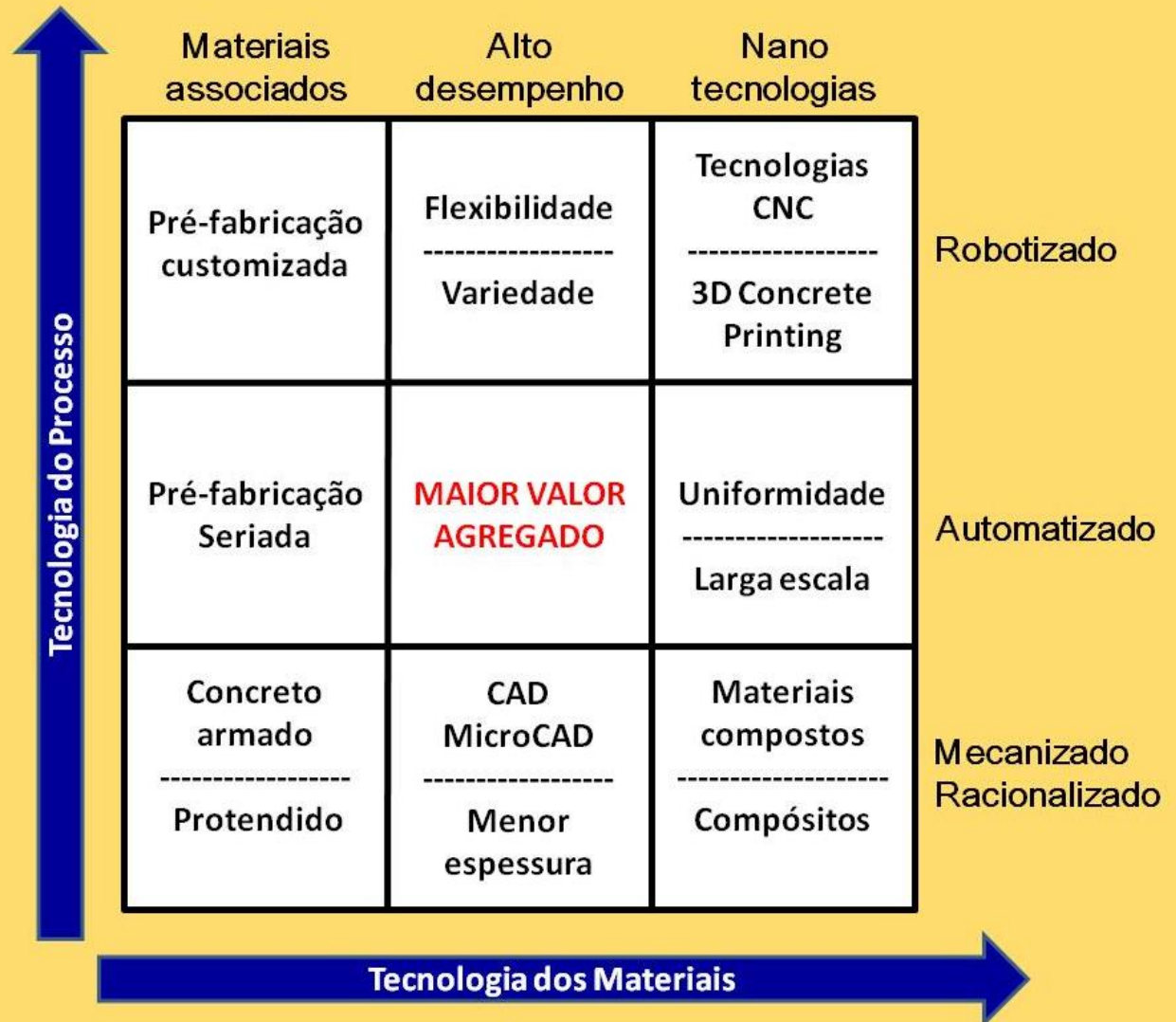


**A inovação como indutora do Desenvolvimento Sustentável
da Indústria da pré-fabricação em concreto**

Uma visão de Futuro



Evolução da pré-fabricação em concreto



Inovações Incrementais e Radicais

INOVAÇÃO INCREMENTAL – baseada em produtos, serviços, processos, organização ou método já existentes, cujo desempenho pôde ser **significativamente melhorado ou atualizado** – é a **forma predominante de inovação** – a natureza da inovação e da taxa de mudança tecnológica diferem muito quanto a períodos de tempo, de setor para setor e entre países.

INOVAÇÃO DISRUPTIVA ou RADICAL – pressupõe uma **quebra de paradigma** cujo impacto é significativo sobre o mercado e a atividade econômica das empresas – resposta ao esgotamento de um ciclo.

Inovações Incrementais e Radicais

	INCREMENTAL	RADICAL
Tempo dos projetos	Períodos curtos – seis meses a dois anos	Períodos mais longos – superior a dois anos
Trajectoria	Caminho linear e contínuo	Caminho marcado pela complexidade e pelas descobertas – QUEBRA DE PARADIGMA / INOVAÇÃO DISRUPTIVA
Geração de ideias e oportunidades	Geração de ideias e identificação de novas oportunidades - PESQUISA & DESENVOLVIMENTO como atividade permanente	Geração de ideias e identificação de oportunidades - PESQUISA & DESENVOLVIMENTO como resposta ao esgotamento de um ciclo
Processos	Processo formal e planejado de desenvolvimento de produto	Processo baseado na aplicação de metodologias para inovação – DESIGN THINKING – incertezas ou WICKED PROBLEMS – planejamento em estágios mais adiantados de desenvolvimento
Participantes	Equipe multidisciplinar com atividades predefinidas para cada membro especialista	Equipe multidisciplinar reunida em torno de um projeto de inovação radical comum – respaldo em CIÊNCIA & TECNOLOGIA
Estruturas organizacionais	Grupo com membros de áreas diversas trabalhando dentro de uma unidade de negócios	Projeto inicia-se com atividades de P&D e consolida-se como um processo de incubação na organização , convertendo-se em um projeto central

Inovação, sustentabilidade e pré-fabricação

PROCESSO DE PROJETO – responsabilidade de arquitetos e projetistas quando especificam materiais, componentes e equipamentos (ciclo de vida e impacto sobre o meio ambiente)

ADAPTABILIDADE *versus* OBSOLESCÊNCIA – flexibilidade para se adequar a futuros usos (ampliações e desmontagem / remontagem)

GESTÃO OTIMIZADA DE RESÍDUOS – minimizando e, sempre que possível, eliminando a sua geração

RECICLAGEM – resíduos de demolição 100% recicláveis
– agregados e aço

DURABILIDADE – uso crescente do CAD - Concreto de Alto Desempenho



Palácio de Cristal, 1851



Torre Eiffel, 1887



Dymaxion House, 1946 - Buckminster Fuller
Meios de produção das indústrias naval e aeronáutica

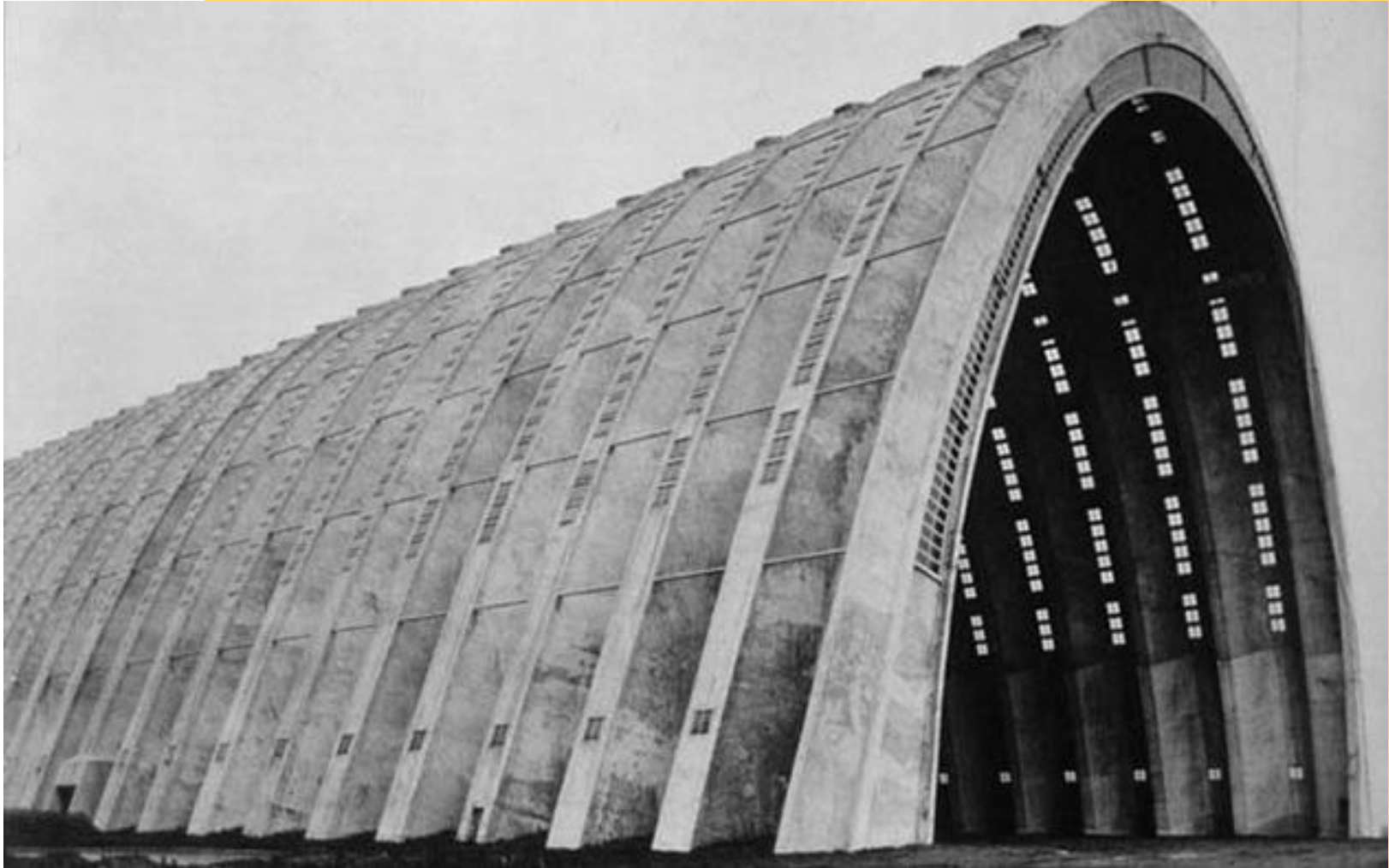


Boeing 777
Primeira aeronave projetada 100% digitalmente



FAUUSP

Tecnologia e Inovação



Hangares para dirigíveis em Orly (Eugène Freyssinet, 1923)
lâminas de 9 cm - vão de 88 m x 60 m de altura x 300 m de comprimento

CONCRETE: Traditional Applications

Pier Luigi Nervi



Nervi believed that architecture and engineering were two connected parts of a whole. To produce good buildings, he felt that a knowledge of materials, nature and construction were essential to understanding architecture.





Pavilhão de Exposições de Turim (1948) peças de 38mm- vão de 95,10 m



Hangar de Orvieto (1938), projetado por Nervi (1891-1972)



O Microconcreto (Argamassa Armada)

**Da ARGAMASSA ARMADA ao
Microconcreto de Alto Desempenho (MicroCAD):**

“A substituição da quantidade pela qualidade”

O Microconcreto (Argamassa Armada)

Um tipo particular de concreto armado

Material associado = armadura + matriz cimentícia

Taxas de armadura da ordem de 100 a 200 kg/m³

Comportamentos físico e mecânico próximos ao do concreto armado, mas com **propriedades particulares de desempenho**

Elementos delgados pré-fabricados leves

As Matrizes de Alto Desempenho



- 1. BURJ DUBAI**
Burj Dubai (2008)
162 pisos - 808 (630)m Skidmore,
Owings & Merrill
- 2. TAIPEI 101**
Taipei, Taiwan (2004)
101 pisos – 509m
C.Y. Lee & Partners
- 3. PETRONAS TOWERS**
Kuala Lumpur, Malaysia (1998)
88 pisos – 452m
Cesar Pelli & Associates
- 4. SEARS TOWER**
Chicago
1974 – 110 pisos – 442m
Skidmore, Owings & Merrill

Microconcreto de Alto Desempenho (MicroCAD)

- **A substituição da quantidade pela qualidade** > os protendidos de Freyssinet e as estruturas laminares (anos 1930)
- O uso intensivo de **aditivos redutores de água**
- O emprego de **materiais cimentícios suplementares** (sílica ativa, cinza volante, metacaulim, pós reativos etc.)
- Elementos delgados de **materiais compostos reforçados com fibras**
- **Componentes construtivos mais leves** > diminuição no consumo de materiais e de cargas nas estruturas dos edifícios



FAUUSP

Resistência Mecânica

Ensaio de resistência

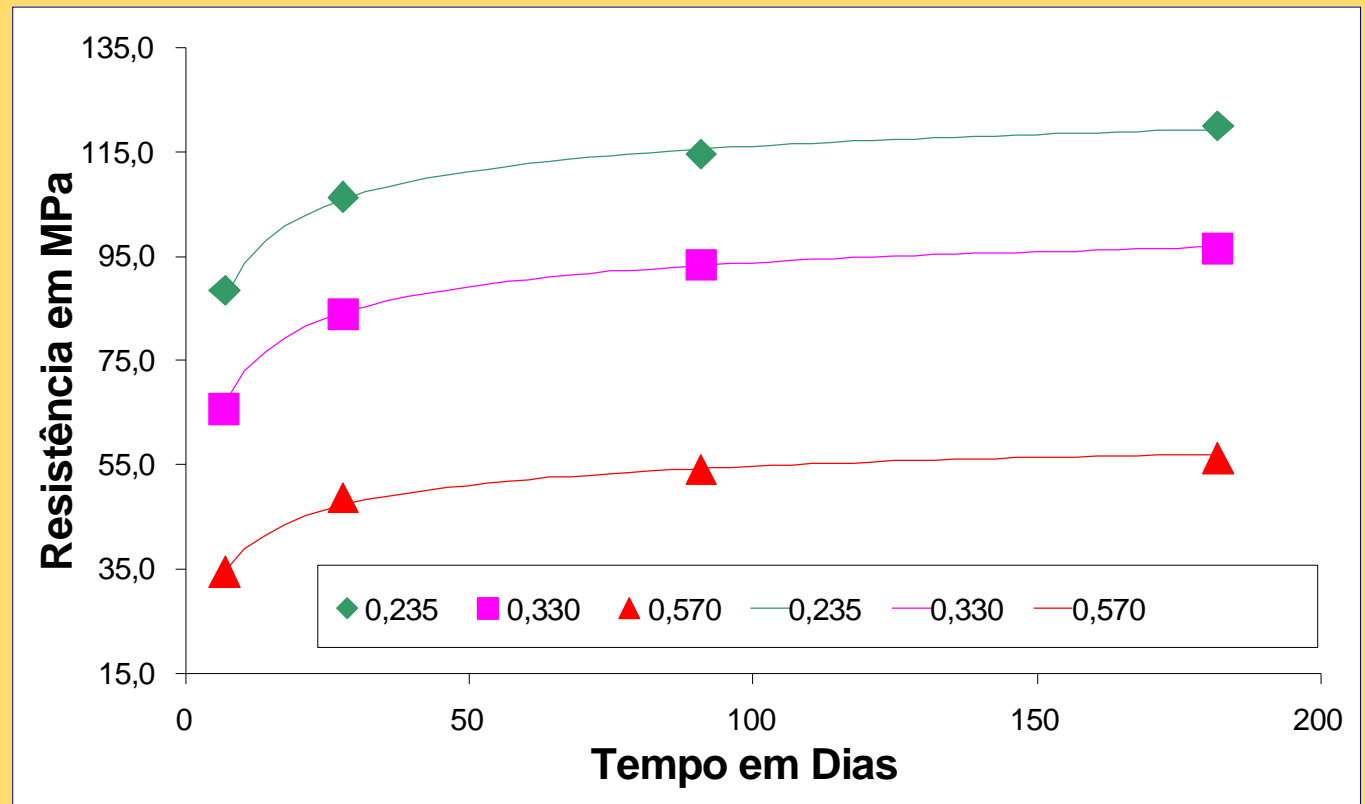


Prensa de 20 toneladas



Prensa de 100 toneladas

Resistência Mecânica



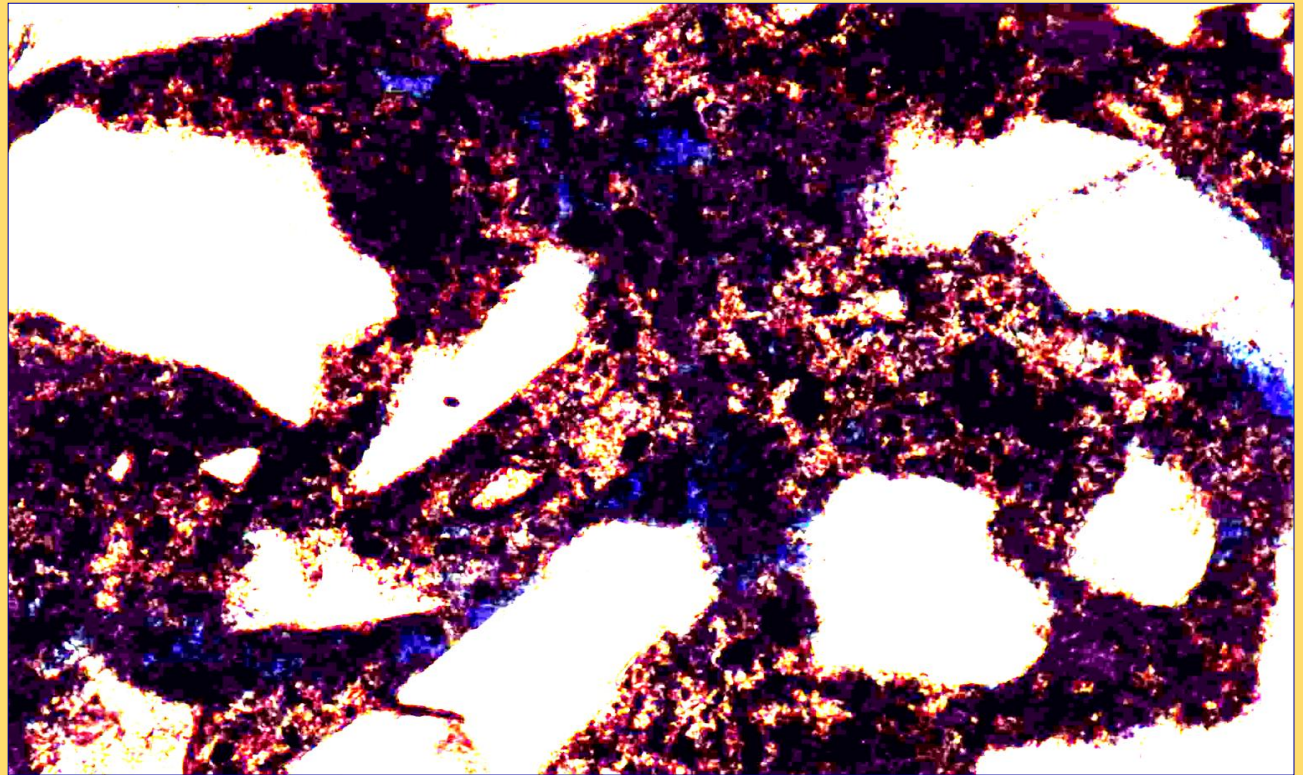
Resistência à compressão x tempo x relação a/a

Análise da Durabilidade - Difusividade



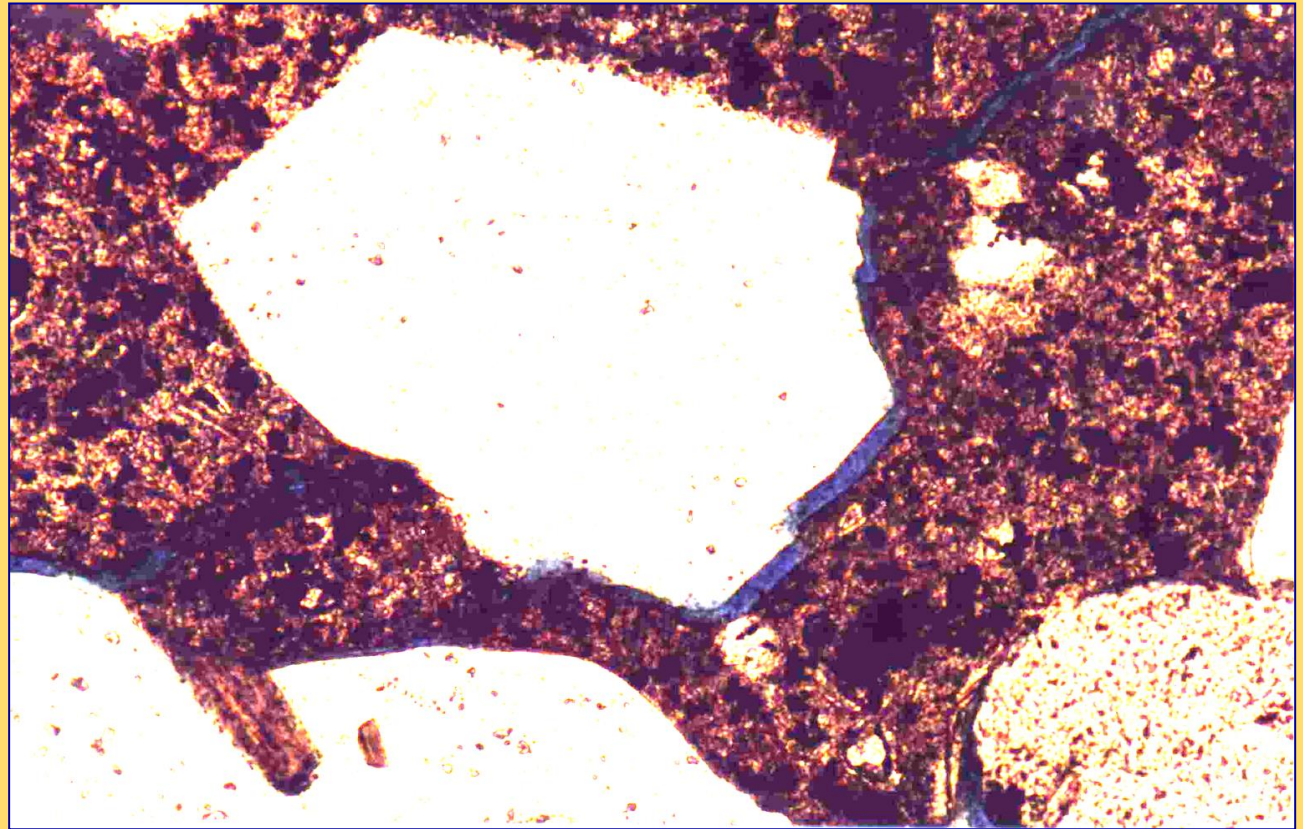
Ensaio de difusividade de íons cloreto no concreto

Análise da Durabilidade – Análise Petrográfica



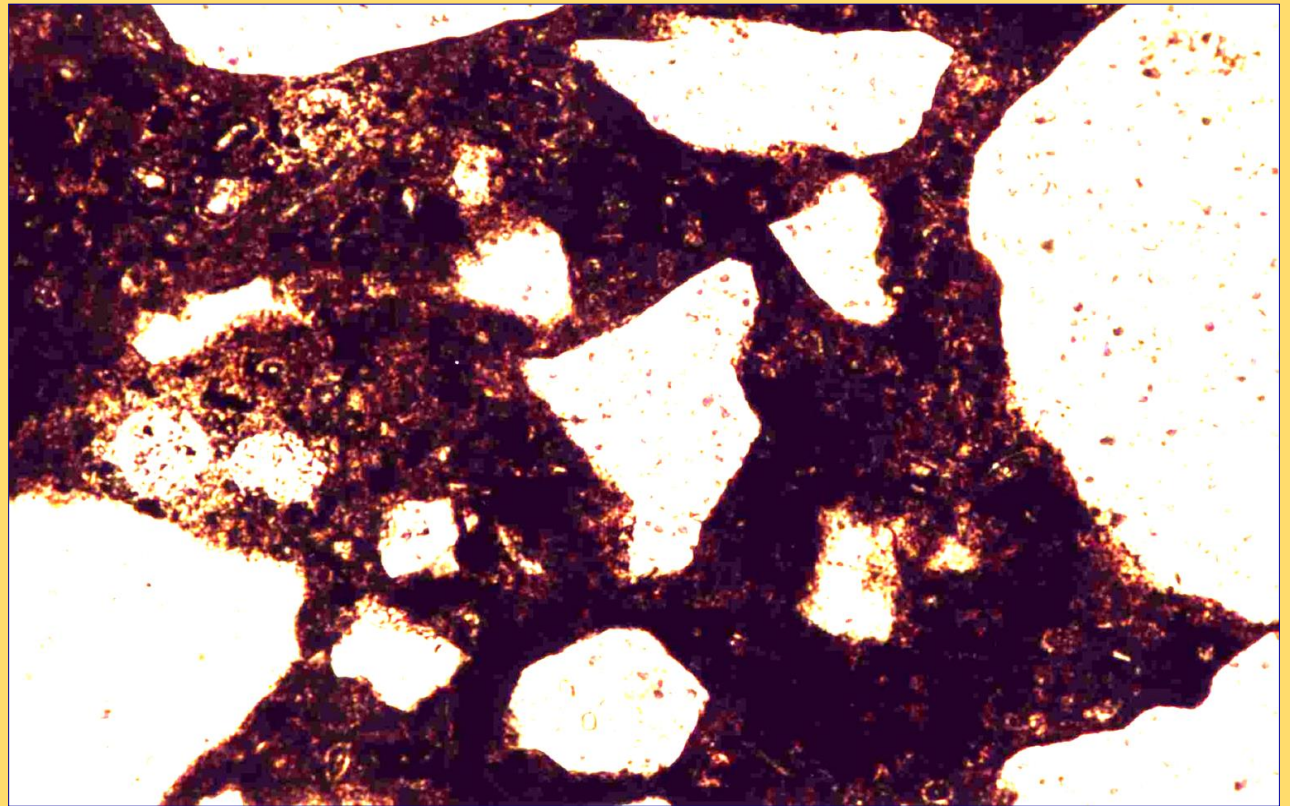
Fotomicrografia TRAÇO I - aumento de 100 vezes

Análise da Durabilidade – Análise Petrográfica



Fotomicrografia TRAÇO I - aumento de 100 vezes

Análise da Durabilidade – Análise Petrográfica



Fotomicrografia TRAÇO III - aumento de 100 vezes



“Ninguém pode desenhar aquilo que não sabe como se faz”
João Filgueiras Lima, Lelé (2012)



Arq. João Filgueiras Lima (Lelé) Hospital Sarah - Rio (2009)



CTRS-Centro de Tecnologia da Rede Sarah (Salvador)





FAU USP

CTRS-Centro de Tecnologia da Rede Sarah (Salvador)









FAUUSP

Rampas pré-fabricadas para acessibilidade





Avenida Paulista (São Paulo, 2007)



FAUUSP

Rampas pré-fabricadas para acessibilidade



Brise-soleil

Arq. João Walter Toscano – Metrô Vila Sonia em São Paulo (2008)



Proposta de Lelé para a favela de Pernambués (Salvador, 2011)





Proposta “Minha Casa, Minha Vida” (2011)



Vila Kennedy, década de 1960





Conjunto habitacional do MCMV em Serra/ES
na atualidade



Centros Culturais Comunitários (Venezuela) - Arq. Juan Pedro Posani/Eng. José Adolfo Peña



FAUUSP

Sistema Misto: combinando qualidades





FAUUSP

Passarela de pedestres Sherbrooke University



Passarela de Sherbrooke (Sherbrooke, Canadá)

Passarela de pedestres Sherbrooke University



Passarela de Sherbrooke (Sherbrooke, Canadá)

Abrigo de ônibus em MicroCAD (São Paulo, 2015)



Guto Indio da Costa premiado no iF Design Award 2015

Projeto de componentes para o edifício

“... se não é a habitação que pode beneficiar-se da produção em grande série, é preciso admitir que são as partes, os componentes da habitação.” Blachère, 1971



Monoblocos de GRC – “Shelter” para ERB



Linha de produção: Banheiros Prontos de GRC





FAUUSP

Linha de produção: Banheiros Prontos de GRC





FAUUSP

Embalagem de Banheiros Prontos de GRC





FAUUSP

Equipamentos e dispositivos de montagem





FAUUSP

Equipamentos e dispositivos de montagem





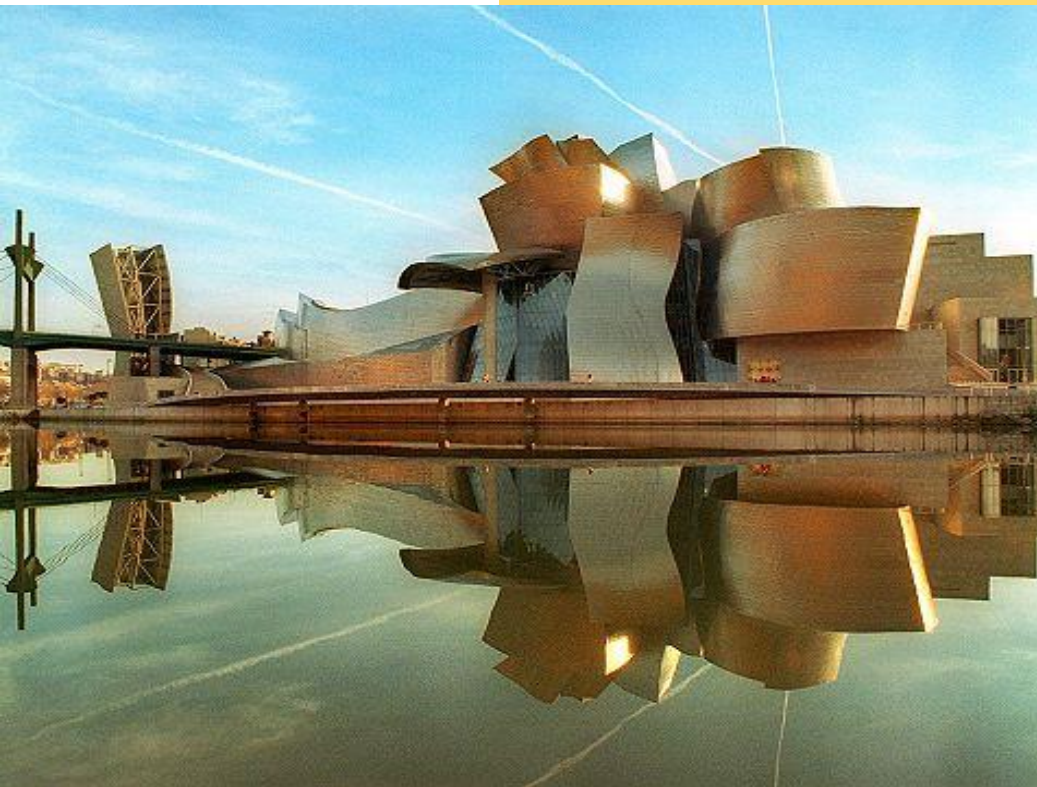
FAU USP

Nanjing Youth Olympic Centre, Zaha Hadid (2014)



GRC precast concrete panels

Arquitetura na Era Digital: projeto e manufatura



Museu Guggenheim (Bilbao, 1997)

- meios digitais desde a concepção até a execução
- Captura do *zeitgeist* (*espírito do tempo*) da revolução digital?
- Impacto sobre a indústria da construção civil comparável ao dos edifícios da revolução industrial?
- Mudanças no modo de projetar, fabricar e construir o edifício?

Arquitetura na Era Digital: projeto e manufatura

- Os meios de produção digitais e os avanços alcançados nas indústrias automotiva, aeroespacial e náutica
- “Continuum Digital”, um ligação direta entre projeto e produção é estabelecida por meio das tecnologias digitais
- As consequências serão profundas, novos processos de concepção, fabricação e construção digital estão alterando historicamente a relação entre o projeto e seus meios de produção
- Interação entre concepção e realização
- Convergência da representação e da produção baseadas em dados



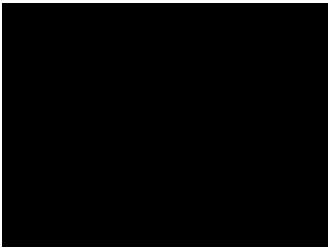
FAUUSP

Arquitetura na Era Digital: projeto e manufatura



Frank Gehry Walt Disney Concert Hall , Los Angeles (2003)

Arquitetura na Era Digital: projeto e manufatura



“O que une arquitetos, projetistas, construtores e pensadores da Era Digital **não é o desejo de deformar tudo e todos**, mas sim o uso da tecnologia digital como um sistema que permite a **integração direta da concepção com a realização**, em caminhos que só encontram precedentes nos tempos dos *Master Builders*”

Branko Kolarevic

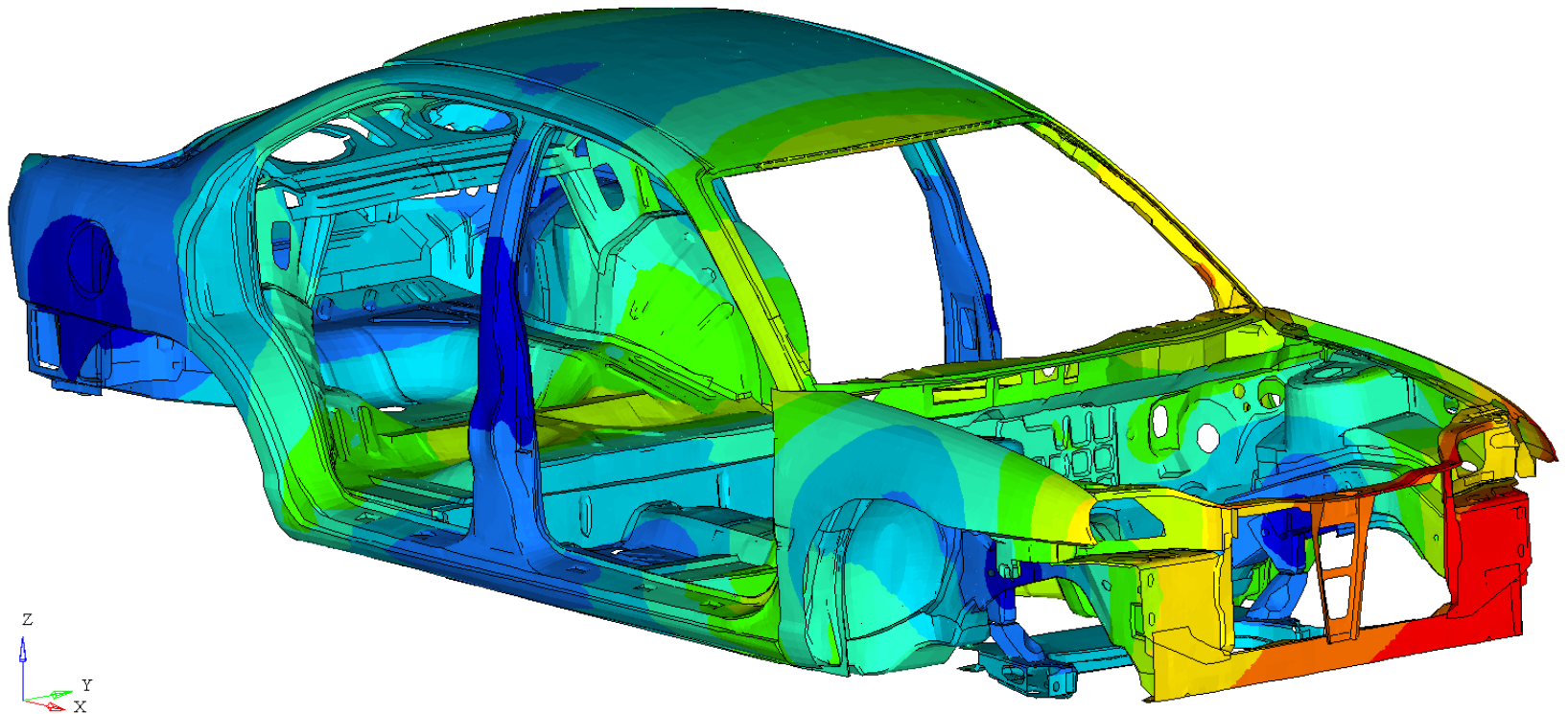
“Architecture in the digital age; Design and manufacturing” (2005)



FAUUSP

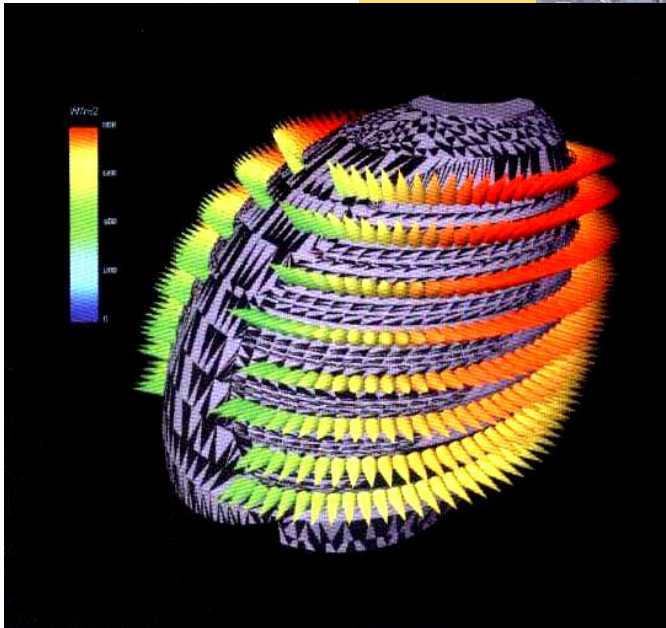
Arquitetura na Era Digital: projeto e manufatura

Dynamic Analysis under torsional loading



Arquitetura na Era Digital: projeto e manufatura

Greater London Authority (GLA) Headquarters
Foster & Partners, 2002





Metropol Parasol - Jürgen Mayer (Sevilla, 2011)



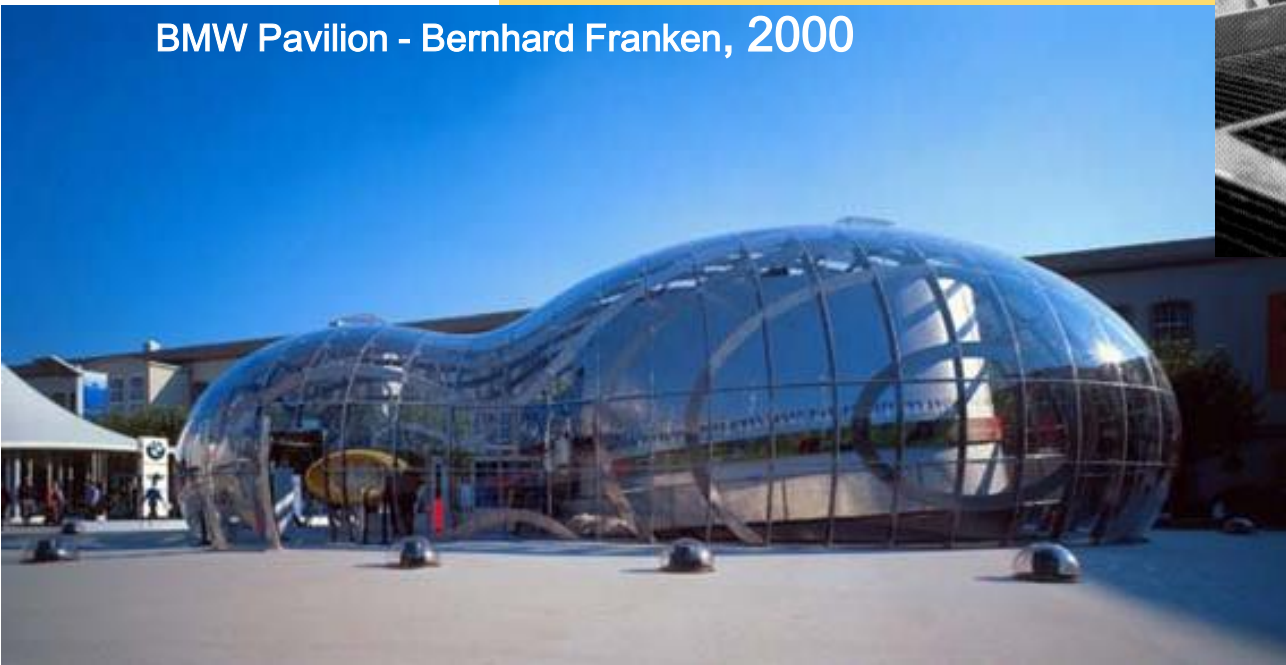


Produção digital: tipologia dos equipamentos

- FABRICAÇÃO 2D – Corte por ferramentas CNC (controle numérico computadorizado) através de arco de plasma, laser ou jato d'água



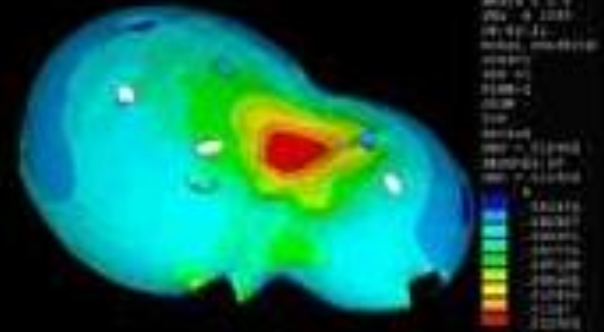
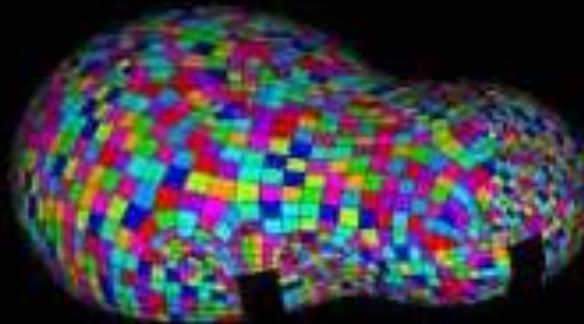
BMW Pavilion - Bernhard Franken, 2000



alumínio cortado por jato d'água CNC

BMW Pavilion - Bernhard Franken, 2000

static-analysis



STATIC ANALYSIS CONDUCTED TO DETERMINE THE FORCES WITHIN WITH THE DERIVED FORM TO FACILITATE CAM.





FAUUSP

Arquitetura na Era Digital: projeto e manufatura

BMW Pavilion - Bernhard Franken, 2000





FAU USP

Arquitetura na Era Digital: projeto e manufatura

BMW Pavilion - Bernhard Franken, 2000



Produção digital: tipologia dos equipamentos

- **FABRICAÇÃO SUBTRATIVA** - remoção de volumes por meio de corte e desgaste abrasivo - 3 a 5 eixos



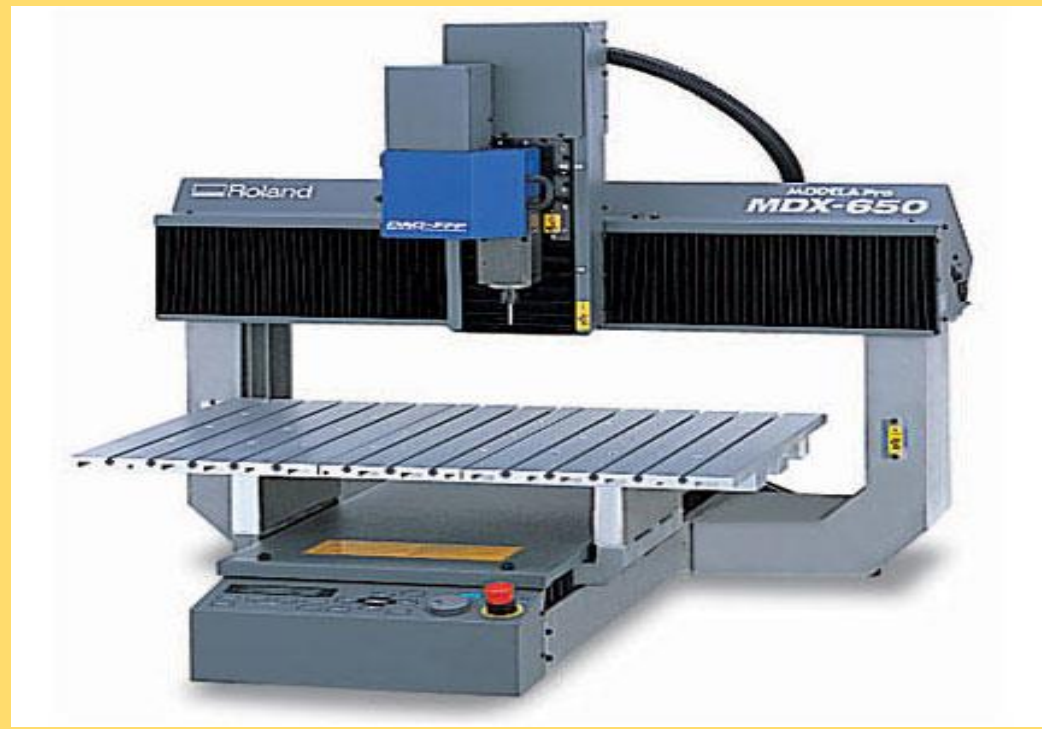
Torres Zollhof (Düsseldorf, 2000) - moldes para painéis de concreto

Produção digital: tipologia dos equipamentos

Modelo de casco de navio executado em poliuretano de alta densidade, através de prototipagem rápida subtrativa (fresa CNC), com emprego de braço robótico



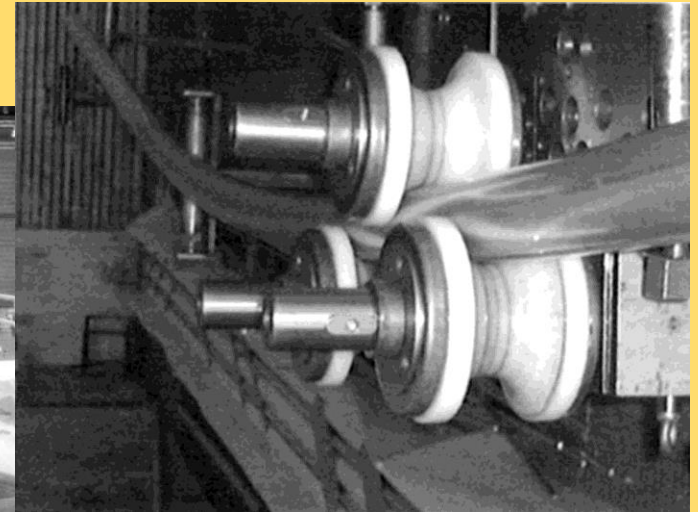
Equipamento de prototipagem rápida subtrativa (fresa CNC) - Roland Modela Pro MDX-650



Produção digital: tipologia dos equipamentos

- **FABRICAÇÃO FORMATIVA** - forças mecânicas, cofragens, calor ou vapor sobre um material para formá-lo ou deformá-lo

BMW Pavilion - Bernhard Franken, 2000



Torção CNC de perfis de alumínio

Produção digital: tipologia dos equipamentos

ZPrinter - Impressora 3D à base de gesso e ligante polimérico



Produção digital: tipologia dos equipamentos

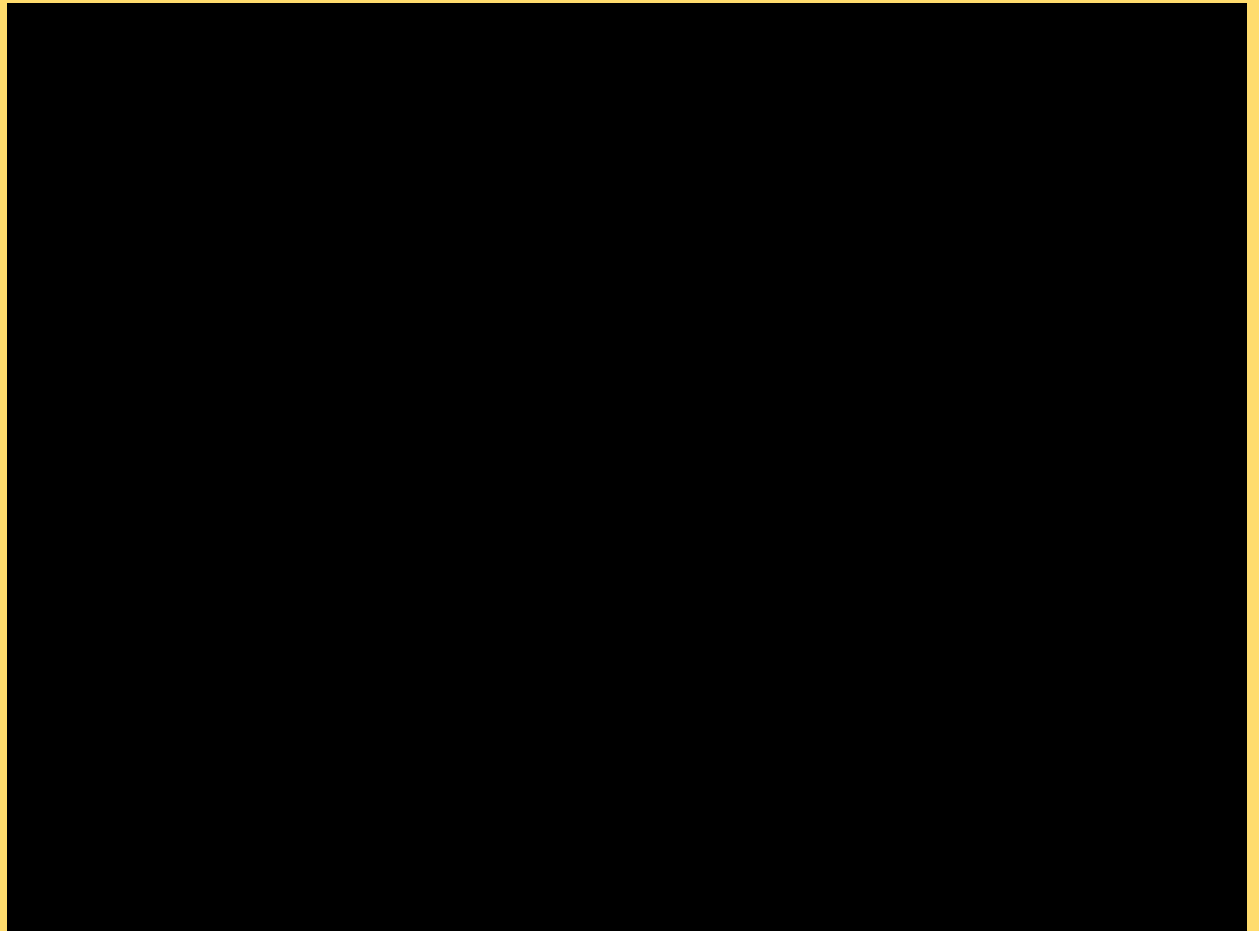
OBJET Eden250 – Prototipagem rápida aditiva por processo FDM-Fused
Deposition Modeling a base de plástico ABS





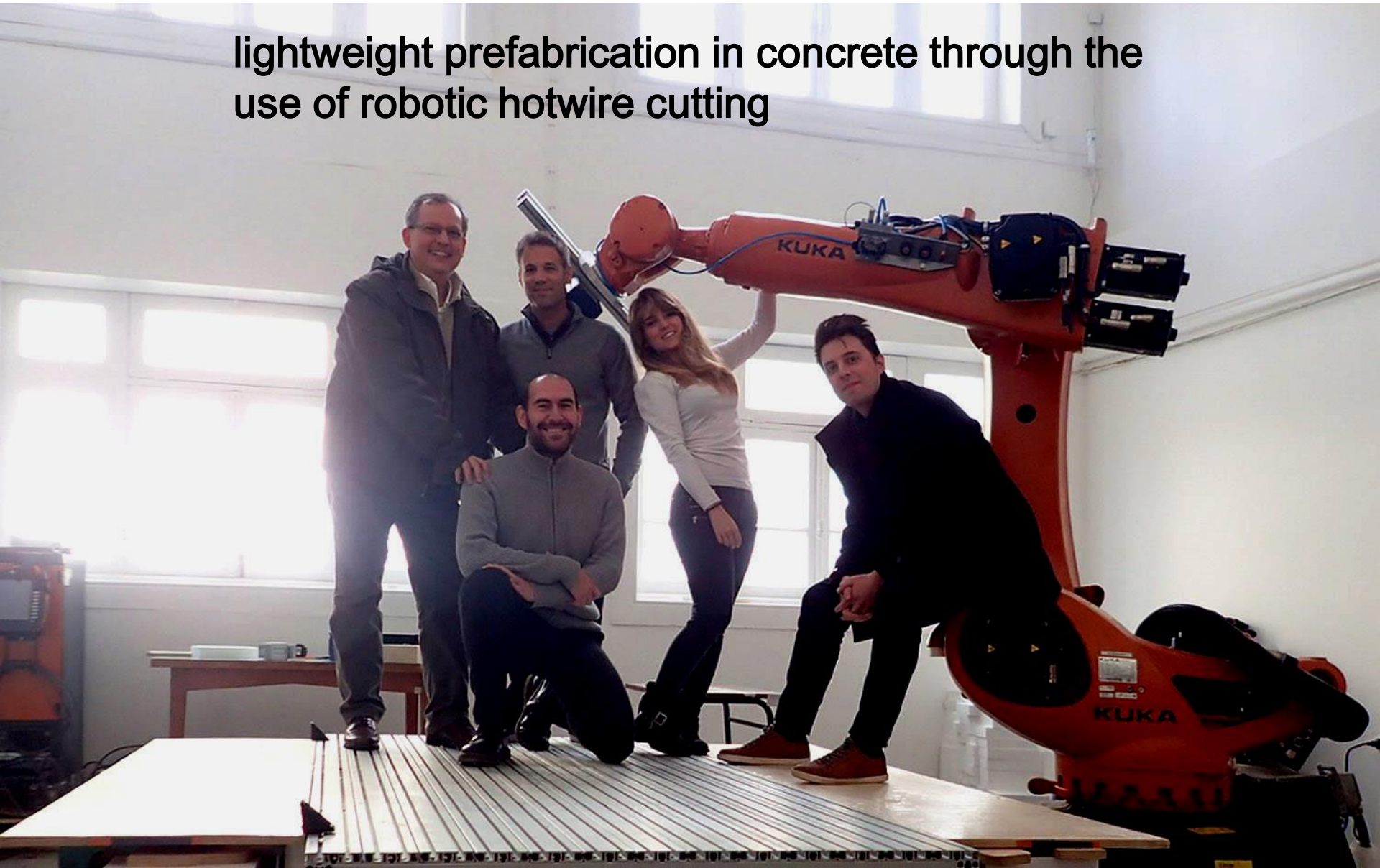
Grupo Kinetica (México)

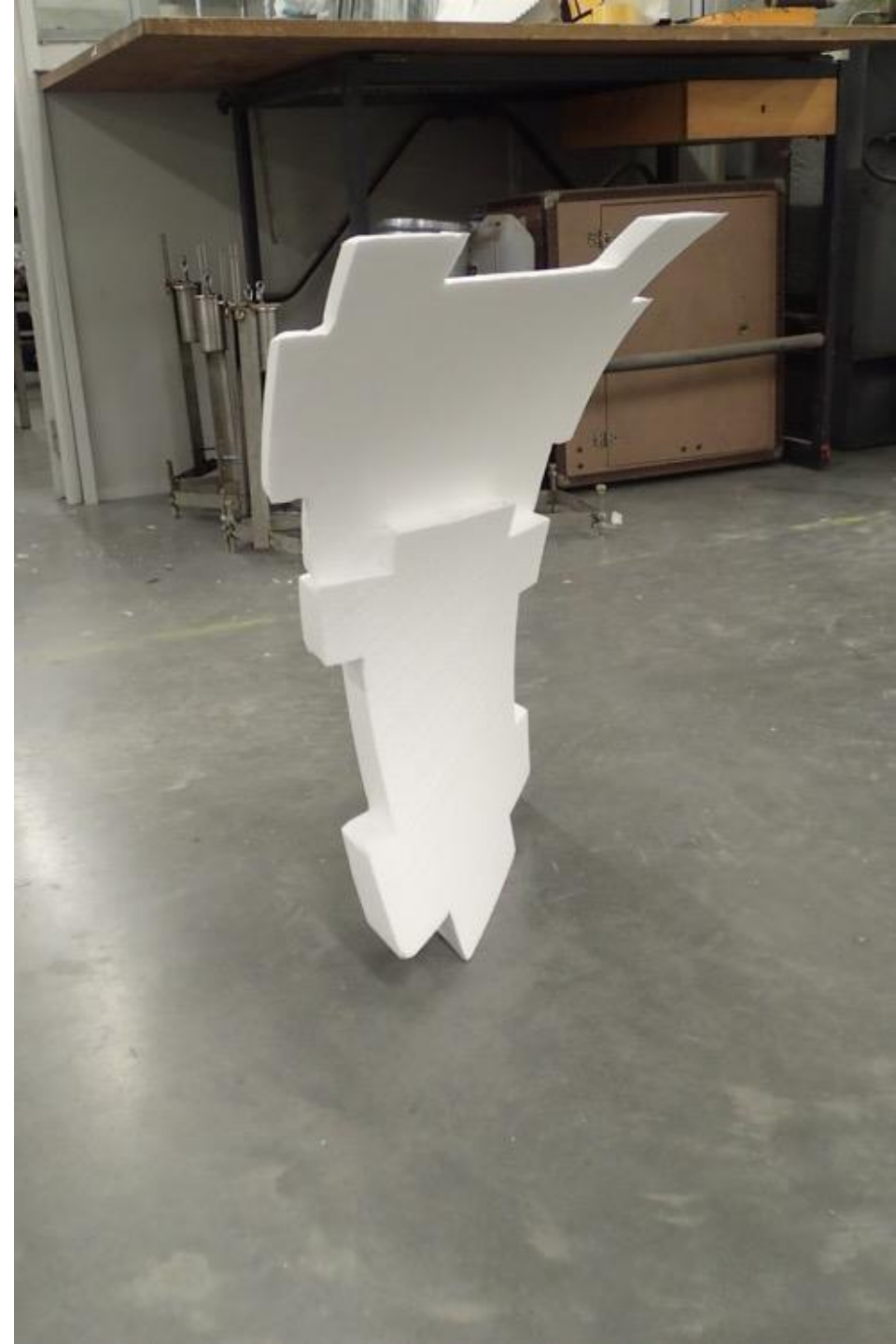
Prêmio Obras CEMEX - Primeiro lugar em Inovação na Construção (2012)
Fechamento em GFRC de residência

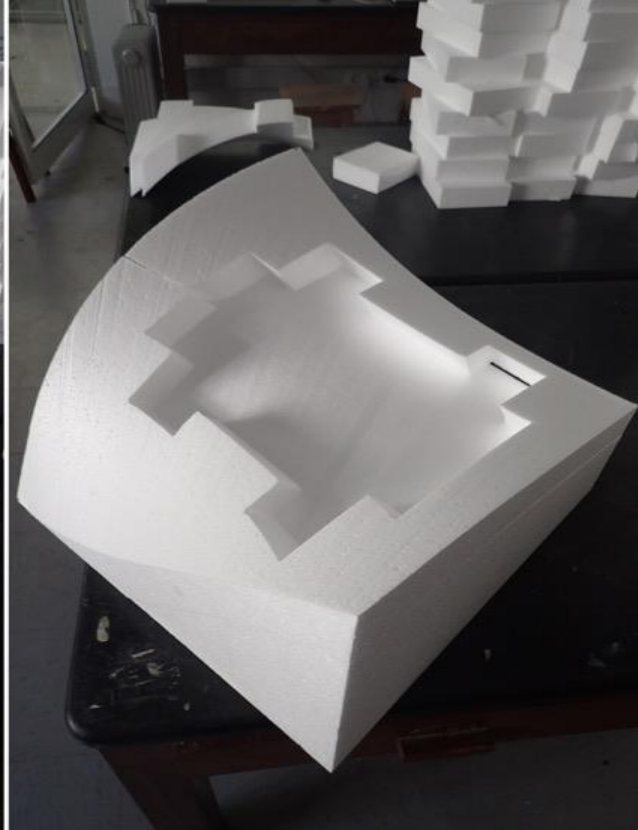




lightweight prefabrication in concrete through the use of robotic hotwire cutting



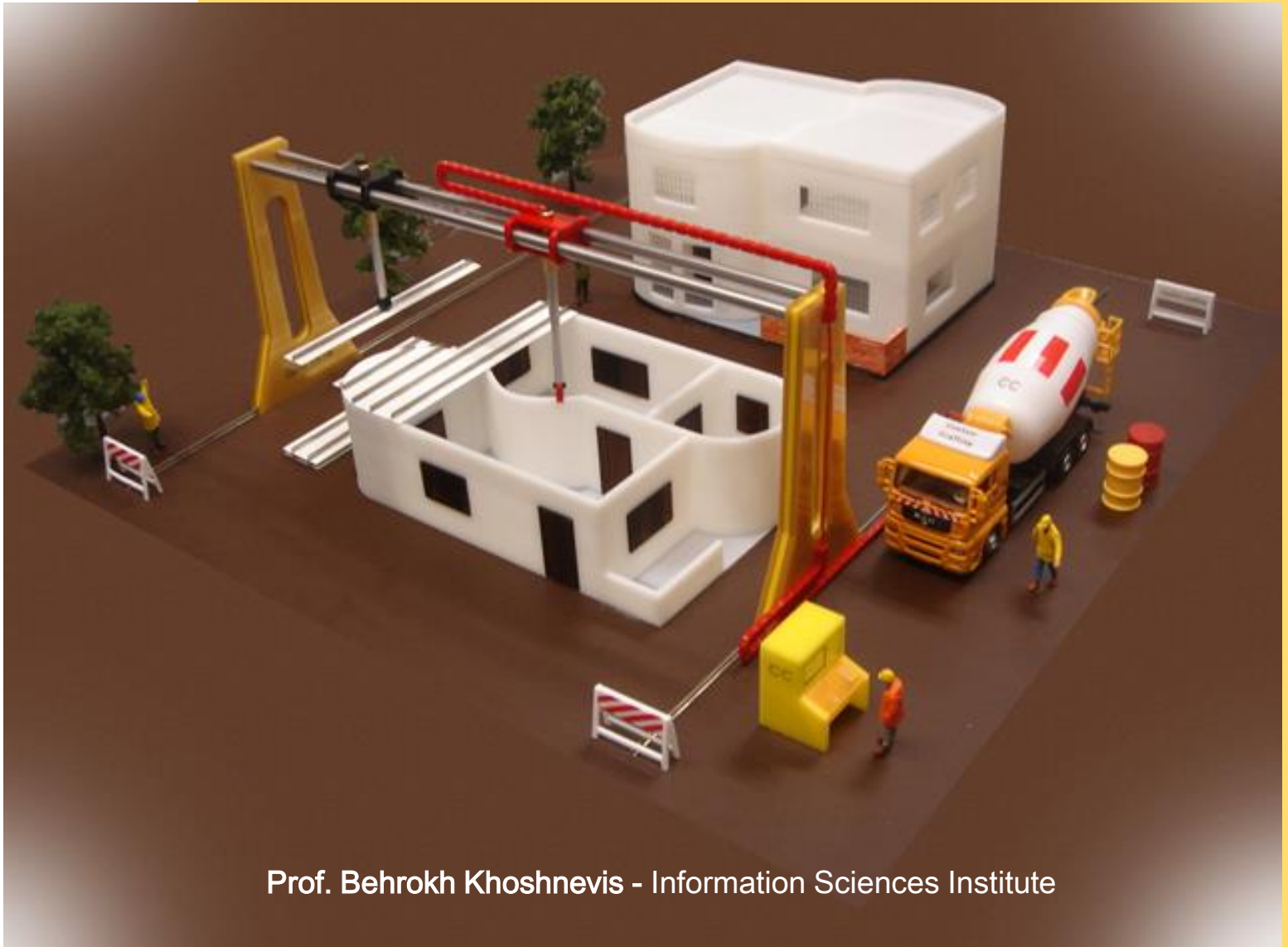






FAUUSP

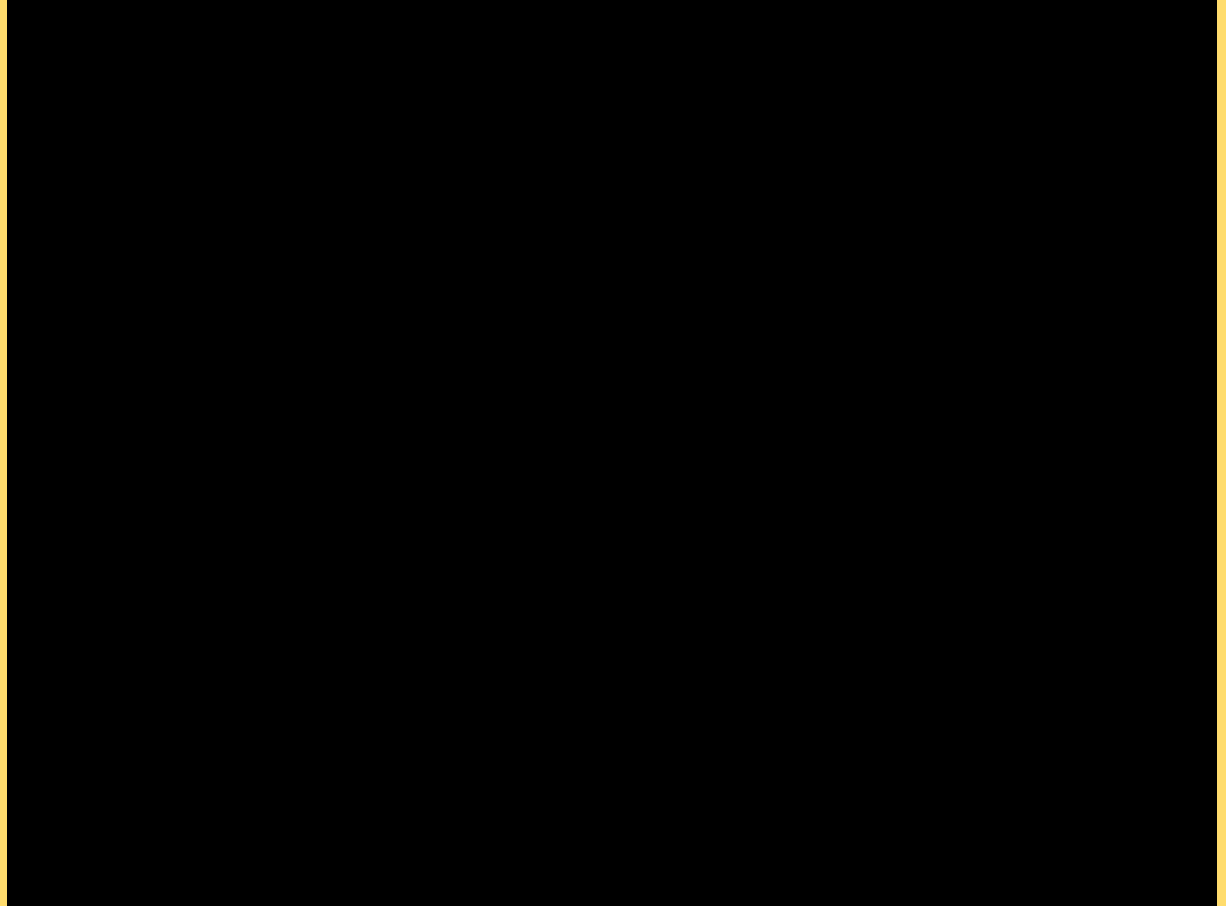
Contour Crafting University of Southern California



Prof. Behrokh Khoshnevis - Information Sciences Institute



3D Concrete Printing: an innovative process

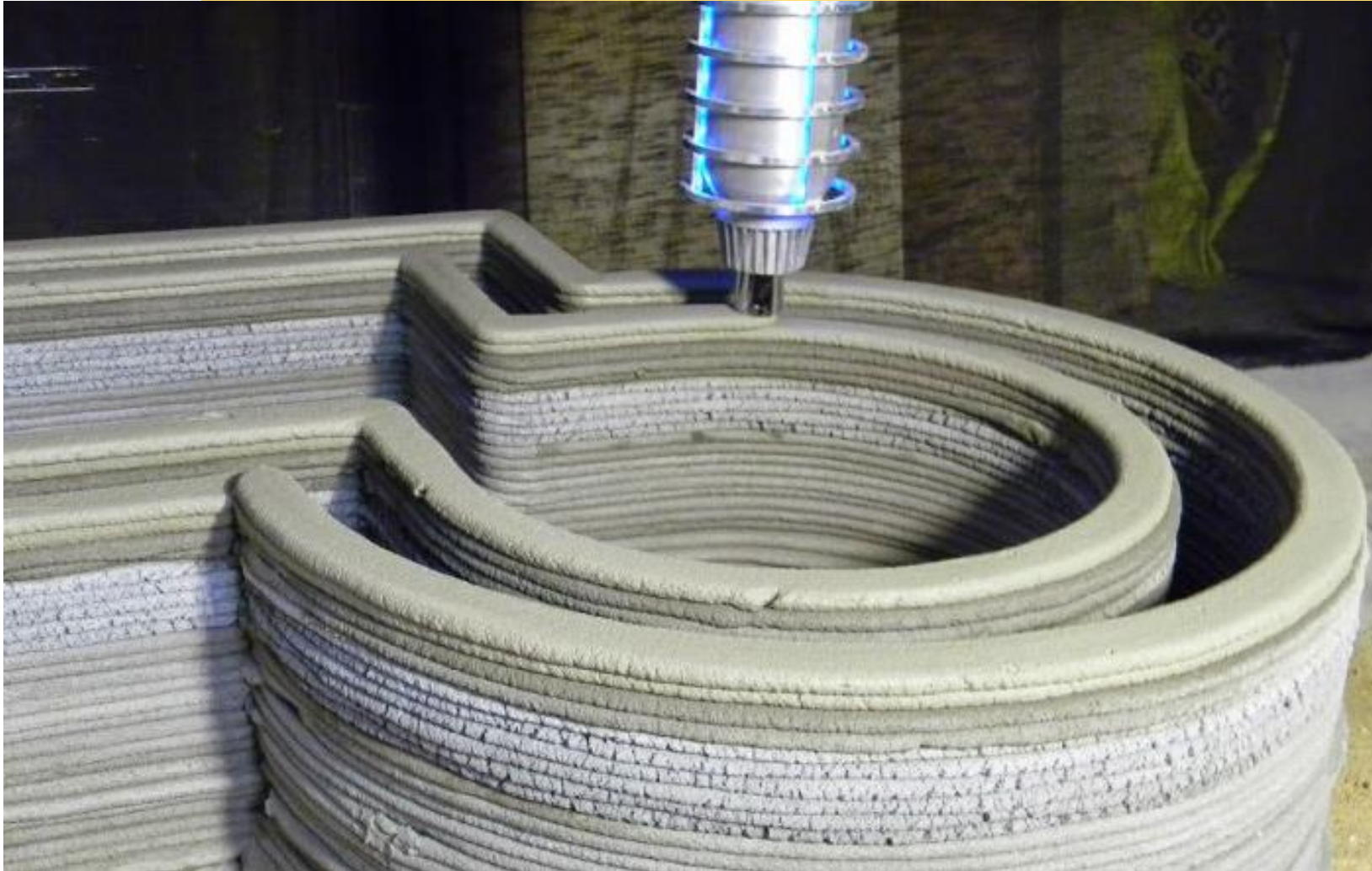


Loughborough University – United Kingdom



FAU USP

3D Concrete Printing: an innovative process



Builders Skanska and Loughborough University - agreement to develop the use of 3D concrete printing in construction



FAUUSP

3D Concrete Printing: an innovative process



Loughborough University – United Kingdom



FAUUSP

3D Concrete Printing: an innovative process



Loughborough University – United Kingdom



3D Concrete Printing: an innovative process

Partners

Construction manufacturing:

[Hyundai Engineering and Construction](#)

Design application and Structural Engineering advices:

[Buro Happold](#)

[Foster & Partners](#)

Mechanical equipment related advices and supports:

[Helm X](#)

[Putzmeister UK Ltd](#)

Material related advices and supports:

[Shotcrete Services Ltd](#)

[Weber Building Solutions](#)

[Saint Gobain](#)



FAUUSP

3D-printed cities: is this the future?



WinSun's 3D-printed building in Suzhou industrial park



FAUUSP

3D-printed cities: is this the future?



The 3D-printed villa by WinSun, on display in Suzhou industrial park



FAU USP

First Houses, Now 3D Printed Offices



The project is a partnership with WinSun Global, a Chinese company



FAUUSP

Appropriate Home for 'Museum of the Future'





Da linha de montagem à fábrica digital

- **PROJETO DE PRODUTO** > desde um simples objeto de consumo até um avião sofisticado > projeto, análise, representação, fabricação e montagem através de meios digitais
- Processos colaborativos com base em tecnologias digitais > o **Continuum Digital** do projeto à construção



FAUUSP

Fab Lab SP / FAUUSP (2011)





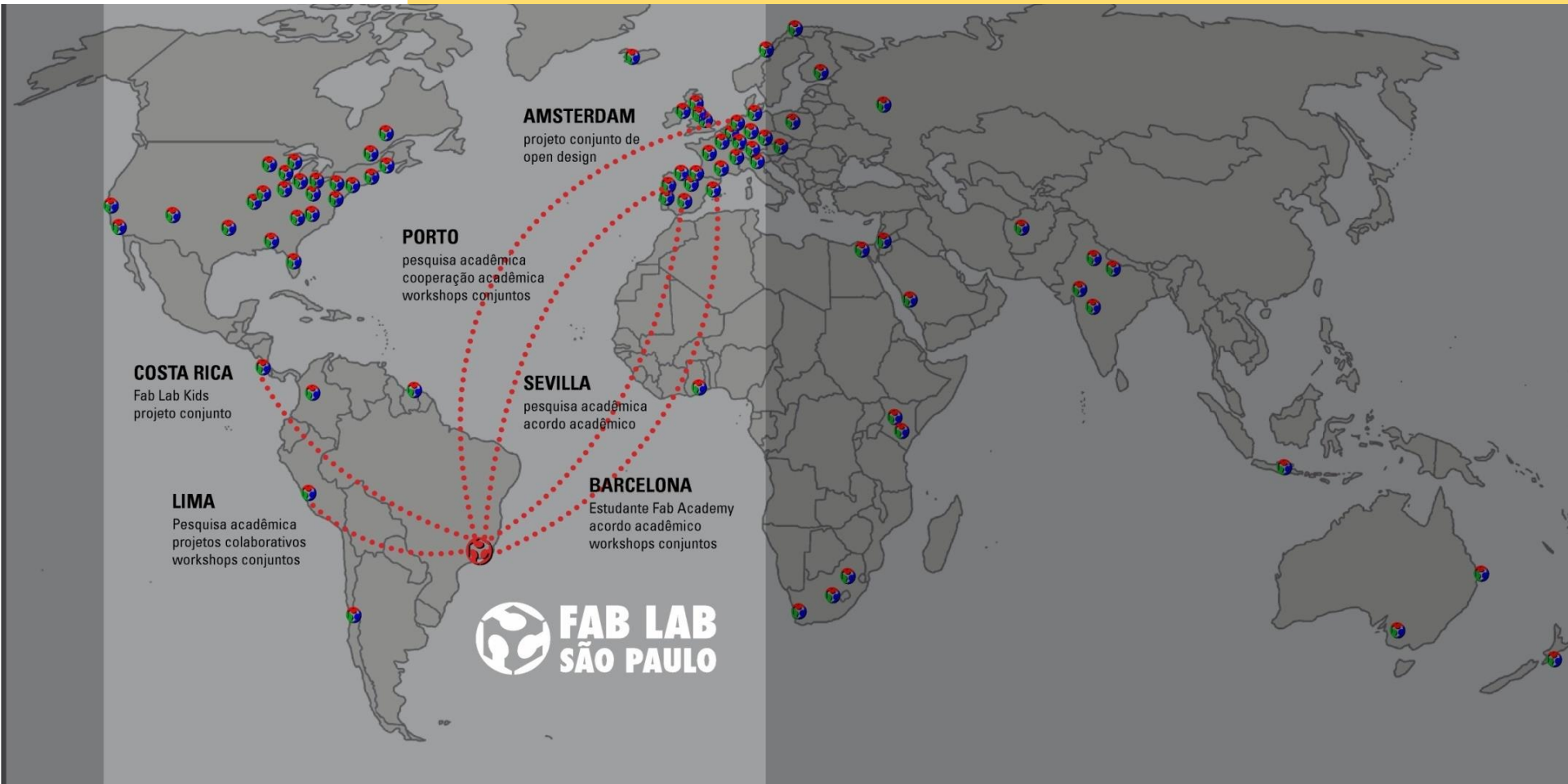
FAUUSP

Os FAB LAB's



© Bill Cramer / Wonderful Machine For Forbes

A Rede FAB LAB





ENSINO – PESQUISA APLICADA - EXTENSÃO





- rede pública de fabricação digital de acesso livre a todos que têm interesse em melhorar seus conhecimentos em inovação e tecnologia
- 12 laboratórios para criação de protótipos e realização de experimentos