ações se dirigem ao consumo (venda), com pouca prática na assistência, atendimento e respaldo sobre dúvidas. Percebe-se que há dificuldades na concretização do desenvolvimento de produtos e materiais inovadores para aplicação na atividade construtiva.

Postura conservadora por parte da indústria e do consumo no campo da arquitetura

O relatório do Projeto Inovação Tecnológica na Construção (CARDOSO, 2011, p. 40) refere-se à dificuldade de inovação na construção civil, por ser uma indústria bastante conservadora, tal como mencionado:

A indústria da construção é tida como bastante conservadora em relação à introdução de inovações. No Brasil, o problema se deve principalmente à falta de articulação das suas cadeias de suprimentos e à falta de mecanismos eficazes de apoio ao desenvolvimento de inovações.

Isto se deve, em parte, por receio de fracassar, em função de experiências anteriores: “No passado, ocorreram muitas iniciativas mal sucedidas de introdução de novos materiais e sistemas construtivos, que tornaram a

indústria da construção e os usuários finais ainda mais resistentes às inovações” (CARDOSO, 2011, p. 40).

Ao que parece, há também uma questão cultural arraigada na formação de arquitetos e engenheiros (figuras 23 e 24). No Brasil, tanto o engenheiro quanto a indústria adotam posturas mais restritivas em relação a fazer experimentos, colocando dificuldades de fabricação, produção ou incertezas no alcance de resultados positivos. As imagens seguintes (figuras 18 a 22 e 25 a 26) ilustram a oferta atual de materiais expostos na Feira Revestir, 2017, em São Paulo, que reproduzem ou remetem a padrões de revestimentos tradicionais e também outros já amplamente usados no país.

Abertura para desenvolvimento de novos materiais e componentes

Em geral, um novo material (ou produto comercial) já vem pronto e a inovação no campo da arquitetura é advinda, primordialmente, da importação. Mas em construções especiais, complexas ou de grande porte, existe abertura para introdução de novas experiências, como ocorreu recentemente, em 2016, com a realização da Copa do Mundo no país, pois este evento deu visibilidade e estimulou fabricantes do mercado exterior a quererem atuar no Brasil.

Por outro lado, há potencial para a proposição de novos materiais, como já apontado no relatório do Projeto Inovação Tecnológico na Construção, que verificou haver “necessidade de desenvolver materiais e componentes que tenham um bom desempenho em termos de impacto ambiental, considerando as diferenças regionais” (CARDOSO, 2011, p. 42).



FIGURA 18: Placas de plástico estampadas em relevo, imitando revestimentos diversos



FIGURA 19: Elementos vazados, em concreto pré-moldado, fazendo releitura dos tradicionais cobogós



FIGURA 20: Elementos vazados em cerâmica



FIGURA 21: Elementos vazados cimentícios



FIGURA 22: Detalhe dos elementos vazados cimentícios

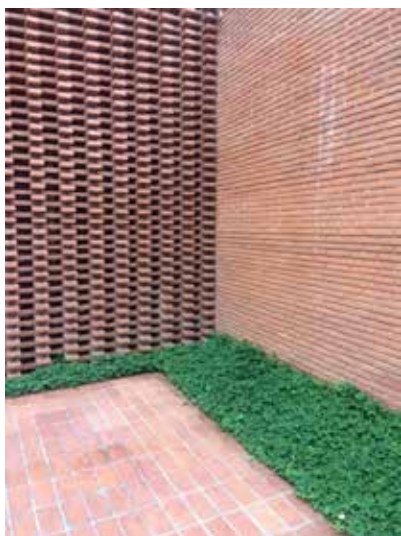


FIGURA 23: Parede de tijolos aparentes aplicados em construção recente, de 2016, em São Paulo, SP



FIGURA 24: Detalhe dos tijolos



FIGURA 25: Fachada ventilada em concreto polímero Ulma

FIGURA 26: Opções de acabamentos

Atualmente, os resíduos sólidos gerados são pouco utilizados, como exposto no mesmo relatório: “baixo nível de utilização de resíduos, inclusive da construção, como matéria prima para a produção de materiais”, bem como “elevado nível de consumo de materiais, pelo baixo nível de oferta de sistemas construtivos leves e de materiais de baixa massa específica” (CARDOSO, 2011, p. 42).

Alguns aspectos levantados pelos profissionais e docentes participantes do evento indicam a necessidade de promover discussões mais aprofundadas sobre arquitetura e tecnologia, no intuito de divulgar, aproximar e fornecer insumos a profissionais já estabelecidos, bem como àqueles em formação, além de incentivar o treinamento de mão de obra para a execução e a construção civil utilizando novos materiais e tecnologias por meio de forma-

ção continuada, além de dar mais visibilidade aos materiais que têm surgido no mercado.

A instalação e implantação de materiotecas de acesso livre ligadas ao ambiente acadêmico e de pesquisa, tal como o Materialize, colaboram com a função de disseminar informações tratadas e filtradas sobre materiais para uso e aplicação em projetos de arquitetura e de construção e, por hipótese, aproximar profissionais e universidade. Mais investimentos nas universidades, com espaço adequado para consulta física além da virtual, podem incentivar a inovação nestes campos de atuação, possibilitando o exercício da percepção (pelos sentidos) além do manuseio de amostras físicas, e facilitando também amplo acesso à sociedade.

Há necessidade de se pensar em formas alternativas de associação entre universidades, empresas e profissionais, com retroalimentação de experiências, por meio da promoção de encontros e workshops, por exemplo, incluindo os acervos, as pesquisas e pesquisadores de materiotecas (presenciais). Estas ações também poderiam aproximar, completar, suprir e ampliar conteúdos e práticas entre alunos, professores e profissionais, para maior conhecimento e divulgação de materiais, bem como atualizar ou substituir arquivos de materiais que grande parte dos escritórios de arquitetura mantém em suas instalações.

TEXTOS EM ITALIANO | TESTI IN ITALIANO

LA RICERCA SUI MATERIALI E L'INNOVAZIONE
APPLICATA NELL'ECONOMIA CREATIVA
PER IL DESIGN E L'ARCHITETTURA

La ricerca sui materiali svolge un ruolo importante nell'economia creativa, poiché la chiave per il successo di un nuovo prodotto è sempre più legata ai materiali e alle tecnologie utilizzate. Il progetto *“Ricerca sui materiali e l'innovazione per l'applicazione nelle industrie creative nei campi del Design e dell'Architettura: l'esperienza del Politecnico di Milano analizzata dal punto di vista della realtà brasiliana”* è stato sviluppato in collaborazione tra il **Lab-Design (FAU USP)** e la Prof.ssa. Ph.D. Barbara Del Curto, che appartiene al gruppo di ricerca **NextMaterials**, del **Politecnico di Milano**, ed è stato finanziato dal programma **Scienza senza Frontiere** del **Cnpq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico** del Brasile. Il progetto ha voluto tracciare un parallelo tra l'esperienza italiana nella ricerca sui materiali per il design e la realtà del mercato brasiliano, con il proposito di portare benefici all'economia creativa brasiliana nei settori del

design e dell'architettura. Seguendo il modello proposto dalla Commissione Europea (2012) alla tavola rotonda *Materials research and innovation in the creative industries* del 2012, l'obiettivo principale è stato di identificare le priorità per i settori del design e dell'architettura in Brasile e anche individuare gli strumenti di diffusione delle informazioni sui nuovi materiali che permettano lo sviluppo di azioni propositive per l'imprenditorialità.

L'economia creativa ha acquisito importanza nello scenario nazionale e internazionale negli ultimi 15 anni a causa dei cambiamenti sociali ed economici che hanno portato il settore dei servizi al centro delle attività economiche, in sostituzione alla precedente supremazia del settore industriale. Va evidenziato che nel 2004 la **United Nations Conference on Trade and Development - Unctad**, nella sua XI Conferenza Ministeriale, incluse l'argomento "industrie creative" nell'agenda economica internazionale e ampliò il concetto di creatività, considerando "qualsiasi attività economica che produce prodotti simbolici intensamente dipendenti della proprietà intellettuale, mirando al più grande mercato possibile."¹ L'Italia è il principale esportatore mondiale nel settore creativo, secondo il rapporto Unesco (2012), con una quota del 9,76% nel mercato mondiale. Nel 2015 l'industria della cultura e della creatività in Italia ha registrato un valore economico di circa 47,9 milioni di Euro. Di questo l'86% si riferisce direttamente alle attività legate alla creatività, impiegando più di 1 milione di persone, soprattutto in attività direttamente connesse

¹ Testo originale: "[...] to any activity producing symbolic products with a heavy reliance on intellectual property and for as wide a market as possible." in: UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). **Creative industries and Development**. Geneva: United Nation, 2004. Disponibile da: http://unctad.org/en/docs/tdxibpd13_en.pdf. [Ultimo accesso Gennaio 2015].

alla produzione industriale. Pur avendo un ruolo di primo piano nello scenario dell'America Latina il design brasiliano è ancora molto lontano da quanto potrebbe rappresentare in termini economici.

Nonostante la sua grande varietà culturale e materiale, il Brasile non figura nella “*top ten*” degli esportatori del design tra le economie sviluppate nel mondo (UNESCO, 2012, p.15). La maggior parte della sua produzione creativa-culturale è nel settore dell'artigianato e dei nuovi media. Per quanto riguarda gli investimenti per promuovere la crescita dell'industria creativa nel Paese, si può dire che l'artigianato si configura come l'attività legata alla cultura materiale che riceve maggiori incentivi statali, sia per quanto riguarda le risorse finanziarie che per gli investimenti finalizzati alla realizzazione dei negozi degli artigiani. L'industria, che a sua volta trova nel design il mezzo per mantenere il suo livello di competitività e innovazione, deve trovare iniziative proprie per la crescita e dipende soprattutto dal supporto finanziario di enti pubblici e parastatali per la diffusione e la promozione dei loro prodotti. Per quanto riguarda l'economia creativa in Brasile, il ruolo del design e dell'architettura è di scarsa rilevanza rispetto al significativo aumento del numero di corsi di design e architettura nel Paese negli ultimi 20 anni, nonché il visibile aumento della ricerca scientifica prodotta in queste due aree.

Tutti i settori industriali possono trarre vantaggio dalla creatività e dall'innovazione nei materiali. Questa ricerca ha selezionato alcuni settori produttivi più importanti per lo scenario brasiliano e italiano: architettura, giochi e giocattoli, ceramica, packaging, gioielli, mobili, tessuti e moda. Abbiamo cercato di comprendere le specificità del mercato brasiliano in materia di ricerca e implementazione dell'innovazione nel design e nell'architettura, e le pos-

sibilità che derivano dall'esperienza di ricerca sviluppata dalla Prof.ssa Barbara Del Curto al Politecnico di Milano.

Inoltre, sfruttando le specificità culturali brasiliane, la ricerca ha mappato e identificato “modi di fare” di oggetti e ambienti costruiti caratterizzati e riconoscibili come segni di identità e cultura, per consentire il trasferimento o l'applicazione di aspetti o prodotti formali in nuovi materiali.

La ricerca ha previsto tre mesi di incontri con la Prof.ssa. Barbara Del Curto a San Paolo (nel settembre 2015, settembre 2016 e febbraio 2017); oltre all'attività di ricerca sul campo, sono state organizzate riunioni a distanza nel corso del progetto. Durante questo periodo sono state svolte ricerche bibliografiche, ricerche sul campo con visite ai negozi di mobili, giocattoli, gioielli, moda, rivestimenti e negozi con materiali tipici brasiliani, di modo che la Prof.ssa potesse conoscere e meglio capire la realtà del mercato e della produzione nazionale di design nel Paese. Sono state organizzate anche visite ad aziende come **Embraer** - la più importante industria aerea brasiliana, **Natura** - una delle più grandi e innovative industrie di cosmetica e **Fagnani**, il quinto più grande produttore di piastrelle di ceramica nel mondo (in accordo con i dati diffusi a ottobre 2016 dalla rivista *Ceramic World Review*) - mostre di design, fiere settoriali diverse, oltre ad incontri con ricercatori brasiliani nel settore dei materiali, ingegneria e design. Sono state promosse anche lezioni e conferenze con la Prof.ssa. Del Curto relative ai materiali per il design, nonché di formazione per docenti e ricercatori del progetto.

Questa ricerca non intende importare un modello pronto dall'Italia da applicare in Brasile. Si è cercato di studiare e comprendere gli strumenti e le metodologie utilizzate al Politecnico di Milano per impiegarli, mediante adattamen-

ti, alla ricerca orientata all'implementazione nel sistema produttivo in vigore in Brasile, considerandone la realtà socio-economico e culturale. Si intende, con questa prassi, mostrare metodi per ampliare l'uso innovativo dei materiali nei campi del design e dell'architettura, rendendo più stretta la relazione tra aziende, università e professionisti che lavorano con il progetto, nell'economia creativa del Paese. Come conseguenza di questa diffusione della conoscenza e diffusione delle informazioni, si prevede che l'industria nazionale possa beneficiare di proposte innovative che aggiungeranno valore ai prodotti e servizi offerti nel mercato globale con il marchio *Made in Brasile*.

Questa pubblicazione è parte dei risultati di questa ricerca, composta da un totale di quattro libri che sono stati scritti dallo scambio di esperienze tra professionisti, ricercatori e rappresentanti di alcune industrie brasiliane negli eventi **Materiali e creatività per il design e l'architettura**, che ha avuto luogo a San Paolo (Brasile) presso la FAU-USP tra il 5 e il 23 settembre del 2016 e **Materials for creative industries**, tenutosi il 20 febbraio del 2017, sempre presso la FAU-USP. Oltre a questo volume, che tratta degli aspetti della ricerca sui materiali applicata all'architettura, le altre tre pubblicazioni comprendono il volume **Materiali per l'economia creativa: ricerca per il design**, che presenta un confronto tra l'economia creativa italiana e brasiliana dal punto di vista del design e della ricerca sui materiali come strumento d'innovazione. Il volume **Materiali per l'economia creativa: ricerca sulla ceramica** tratta dei risultati della ricerca nel settore della ceramica partendo da un punto di vista artistico fino all'analisi degli aspetti tecnologici, mostrando anche come risultato i campioni sviluppati durante il workshop **Design e Materiali: sperimentazioni con colori e texture per creare prodotti ceramici**, tenutosi presso la FAU

USP nel 2016, nel quale si sperimentarono materiali ceramici di diverse formulazioni e *texture*. Il volume **Materiali per l'economia creativa: casi studio** analizza l'uso di materiali tradizionali e di nuovi materiali presentati dalla Prof.ssa Del Curto come portatori di innovazione nei campi del design di giochi e giocattoli, imballaggi, gioielli, mobili, tessile e moda, mostrando le possibilità di *partnership* tra le università e le industrie, presentando i risultati della collaborazione della ricerca accademica con le esperienze professionali. Questo testo sottolinea la necessità di valorizzare gli aspetti culturali del Brasile e mette in evidenza come la scelta dei materiali in un contesto sostenibile possa portare valore aggiunto ai prodotti.

Barbara Del Curto

Cibele H. Taralli

Cristiane Aun Bertoldi

Denise Dantas

Cibele Haddad Taralli

Le possibilità di ricerca e sviluppo sui materiali per l'architettura possono stimolare la prestazione professionale nei progetti e produzione di tipologie spaziali e ambientali contemporanee, con possibilità d'innovazione architettonica e miglioramento della qualità costruttiva. Nuovi materiali polimerici, compositi e stratificati provenienti da diverse sperimentazioni laboratoriali o produttive sono stati studiati e sviluppati da istituti di ricerca, università e aziende (seguendo l'evoluzione e i progressi della scienza), e ricercando la fattibilità della loro trasformazione in prodotti per la applicazione e utilizzo in ambienti costruiti. Allo stesso tempo, nel campo dell'architettura e dell'edilizia in Brasile, questa condizione non è così diretta e visibile e ci sono poche informazioni documentabili disponibili per la consultazione, la selezione o l'applicazione nelle costruzioni civili.

Inoltre, è importante sottolineare che l'accesso a dati accurati e la possibilità di sperimentazione sui materiali e le loro proprietà (fisico-chimiche, di conformazione, estetica e di manipolazione) con l'obiettivo dell'utilizzo consapevole, razionale e sostenibile delle risorse naturali per l'esercizio professionale, la ricerca e la formazione del personale possono spingere l'innovazione nel design e nei prodotti per l'architettura.

Questa pubblicazione solleva alcune questioni sul ruolo dei materiali nell'architettura esaminati attraverso il ruolo che hanno nel percorso di progettazione e di materializzazione di spazi e ambienti, riconoscendo le varie funzioni che svolgono in edifici e installazioni, dal loro inserimento come materia prima nella costruzione o nell'installazione, fino all'applicazione in prodotti finiti che vanno a comporre l'edificio. La conoscenza aggiornata e la ricerca di informazioni precise per soddisfare le esigenze e i requisiti di progetto per l'esecuzione di opere permettono di valorizzare l'esercizio prospettico e inventivo dell'architettura, sia come espressione estetica, che sensoriale e culturale.

Da questo punto di vista, parlare delle potenzialità dei rapporti tra i materiali "con" e "nell" architettura richiede di passare attraverso l'analisi della natura dell'attività professionale, della ricerca di aggiornamento delle conoscenze, della pratica e delle esperienze e dell'accesso alle informazioni sui risultati della ricerca sui materiali.

Alcune delle questioni che emergono dalla relazione tra materiali e architettura vengono affrontate in questa pubblicazione attraverso impostazioni e riflessioni particolari come: qual è il ruolo dei materiali? Chi fa ricerche in questo settore? Quali sono i contesti di studi, proposte e pratiche di progettazione che utilizzano al meglio i materiali? Quali risorse e strumenti sono disponibili per la con-

sultazione, l'informazione e la selezione dei materiali o la sperimentazione a favore dell'innovazione in architettura?

Il capitolo 1 mostra il panorama delle prestazioni professionali in Brasile, evidenziando le diversità territoriali, i contrasti nella partecipazione ad attività che caratterizzano l'esercizio professionale e la ricerca e le difficoltà per l'aggiornamento delle conoscenze della ricerca sui materiali per l'architettura.

Nei capitoli 2, 3 e 4 sono presentati le esperienze di tre professionisti, due dei quali approfondiscono e mostrano i risultati di ricerche sviluppate nell'università, mentre un altro presenta la realtà delle prestazioni professionali in uno studio di architettura. In questi testi, il rapporto tra materiali e architettura è enfatizzato partendo dalla fase iniziale di progettazione e poi attraverso le diverse fasi evolutive.

Dal punto di vista degli studi e dei progressi nella fabbricazione digitale dell'architettura, il capitolo 2 presenta un contributo dell'università sulle esperienze in interventi creativi nel campo delle costruzioni. In questa prospettiva, il progetto può assumere forme e configurazioni complesse e la sua materializzazione dipende dalla ricerca e dallo sviluppo di materiali, tecniche e attrezzature per la produzione dell'architettura.

Il capitolo 3 riporta le possibilità di innovazione nel campo della sostenibilità degli edifici, portando ad esempio un progetto di edilizia abitativa sviluppato da un'università brasiliana per un evento internazionale, il *Solar Decatron Europe 2012*, che aveva come obiettivo l'autosufficienza energetica dell'edificio ottenuta utilizzando l'energia solare. In questa proposta, la selezione e l'uso dei materiali disponibili sul mercato, combinati con la creatività nelle soluzioni di progettazione e produzione del prototipo, hanno contribuito al successo del risultato.

Nel capitolo 4 viene presentata, partendo da un'altra prospettiva, il punto di vista di uno studio di architettura di San Paolo che sviluppa progetti per i principali eventi in Brasile, come la Coppa del Mondo di Calcio, ad esempio. Nel testo si discute l'importanza dei materiali per la realizzazione formale e tecnica dei progetti, mostrando i risultati dell'attività professionale che tiene conto delle richieste poste dalla società, all'interno delle possibilità tecnologiche e costruttive brasiliane. Viene anche raccontato come utilizzare i concetti di biomimetica nelle varie fasi progettuali.

L'importanza della ricerca sui materiali è affrontata nel capitolo 5, concentrandosi sull'architettura e sull'esperienza delle materiotecche fisiche e virtuali presenti nel contesto universitario, evidenziando le possibilità e le potenzialità che offrono per fare innovazione.

In chiusura di questa pubblicazione, nel capitolo 6, vengono indicati alcuni aspetti interessanti che offrono spunti di discussione sul tema dei materiali e dell'architettura, fino ad arrivare ad alcune considerazioni finali sui problemi esistenti e sugli sviluppi futuri finalizzati ad ampliare la ricerca sul tema affrontato in questa pubblicazione.

I differenti approcci su questo tema non si esauriscono con questa pubblicazione e si ritiene che il legame tra materiali e tecnologia possano promuovere, insieme o separatamente, le innovazioni sia da un punto di vista dell'espressività e della qualità estetico-formale, della percezione degli attributi spaziali e delle proprietà sensoriali ma anche del miglioramento dei processi produttivi e delle nuove possibilità di utilizzo in spazi e costruzioni, offrendo nuove prospettive per l'architettura.

L'ARCHITETTURA: AMBITO PROFESSIONALE E RICERCA DI MATERIALI

Cibele Haddad Taralli

L'architettura è considerata un'attività creativa e forse per questo motivo esiste una carenza di documentazione che si occupi direttamente della sua relazione con i materiali.

Poiché si tratta di un'area di conoscenza teorica e pratica, aggrega arte e tecnica ed essendo un'attività, si esprime attraverso un progetto intriso di intenzioni, come storicamente indicato da Artigas (1967), si utilizza la parola design - nel senso di "ideazione". Per meglio definire questo termine si utilizzano anche i verbi "creare" e "concepire", che incorporano nelle attività del progetto questioni estetiche e costruttive legate alla società e al territorio e che, nel tempo, si estendono ed estrapolano la dimensione professionale incentrata esclusivamente sul *problem solving*. Siza Vieira, in un'intervista su cosa sia l'architettura, evidenzia la comprensione di quest'area in almeno due dimensioni quella dell'intenzione e quella della materialità:

Ci sono molte architetture. La prima cosa è che l'architettura è ciò che non è solo costruzione. C'è una risposta materiale che può essere efficace da questo punto di vista, ma l'architettura nella mia prospettiva va oltre il materiale. C'è una parte spirituale che non è soddisfatta dalla sola costruzione. Nelle città, si vede molto la costruzione. L'architettura, non si vede tanto. (SIZA VIEIRA, 2016, s.n.) (Traduzione Denise Dantas)

L'architettura si muove tra i campi delle idee e dell'esecuzione in fasi sequenziali o anche sconnesse tra di loro e conferisce materialità al progetto, attraverso processi e azioni di costruzione, assemblaggio e installazione di spazi e ambienti. L'attività di progettazione è quindi considerata creativa fin dalla fase di concept, compresa anche la scelta dei materiali.

Poche ricerche e documenti definiscono l'approccio creativo o inventivo utilizzato dagli architetti e, parlando di economia creativa, questi dati appaiono incorporati e diluiti nei dati dell'area di design.

Una delle fonti di ricerca è il Consiglio di classe - il CAU/BR (Consiglio di architettura e urbanistica) - che, nel 2012, divise il lavoro degli architetti in segmenti professionali ben diversificati e distribuiti nel Paese. La fase di ideazione di progetti architettonici è l'attività maggioritaria (34,73% dei professionisti) seguita dalla fase di esecuzione (15,88%) e dall'architettura d'interni (14,94%). Altri settori appaiono distribuiti in percentuali vicine al 2%, come l'architettura del paesaggio; gli impianti e le attrezzature (per le costruzioni); i sistemi costruttivi e strutturali; il design; settori questi che possono generare le condizioni favorevoli alle innovazioni nella configurazione e produzione di ambienti aperti o chiusi. Le opportunità future includono la possibilità di ricerca e sviluppo di materiali riciclati per le costruzioni, oltre che le nuove tecnologie di costruzione e attrezzature per l'e-

dilizia e i progetti e servizi nei settori della sostenibilità e dell'ambiente.

Nel segmento di ricerca e sviluppo, le attività appaiono in settori come la ricerca scientifica e accademica; i materiali; il comfort ambientale; la bioarchitettura e sostenibilità, in percentuali minori ma con potenziali per l'innovazione.

Per quanto riguarda la distribuzione dei professionisti e dell'attività nel territorio brasiliano, la maggior parte è concentrata nelle regioni Sud-Est (54%) e Sud (23%) e, in minor percentuale, in altre capitali, prevalentemente nella parte orientale del Paese.

I contrasti della professione di architetto

La maggior parte degli architetti in attività nel Paese sono concentrati nello Stato di San Paolo, dove le opportunità di lavoro si trovano nel mercato professionale e nell'area scientifica dell'insegnamento e della ricerca (CAU/BR, 2012).

Tuttavia, i registri sull'attività professionale evidenziano dei contrasti nelle opportunità e nei settori di azione tra architetti delle città dell'interno e della capitale. I progetti residenziali e commerciali nei condomini o in lotti sono evidenti nelle città piccole e medie (MOBILE, 2017, p. 54-55), mentre nella capitale le attività comprendono una vasta gamma di lavori e servizi che vanno oltre i progetti e le costruzioni, come la consulenza, i servizi di sviluppo di progetti, l'esecuzione e il monitoraggio di costruzioni e strutture, e altri lavori in segmenti specializzati come la sicurezza, il comfort ambientale, ecc.

I dati sul lavoro di ricerca e sviluppo (ACIESP, 2017) che mostrano la distribuzione delle attività scientifiche negli ultimi dieci anni a San Paolo indicano che nelle aree di Scienze Sociali Applicate, che include l'Architettura,

e in Ingegneria ci sono la più alta densità di ricercatori e di produzione e citazione di articoli scientifici tra il 2002-2011. Questa mappatura rivela una grande concentrazione di ricerca nell'asse della capitale dello Stato di San Paolo verso la città di Campinas, una regione che ha due grandi università pubbliche, l'*USP* e l'*UNICAMP*, così come i campus di alcune università federali, come l'*UNIFESP (Universidade Federal de São Paulo)* e l'*UFABC (Universidade Federal do ABC)*, e altre istituzioni private riconosciute, come l'*Universidade Presbiteriana Mackenzie*, tutte con corsi di laurea e post-laurea in architettura.

Con il supporto finanziario (principalmente risorse statali), questi ricercatori svolgono attività scientifiche e permettono la costruzione di competenze in scenari favorevoli all'innovazione e al trasferimento di conoscenze, in aziende nello Stato di San Paolo e in tutto il territorio a livello nazionale. Vanno anche considerate le altre possibilità di ricerca e sviluppo diffuse in altre regioni del Paese.

La ricerca d'informazioni per il progetto

Per quanto riguarda le informazioni per l'esercizio della professione, la maggior parte degli architetti cerca corsi di aggiornamento, seminari, fiere ed eventi, oltre a consultare riviste specializzate, riviste accademiche e libri tecnici su progetti ed edifici in generale e anche su materiali, prodotti e loro applicazioni nelle costruzioni (CAU/BR, 2012). Vi sono, a volte, impossibilità di partecipare a queste manifestazioni per mancanza di tempo e per la grande distanza tra i luoghi, che possono essere spiegate in parte dalla centralizzazione di questi eventi nelle grandi capitali brasiliane, lontano dai luoghi di residenza e di lavoro. La fiera dell'*ANFACER (Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento Louças Sanitárias e Congêneres)*, la "*ExpoRevestir*" possono essere citate come

esempi, incentrate sull'industria delle piastrelle di ceramica, e la FEICON/BATIMAT (Esposizione Internazionale di Costruzioni e Architettura), entrambe tenute nella città di San Paolo, che espongono materiali, attrezzature e tecnologie, con espositori nazionali e internazionali.

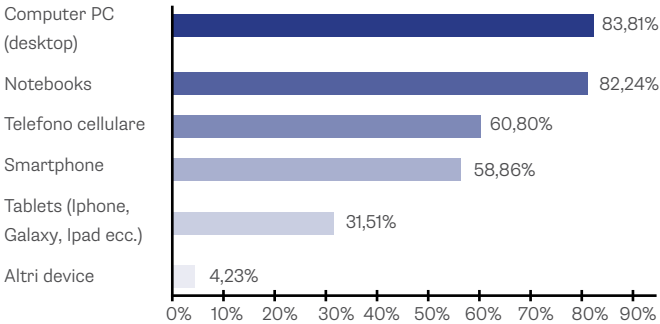
Considerando questo quadro favorevole per l'aggiornamento dei professionisti, per la ricerca e lo sviluppo in questo settore, nell'asse di San Paolo-Campinas, secondo la ricerca dell'ACIESP (2017), come e dove sono disponibili le informazioni sui materiali architettonici?

Gli architetti raccontano che per i progetti e l'esecuzione delle costruzioni e l'aggiornamento dei progressi nella ricerca e sviluppo (compresi i materiali e le tecnologie), cercano dati sia sulla stampa che online, dimostrando un ampio accesso alle informazioni tramite mezzi elettronici di comunicazione come dispositivi mobili o computer, utilizzando internet e i social media come Facebook, Orkut e Twitter, tra gli altri (CAU/BR, 2012)², come mostrato nel grafico 1.

Sebbene si riconosca che il rapporto abituale tra materiali e architettura è presente sin dalla progettazione e quindi che i materiali determinano idee e caratteristiche architettoniche, in pratica questo rapporto è più evidente nella selezione dei prodotti disponibili o presenti nel mercato delle costruzioni, utilizzati per soddisfare le specifiche di progettazione e l'esecuzione delle costruzioni.

² Dati dal sistema di dati IGEO CAU/BR (Disponibile da <<https://igeo.caubr.gov.br/igeo/>>. [Ultimo accesso: 9 aprile 2017]), contiene informazioni incrociate sugli architetti del censimento nazionale (CAU/BR, 2012) con i dati IBGE, che ritraggono 24 mila professionisti intervistati a San Paolo.

GRAFICO 1: usi principali dei dispositivi elettronici (uso quotidiano o quasi giornaliero)



Se consideriamo l'ingegnosità del progetto architettonico, i materiali portano esperienze che includono conoscenze tecniche e percettive, significati socio-culturali ed economici che trascendono il tempo. Alla domanda su come e su quanto cerchi l'originalità in architettura, Siza Vieira sostiene che questa passa attraverso i cambiamenti storici nel tempo, nei movimenti ciclici, puntando nella direzione evolutiva del pensiero e del fare architettura:

Credo che ci sia una continuità nell'evoluzione dell'architettura. Di fondo, nulla è originale al cento per cento. Ci rinnoviamo sempre da ciò che è già stato fatto. E sono anche i fattori esterni alla propria visione che provocano più o meno novità. Guardate cosa ha portato, alla fine del secolo XIX, la scoperta del ferro o del cemento. Prima si usava soltanto pietra e mattone per costruire. Il ferro compare ed è un fattore esterno al pensiero sull'architettura. È una specie di stimolo che arriva ed è molto trasformativo. Provoca un nuovo approccio in relazione al quale c'è bisogno di una modifica nell'espressione formale (SIZA VIEIRA, 2016, s.n.) (Traduzione Denise Dantas)

In questa prospettiva, i materiali svolgono un ruolo integrativo e intrinseco nella ideazione del progetto. Portano anche a un legame con la tecnologia, nel fare e nelle esigenze dell'ambiente e delle prestazioni architettoniche e costruttive. Già nelle procedure per l'uso dei materiali "in" e "per" l'architettura, l'ottenimento di informazioni per il progetto sta nella ricerca e nell'accesso ai dati messi a disposizione dai produttori e dalle aziende attraverso mezzi fisici (come l'uso di cataloghi e manuali)³ e dispositivi digitali e le informazioni sulle caratteristiche tecniche e su dati e proprietà delle prestazioni non sono sempre sufficienti per soddisfare le esigenze specifiche di progettazione e costruzione.

Nella tabella 1 sono presentati i principali tipi di ricerca sui materiali architettonici.

A proposito dei ricercatori sui materiali per l'architettura in Brasile, ci sono ricerche relative alle aree dell'ingegneria, nei settori chimico e metallurgico e dei materiali, nelle istituzioni pubbliche e nelle aziende. Con minor frequenza, ci sono anche lavori nel campo dell'architettura, associate o no all'ingegneria, che sviluppano nuove proposte e applicazioni. Altre iniziative vengono dalle azioni e dagli investimenti di aziende, produttori e professionisti, in forma isolata, in collaborazione o *partnership*, nonché dall'importazione di prodotti.

A differenza del mercato delle costruzioni, caratterizzato da una politica di rinnovamento e costante aggiornamento tecnologico di prodotti e materiali, (ad esempio, nei settori dei prodotti per la finitura e rivestimento di edifici), l'innovazione nei materiali e nei prodotti per l'architettura

³ Si deve considerare anche la richiesta di informazioni tecniche di prodotti per il progetto, che esige il contatto con le aziende oppure con i consulenti.

TABELLA 1: sintesi delle tipologie di ricerche sui materiali per l'architettura e i suoi principali protagonisti

SINTESI DELLE TIPOLOGIE DI RICERCHE SUI MATERIALI PER L'ARCHITETTURA E I SUOI PRINCIPALI PROTAGONISTI	
TIPOLOGIA DELLA RICERCA	PRINCIPALI PROTAGONISTI
<p>Ricerca orientata da richieste specifiche: partecipazione a requisiti di progetto o esecuzione di nuovi lavori, ristrutturazioni o manutenzione; prestazioni tecniche o ambientali; di valutazione dopo l'uso; recupero; riutilizzo di prodotti e materiali per la soluzione di problemi costruttivi o di utilizzo.</p>	<p>Università e centri di ricerca e insegnamento; aziende e mercato; specialisti e pubblicazioni tecniche specializzate.</p>
<p>Ricerca sui materiali e prodotti disponibili per casi specifici nella progettazione o nell'uso nella costruzione/assemblaggio: Consultazione di cataloghi, manuali, documentazioni e pubblicazioni tecniche su supporti virtuali e fisici; Visite e consultazioni di tecnici e rappresentanti e visite a stabilimenti commerciali e industriali. Visite a fiere ed eventi di materiali e prodotti per l'architettura e la costruzione e l'ottenimento di campioni fisici.</p>	<p>Mercato delle costruzioni e attrezzature; industria.</p>
<p>Ricerca induttiva Sperimentazione su materiali con o senza modifiche (comprese le nanotecnologie, per esempio); sperimentazione, considerando il trasferimento di tecnologia o il settore di applicazione (materiali, tecniche e modi di utilizzo) per ottenere risultati formali ed espressivi; soluzioni a richieste o problemi di progettazione o costruzione; o nuovi usi in architettura; sperimentazione per verificare alcune proprietà e caratteristiche richieste nell'uso e nelle prestazioni, nell'applicazione costruttiva o nel montaggio.</p>	<p>Professionisti; aziende; Università e centri di ricerca e insegnamento.</p>

non avviene in maniera continua e, nella maggior parte dei casi, dipendente da iniziative o gruppi personali per ottenere finanziamenti e fondi dai settori pubblico e privato. L'accesso ai risultati della ricerca e delle informazioni è disperso e non sempre disponibile per la consultazione nei media digitali come piattaforme, siti Web, blog, reti sociali di ricercatori o centri e istituzioni di insegnamento e di ricerca, e in pubblicazioni scientifiche e tecniche stampate o virtuali. L'accento è posto sul lavoro collaborativo che coinvolge protagonisti e istituzioni pubbliche e private nel proporre politiche pubbliche e incentivi nella ricerca e nello sviluppo, guidato dal settore dell'edilizia civile che ha un impatto anche sull'architettura⁴

L'innovazione nei materiali e nell'architettura

I materiali sono presenti nella materializzazione di spazi e ambienti, dando forma a idee e progetti di spazi e architetture, attraverso applicazioni derivate da tecniche e procedure costruttive. Una corretta selezione, un uso adeguato e consapevole, razionale, così come la sperimentazione dei materiali e delle loro proprietà (chimiche-fisiche, estetiche e di lavorazione) possono potenziare l'innovazione nel design e nei prodotti.

⁴ Si possono citare le iniziative per la formulazione di politiche per il settore scientifico e tecnologico, nell'area dell'edilizia civile, come Finep (*Financiadora de Estudos e Projetos*), un'azienda pubblica brasiliana che finanzia progetti di ricerca e sviluppo per aziende e università nonché programmi statali come il programma PIPE / FAPESP, che offrono supporto ai progetti di ricerca relativi all'ingegneria e all'architettura.

TABELLA 2: Sintesi dell'innovazione nei materiali per l'architettura.

SINTESI DELL'INNOVAZIONE NEI MATERIALI PER L'ARCHITETTURA.
<p>Innovazioni nel design</p> <p>Innovazione formale e/o costruttiva incorporata nel design o nella creazione in fase di progettazione.</p>
<p>Innovazioni di prodotto</p> <p>Innovazioni negli elementi e componenti di costruzione o in uno o più dei suoi sottosistemi;</p> <p>Innovazioni nei prodotti finiti per l'uso o l'applicazione nella costruzione, installazione o assemblaggio.</p>
<p>Innovazioni di processo</p> <p>Innovazioni nel processo di produzione di edifici e strutture che possono essere ottenuti da modifiche, miglioramenti e nuove creazioni:</p> <p>Nei prodotti intermedi, come i tipi e i componenti del sottosistema;</p> <p>In materiali che hanno un impatto sul processo e sui prodotti finali;</p> <p>Nella propria tecnologia o processo costruttivo di edifici, spazi e ambienti;</p>
<p>Innovazioni sperimentando con i materiali stessi</p> <p>Uso o applicazione di materiali e prodotti in modo diverso, adattati o modificati in relazione alla proposta originale; uso o applicazione trasferendo la tecnologia da un altro settore all'architettura e alla costruzione;</p> <p>Sperimentazione o inventiva, mirando a nuovi risultati formali o tecnologici.</p>



IMM. 1 E 2: Museu do Amanhã, Rio de Janeiro. Immagini di strutture di copertura e pareti laterali in cemento armato che definiscono la plasticità dell'opera. Innovazione formale, utilizzando un materiale tradizionale. Architetto Santiago Calatrava.

La Tabella 2 riassume i principali tipi di innovazione dei materiali per l'architettura. Tutti questi aspetti possono generare opportunità di lavoro e reddito, in attività professionali o di ricerca, spostando il contributo dell'architettura all'economia creativa del Paese. Altre questioni relative alla qualità degli edifici impongono dei limiti, tenendo conto la necessità di rispettare le norme e la legislazione costruttiva, citando come esempio la NBR 15575 del 2013, norma brasiliana che regola le prestazioni degli edifici, ponendo restrizioni costruttive e la necessità di test e misurazioni, che possono interferire nella creatività, nella sperimentazione di nuove opportunità di utilizzo o nello sviluppo di nuovi materiali per l'architettura.

ARCHITETTURA INDUSTRIALIZZATA E PRODUZIONE
DIGITALE: PROSPETTIVE DI SVILUPPO**Paulo Eduardo Fonseca de Campos**

Dall'inizio degli anni 2000, la produzione digitale si è diffusa e recentemente è stata annunciata come precursore di una terza rivoluzione industriale (ECONOMIST, 2012). È certo che si sta assistendo all'emergere di un'innovazione che può essere classificata come dirompente o radicale, secondo i concetti espressi in *The Innovation Policy Platform*⁵, poiché la produzione digitale può rappresentare una reale opportunità di rottura del paradigma, il cui impatto sarà significativo sul mercato e sulla futura attività economica della società, nonché una risposta all'esaurimento di un ciclo produttivo basato, in origine, sui classici *standard* fordisti.

⁵ INNOVATION POLICY PLATFORM, The. Disponibile da: <www.innovationpolicyplatform.org>. [Ultimo accesso 6 Ottobre 2016].

Nell'architettura e in particolare nel segmento delle costruzioni industrializzate, i progressi tecnologici sono storicamente ottenuti attraverso le innovazioni incrementali, cioè basate su prodotti, servizi, processi, organizzazioni o metodi esistenti, le cui prestazioni possono essere migliorate in modo significativo o solo aggiornato. Questa è solitamente la forma di innovazione che prevale nel sistema delle costruzioni e dell'architettura, sebbene la natura dell'innovazione e il tasso di cambiamento tecnologico possano differire molto da un Paese all'altro, tra settori produttivi e periodi di tempo coinvolti, secondo la *Innovation Policy Platform*.

Dall'altra parte, i processi di progettazione e produzione implementati tramite sistemi CAD (*computer aided design*), CAE (*computer aided engineering* o ingegneria assistita da computer) e CAM (*computer aided manufacturing* o produzione assistita da computer), integrano ciò che si può chiamare di convergenza digitale o "*continuum digitale*", come indicato da Kolarevic (2003). Un collegamento diretto tra progetto e produzione, che viene stabilito attraverso le tecnologie digitali.

La fabbricazione digitale è vista come un tema legato a una nuova alternativa tecnologica per lo sviluppo dell'architettura industrializzata, con molteplici concetti innovativi di progetto e di produzione ad esse collegati. Tuttavia, non vi è necessità di vederla come una forma di rottura con il passato e con la tradizione dell'architettura, ma piuttosto come un mezzo di continuità, un'ulteriore possibilità che consente la combinazione di concetti apparentemente opposti come la produzione standardizzata e la produzione flessibile.

Materiali e architettura nel contesto della fabbricazione digitale

Nonostante il potenziale delle tecnologie di fabbricazione digitale, è necessario riconoscere che il loro sviluppo e la loro validazione di utilizzo in architettura dipendono in larga misura da una comprensione approfondita delle specificità di questa “nuova industria” senza la quale si corre il rischio di trasformarla in un hobby o in una curiosità, se non in una moda passeggera. L'integrazione tra l'accademia, come parte integrante dell'apparato scientifico e tecnologico, e il settore privato, oltre agli investimenti in ricerca, in particolare in forma consorziata, è una pratica che offre già risultati tangibili in Paesi sviluppati come l'Inghilterra, ad esempio, nel caso specifico dell'Università di *Loughborough* (BUSWELL, 2007), come vedremo più avanti.

Il punto di partenza per questo sforzo deve contare sulle proposte creative e l'individuazione di opportunità, in un processo basato sull'applicazione di metodologie per l'innovazione e la pianificazione, in fasi più avanzate. Il *team* multidisciplinare riunito attorno a un progetto di innovazione radicale può includere sia aziende che producono materiali e componenti per l'edilizia, sia produttori di sistemi di costruzione industrializzati che aspirano a rimanere innovativi e competitivi. In questo contesto, il calcestruzzo è, e continuerà ad essere, uno dei materiali da costruzione più conosciuti e diffusi al mondo, con un crescente interesse economico, sociale e ambientale in questo settore produttivo. La fabbricazione digitale o robotizzata, a sua volta, è la tecnologia di produzione più avanzata e flessibile oggi disponibile, con un forte impatto sul livello delle condizioni tecnologiche e umane. La sfida posta ora riguarda l'innovazione come motore dello sviluppo sostenibile e la visione del futuro che l'architettura industrializzata sarà in grado di progettare per sé.

Brevi considerazioni sull'innovazione nell'architettura industriale

La storia delle costruzioni industrializzate, soprattutto nel campo della prefabbricazione, ha sempre affrontato questioni legate alla standardizzazione e alla produzione seriale, in particolare legate a massicci programmi di edilizia sociale. Sotto l'egida dell'innovazione tecnologica rivolta alla massiccia costruzione di abitazioni, diversi furono gli errori commessi nel periodo di ricostruzione dell'Europa dopo la Seconda Guerra Mondiale (FONSECA DE CAMPOS, 2013). In quel periodo prevalevano le regole dei sistemi costruttivi prefabbricati della cosiddetta "prima generazione" dell'industrializzazione, in cui il desiderio dell'utente era spesso relegato alla condizione di mero dettaglio, in una visione di produzione. Ad esempio, si veda l'immagine⁶ del complesso residenziale "*Killingworth Towers*", costruito negli anni '70 a *Newcastle* (UK), fotografato durante la sua demolizione (1987).

Vi furono diverse critiche a questo modello iniziale, che collegava la prefabbricazione seriale alla rigidità e all'uniformità per definire un sistema costruttivo sviluppato senza pensare alle qualità intrinseche dell'architettura e alla sua relazione con l'ambiente urbano e la città. Questo scenario, tuttavia, è cambiato rapidamente negli ultimi decenni, con l'introduzione di tecnologie di fabbricazione digitale, che hanno incoraggiato i progettisti a esplorare soluzioni che stimolano la ricerca di geometrie più complesse, sfidando i principi di standardizzazione che fino ad allora dominavano i mezzi di produzione. Da allora, la tecnologia digitale è stata associata alla teoria e

⁶ Disponibile da: <<http://towerblock.org/wp-content/uploads/2010/02/ne-55.jpg>>. [Ultimo accesso 6 Ottobre 2016].

allo sviluppo della produzione architettonica contemporanea non standardizzata, con particolare attenzione alla flessibilità e alla varietà.

Kolarevic (2003) sostiene che l'era digitale ha radicalmente riconfigurato la relazione tra concezione e produzione, creando una connessione diretta tra ciò che può essere concepito e costruito. I progetti di costruzione oggi non nascono solo digitalmente, ma sono realizzati digitalmente attraverso i processi da *file-to-factory*, che utilizzano tecnologie di controllo numerico computerizzato (CNC) per la produzione. Gershenfeld (2005), a sua volta, nel suo libro iconico "*FAB; The coming revolution on your desktop – From personal computer stop personal fabrication*" riflette sul fatto che, grazie alla convergenza tra informatica e produzione, oggi è possibile convertire bit in atomi, stampando oggetti dalle loro immagini o dalla modellazione virtuale.

In sintesi, con l'avvento dei processi di fabbricazione digitale, attraverso le macchine CNC (*Computerized Numerical Control*), aggiunte ai sistemi CAD, CAE e CAM, che insieme integrano la progettazione assistita da computer, l'ingegneria, la fabbricazione e le tecniche tradizionali di produzione hanno subito un'autentica rivoluzione, anche se non ancora terminata, ma che indica una tendenza alla rottura del paradigma da seguire con attenzione non solo dalle aree di formazione e ricerca, ma anche dal settore produttivo.

Fabbricazione digitale e tecnologia del calcestruzzo: stampanti per calcestruzzo 3D

Basandosi sulla ricerca in banche dati brevettuali e dai *proceedings* di congressi specializzati (ISARC, 1984-2014), si può affermare che la prima ricerca che ha coinvolto l'uso di materiale cementizio e la fabbricazione digitale è

stata effettuata presso l'*University of Southern California*, intitolata "*Contour Crafting*" (HWANG; KHOSHNEVIS, 2004).

Il sistema consiste in una tecnologia di fabbricazione additiva che utilizza il controllo computerizzato per creare superfici a forma libera. Un grande braccio automatizzato, aggiunto a un'apparecchiatura di estrusione di materiale cementizio, consentirebbe la costruzione della struttura o dell'edificio in modo integrale. Secondo il ricercatore principale (KHOSHNEVIS, 2006), la fattibilità del sistema presuppone lo sviluppo e l'integrazione del settore delle costruzioni e di tutti i suoi attori attorno a questo nuovo sistema costruttivo, ed oggi è ancora inimmaginabile pensare alla sua redditività a breve termine, sebbene la sua tecnica si sia dimostrata plausibile. Si veda ad esempio l'illustrazione⁷ del sistema di costruzione "*Contour Crafting*" basato sull'estrusione di materiale cementizio.

Freeform Construction

Un'altra ricerca di fondamentale importanza sulla fabbricazione additiva con materiali cementizi è nata presso l'Università di *Loughborough*, nel Regno Unito. Come la ricerca sviluppata dal gruppo della *Southern California University*, questo lavoro impiega un braccio meccanico computerizzato utilizzato come mezzo per la deposizione degli strati di matrice cementizia, con precisione, nella posizione desiderata.

Ispirata in particolare alle ben note tecniche di stampa 3D, la ricerca è supportata da importanti attori nel mercato globale delle costruzioni, come lo studio di architettura

⁷ Disponibile da: <<http://www.archdaily.com/554739/nasa-tech-brief-awards-contour-crafting-s-automated-construction-methodology-top-honors>>. [Ultimo accesso 15 Ottobre 2016].

Foster & Partners e *Buro Happold*, specializzato in progetti strutturali ad alta complessità (BUSWELL et al., 2007).

Più recentemente, nel 2014, l'Università di *Loughborough* ha firmato un accordo di cooperazione con un consorzio di aziende guidato da un gigante mondiale delle costruzioni, *Skanska*, con l'obiettivo di sviluppare l'uso della stampa 3D nel calcestruzzo. L'ingegnere Rob Francis, direttore dell'innovazione e dello sviluppo di *Skanska UK* (Regno Unito), ha dichiarato recentemente che *“la stampa 3D in calcestruzzo, combinata con una sorta di centro di prefabbricazione mobile, ha il potenziale per ridurre i tempi necessari per creare elementi complessi per gli edifici, da settimane a ore”* (MCGAR, 2014). Ha perfino aggiunto: *“Pensiamo di raggiungere un livello di qualità ed efficienza mai visto in costruzione”*. L'obiettivo finale dell'iniziativa, secondo la stessa fonte, è sviluppare il primo robot commerciale al mondo per la stampa di calcestruzzo.

Si veda ad esempio l'immagine⁸ della stampa di un edificio con il processo *“3D Concrete House Printer”* di Andrey Rudenko (EUA), la prima stampante 3D per calcestruzzo portatile per la stampa in loco.

La principale differenza tra le due ricerche (*Contour Crafting* e *Freeform Construction*) è il fatto che gli inglesi hanno iniziato con l'utilizzo della tecnica per l'esecuzione di componenti costruttivi e non dell'intero edificio, attività che sembra essere molto più ragionevole.

Uno dei progetti più recenti riguardanti la fabbricazione additiva di calcestruzzo per edifici è stato quello sviluppato dalla società di costruzioni cinese *WinSun*. L'esempio dell'edificio più alto del mondo eseguito con la tecnologia

⁸ Disponibile da: <<https://sourceable.net/wp-content/uploads/2014/11/3d-concrete.jpg>>. [Ultimo accesso 15 Ottobre 2016].

di stampa 3D in cemento è stato sorprendente e si è diffuso rapidamente non solo nei media specializzati ma anche nei media di massa, insieme alla notizia che in Cina dieci case erano state “stampate” in cemento, in un tempo inferiore alle ventiquattro ore.

Si veda come esempio l'immagine⁹ dell'edificio più alto del mondo realizzato con la tecnologia di stampa 3D in calcestruzzo da *WinSun - Suzhou Industrial Park* (Cina).

Conclusioni

Negli ultimi anni, le tecnologie digitali hanno incoraggiato designer e architetti a esplorare complesse geometrie nei loro progetti, che hanno portato allo studio di nuovi processi produttivi, sfidando i principi di standardizzazione che fino a quel momento avevano dominato i mezzi di produzione dalla Seconda Guerra Mondiale. È un dato di fatto che la tecnologia digitale è stata associata alla teoria e allo sviluppo della produzione contemporanea non standard, sia nel design che nell'architettura.

Tra le opere più recenti che forse meglio simboleggiano questo *zeitgeist* (spirito del tempo) dell'architettura digitale, che comprende anche i materiali avanzati, come i compositi di cemento come ad esempio il calcestruzzo rinforzato con fibra di vetro (GRC o *Glass Fiber Reinforced Concrete*), si trova il **Centro Olimpico della Gioventù di Nanjing** (2014), progettato da Zaha Hadid (1950-2016). Lì, il concetto di *Freeform Construction* ha affrontato una grande sfida per la costruzione di stadi e edifici contemporanei, che ha permesso di combinare le tecnologie più avanzate per il progetto, con i materiali e con la fase esecutiva.

⁹ Disponibile da: <<http://www.yhbm.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=68&id=68>>. [Ultimo accesso: 15 Ottobre 2016].

Si veda ad esempio l'immagine¹⁰ del *Nanjing Youth Olympic Center* (Cina, 2014), progettato da Zaha Hadid.

Nel modo in cui i processi digitali oggi forniscono l'integrazione della progettazione assistita da computer, con l'ingegneria e con la fabbricazione, è possibile intravedere una tendenza che rompe il paradigma, da seguire da vicino nelle aree della formazione e della ricerca in design e architettura. Ci sono molte possibilità offerte dalla fabbricazione digitale nello sviluppo dell'architettura industrializzata e in altri campi di applicazione, in particolare per quanto riguarda la progettazione dei prodotti per l'edilizia.

¹⁰ Disponibile da: <<http://design--daily.blogspot.com.br/2014/09/nanjing-youth-olympic-centre-zaha-hadid.html?m=1>>. [Ultimo accesso: 26 Marzo 2016.]

IL RUOLO DEI MATERIALI NELLA PROGETTAZIONE E NEL MONTAGGIO DI UNA RESIDENZA PREFABBRICA- TA A ENERGIA ZERO

Claudia Terezinha de Andrade Oliveira

Eduardo Hernandes Domingues

Il concetto di *Zero Energy Building* (ZEB) è associato alla capacità di un edificio di generare l'energia necessaria per il suo funzionamento e alla sua autosufficienza energetica, in una media annuale. L'energia viene preferibilmente ottenuta da fonti di basso impatto ambientale, ad esempio mediante l'uso di energia solare. Oltre alle esigenze di montaggio, smantellamento e trasporto, la progettazione e la produzione di un edificio prefabbricato impongono condizioni specifiche per quanto riguarda la selezione dei materiali e delle soluzioni progettuali, sia per garantire l'efficienza energetica, sia per una migliore prestazione con il minor consumo energetico possibile. L'esperienza qui riportata presenta l'approccio completo utilizzato nella progettazione e produzione dei sistemi di rivestimento verticale e orizzontale di un prototipo ZEB chiamato EkóHouse. Il prototipo è stato sviluppato da un team di università brasiliane per partecipare al concorso internazionale *Solar Decathlon Europe 2012* (SDE'2012).

Dalle simulazioni di prestazioni termiche e di generazione di energia, sono state definite le caratteristiche generali del prototipo. La distribuzione spaziale e il dimensionamento degli ambienti sono stati progettati secondo le regole definite dal concorso SDE'2012.

Con la definizione di queste premesse, il progetto esecutivo di tutti i sistemi costruttivi è stato sviluppato usando un metodo interattivo di lavoro. Per ogni sistema sono stati definiti i principali requisiti considerando l'uso finale, il funzionamento e la manutenzione del prototipo, e ai requisiti del processo di assemblaggio, oltre ai requisiti per il trasporto. I materiali e i componenti di costruzione sono stati selezionati tra i prodotti disponibili in commercio. È stato scelto uno strumento di progettazione che ha reso fattibile l'integrazione e la documentazione delle varie fasi del processo di produzione, fornendo un alto livello di affidabilità e precisione nell'assemblaggio, concentrandosi sulla funzionalità e l'integrazione di elementi e componenti, tenendo conto degli aspetti geometrici.

È stato selezionato un *software* di prototipazione e produzione digitale per assicurare l'accuratezza dell'assemblaggio, per contribuire all'analisi del comportamento dei sistemi e alla generazione di informazioni per macchine a controllo numerico computerizzato (CNC).

L'immagine 3 illustra il prototipo digitale della Ekó-House, compresi i vari sistemi: strutturale, di serramento, di copertura, la parte esterna (balcone e *deck*) e le installazioni (elettriche, idrauliche, meccaniche). L'uso delle macchine CNC ha permesso la modifica di prodotti disponibili in commercio in modo da renderli rispondenti alle specifiche del progetto e, così, soddisfare i requisiti di prestazione che i materiali in modo isolato non avrebbero potuto rispettare. La fabbricazione digitale ha anche permesso la simulazione delle fasi di costruzione, analizzando

il movimento dei componenti e degli elementi sottoposti a forze specifiche (carichi, spostamenti, connessioni).

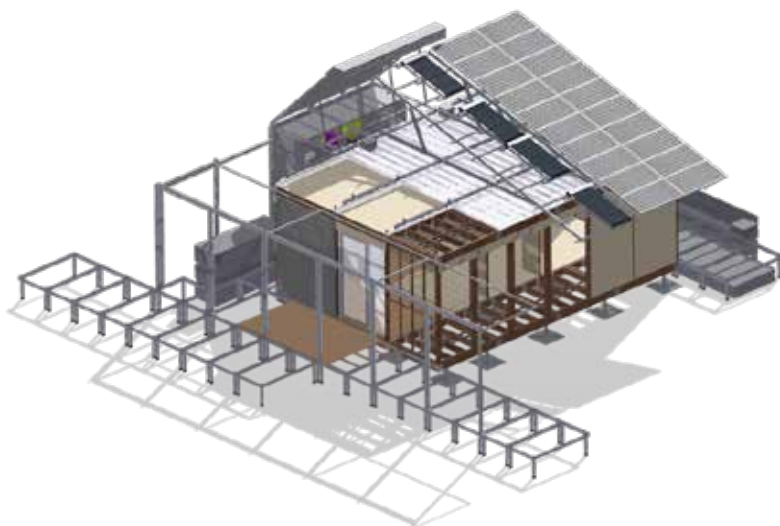
Di seguito sono presentate le soluzioni di progettazione e assemblaggio dei sistemi di rivestimento murale (interni ed esterni) e per il tetto, con particolare attenzione alla specificazione dei materiali e le soluzioni di dettaglio innovative per i raccordi geometrici e i collegamenti tra i componenti.

Rivestimenti murali

La tabella 3 mostra i materiali e i trattamenti superficiali adottati per i sistemi di rivestimento murale. Uno dei requisiti specifici di un progetto ZEB è la sistemazione dei componenti dei vari sistemi, dagli impianti di base (elettrici e idrosanitari), ai componenti del sistema di isolamento termico a quelli degli impianti di automazione, che consentano un controllo efficace della prestazione energetica della costruzione. Inoltre, le soluzioni dovrebbero anche consentire la personalizzazione dei pannelli di rivestimento e, per questo motivo, sono stati analizzati in base ai requisiti presentati nella tabella 4, tenendo conto dei principi tecnici e di progettazione. Il sistema ha due componenti di base: (a) profilo omega, un profilo di lamiera piegato a forma di omega collegato direttamente ai pannelli strutturali; e (b) un modulo di rivestimento composto da un telaio standardizzato, sviluppato appositamente per questo sistema. I moduli sono attaccati ai profili omega e in essi possono essere fissati vari tipi di isolamento, rivestimento e finitura. I profili omega e i moduli sono stati progettati usando la funzione *Sheet Metal* del software, che permette di creare i pezzi in lamiera utilizzando processi tradizionali di lavorazione e piegatura mediante macchine CNC.

TABELLA 3: specifiche dei materiali

MATERIALE	TIPO/ FORMATO	FUNZIONE	TRATTAMENTO SUPERFICIALE
Acciaio al carbonio	Lamiera piegata (piega e foratura) in formato omega	Struttura per appoggiare i moduli (componenti) che formano il rivestimento	Processi galvanici tramite elettrolisi
	Lamiera piegata	Modulo che serve per fissare il rivestimento dei muri e del soffitto	
	Lamiera piegata e perforata	Rivestimento per il soffitto	Strato di alluminio- zinco e vernice elettrostatica
Acciaio Inossidabile	Lamiera stampata	Rivestimento per i muri (bagni e cucina)	Spazzolatura
Fibrocemento (cemento rinforzato con fibre sintetiche)	Pannello	Rivestimento per i muri interni	Pittura con vernice acrilica a base acqua
		Rivestimento per i muri esterni	Polimero monocomponente base polyethersiloxane e additivi
Vetro	Incolore	Rivestimento per i muri (bagni e cucina)	Nessuno
	Specchio	Rivestimento per i muri del bagno	
Magnete al neodimio	Pastiglia	Fissaggio magnetico del soffitto	Posizionamento in una capsula di acciaio al carbonio
Lana di vetro con base di silice	Copertura	Isolamento termico	Nessuno



IMM.3: prospettiva del modello digitale EkóHouse

TABELLA 4: requisiti e soluzioni per i rivestimenti dei muri

ASPETTO	REQUISITO	SOLUZIONE
Modulazione	Compatibilità con i muri strutturali	Moduli fabbricati tramite processi digitali
Uso finale	Personalizzare utilizzando le caratteristiche degli ambienti	Moduli preformati come supporto per altri materiali di finitura/ rivestimento
	Contenere l'isolamento termico nel rivestimento esterno	Contenere l'isolamento termico nel rivestimento esterno
	Riservare spazio libero per gli impianti nel rivestimento interno dei muri	Profilo dei moduli con spazio libero per contenere le attrezzature di impianti e isolamento
	Permettere l'assemblaggio dei materiali di finitura e gli oggetti di uso quotidiano	Interfaccia di collegamento che permette il fissaggio dei mobili, degli apparecchi domestici e degli oggetti decorativi
Montaggio	Facilitare il trasporto	I moduli sono stati trasportati già fissati nei muri strutturali. Moduli specifici per i giunti trasportati in casse
	Facilitare la movimentazione (massa massima da trasportare 20 Kg/persona)	Dimensioni e massa che permettano la movimentazione senza uso di macchinari per la movimentazione del carico
Manutenzione	Facilitare la rimozione e accesso	Connessione degli accessori rimovibili

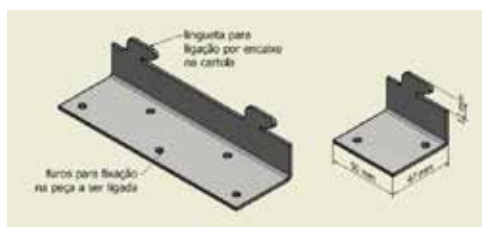
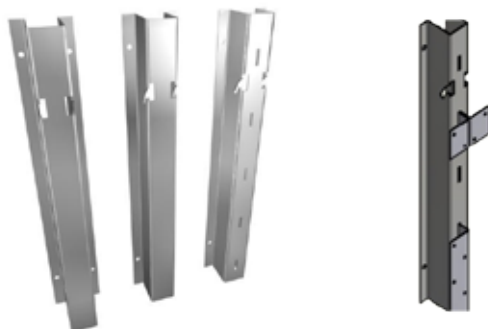
L'immagine 4 illustra i dettagli dei profili e degli strati dei rivestimenti dei muri.

Attraverso l'interoperabilità tra software di modellizzazione computerizzata e la produzione assistita da computer (CAM), le parti sono state fabbricate con un grado di precisione superiore a quello auspicabile per un edificio (frazioni centesimali di millimetro). Sotto la supervisione e il controllo del *team* di progettazione, le lamiere sono state acquistate direttamente da un distributore che le ha inviate a un'azienda specializzata nel taglio laser; da lì, i pezzi tagliati sono stati inviati a un'azienda specializzata nella piegatura con macchine CNC; il gruppo di montaggio ha fabbricato i moduli utilizzando il processo di saldatura TIG (gas inerte al tungsteno)¹¹, e infine le parti sono state galvanizzate da un'azienda specializzata nel trattamento superficiale galvanico.

Rivestimento interno

Nella prima versione del progetto, il rivestimento interno, il rivestimento della camera da letto, il bagno e gli ambienti di convivenza sono stati definiti in modo da permettere di installare un sistema di controsoffitto radiante a freddo, che avrebbe contribuito al controllo della temperatura interna della casa. Indipendentemente dal sistema di generazione del freddo, installato direttamente sotto la lastra di copertura, la parte visibile del sistema era costituita da prodotti disponibili sul mercato. La griglia di guide è costituita da profili in acciaio piegati ABNT 1020 con trattamento

¹¹ Tig, Tungsten Inert Gas, processo di saldatura ad arco elettrico tra un elettrodo di tungsteno non consumabile e le parti da unire, con o senza deposito di materiale. Questo processo non lascia residui dalla combustione del rivestimento degli elettrodi di saldatura elettrici ed è quindi adatto per le parti che riceveranno protezione anticorrosione da processi elettrolitici.



IMM.4: Componenti del sistema di rivestimento dei muri

anti-corrosione mediante elettrodeposizione di zinco e pannelli in lamiera forata piegati in acciaio ABNT 1020 con trattamento anti-corrosione noto come Aluzinco12.¹² Il soffitto e lo spazio tra esso e la lastra di copertura contenevano anche i componenti di altri sistemi necessari per il funzionamento dell'edificio: (a) le apparecchiature del sistema di illuminazione; (b) i sensori per il monitoraggio e il cablaggio del sistema di automazione; (c) i diffusori sonori del sistema di impianto audio; (d) i diffusori e i condotti del sistema di ventilazione meccanica e di climatizzazione; (e) il cablaggio e l'installazione dell'impianto elettrico. A causa dei cambiamenti nel progetto, il sistema di rivestimento che era già stato acquistato (un reticolo di guide fissate con viti) non rispondeva più alle esigenze di modulazione dello spazio interno. Quindi, l'innovazione principale per adattare i prodotti già acquisiti alle esigenze del nuovo progetto è stata la progettazione di telai di rivestimento composti da un telaio montato con tubi rettangolari e profili piegati in lamiera di acciaio al carbonio la cui geometria era compatibile con il fissaggio definitivo dei pannelli di lamiera perforata. Questi moduli avevano tre funzioni: la prima, di natura geometrica, permetteva di adattare le caratteristiche formali e dimensionali del materiale disponibile alla nuova configurazione degli ambienti interni della casa; la seconda era quello di fornire un sistema per installare i lampadari lineari che fornivano luce diffusa per gli ambienti; infine, consentivano il fissaggio dei telai perforati.

Ulteriori innovazioni nel fissare i moduli alla lastra di copertura sono stati:

¹² Marchio di Hunter Douglas del Brasile. Rivestimento con uno strato composto di 43,5% di zinco, 1,5% di silicio e 55% di alluminio. Il trattamento è stato sviluppato nel 1972 da Bethlehem Steel Corporation che lo commercializza con il marchio Galvalume. Disponibile da: <http://www.galvinox.com.br/index.php?modulo=10&cod_produto_category=5>. [Ultimo accesso 27 Febbraio 2014].

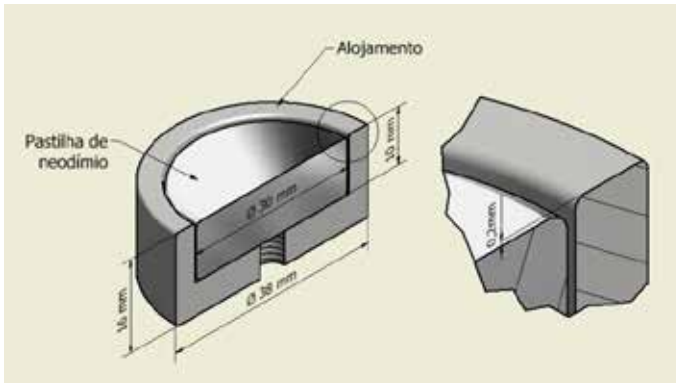
(a) Fissaggio magnetico: uso di magneti permanenti al neodimio installati nel telaio del rivestimento del soffitto e scocche prodotte con lamiera in acciaio precedentemente fissate sulla lastra;

(b) Dispositivo di sicurezza complementare: i moduli erano dotati di cavi d'acciaio collegati da moschettoni agli stessi supporti dei componenti di accoppiamento magnetico. Questi supporti contenevano anche la funzione di collegamento ridondante usando bulloni e dadi in acciaio che fungono da fermi tra i supporti.

Il design del soffitto è stato sviluppato per soddisfare una lista di requisiti riassunti nella tabella 5, riportata di seguito.

TABELLA 5: requisiti e soluzioni di rivestimento

ASPETTO	REQUISITO	SOLUZIONE
Modulazione	Rendere compatibile le differenti di geometrie	Canale per adeguamento geometrico con uso multiplo
	Rendere fattibile la concordanza con tutti gli altri sistemi (struttura e chiusura)	Supporto in legno per finitura
Montaggio	Aumentare la velocità per assicurare la precisione nelle installazioni	Collegamento istantaneo con magneti
		Dispositivi di sicurezza
	Pochi pezzi per la movimentazione	un pezzo in ogni ambiente
		Prodotto Plug&play
Componenti prefissati sulla lastra		
	Permettere la movimentazione (massa massima da trasportare 20 Kg/persona)	Ogni modulo con massa minore di 80 Kg per il trasporto tramite 4 persone
Manutenzione	Facilitare la rimozione e l'accesso	Supporto in legno per finitura di facile rimozione
		Connessioni magnetiche che consentono una facile rimozione del rivestimento mediante spostamento orizzontale del gruppo



IMM. 5: Dispositivi di fissaggio per l'elemento di rivestimento orizzontale sulla lastra di copertura



IMM. 6: prototipo della EkóHouse nella Villa Solar a Madrid, durante l'evento Solar Decathlon Europe 2012, nel settembre de 2012.

Il Prototipo

Una prospettiva del prototipo si può vedere nella immagine 6, quando è stata assemblata presso la *Villa Solar* durante la *Decathlon Europe 2012 Solar Competition*.

Le soluzioni presentate per i sistemi di rivestimento, insieme agli altri sistemi sviluppati appositamente per il prototipo prefabbricato per la ZEB, hanno permesso di montare l'EkóHouse nella *Villa Solar* entro il tempo massimo indicato dal regolamento della competizione. Il *Team Brasil*, composto da circa 20 studenti, senza specializzazione nella produzione di edifici, ha montato una residenza ad alta efficienza energetica, con una superficie interna di 45 m², in 150 ore.

La fattibilità del metodo è stata garantita dalla valorizzazione del progetto, utilizzato come principale strumento decisionale per la produzione. L'uso corretto delle risorse del progetto con mezzi digitali ha permesso la creazione di scenari virtuali affidabili prima di produrli in sicurezza.

Considerazioni finali

Progettare una casa prefabbricata, che sarà assemblata, smontata e rimontata più volte, richiede un nuovo modo di pensare al progetto. È necessario che tutte le decisioni passino attraverso la critica dell'analisi inversa. Il modello proposto di gestione dei progetti esecutivi e di produzione, mediante software di produzione e prototipazione digitale, è di per sé un processo innovativo che deve essere continuamente migliorato. Ma questo non è abbastanza. Le caratteristiche fisiche dei materiali devono soddisfare le esigenze tradizionali degli edifici e le esigenze dei processi di assemblaggio di un edificio prefabbricato. La selezione dei materiali dovrebbe essere effettuata coordinando i requisiti estetici e le esigenze di assemblaggio, uso e manutenzione di un ZEB, aggiungendo nuove funzioni ai programmi

di utilizzo tradizionali, come le funzioni di generazione e gestione dell'energia necessaria per il suo funzionamento. Le decisioni di progettazione architettonica, con particolare attenzione alla geometria spaziale, devono essere strettamente correlate ai materiali e ai processi di produzione da utilizzare. La definizione di dimensioni, massa, durabilità, durezza superficiale, punti di forza e fissaggi, aspetto e accuratezza dimensionale dei materiali e dei processi deve precedere la produzione industriale dei componenti e degli elementi costruttivi. La selezione dei materiali e il progetto esecutivo dei sistemi diventano parte del percorso critico del processo. A questo punto, le innovazioni sono così caratterizzate per l'uso di prodotti (materiali e componenti) disponibili in commercio non convenzionali e il cambiamento di paradigma nella costruzione di edifici/case per il montaggio degli spazi multifunzionali abitabili.

Questa modalità di produzione contribuisce a creare nuove basi di conoscenza per l'industrializzazione e la prefabbricazione di edifici, in particolare quelli ad alta efficienza energetica. Inoltre, l'esperienza nella produzione del prototipo EkóHouse apporta contributi allo sviluppo di nuove proposte, poiché il consolidamento delle informazioni consente il *feedback* sistematico che facilita la creazione di nuovi modelli di progettazione e produzione di spazi abitativi.

L'ESPERIENZA PROFESSIONALE TRA ARCHITETTURA E MATERIALI

Sérgio Coelho

Alessandra Araujo

La *GCP Architettura e Urbanistica*, studio brasiliano a San Paolo, si è differenziata, durante i suoi quasi vent'anni di esistenza, nell'applicazione di materiali e sistemi di costruzione innovativi e sostenibili, e più recentemente si è dedicata all'applicazione dei principi della biomimetica nelle soluzioni di design e alla ricerca di nuovi materiali basati su questa scienza. L'associazione dell'architetto *Sérgio Coelho*, fondatore dello studio GCP, con la biologa *Alessandra Araujo* ha apportato un importante contributo all'azienda, attraverso l'attenzione per l'innovazione sostenibile basata sulla natura, sviluppando, in questo caso, molto più la soluzione architettonica che quella relativa al materiale.

La biomimetica (dal bios greco, vita e mimesi, imitazione), "è una nuova scienza che studia i modelli della natura e poi li imita e attinge a loro o ai loro processi per risolvere i problemi umani" (BENYUS, 2011, p.8). È una scienza che traduce in tecnologia le sfide più diverse che la natura

deve affrontare. Tenendo conto dei 3,8 miliardi di anni di costante evoluzione negli organismi odierni, vi è un processo di miglioramento continuo e di aggiornamento dalle pressioni a cui sono sottoposti, come ad esempio: temperature elevate, esigenze di ombreggiamento, eccesso di acqua, scarsità di acqua, cambiamenti e regolazione della temperatura, produzione di energia, illuminazione, ed altri. Queste pressioni sono molto simili alle esigenze di un edificio. Infatti, in questo caso, ci si riferisce a una serie di soluzioni tecnologiche che la natura applica elegantemente, utilizzando poche risorse e molta efficienza, ovvero tutto ciò che è necessario negli ambienti costruiti. Molti materiali sono generati o migliorati con l'uso della biomimetica in tutti i settori. Nel settore dell'edilizia ci sono più iniziative straniere legate all'innovazione, il che è giustificato, in parte, dal fatto che l'industria è più vicina al mondo accademico e investe in ricerca. Di seguito un esempio:

Organismo che ispira: conchiglia

La conchiglia viene creata mediante processi di calcificazione del carbonato di calcio. I prodotti creati sono innovativi mattoni realizzati con granuli di sabbia e batteri. Il produttore bioMASON (BIOMASON, 2017) utilizza un processo naturale di calcificazione per ottenere struttura e resistenza. Il processo è realizzato con granelli di sabbia in uno stampo in presenza di batteri (*Sporasarcinapasteurii*). Questi batteri sono nutriti con ioni di calcio sospesi nell'acqua e gli ioni sono attratti dalle pareti delle cellule batteriche.

Organismo che ispira: foglia di loto.

Le foglie di loto sono in costante contatto con l'acqua di fiumi e laghi in regioni con un alto tasso di precipitazioni. Ma solo la parte superiore della foglia può fare la fotosintesi, per generare energia. La sua protezione, per evitare

che la sua superficie sia sporca, è quella di avere un sistema autopulente. La foglia di loto ha *microtextures* che impediscono l'aderenza delle particelle di sporco e vengono pulite e rimosse con l'azione dell'acqua. Il prodotto creato è l'inchiostro STOCOAT LOTUSAN® (LOTUSAN, 2016), che funziona secondo lo stesso principio.

Di seguito verranno presentate alcune delle soluzioni progettuali sviluppate da GCP che sono considerate differenti e creative sia per l'inusuale applicazione dei materiali sia per l'uso dei principi della biomimetica nelle soluzioni architettoniche. Nei primi due progetti presentati, particolare attenzione va posta sul rivestimento o la chiusura degli edifici, che è sempre un problema delicato, poiché nelle scelte delle soluzioni più corrette è possibile garantire la necessaria impermeabilità, il corretto isolamento termico-acustico e l'ottenimento di effetti ottimali di ventilazione naturale e illuminazione, che sono fondamentali per soluzioni di architettura sostenibile.

L'edificio *Unilever Aerosol - Aguai/SP*: presenta facciate ventilate con pannelli laminati decorativi Formica® TS Exterior¹³ colorato 1,22 m X 3,07 m e spessore 10 mm, fissato in una struttura ausiliaria in alluminio, fissato meccanicamente su una struttura metallica. Le serrature interne sono in muratura di calcestruzzo da 2,0 MPa di 39 x 19 x 19 cm di cartongesso standard (ASTM C36) con spessore di 12,5 mm, tipo *drywall*. Il laminato Formica® TS Exterior è composto da fibre cellulosiche impregnate con resine fenoliche termoidurenti compattate mediante processo ad alta pressione.

¹³ Specifica/brochure. Disponibile a: <[www.formica.com.br/products/de-tasheets / tSexterior.pdf](http://www.formica.com.br/products/de-tasheets/tSexterior.pdf)>. [Ultimo accesso Gennaio 2017.]



IMM. 7: Edificio amministrativo della fabbrica *Unilever* a *Aguai/SP* (Brasile)

IMM. 8: *Arena Pantanal* a *Cuiabá/MT* (Brasile)

La superficie è composta da carta decorativa con resine aminoplastiche e film protettivo superficiale (UV). Il processo di produzione prevede l'applicazione combinata della temperatura e dell'alta pressione, condizione ottenuta in presse specifiche per questo tipo di tecnica. In questo modo si ottiene un materiale compatto, ad alta densità, stabile, non poroso e chimicamente inerte.

L'Arena Pantanal - Cuiabá/MT: facciate microclimatiche con composito a maglia forata in PVC e Poliестere Ferrari Soltis FT 381 color Cactus Green, tese in struttura metallica. Nei telai di sostegno dei tetti è stata utilizzata una

membrana composta in PVC e *Ferrari Preconstraint 902 S2 White Polyester*, tensionato in struttura metallica¹⁴.

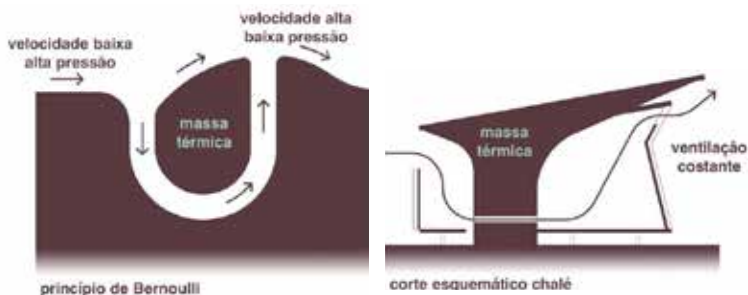
Nel progetto dello stadio di calcio *Arena Pantanal*, l'idea è nata dal concetto di quattro moduli posizionati per favorire la ventilazione, rispondendo al problema del calore caratteristico del sito, ed erano rimovibili per soddisfare il programma di progetto, che prevedeva l'adozione della struttura metallica. Inizialmente non era prevista la membrana in PVC, che poteva anche essere in *Meshing*, un telaio in acciaio inossidabile. In altre parti del mondo, alcuni stadi sono così realizzati, ma il costo è molto alto, considerando che il progetto era uno stadio pubblico.

Una volta completato il progetto, si è capito che non poteva essere utilizzato altro materiale che il PVC, poiché durante il giorno conferisce trasparenza visiva e di sera, quando le luci interne sono più forti, sembra una torcia. Grazie all'evoluzione del design stesso e dei materiali, oggi gli architetti hanno una gamma di possibilità che le generazioni precedenti non avevano. Ciò è dovuto all'avanzamento della tecnologia e della ricerca.

Nell'esempio seguente, l'uso della biomimetica conferisce innovazione alla soluzione progettuale.

Votu Hotel - *Bahia* (Brasile): L'Hotel Votu è un progetto situato nella *Praia dos Algodões* - Penisola di *Maraú, Bahia*, una regione molto ricca di biodiversità a causa dei suoi sistemi ambientali: mare, barriera corallina, foresta atlantica, lagune naturali e mangrovie. Oltre alla bellezza, questa posizione offre anche alcune sfide a causa delle alte temperature, delle molte precipitazioni e alto grado di salinità.

¹⁴ Informazioni Serge Ferrari. Disponibile da: <http://pt-br.sergeferrari.com/corporate-it/arena-pantanal-cuiaba-brasil/> >. [Ultimo accesso Settembre 2017.]



IMM.9: Schema di ventilazione permanente ripreso dalla tana del cane della prateria (principio di Bernoulli)



IMM.10: Sezione della suite, con schema di ventilazione permanente, ispirazione dalla tana del cane della prateria.



IMM. 11: Votu Hotel: facciata ombreggiata della suite, simile a certi cactus, massa termica della lastra da giardino e copertura con ventilazione permanente ispirata dalla tana del cane della prateria.

Considerando la qualità di questo luogo, le sue sfide e le fragilità, abbiamo cercato soluzioni di comfort termico ed efficienza energetica applicando la biomimetica.

Il tema centrale di questo progetto è il comfort termico attraverso la struttura architettonica, riducendo al minimo il consumo di energia. La grande ispirazione della forma del bungalow è il flusso d'aria continuo che è stato studiato e ripreso dalle tane dei cani della prateria, che seguono il fenomeno fisico chiamato principio di Bernoulli. Le soluzioni biomimetiche hanno guidato la parte architettonica delle suite, le chiusure di tutti gli edifici e le coperture efficienti. L'organismo che ha ispirato la ventilazione naturale e il costante comfort termico, anche quando lo spazio è chiuso, è il cane della prateria, che realizza le sue tane nel terreno con entrate e uscite d'aria. Si veda ad esempio l'immagine¹⁵ del cane della prateria. Lo schema di ventilazione della cuccia per cani può essere visto nelle immagini 9, 10 e 11.

Per quanto riguarda le soluzioni architettoniche innovative che sono limitate da standard e certificazioni, il GCP ritiene che ci siano soluzioni progettuali che non sono approvate per non essere coperte da norme tecniche. Ci sono problemi di progettazione che sono più o meno limitati a una soluzione specifica della norma tecnica e tutti la seguono, ma se vi fosse la possibilità di sviluppare altre idee, forse quelle più creative. La mancanza di conoscenza limita e confonde molto il ruolo delle responsabilità, e il sistema di norme in Brasile finisce per portare, in un primo momento, a un indebolimento della creatività. I vigili del fuoco hanno una solida base tecnica e

¹⁵ Disponibile da: <https://c2.staticflickr.com/2/1235/1350899871_eb0135ab5b.jpg>. [Ultimo accesso Dicembre 2017].

fanno affidamento su standard internazionali, ma la creatività nella parte architettonica e persino l'uso non convenzionale dei materiali rischia di essere penalizzato dal punto di vista delle responsabilità da coloro che analizzano le proposte. Lo stesso accade nell'area ambientale. Negli studi ambientali vi sono limiti di approvazione a causa della legislazione sul crimine ambientale. La mancanza di conoscenza, i limiti e le competenze della responsabilità professionale, sia di chi propone che di chi approva, inibisce nuove proposte.

Sempre in Brasile, il problema sembra essere la mancanza di parametri. Ora, forse, con lo standard delle prestazioni, è possibile organizzare riferimenti e parametri costruttivi per il Paese sia per i progettisti che per gli organismi di vigilanza¹⁶. La certificazione IEED, ad esempio, sotto certi aspetti è buona, perché funziona con criteri di qualità collegati a buoni materiali. Potrebbe però non essere il più appropriato per il Brasile perché si basa su standard energetici dell'emisfero settentrionale, con una base di produzione di energia completamente diversa: il Brasile è un Paese tropicale, non ha neve, è caldo ecc. I parametri sono diversi, tuttavia, valutano la qualità di diversi aspetti, anche nei materiali, richiedendo che la costruzione presenti un criterio di qualità comprovato. Spesso vi è una mancanza di standard e dell'altra parte, quelli esistenti possono bloccare la creatività dell'architetto.¹⁷

¹⁶ In Danimarca e in molti altri luoghi, vi sono standard più severi rispetto al Brasile e l'architettura non ne è ostacolata.

¹⁷ Nell'aeronautica, ad esempio, ci sono incidenti aerei che si verificano a causa di una vite e provocano numerosi decessi. Ma viene effettuata una grande quantità di ricerche per identificare il problema, viene creato un nuovo standard e gli ingegneri lo utilizzano per progettare senza problemi.

Quando si tratta di progettare, il GCP prevede che nella progettazione dell'architettura, la prima fase sia quella dell'intento tecnico-artistico che risponde alla proposta, senza necessariamente definire in partenza il materiale da utilizzare. Ma è intrinseco che questa fase è già carica di informazioni che passano attraverso il sistema costruttivo e il materiale, sia nella struttura che nel rivestimento. Non c'è modo di determinare cosa venga prima, perché per rispondere a un programma come un edificio industriale o un centro commerciale, ad esempio, dove la questione della campata libera è fondamentale, di solito si pensa già ad un sistema costruttivo che contempra questa soluzione. Allo stesso tempo, per quanto la zona di comfort ci porti a ripetere le soluzioni già adottate, si cerca di andare oltre con nuovi materiali. Considerato anche per ogni cliente vi è la questione del *budget disponibile* per il lavoro, perché i materiali più sofisticati hanno un costo diverso e potrebbero non riuscire a rispondere a questo vincolo se posti come primo fattore. Un'altra considerazione è che il prodotto più costoso si ripaga nel tempo, sia per la durata che per la manutenzione. Nella fase successiva di dettaglio del progetto, i problemi sui materiali sono fondamentali per la definizione dell'architettura.

Per quanto riguarda la relazione tra architetti e industria in Brasile, caratterizzata da un segmento intermittente di progetti e opere, la fornitura di materiali o prodotti avviene dall'industria agli architetti, a differenza di quanto avviene all'estero, dove la richiesta di grandi studi di architettura è di stimolo per il settore produttivo in maniera più incisiva. Questa situazione contribuisce alla riduzione delle attività di ricerca e sviluppo, a differenza dello scenario internazionale. Di conseguenza, i materiali stranieri nel Paese vengono importati con costi elevati per il consumatore finale, rendendoli inutilizzabili nella mag-

gior parte dei casi. Ad esempio, la membrana composta della facciata fornita dalla società francese Ferrari, realizzata con partner stranieri che detengono la tecnologia di tensionamento della membrana, implicano che tutte le discussioni tecniche per il progetto siano fatte fuori dal Brasile e dai suoi pochi rappresentanti locali. Un altro problema è la sostituzione del materiale specificato dall'architetto con un prodotto simile, solitamente a un costo inferiore proposto dai costruttori, ma che non presenta le stesse prestazioni e garanzia, il che crea conflitti tra architetti, clienti e costruttori.

Per quanto riguarda la ricerca sui materiali, il GCP ha istituito nel suo ufficio inizialmente la figura di uno *Spec-Writer*, la persona responsabile per la scelta dei materiali, con la creazione di un dipartimento specifico, che ha tra i compiti quello di contattare le aziende per conoscere nuovi prodotti e per realizzare una materioteca interna. Ma questa struttura si è rivelata costosa, occupando troppo spazio. Sembra che nella formazione degli architetti non ci sia una conoscenza approfondita dei materiali, e c'è una certa passività sulla selezione dei materiali. Attualmente, il coordinatore dell'ufficio raccoglie le informazioni sui materiali e per ogni progetto un architetto è responsabile della scelta dei materiali. Oggi esistono procedure più tradizionali, come la raccolta di cataloghi e alcuni campioni, ma anche accesso a risorse tramite Internet. La ricerca digitale ha il vantaggio di mappare le possibilità, ma a seconda della situazione, può non essere decisiva e talvolta un riferimento ad un materiale applicato ad un progetto esistente aiuta la visualizzazione per il cliente.

Le richieste di progetto sono diverse in base ai settori, residenziale o industriale, che presentano problemi differenti sia dal punto di vista estetico che per quanto riguarda gli aspetti visivi, di funzionalità e di bilancio. Il rapporto

con un campione di materiale, sentirne la consistenza, il comfort e la densità, tra gli altri aspetti, è molto interessante per creare e aumentare la conoscenza del cliente sul prodotto. Il contatto con il materiale è molto illuminante e questa esperienza permette spesso più possibilità creative e idee rispetto a quelle per cui il materiale è stato originariamente concepito. Un evento importante come la Coppa del Mondo o un'Olimpiade, ad esempio, funge da catalizzatore per la fornitura di materiali stranieri, rappresentando una svolta nel settore, svolta che si verifica anche in progetti speciali come per i musei.

Lo studio di progettazione ritiene che le fiere sui materiali svolgono un ruolo importante e incoraggia i suoi architetti a visitarle, ma nel mondo ci sono eventi che sembrano essere più efficaci¹⁸. Per l'applicazione in edilizia, si ritiene che il materiale debba essere disponibile in Brasile, poiché gli studi di architettura non hanno le possibilità per importare materiali per rendere un progetto redditizio. La selezione è anche una questione culturale, dove il brasiliano e l'industria delle costruzioni risultano essere molto conservatori (come anche il cliente finale, l'imprenditore, il proprietario del centro commerciale, il proprietario della fabbrica e la società di costruzioni).

Il GCP ritiene che uno strumento come un sito brasiliano di materiali disponibili in Brasile sarebbe molto utile per gli architetti e i progettisti per sapere dove cercare informazioni sistematizzate. È molto importante trattare seriamente le informazioni attraverso un database affidabile che consente di scegliere il materiale giusto. Sarebbe

¹⁸ Per fare un esempio, l'architetto *Sérgio Coelho* ha partecipato, in Giamaica, in un hotel, a un incontro di presentazione sequenziale di diversi materiali della durata di un'ora. È un'altra forma di presentazione e conoscenza dei materiali con informazioni per il progetto.

molto interessante se ci fosse anche l'accesso allo spazio fisico e ai campioni anche per i professionisti e persino per i clienti finali. Sarebbe anche importante per gli studenti di altre università utilizzare questo strumento, acquisendo informazioni coerenti.

L'IMPORTANZA DELLA RICERCA SUI MATERIALI PER L'ARCHITETTURA

Barbara Del Curto

I materiali e la tecnologia sono sempre stati parte integrante del design e molti autori hanno sottolineato questa profonda connessione tra questi campi, tra cui Gillo Dorfles:

“...ogni definizione rischia di risultare monca e imprecisa, tanto più quando essa si riferisce ad un settore vasto e complesso come quello che mi accingo a trattare: per questo preferisco non dare nessuna definizione netta ed assiomatica del disegno industriale [...]. Esistono, tuttavia, alcuni capisaldi dai quali non si può prescindere [...]. Una delle prime condizioni necessarie per considerare un elemento come rientrante nel settore [...] è che esso sia prodotto attraverso mezzi meccanici [...]. E, finalmente, come ulteriore premessa, dobbiamo considerare quella maggiore o minore “estetività” del prodotto; esteticità [...] che dovremo ipotizzare come momento essenziale [...] d’ogni opera del design” in DORFLES (1972, p.9-10)

Perché gli architetti hanno bisogno di conoscere i materiali? La prima ragione è ovvia: gli edifici e l'industria delle costruzioni sono cambiati drasticamente negli ultimi anni. Tra le ragioni del cambiamento ci sono i nuovi materiali disponibili per l'uso in edifici contemporanei come per esempio le nuove leghe di alluminio, i materiali compositi, gli adesivi, i polimeri sintetici e altri. Prima della rivoluzione industriale, i materiali conosciuti erano la pietra, il legno e il vetro. Architetti e professionisti delle costruzioni ora lavorano principalmente con dei prodotti, la maggior parte dei quali sono il risultato di una combinazione di materiali diversi. Le prestazioni di questi prodotti dipendono dalle proprietà dei materiali che li compongono. La conoscenza delle proprietà del materiale consente all'architetto di comprendere il comportamento dei prodotti, per poterli adattare alle esigenze funzionali della costruzione. D'altra parte, la mancanza di tale conoscenza può portare alla perdita di alcune opportunità di progettazione e di esplorare le possibilità differenziate che i prodotti realizzati con nuovi materiali potrebbero fornire.

I nuovi materiali sono, infatti, in grado di fornire l'impulso per una nuova architettura, però è necessaria la conoscenza degli architetti per esplorare il potenziale dei materiali non tradizionali. Molti materiali utilizzati oggi nei sistemi di costruzione sono nuovi e poco conosciuti dagli architetti, come per esempio i sigillanti silicologici, i rivestimenti organici, i materiali compositi e persino il calcestruzzo ad alta resistenza, ad esempio, o altri materiali con proprietà intrinseche come nelle immagini 12 e 13. Questi materiali provengono da aziende e laboratori e sono venduti direttamente ai produttori e di conseguenza spesso non sono studiati nei corsi di architettura. Alcuni di questi nuovi materiali hanno il potenziale per cambiare il modo in cui sono pensati gli edifici e i loro sistemi.



IMM. 12 E 13: Materiale fotoluminescente

Oltre a incorporare nuove caratteristiche e proprietà, possono anche fornire nuove caratteristiche estetiche, come per l'aerogel, che è un materiale composto dal 98% di aria e dal 2% da ossido di silicio. Oltre a presentarsi come un vetro ad alte prestazioni che permette il passaggio della luce del giorno, è anche un buon isolante termico, e di conseguenza consente di progettare un edificio traslucido. L'evoluzione delle necessità deve includere indicatori di performance ambientali, come l'energia incorporata, la tossicità e il potenziale per il riciclo, ad esempio. Un altro aspetto importante è la durabilità di questi nuovi materiali. È necessario parlare di sostenibilità, di prodotti non tossici e di minor consumo di energia. Dobbiamo pensare di costruire edifici con materiali durevoli. Il desiderio di aver edifici a lungo termine, come ad esempio la Cattedrale di Los Angeles, ha portato alla scelta del calcestruzzo ad alta densità con acciaio inossidabile rinforzato, che promette una durata di almeno 500 anni.

Il progetto architettonico è una disciplina dinamica, che vive il compromesso di ricercare costantemente nuove forme e nuovi processi per creare nuove idee. Nuovi materiali consentono di realizzare alcune di queste proposte. I designer sopravvivono molto bene affidandosi, pri-



IMM. 14: LitraCon

ma di tutto, alle proprie risorse personali di conoscenza e, poi, facendo affidamento sui colleghi e consulenti, nonché sulla collezione personale di libri e cataloghi preferiti, ben noti e testati. Ma il mondo si muove velocemente e le attività associate alla tecnologia dei materiali generano una grande quantità di informazioni (CORNISH, 1992, p. 261).

Un esempio di materiale innovativo è Litracon¹⁹, (*light-transmitting concrete*), blocchi prefabbricati in calcestruzzo (imm.14) prodotti in dimensioni differenti. È stato inventato dall'architetto ungherese Áron *losonczy* nel 2001. Migliaia di fibre ottiche disposte in parallelo formano una matrice tra le due superfici principali di ciascun blocco. La proporzione di fibre è molto piccola (4%) in paragone al volume totale del blocco. Queste fibre si mescolano nel calcestruzzo e diventano una componente strutturale. In teoria, la struttura di un muro costruito da questo cemento che trasmette la luce può essere vista spesso a distan-

¹⁹ Litracon: Disponibile da: <www.litracon.hu>. [Ultimo accesso Settembre 2016].

za, perché le fibre funzionano senza perdita di luce fino a circa 20 metri di distanza.

Vi sono anche nuovi strumenti, come l'uso del computer con CAD e CAD/CAM, che consentono la progettazione di nuove strutture in acciaio, titanio e compositi di zinco, adesivi, polimeri e possono controllare la quantità di luce che entra nell'edificio e il comfort ambientale. Se prima della rivoluzione industriale erano disponibili pochi materiali, oggi ve ne sono fino a centomila di materiali diversi ed è impossibile conoscerli tutti. E' necessario sapere come scegliere un materiale. Secondo Manzini (1986), il momento in cui viviamo può essere definito dell'iperscelta, in cui vi è una quantità così grande di materiali con prestazioni così diverse che diventa complesso fare una scelta.

Questo è uno dei motivi per cui sono nate le materiotecche. Sono apparse intorno al 2000 e sono archivi digitali o raccolte fisiche di campioni di materiali sempre collegati a un database, in cui un architetto o un designer può cercare tra diversi criteri di selezione (caratteristiche del materiale, proprietà meccaniche o estetiche, ecc.). La cosa interessante è poter toccare questi campioni di materiali e confrontarli. Vent'anni fa, si parlava poco dei nuovi materiali nell'ambito del design e dell'architettura. La possibilità di riunire università e aziende e di offrire sia le proprietà ingegneristiche che quelle espressive e sensoriali dei materiali si materializzano tramite le materiotecche. Si tratta di collezioni in continua evoluzione, che accompagnano lo sviluppo dell'offerta di nuovi materiali da parte delle aziende e offrono possibilità diverse, permettendo di stimolare le ricerche. Inoltre, vi sono spesso anche molti eventi sui materiali, consentendo agli architetti e ai designer di conoscerli meglio.



IMM. 15: Prof.ssa Ph.D. Barbara Del Curto durante l'intervento "Materiali e Design: la Materioteca del Politecnico di Milano per la Didattica e la Ricerca" nell'evento Materiali e creatività per il design e l'architettura, presso la FAU USP (2016)

Vi sono poi anche materiotecche *business-oriented*, che danno maggior enfasi su alcuni materiali rispetto ad altri nell'interesse delle aziende. Nella maggior parte dei casi, le materiotecche, in particolare quelle affiliate con le università, offrono un servizio di consultazione ai professionisti e agli studenti, diffondendo conoscenza e facilitando l'accesso a nuovi materiali.

In questo senso, l'esperienza del Politecnico di Milano di quasi vent'anni di creazione e sviluppo di una materioteca, in un primo momento all'interno di un dipartimento e, più recentemente, incorporata nel sistema bibliotecario dell'università, condivide la sua storia e supporta l'iniziativa del LabDesign della FAU USP di creare *Materialize*, nella Facoltà di Architettura e Urbanistica dell'Università di San Paolo, in modo che questo strumento informativo assista studenti, docenti e professionisti nell'ottenere una maggiore conoscenza sui materiali in generale e in particolare di quelli disponibili in Brasile.

CONSIDERAZIONI FINALI

Cibele Haddad Taralli

Célia Moretti Arbore

Alcune domande pertinenti la ricerca e l'innovazione nei materiali per l'architettura possono essere evidenziate dagli approcci e dai contenuti trattati in questo libro e anche dalla sintesi delle discussioni che si sono svolte durante l'evento *Materiali e creatività per il design e l'architettura*²⁰ nel 2016. Tali temi sono stati raggruppati per argomenti correlati e riassunti come segue:

Poco accesso alle nuove tecnologie nella formazione degli architetti

Le discussioni suggeriscono che ci sono pochi contatti degli studenti con i materiali e le tecnologie innovative du-

²⁰ **Materiali e creatività per il design e l'architettura** - ricerca e innovazione nei materiali nel campo dell'architettura, evento avvenuto a Settembre 2016, nella tavola rotonda su architettura e materiali, presso la sede del Programma di Post-Laurea della Facoltà di Architettura e Urbanistica dell'Università di San Paolo.

rante i corsi universitari e anche nei corsi di post-laurea. Tuttavia, è stato sottolineato che c'è anche la necessità che gli studenti assumano un nuovo atteggiamento investigativo, cercando un costante aggiornamento, superando i limiti e le restrizioni posti nel contesto dell'istruzione formale, al fine di seguire l'evoluzione tecnologica e rispondere alle esigenze del mondo contemporaneo.

Mancanza di comunicazione e distanza tra ricerca/insegnamento e pratica professionale

Per assimilare le nuove tecnologie è necessario adottare un atteggiamento più collaborativo da parte degli architetti, a differenza di quello tradizionale della formazione passiva e individuale, con accesso a canali di ricerca pertinenti e affidabili (in reti sociali e professionali, database) che agiscono come incentivo all'aggiornamento costante di materiali e tecniche.

Prestazioni, restrizioni e normative

In Brasile, vi è una grande difficoltà nell'utilizzare materiali e tecnologie innovative, a causa dell'assenza di normative specifiche, nonché di una carenza nella fornitura di attrezzature speciali o di grandi dimensioni al di fuori dei grandi centri urbani, oltre alla mancanza di preparazione, formazione e pratica della mano d'opera nazionale. L'architettura e l'edilizia civile sono settori considerati tradizionali, che richiedono che l'innovazione passi tramite la validazione dei materiali, con un numero elevato di test. Questo richiede un periodo molto più lungo per la validazione attraverso l'elaborazione di norme, a differenza di altri settori di produzione e di attività di consumo, come l'industria della moda che assimila rapidamente nuovi materiali tessili presenti nel mercato.



IMM. 16: pannelli di bambù

IMM. 17: pannelli di bambù (in primo piano)

Il rapporto tra i materiali e l'architettura sembra differire dal rapporto tra i materiali e il design, poiché in architettura i materiali sono estremamente legati ad una tecnologia e lo spazio o l'ambiente richiedono di essere progettati da professionisti, con particolare attenzione ad aspetti quali l'abitabilità, le normative, i requisiti e le limitazioni che i regolamenti edilizi e altre leggi locali impongono.

Mercato poco ricettivo per i prodotti innovativi e le ricerche

Si può dire che esista una gran distanza tra i progressi della ricerca sui materiali per l'architettura e la sua immissione sul mercato.

Ad esempio, i ricercatori del gruppo *PETligno* di *UNESP - Itapeva* (SP/Brasile), coordinati dalla Prof.ssa Ph.D. Juliana Cortez Barbosa, hanno sviluppato un formato per un uso commerciale del bambù, pianta molto diffusa in Brasile, che può generare prodotti più sostenibili come i pannelli visualizzati nelle immagini 16 e 17. Leggero e con elevata resistenza meccanica, il pannello di bambù può essere utilizzato sia nella produzione di mobili sia in edilizia.

Mancanza di informazioni sui nuovi materiali

L'introduzione di nuovi materiali prevede la comunicazione di informazioni obiettive offerte al consumatore dai produttori in relazione, ad esempio, alle sue caratteristiche di durata o di sicurezza; in Brasile i professionisti non richiedono all'industria questo servizio e diventa quindi importante che l'industria interagisca di più con gli architetti. Vi è anche un enorme differenza tra quello che l'industria offre al mercato brasiliano e quello che offre fuori dal Paese. Una stessa azienda, con sede in Europa, si comporta diversamente quando si relaziona con il professionista all'estero o in Brasile: le attività qui si limitano alla vendita, con poca attenzione alla parte di assistenza e supporto in relazione a possibili dubbi. Si nota anche che vi sono difficoltà di concretizzare lo sviluppo di prodotti e materiali innovativi per l'applicazione nell'attività costruttiva.

Approccio conservatore dell'industria e dei progettisti nel campo dell'architettura

Il report del *Projeto inovação Tecnológica na Construção* (Progetto di Innovazione Tecnologica nell'edilizia) (CARDOSO, 2011, p.40) fa riferimento alla difficoltà di fare innovazione in edilizia, in quanto l'industria risulta essere molto conservatrice, come di seguito riportato:

L'industria delle costruzioni è considerata piuttosto conservatrice per quanto riguarda l'introduzione di innovazioni. In Brasile, il problema è principalmente dovuto alla mancanza di articolazione delle sue catene di approvvigionamento e alla mancanza di meccanismi efficaci per sostenere lo sviluppo delle innovazioni. (Traduzione Denise Dantas)

Questo è dovuto, in parte, alla paura dell'insuccesso, a causa delle esperienze pregresse: "In passato, ci sono state molte iniziative infruttuose nell'introduzione di nuovi materiali e sistemi costruttivi che hanno reso l'industria

delle costruzioni e gli utenti finali ancora più resistenti alle innovazioni” (CARDOSO, 2011, p.40) (traduzione Denise Dantas).

Sembrerebbe esserci anche un problema culturale nella formazione di architetti e ingegneri (imm. 23 e 24). In Brasile, sia l'ingegnere che l'industria adottano posizioni più restrittive in relazione alla sperimentazione di nuovi materiali. Le seguenti immagini (imm. dalla 18 alla 22 e 25, 26) illustrano l'attuale fornitura di materiali esposti alla Fiera del rivestimento 2017 a San Paolo, che riproducono o fanno riferimento a modelli di rivestimenti tradizionali e ad altri già ampiamente utilizzati nel Paese.

Apertura per lo sviluppo di nuovi materiali e componenti

In generale, un nuovo materiale (o prodotto commerciale) si presenta sul mercato già completo e l'innovazione nel campo dell'architettura viene principalmente dall'importazione. Ma per particolari edifici, complessi o di grandi dimensioni, vi è l'apertura a introdurre nuove esperienze, come è accaduto nel 2016, con la realizzazione della Coppa del Mondo nel Paese; grazie all'ampia visibilità offerta da questo evento alcune aziende straniere hanno pensato di tornare a lavorare in Brasile.

D'altra parte, c'è la possibilità di proporre nuovi materiali, come già sottolineato nel *report* del *Projeto inovação Tecnológica na Construção* (Progetto di Innovazione Tecnologica in edilizia), che ha verificato che “c'è bisogno di sviluppare materiali e componenti che abbiano un buon rendimento in termini di impatto ambientale, considerando le differenze regionali” (CARDOSO, 2011, p.42) (traduzione Denise Dantas)



IMM.18: Lastre di plastica stampate in rilievo, che imitano rivestimenti diversi



IMM.19: Mattoni forati, in calcestruzzo prefabbricato, con una rilettura dei tradizionali "cobogós" brasiliani



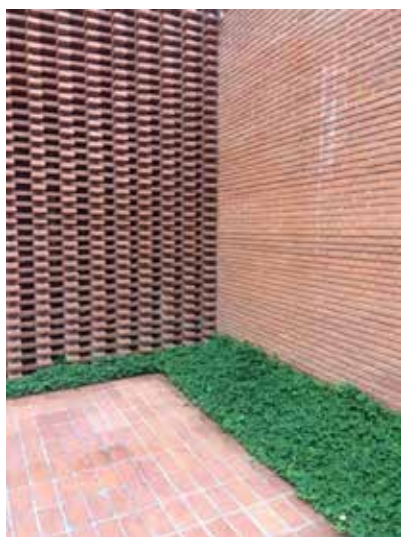
IMM.20: Elementi in ceramica per pareti



IMM. 21: Elementi cementizi



IMM. 22: Dettagli degli elementi cementizi



IMM. 23: Muri di mattoni per facciata a vista utilizzati in una recente costruzione, 2016, a San Paolo (Brasile)



IMM. 24: Dettaglio dei mattoni



IMM. 25: Facciata ventilata in calcestruzzo polimerico ULMA

IMM. 26: Alcune finiture

Attualmente, i rifiuti solidi generati dalle costruzioni sono poco utilizzati, come affermato nello stesso report: “basso livello di utilizzo dei rifiuti, compresa le costruzioni, come materia prima per la produzione di materiali”, nonché “alto livello di consumo di materiale, derivato dal basso livello di fornitura di sistemi di costruzione leggeri e materiali di massa specifici bassi” (CARDOSO, 2011, p.42) (traduzione Denise Dantas).

Alcuni degli aspetti sottolineati dagli architetti e dai docenti che hanno partecipato all’evento indicano la necessità di promuovere discussioni più approfondite sull’architettura e la tecnologia per diffondere e fornire *input* sia ai professionisti senior che a quelli in formazione, nonché incoraggiare la formazione di mano d’opera specializzata per l’edilizia, utilizzando i nuovi materiali e le tecnologie tramite corsi.

L'implementazione delle materiotecche ad accesso libero legate alle università, come *Materialize*, permette la divulgazione di informazioni affidabili sui materiali per le applicazioni nei progetti di architettura e di edilizia, avvicinando professionisti e università. Maggiori investimenti nelle università, offrendo uno spazio adeguato per la consultazione fisica oltre che virtuale, possono incoraggiare l'innovazione in questi settori applicativi, permettendo la possibilità di venire a contatto con i campioni di materiali fisici e facilitando un ampio accesso a tutta la società.

Vi è necessità di pensare a modalità alternative di *partnership* tra università, aziende e professionisti, riportando i feedback di esperienze, anche tramite la promozione di incontri e workshop, che possano comprendere anche il personale che lavora nelle materiotecche. Le materiotecche possono completare, integrare ed espandere i contenuti e le pratiche tra studenti, professori e professionisti, per una maggiore conoscenza e diffusione dei materiali, nonché per aggiornare o sostituire archivi di materiali che la maggior parte degli uffici di architettura possiede.

Alessandra Araujo é bióloga com ampla experiência em sustentabilidade e urbanismo, e especialista em Biomimética desde 2012. A partir de 2003, atua em gerenciamento de projetos de arquitetura e urbanismo, conceituando e desenvolvendo projetos com o *Biomimicry Thinking*. Realizou curso de Urbanismo Sustentável, na *Schumacher College* - Inglaterra, e Gestão Responsável para a Sustentabilidade, pela Fundação Dom Cabral - Brasil. Atualmente, é mestranda em *Master of Science in Biomimicry* pela *Arizona State University* (ASU). Possui experiência profissional em gestão de projetos nos setores de varejo, telecomunicações e industrial e público, com ênfase em estratégias sustentáveis e no desenvolvimento de diagnósticos sociais e ambientais para áreas públicas e comunidades. Possui participação como autora de boas práticas para o CBCS - Conselho Brasileiro para Construção Sustentável. É professora de Biomimética da AA (Associação Arquitetônica) *Amazon Visiting School*. Possui participação como palestrante de Biomimética em diversos eventos e elaboração de *workshops* para a prática de Biomimética. | **Alessandra Araujo** è laureata in biologia con una vasta esperienza in sostenibilità e urbanistica, e specialista in Biomimetica dal 2012. Dal 2003, è stata coinvolta come *project management* in architettura e urbanistica, occupandosi della parte di sviluppo, concept e progetti con il *Biomimicry Thinking*. Ha seguito un corso di Urbanismo Sostenibile allo *Schumacher College* - Inghilterra, e *Responsible Management for Sustainability*, presso la *Fundação Dom Cabral* - Brasile. Ha ottenuto un master degree in Scienze della Biomimesi presso l'*Arizona State University* (ASU). Ha esperienza professionale nella gestione di progetti nei settori di vendita, delle telecomunicazioni e industriale e pubblico, con particolare attenzione alle strategie sostenibili e allo sviluppo di diagnosi sociali e ambientali per aree pubbliche e comunità. È una delle autori di *Boas práticas* per il CBCS - *Conselho Brasileiro para Construção Sustentável*. È docente di Biomimética alla *Amazon Visiting School* (AA - Architectural Association). Ha partecipato come docente di Biomimetica in diversi eventi e nell'elaborazione di workshop per la pratica della biomimetica. alessandra@gcp.arq.br

Barbara Del Curto é designer formada pelo *Politecnico di Milano*, universidade na qual atua como professora associada do *Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta"* e ensina na *Scuola del Design*. Desenvolve suas atividades de pesquisa e ensino voltadas para o design, materiais e superfícies, com especial atenção aos materiais inovadores e funcionais, à nanotecnologia, aos tratamentos funcionais de superfície e à sua transferência tecnológica para o campo do design de produtos, do design de interiores, do setor

manufatureiro, da arquitetura, do setor agroalimentar e do setor têxtil e de moda, todos estes setores reconhecidos pelo o que é definido como *Made in Italy*. Foi professora visitante especial no projeto *Pesquisa em materiais e inovação para aplicação nas indústrias criativas nos campos do design e da arquitetura: a experiência do Politecnico di Milano analisada sob a ótica da realidade brasileira*, com financiamento do CNPq. | **Barbara Del Curto** si è laureata in Design al Politecnico di Milano, dove lavora come professore associato al Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica “Giulio Natta” e insegna alla Scuola del Design. L'attività di ricerca di Barbara Del Curto riguarda il design dei materiali e delle superfici, con particolare attenzione ai materiali innovativi e funzionali, alle nanotecnologie e ai trattamenti funzionali di superficie e il loro trasferimento tecnologico al mondo del design, del manifatturiero avanzato, dell'architettura, dell'agroalimentare e del tessile/moda, settori riconducibili a quello che oggi viene definito il *Made in Italy*. È stata visiting professor in Brasile con il progetto “*Ricerca sui materiali e l'innovazione per l'applicazione nelle industrie creative nei campi del design e della architettura: l'esperienza del Politecnico di Milano analizzata dal punto di vista della realtà brasiliana*”, presso la FAU USP, con il supporto finanziario del CNPq. **barbara.delcurto@polimi.it** | <https://orcid.org/0000-0002-0125-0226>

Célia Moretti Arbore é graduada em Arquitetura pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, tendo obtido mestrado e doutorado pela mesma instituição. Atuou em diversas empresas no desenvolvimento de projetos de grande porte, tais como, fábricas, prédios e subestações de energia elétrica; bem como elaborou, como autônoma, projetos residenciais, de interiores e de mobiliário, com gerenciamento da execução. Possui experiência no ensino de projetos de interiores e de mobiliário, tendo trabalhado na Escola Panamericana de Arte, de 1996 a 2012. Participou de várias monitorias e estágios em disciplinas de Projeto e de Metodologia no curso de Design da FAU USP. Desde 2015, como colaboradora do LabDesign FAU USP, participa do projeto *Pesquisa em materiais e inovação para aplicação nas indústrias criativas nos campos do design e da arquitetura: a experiência do PoliMilano analisada sob a ótica da realidade brasileira*, com financiamento do CNPq. A partir de 2017, ministra aulas de projeto no curso de Arquitetura da Universidade Paulista - UNIP. | **Célia Moretti Arbore** è laureata in Architettura e Urbanistica alla *Faculdade de Arquitetura e Urbanismo dell'Università de São Paulo*, dove ha anche preso il suo *master degree* e Ph.D. Ha lavorato in diverse aziende nello sviluppo di progetti di grandi opere come fabbriche, penitenziari e stazioni elettriche; oltre a sviluppare progetti di abitazioni, d'interni e di mobilio, occupandosi anche della gestione dell'esecuzione. Ha esperienza nell'insegnamento di progetti d'interni e mobili, avendo lavorato presso la *Escola Panamericana de Arte* dal 1996 al 2012. Ha partecipato come tutor a vari corsi di Design e

Metodologia presso o curso de Design da FAU USP. Dal 2015, ha partecipato al progetto *“Ricerca sui materiali e l’innovazione per l’applicazione nelle industrie creative nei campi del design e della architettura: la esperienza del Politecnico di Milano analizzata dal punto di vista della realtà brasiliana”*, con il supporto finanziario del CNPq. Dal 2017, è docente di progetto nel corso di Architettura dell’*Universidade Paulista - UNIP*. celiaarbore@gmail.com

Cibele Haddad Taralli é Professora Doutora dos cursos de graduação e da pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Possui graduação, mestrado e doutorado em Arquitetura e Urbanismo, pela Universidade de São Paulo. Tem experiência profissional em docência e pesquisa nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e Design, atuando principalmente nos seguintes temas: arquitetura, design, projeto, desenho de produto, metodologia e processos de pesquisa, linguagem e representação em arquitetura e design e processos de projeto. Participou do projeto de pesquisa *Pesquisa em materiais e inovação para aplicação nas indústrias criativas nos campos do design e da arquitetura: a experiência do Poli.Milano analisada sob a ótica da realidade brasileira*, com financiamento do CNPq. | **Cibele Haddad Taralli** è docente nei corsi di laurea e post-laurea presso la *Faculdade de Arquitetura e Urbanismo*. Si è laureata e ha preso il suo *master degree* e un dottorato in Architettura e Urbanistica presso l’*Universidade de São Paulo*. Ha esperienza professionale nell’insegnamento e nella ricerca nei settori dell’architettura e dell’urbanistica, e del design, occupandosi principalmente delle seguenti tematiche: architettura, design, *product design*, metodologia e processi di ricerca, linguaggio e rappresentazione in architettura e processi di design. Ha partecipato al progetto *“Ricerca sui materiali e l’innovazione per l’applicazione nelle industrie creative nei campi del design e della architettura: la esperienza del Politecnico di Milano analizzata dal punto di vista della realtà brasiliana”*, con il supporto finanziario del CNPq. cibelet@usp.br | <https://orcid.org/0000-0002-5330-0387>

Cláudia Terezinha de Andrade Oliveira é graduada em Engenharia Civil, pela Escola de Engenharia de Lins, com mestrado e doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Professora Doutora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de São Paulo. É orientadora de doutorado do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Tem experiência profissional nas áreas de execução e gerenciamento de obras, projetos executivos e orçamentos, caracterização e ensaio de materiais de construção civil. Atua em pesquisas vinculadas aos seguintes temas: análise de desempenho e risco de edificações, manutenção de edifícios históricos e de sistemas construtivos inovadores, projeto e desenvolvimento de componentes e de sistemas construtivos. *Faculty Advisor*

da primeira equipe brasileira - *Team Brasil* - a participar da competição internacional *Solar Decathlon*, na sua versão europeia (*Solar Decathlon Europe*), na edição de 2012, realizada em Madri - Espanha. | **Cláudia Terezinha de Andrade Oliveira** è laureata in Ingegneria Civile alla *Escola de Engenharia de Lins*, con un *master degree* e un dottorato in Ingegneria della Costruzione Civile e Urbana, alla *Escola Politecnica dell'Universidade de São Paulo*. È relatore di dottorato del Programma di post-laurea della *Faculdade de Arquitetura e Urbanismo* dell'*Universidade de São Paulo*. Ha esperienza professionale nel settore di esecuzione e gestione di opere, progetti esecutivi e preventivi, caratterizzazione e test su materiali per l'edilizia. Svolge attività di ricerca nelle seguenti tematiche: analisi di prestazioni e rischi degli edifici, manutenzione di palazzi storici e di sistemi costruttivi innovativi, progetti e sviluppo di componenti e sistemi costruttivi. *Faculty Advisor* del primo *Team* brasiliano a partecipare alla competizione *Internazionale Solar Decathlon*, nella sua versione europea (*Solar Decathlon Europe*), nella edizione 2012, realizzata a Madrid - Spagna. ctao@usp.br <https://orcid.org/0000-0002-8628-3130> | ctao@usp.br | <https://orcid.org/0000-0002-8628-3130>

Eduardo Hernandes Domingues possui mestrado e graduação pela Universidade de São Paulo (1994 - 2014), com formação complementar como Técnico em Mecânica de Precisão, pelo SENAI SP (2006), e especialização em Design de Interiores pela FAAP (2013). Acumula experiência na área de arquitetura e urbanismo, com ênfase em tecnologia, bem como em projetos para prototipagem e produção digital e projetos de interiores, destinados ao uso comercial, cultural e saúde. *Construction Manager* da primeira equipe brasileira - *Team Brasil* - a participar da competição internacional *Solar Decathlon*, na sua versão europeia (*Solar Decathlon Europe*), na edição de 2012 realizada em Madri - Espanha. | **Eduardo Hernandes Domingues** è laureato e ha ottenuto il suo *master degree* all'*Universidade de São Paulo* (1994 - 2014), con formazione complementare come tecnico meccanico di precisione al SENAI SP (2006), e specializzazione in *Interior Design* alla FAAP (2013). Ha esperienza nell'area dell'architettura e dell'urbanistica, con particolare attenzione alla tecnologia, alla prototipazione per la produzione digitale e all'*interior design* per il retail, per gli spazi culturali e della salute. *Construction Manager* del primo *Team* brasiliano a partecipare alla competizione *Internazionale Solar Decathlon*, nella sua versione europea (*Solar Decathlon Europe*), nella edizione 2012, realizzata a Madrid - Spagna. eduhdom@gmail.com

Paulo Eduardo Fonseca de Campos é Professor Livre-Docente da FAU USP, onde coordena o Laboratório de Fabricação Digital (FAB LAB -SP) e o Grupo de Pesquisa DIGI-FAB - Tecnologias Digitais de Fabricação Aplicadas à Produção do Design e Arquitetura Contemporâneos.

Coordena atualmente a área de Design e Arquitetura, na Pós-Graduação da FAU USP. Foi pesquisador visitante na *Newcastle University (UK)*, onde desenvolveu pós-doutorado (2014-2015). Arquiteto e Urbanista formado pela FAU-PUC de Campinas, Mestre em Engenharia Civil pela EPUSP, Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela FAU USP. Foi superintendente do Comitê Brasileiro da Construção Civil (CB-02) da ABNT (2012-2015) e é membro correspondente do Grupo de Trabalho sobre Pré-fabricação da *FIB-Fédération Internationale du Béton*. | **Paulo Eduardo Fonseca de Campos** è Professore Associato alla FAU USP, dove coordina il *Laboratório de Fabricação Digital (FAB LAB-SP)* e il Gruppo di Ricerca *DIGI-FAB - Tecnologias Digitais de Fabricação Aplicadas à Produção do Design e Arquitetura Contemporâneos*. È coordinatore dell'area di Design e Architettura nel Programma di post-laurea della FAU USP. È stato *visiting professor* alla *Newcastle University (UK)*, dove ha svolto il suo *postdoc* (2014-2015). Architetto e urbanista, laureato alla *FAU-PUC de Campinas*, ha ottenuto un master alla EPUSP in Ingegneria Civile e il dottorato in architettura e urbanistica nella FAU USP. È stato sovrintendente del *Comitê Brasileiro da Construção Civil (CB-02)* dell'*ABNT* (2012-2015) ed è membro del Gruppo di lavoro sulla prefabbricazione della *FIB-Fédération Internationale du Béton*. pfonseca@usp.br | <https://orcid.org/0000-0001-9132-3072>

Sérgio Coelho graduou-se pela FAU USP em 1986, ano em que inicia sua carreira em sociedade com Filo Russo. Entre 1989 e 1993, atuou na Europa em empresas como BDP e GIAD de Londres, principalmente em projetos de hotelaria, resorts e esportes. Foi arquiteto coordenador na Promon Engenharia, entre 1993 e 1997, nas áreas de transporte, lazer, indústria, urbanismo e varejo. Em 1997, fundou a GCP Arquitetura e Urbanismo, atuando como autor de dezenas de projetos de indústrias, shopping centers, resorts, intervenções urbanas, equipamentos esportivos, arenas multiuso, centros de distribuição, super e hipermercados, lojas de departamentos, lojas de atacado, edifícios institucionais e interiores corporativos. Muitos dos seus projetos desenvolvidos e coordenados foram premiados em âmbito nacional e internacional. | **Sérgio Coelho** è laureato alla FAU USP nel 1986, quando ha dato inizio alla sua carriera nella società con Filo Russo. Tra 1989 e 1993 ha lavorato in Europa in aziende come BDP e GIAD a Londra, principalmente nei progetti di Hotels, Resorts and Sports. Dal 1993 a 1997 ha lavorato alla *Promon Engenharia* come architetto coordinatore per le aree di trasporti, intrattenimento, industria, urbanistica e vendita. Nel 1997 ha fondato lo studio *GCP Arquitetura e Urbanismo*, lavorando come progettista per decine di progetti architettonici di industrie, centri commerciali, *resorts*, interventi urbanistici, costruzioni sportive, arene multiuso, centri di distribuzioni, supermercati e ipermercati, negozi di dipartimento, edifici istituzionali e progetti d'interni corporativi. Molti dei suoi progetti sono stati premiati in Brasile e all'estero. sergio@gcp.arq.br

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de Edificações Habitacionais. Brasília: ABNT, 2013.
- ACIESP. **Mapa da Ciência de São Paulo**: Competências Científicas e Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2016. Disponível em [Disponibile da]: <www.acadciencias.org.br/down/Mapa-da-Ciencia-em-SP.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2017; [Ultimo acesso 28 Marzo 2017].
- ARTIGAS, João Vilanova. **O desenho**. Aula inaugural proferida na Faculdade de Arquitetura da USP, São Paulo, 1967 (texto).
- BENYUS, J. M. **Biomimética**: Inovação Inspirada pela Natureza. 11ed. São Paulo: Pensamento Cultrix, 2011.
- BIOMASON. Disponível em [Disponibile da]: <<http://biomason.com/technology/>>. Acesso em: mar. 2017; [Ultimo acesso Marzo 2017].
- BUSWELL, R. et al. **Freeform Construction**: Mega-scale Rapid Manufacturing for construction. In: Automation in Construction, v. 16, n. 2, p. 224-231. Amsterdam: Elsevier, 2007.
- CARDOSO, Francisco F (Coordenação). **Ciência, Tecnologia e Inovação e a Indústria da Construção Civil**: elementos para a formulação de uma política para o setor. Projeto Inovação Tecnológica na Construção (PIT). Projeto 7 - Ciência e Tecnologia para a Inovação na Construção. Porto Alegre: Antac: 2011. Disponível em [Disponibile da]: <<http://livrozilla.com/download/490966>>. Acesso em: 2 set. 2016; [Ultimo acesso 2 Settembre 2017].
- CAU/BR. **Censo dos Arquitetos e Urbanistas no Brasil**. Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. Brasília, 2012. Disponível em [Disponibile da]: <www.cau.gov.br>. Acesso em: 15 mar. 2017; [Ultimo acesso 15 Marzo 2017].
- CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL. **Manual do arquiteto e urbanista**. 1ª edição. Brasília: CAU/BR, 2015.
- CORNISH, E.H. **Materiali Progetto industriale e Design**. Milano: Hoepli, 1992.
- DORFLES, G. **Introdução ao Desenho Industrial**: linguagem e história da produção em série. Lisboa: Presença, 1984.
- _____. **Introduzione al disegno industriale : linguaggio e storia della produzione di serie**. Torino : Einaudi, 1972.
- ECONOMIST, The. **The Third Industrial Revolution**. Londres: The Economist Group, 21-27 abril 2012.

EUROPEAN COMMISSION. **Materials research and innovation in the creative industries.** Report on the round table discussion, Brussels, 5 October 2012. Edited by Lula Rosso. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012. Disponível em [Disponibile da]: https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/materials-in-creative-industries-report_en.pdf. Acesso em: fev. 2017; [Ultimo accesso Febbraio 2017].

FONSECA DE CAMPOS, P. E. **Norma de desempenho de edificações:** uma contribuição para o desenvolvimento do conceito de normativa exigencial aplicado à construção civil. In: Revista Concreto & Construções, vol. XLI, p.26 - 31. São Paulo: Ibracon, 2013.

GERSHENFELD, N. **FAB; The coming revolution on your desktop:** From personal computers to personal fabrication. Cambridge: MA: Basic Books, 2005.

HWANG, Dooil; KHOSHNEVIS, Behrokh. **Concrete wall fabrication by contour crafting.** In: ISARC 2004 - 21st International Symposium on Automation and Robotics in Construction [Proceedings]. Jeju Island (Korea): ISARC, 2004.

KHOSHNEVIS, Behrokh et al. **Mega-scale fabrication by contour crafting.** In: International Journal of Industrial and Systems Engineering, vol. 1, n. 3, p. 301 - 320. Buckinghamshire (UK): Inderscience Publishers, 2006.

INNOVATION POLICY PLATFORM, The. Disponível em [Disponibile da]: <www.innovationpolicyplatform.org>. Acesso em: 6 out. 2016; [Ultimo accesso 6 Ottobre 2017].

ISARC, International Symposium of Automation and Robotics in Construction. Anais de 1984-2014. Disponível em [Disponibile da]: <www.iaarc.org>. Acesso em: 22 jun 2015; [Ultimo accesso 22 Giugno 2017].

KOLAREVIC, B. **Architecture in digital age;** Design and manufacturing. Nova Iorque: New York: Spon Press, 2003.

LOTUSAN. Disponível em [Disponibile da]: <<https://www.youtube.com/watch?v=5RZht6WUHjI>>. Acesso em: mar. 2016; [Ultimo acesso Marzo 2017].

MANZINI, E. **The material of invention.** Cambridge: MIT Press, 1986.

McGAR, J. **Partnership Signed to Develop 3D Concrete Printing.** In: Sourceable Industry News and Analysis. Edition: 10/12/2014. Disponível em [Disponibile da]: <<https://sourceable.net/partnership-signed-to-develop-3d-concrete-printing/>>. Acesso em: 15 out. 2016; [Ultimo acesso 15 Ottobre 2017].

MOBILE. Revista Conselho de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo. **As peculiaridades da profissão pelo interior de São Paulo: Contrastes do interior**. 6 ed. São Paulo: CAU/SP, 2017. Disponível em [Disponibile da]: <<http://www.causp.gov.br/revista-do-causp/>>. Acesso em: 26 mar. 2017; [Ultimo acesso 26 Marzo 2017].

RELATÓRIO de economia criativa 2010: economia criativa uma, opção de desenvolvimento. Brasília: Secretaria da Economia Criativa/Minc; São Paulo: Itaú Cultural, 2012. Disponível em [Disponibile da]: http://unctad.org/pt/docs/ditctab20103_pt.pdf. Acesso em: jan. 2017; [Ultimo acesso Gennaio 2017].

REVISTA PESQUISA FAPESP. **Mapa da ciência SP**. FAPESP. São Paulo, 2017. Edição Online Notas. Disponível em [Disponibile da]: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/03/07/mapa-da-ciencia-sp/>>. Acesso em: 8 mai. 2017; [Ultimo acesso 8 Maggio 2017].

SIZA VIEIRA, Álvaro. **A reforma dá uma neura terrível**. Entrevistadores: Valdemar Cruz (texto) e JordiBruch (fotos). **Expresso online**. 27 mar. 2016. Disponível em [Disponibile da]: <<http://expresso.sapo.pt/sociedade/2016-03-27-siza-vieira.-a-reforma-da-uma-neura-terrivel>>. Acesso em: 25 abr. 2017; [Ultimo accesso 25 Aprile 2017].

LISTA DE IMAGENS E CRÉDITOS

ELENCO IMMAGINI E CREDITI

155

FIGURAS | IMMAGINI

[1] [2] [23] [24] Fotografia: Cibele Haddad Taralli

[3] [4] [5] [6] Imagens cedidas pelo| Immagini fornite da Claudia Oliveira e Eduardo Domingues

[7] Imagens cedidas por| Immagini fornite da Sérgio Coelho e Alessandra Araujo (Fotografia: Leonardo Finotti)

[8] Imagens cedidas por| Immagini fornite da Sérgio Coelho e Alessandra Araujo (Fotografia: Nelson Kon)

[9] [10] [11] Imagens cedidas por| Immagini fornite da Sérgio Coelho e Alessandra Araujo

[12] [13] [14] [15] Fotografia: Ana Paula Maldonado

[16] [17] Imagens cedidas por| Immagini fornite da Juliana Cortez Barbosa

[18] [19] [20] [21] [22] [25] [26] Revestir 2017 (Fotografia: Célia Moretti Arbore)

GRÁFICO | GRAFICO

[1] Adaptado por Célia Moretti Arbore e Cibele Haddad Taralli, a partir do original do CAU/BR, 2012, p.46 | Adattato da Célia Moretti Arbore e Cibele Haddad Taralli, dall'originale di CAU/BR, 2012, p.46. Disponível em [Disponibile da]: <<http://www.caubr.gov.br/censo/>>. Acesso em: 7 mar. 2017 [Ultimo accesso 7 Marzo 2017].

QUADROS | TABELLE

[1] [2] [3] Celia Arbore e Cibele Haddad Taralli

[4] [5] Claudia Oliveira e Eduardo Domingues

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

REITOR | RETTORE Prof. Dr. Vahan Agopyan

VICE-REITOR | VICE-RETTORE Prof. Dr. Antonio Carlos Hernandez

PRÓ-REITORA DE CULTURA E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA | PRO-RETTORE DI
CULTURA E ESTENSIONE: Profa. Dra. Margarida Maria Krohling Kunsch

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

DIRETORA | DIRETTORE Profa. Dra. Maria Ângela Faggin Pereira Leite

VICE-DIRETOR | VICE-DIRETTORE Prof. Dr. Ricardo Marques de Azevedo

FINANCIAMENTO | FINANZIAMENTO



APOIO | SUPPORTO

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
Gruppo di ricerca NextMaterials del Politecnico di Milano



AGRADECIMENTOS | RINGRAZIAMENTI

Agradecemos aos autores e participantes da mesa redonda Arquitetura - novos materiais, novos espaços por sua contribuição / Si ringraziano gli autori e partecipanti del dibattito Architettura - Nuovi materiali, nuovi spazi per il loro contributo Claudia Terezinha de Andrade Oliveira, Paulo Eduardo Fonseca de Campos, Sérgio Coelho e Alessandra Araujo.

Agradecemos à Profa. Dra. Sara Miriam Goldchmit pela criação da identidade visual do evento. [Si ringrazia la Prof.ssa Dr.ssa Sara Miriam Goldchmit per aver creato l'identità visiva dell'evento.]

PUBLICADO POR | PUBBLICATO DA

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
Rua do Lago, 876 - Cidade Universitária - Butantã- São Paulo/SP

Disponível para download no formato PDF no Portal de Livros Abertos da USP |
Disponibile il download in PDF nel Portal de Livros Abertos da USP

<http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP>

Palestras que deram origem a estes textos estão disponíveis em Intermeios FAU
USP | Conferenze disponibili al sito di Intermeios FAU USP

<https://vimeo.com/album/4414738>

INTERPRETAÇÃO ITALIANO/PORTUGUÊS | INTERPRETAZIONE ITALIANO /
PORTOGHESE Flávia Smith e Sonia Padalino

LIVRO COMPOSTO EM | LIBRO COMPOSTO IN Supria Sans

FINANCIAMENTO



REALIZAÇÃO



FAU USP