



construindo
o amanhã



Construção Industrializada & Baixo Carbono

Experiencia da Cátedra Construindo o Amanhã

Vanderley M. John

2023

Social problems



The Economist

Menu

Weekly edition

The world in brief

Search

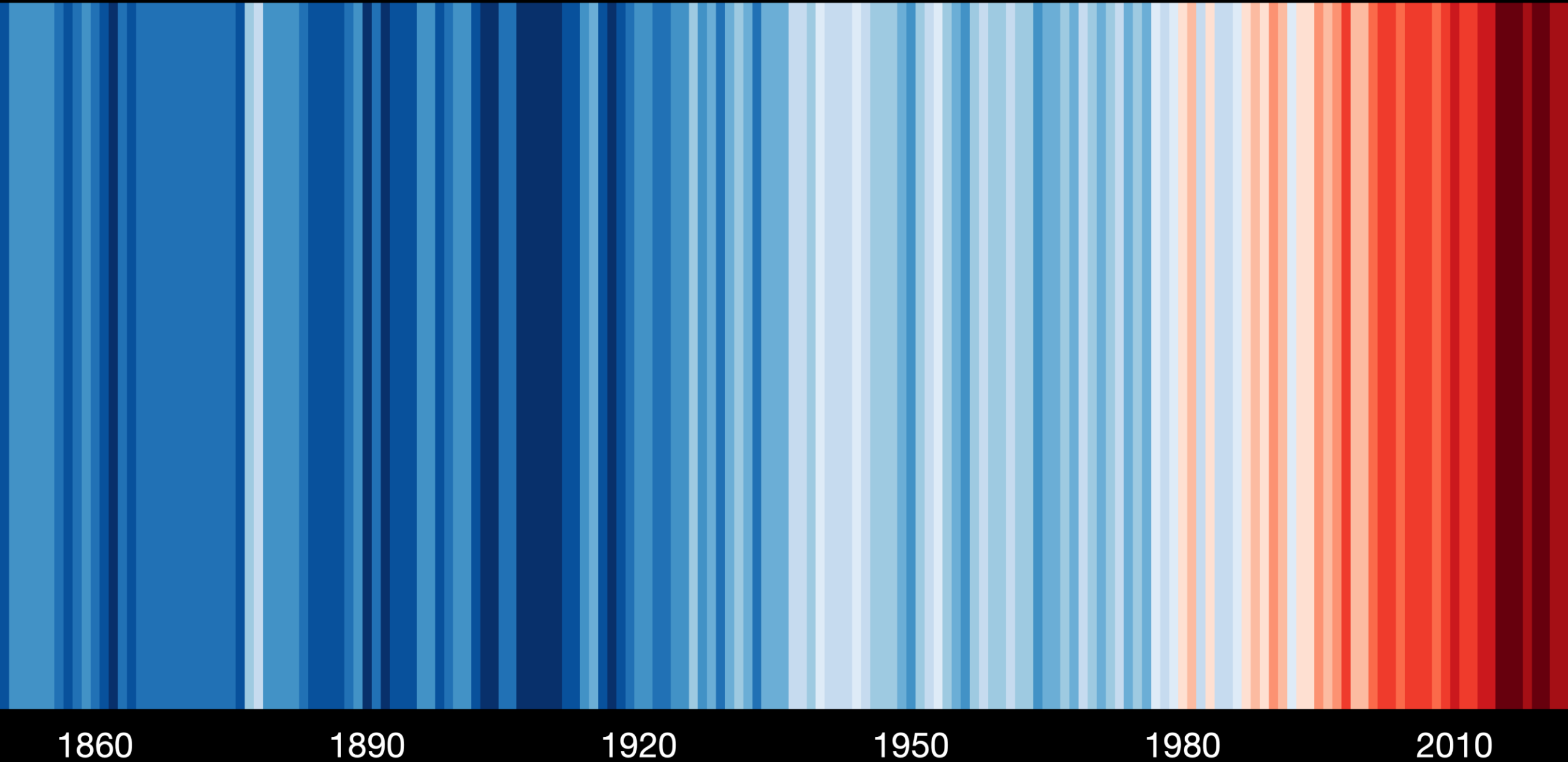
Finance & economics | Mean diversion

Global inequality is rising again

But the causes of the resurgence are not all bleak

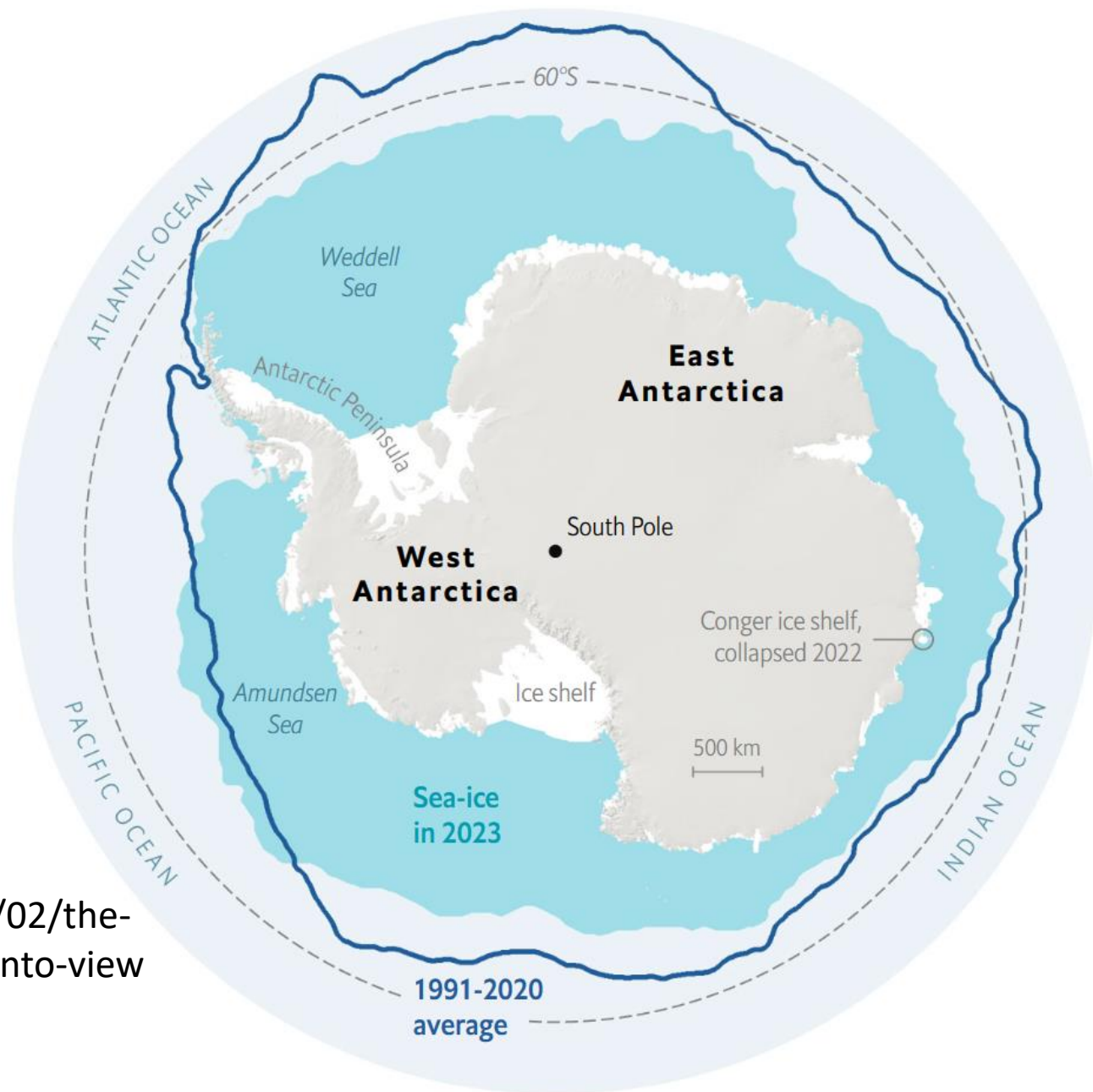


Global temperature change (1850-2022)



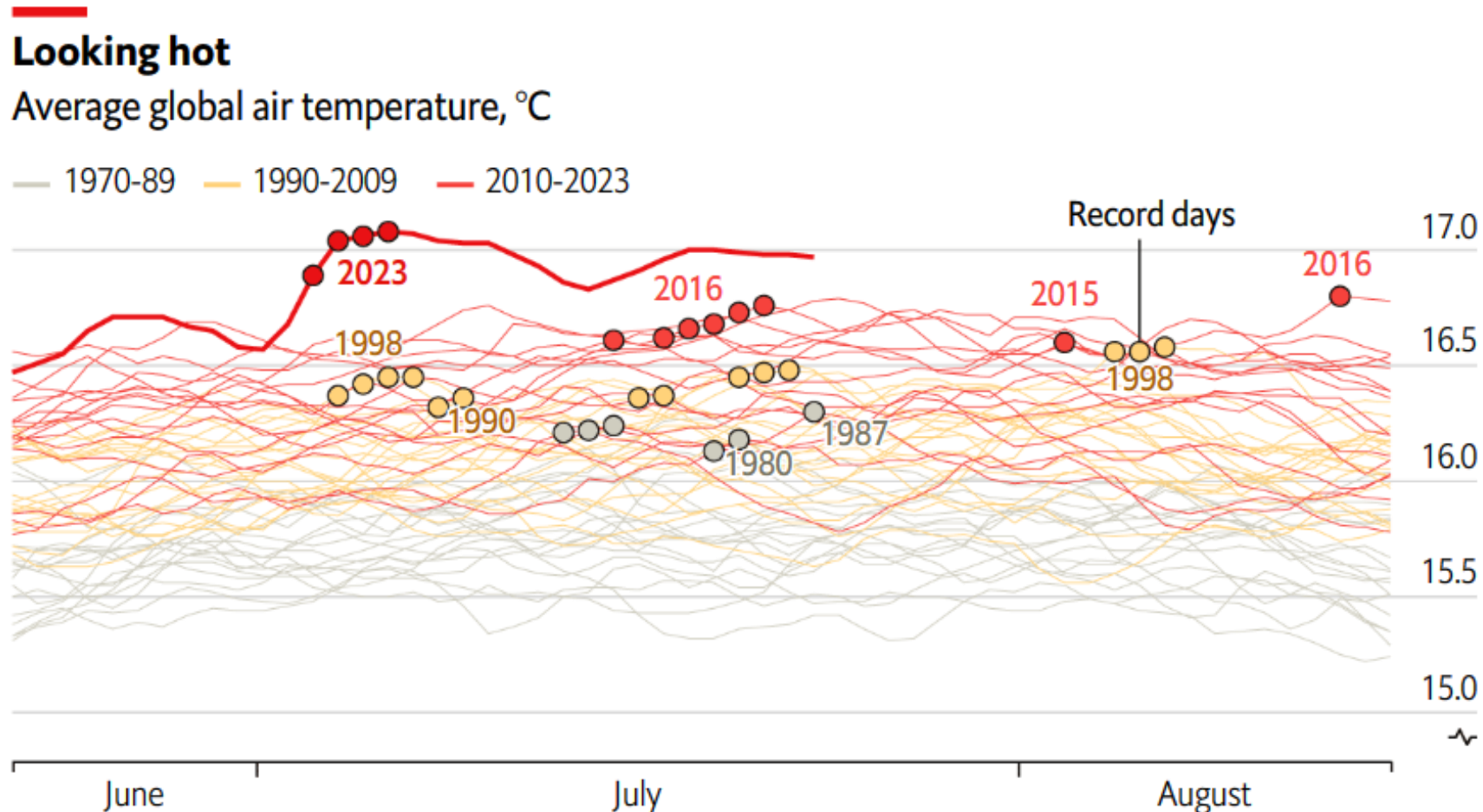
Derretimento da Antártica

Sea-ice extent on July 6th



<https://www.economist.com/graphic-detail/2023/08/02/the-rapid-loss-of-antarctic-sea-ice-brings-grim-scenarios-into-view>

Ondas de calor record mais frequentes



Franca, Brasil (26 set 2021)





02:07 / 03:43

produção
YACL PERETZ

ARQUIVO



22 Dez 2014 - 4 min ▾

Estiagem é o grande problema para São Paulo
em 2014

SP2
Veja mais



VM John USP © 2022

An aerial photograph showing a vast, dry, and cracked riverbed. A small, yellow boat is stuck in a narrow, shallow pool of water that remains in the center of the dry riverbed. The surrounding landscape is arid and brown, with some sparse vegetation visible in the distance.

An Economic Lifeline in South America, the Paraná River, Is Shriveling

The continent's second-largest river is drying up amid the biggest drought in 70 years, upending ecosystems, trade and livelihoods.

VM John USP © 2022

Chapécó decreta situação de emergência após fortes ventos; uma idosa morreu



NSC Notícias - SC

SC e RS - 01/07/2020

Ciclone bomba: 10 mortes



9°

Chapécó

imagens

OSMAR GRANDO

NSC

00:16 / 03:00

19:18





FOLHA DE S.PAULO



coronavírus saúde rio de janeiro ambiente mobilidade mortes

CLIMA • CHUVA

No Paraná, tempestades com vento de até 100 km/h danificam quase mil casas

Dezenove municípios foram atingidos; cinco unidades geradoras de Itaipu foram desligadas



VM - Imagem © 2022

Humanos definem nova era geologica

THE NEXT GOLDEN STATE: A 16-PAGE SPECIAL REPORT ON AUSTRALIA

The
Economist

MAY 28TH-JUNE 3RD 2011

Economist.com

Getting Spain's protesters off the plazas
Obama, Bibi and peace
The costly war on cancer
How the brain drain reduces poverty
A soft landing for China

Welcome to the Anthropocene



Geology's new age

The Economist, May 28th - 2011

nature

THE INTERNATIONAL WEEKLY JOURNAL OF SCIENCE



THE HUMAN EPOCH

Defining the Anthropocene PAGES 144 & 171

CONFLICT RESOLUTION

BUILDING
BRIDGES

Long-standing disputes
can be fixed — in theory

PAGE 149

LINGUISTICS

SCIENTIFICALLY
SPEAKING

How English became the
academic lingua franca

PAGE 154

RISK MANAGEMENT

TAKING IT
PERSONALLY

Model the growing
interconnectivity of risk

PAGE 151

NATURE.COM/NATURE
12 March 2015

Mitigação + Adaptação

Nosso futuro depende de **mitigação** de emissões
da **adaptação** do ambiente construído
aos efeitos inevitáveis





WHY IS SAND IN SHORT SUPPLY?



0:04 / 2:27

<https://www.youtube.com/watch?v=8J78ezpadFo>



É preciso agir!



Soluções técnicas possíveis

A Cátedra Construindo o Amanhã

- Parceria USP com a ArcelorMittal
- Foco em redução do impacto ambiental e produtividade da construção
- Busca de **inovações** e propostas capazes de **transformar a construção civil** reduzindo a pegada de carbono
- Catedrático: apoio e inovação em ensino & pesquisa

Mudar os impactos exige mudar a TODA a indústria

Medir quantitativamente os impactos

Estabelecer um benchmark de práticas de mercado

Desenvolver **soluções inovadoras escaláveis** e otimiza-las, reduzindo progressivamente os impactos e melhorando a vida das pessoas

Medindo o impacto ambiental

Falsas estratégias de mitigação levam ao desastre



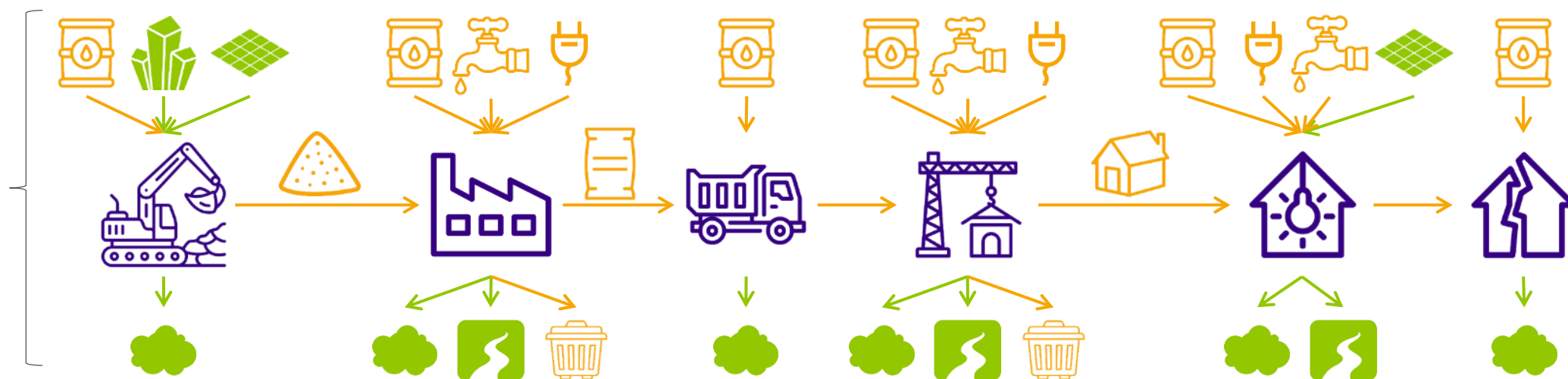
Avaliação do Ciclo de Vida é “a” ferramenta

para medir impacto ambiental

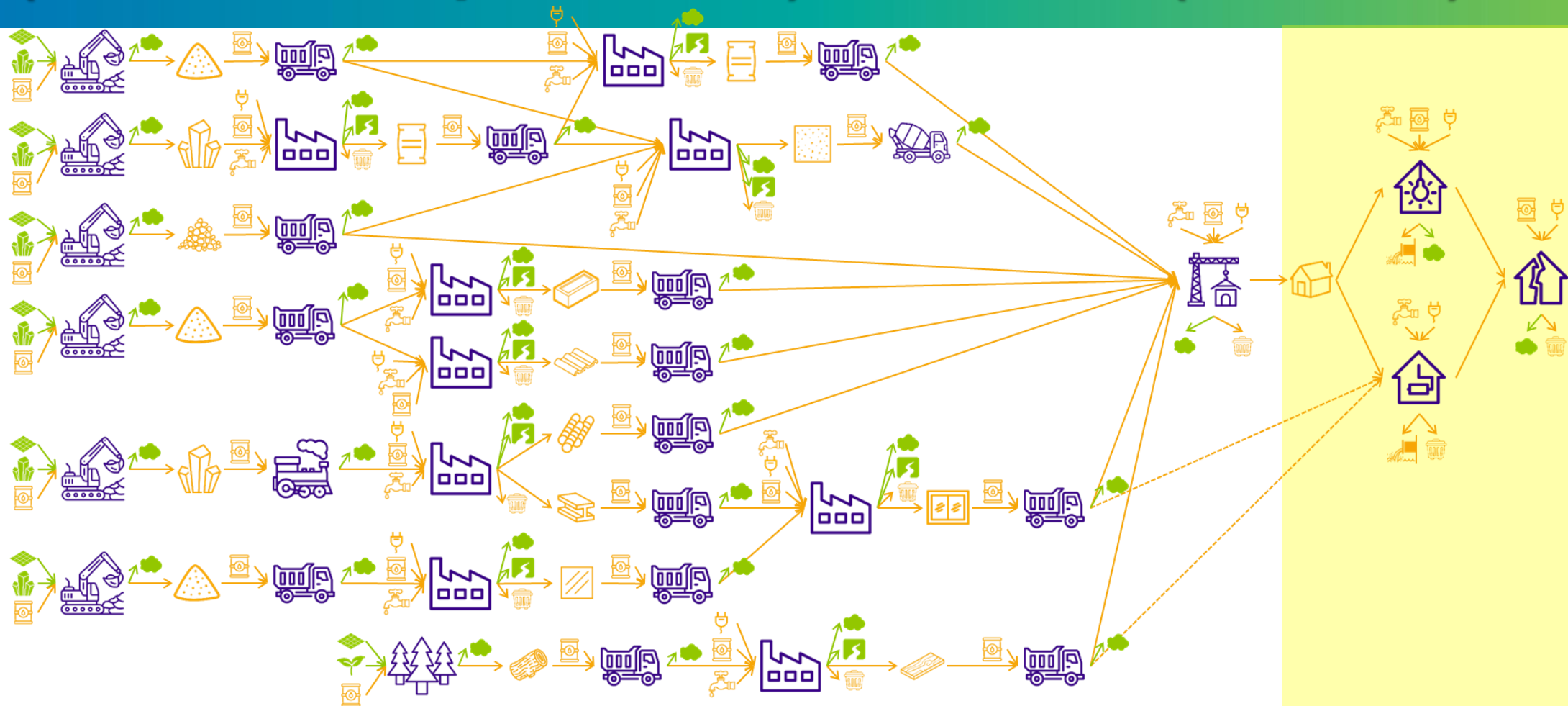
Fundamentos da ACV I

- Todas as ações humanas **têm múltiplos impactos ambientais**
- Impactos ocorrem ao longo do **ciclo de vida**

O Ciclo de vida da construção



O Ciclo de vida da construção inclui o passado (cadeia de suprimentos) e o futuro (clientes)



Fundamentos da ACV II

Impactos $\rightarrow f(\sum \text{materiais} + \text{energia})$

- Inventário quantitativo dos fluxos antropogênicos de materiais e energia
- Fluxos $\rightarrow$ Modelos $\rightarrow$ **Impactos Ambientais quantificados**

A ACV completa é muito complexa

Número de fluxos no modelo

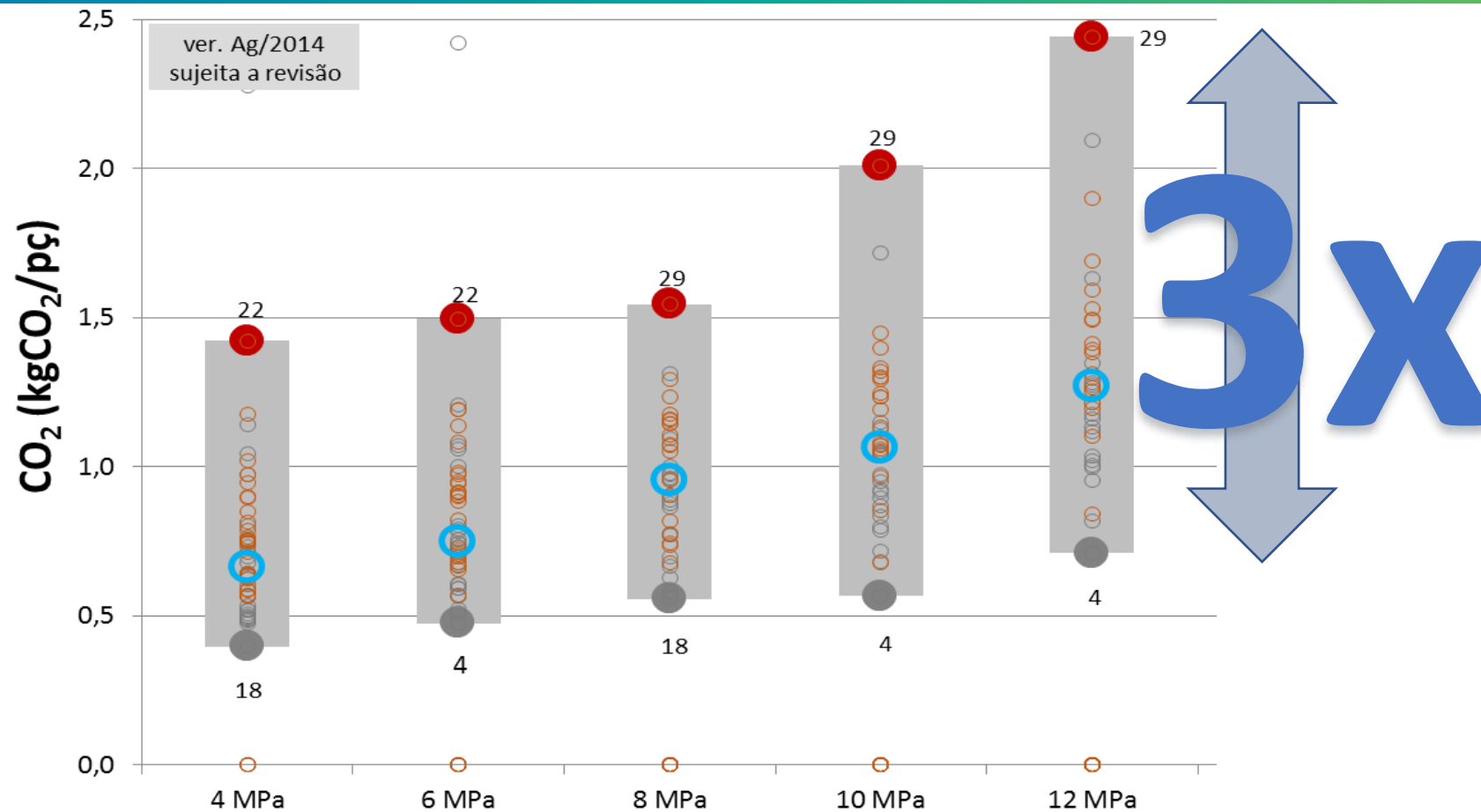
Categorias de impacto	Unidade	Fluxos de inventário			
		Recursos naturais	Emissões (ar)	Emissões (água)	Emissões (solo)
1. Esgotamento de recursos minerais	kg Sb eq.	108	-	-	-
2. Esgotamento de recursos fósseis	MJ eq.	37	-	-	-
3. Aquecimento global	kg CO2 eq.	-	189	-	-
4. Depleção de ozônio	kg CFC-11 eq.	-	22	-	-
5. Formação de ozônio fotoquímico	kg NOx eq.	-	167	-	-
6. Acidificação	mol H+ eq.	-	187	-	-
7. Formação de material particulado fino	kg PM 2,5 eq.	-	10	-	-
8. Eutrofização terrestre	mol N eq.	-	7	-	-
9. Eutrofização de água doce	kg P eq.	-	-	5	7
10. Eutrofização marinha	kg N eq.	-	-	7	7
11. Toxicidade humana não-carcinogênica	CTUh	-	384	384	384
12. Toxicidade humana carcinogênica	CTUh	-	459	459	459
13. Ecotoxicidade de água doce	CTUe	-	1047	1047	1047
14. Radiação ionizante	kBq U-235 eq.	-	21	21	-
15. Uso da água	m³ eq.	1	-	1	-
16. Uso do solo	m²a eq.	80	-	-	-

Implicações da complexidade da ACV

- O inventário completo é caro e demorado (as vezes inviável) na pratica usam-se dados secundários
- Dados secundários substituem não refletem processos da empresa e não ajudam na melhoria
- Gargage in → garbage out
- Faltam benchmarks representativo do mercado
- Excesso de indicadores dificulta tomada de decisão

A ACV completa não é adequada a para melhorar os processos reais de produção.

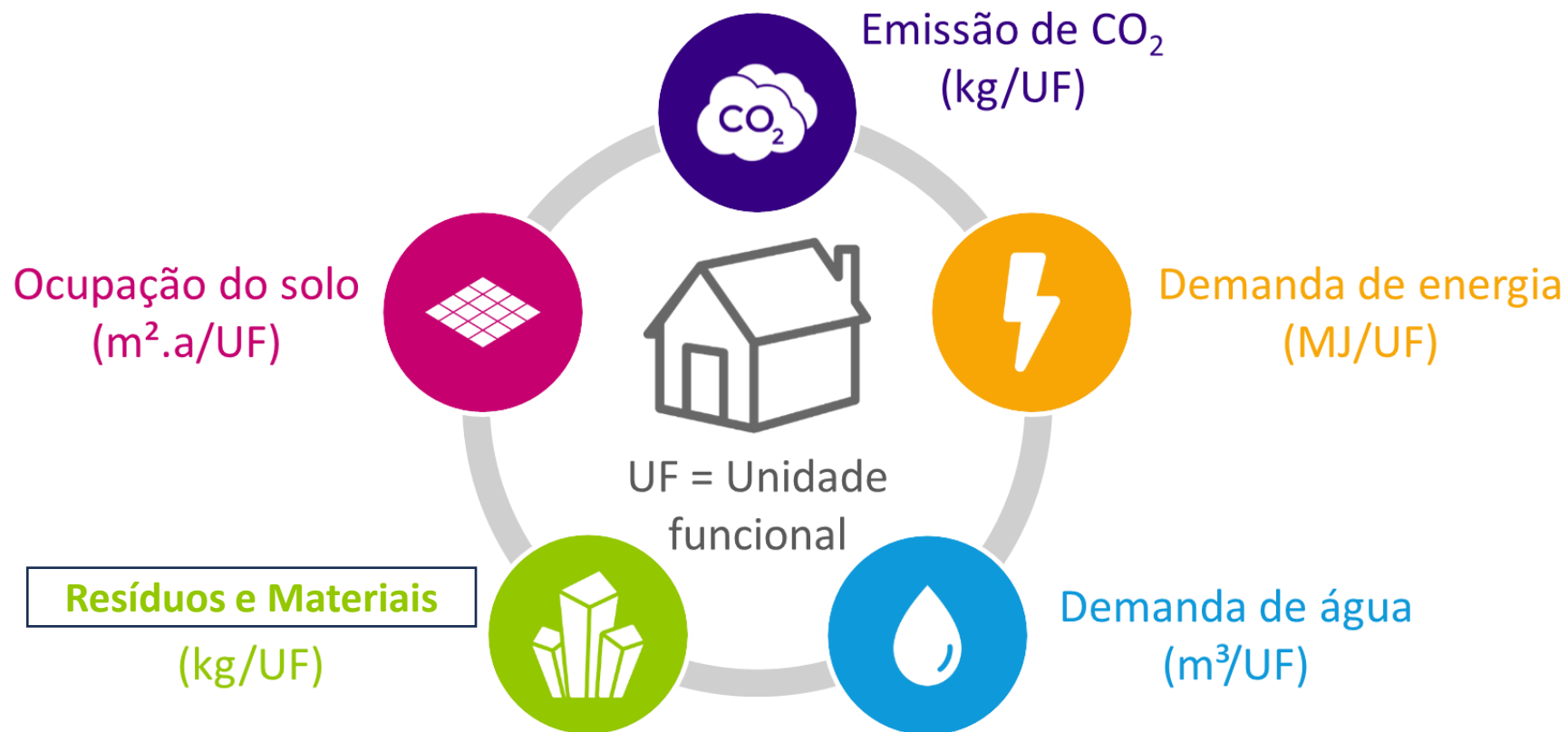
Brazil Primary data: Concrete Block Production



Sidac:

A avaliação do desempenho ambiental da Construção

Avaliação do Desempenho Ambiental da Construção (ADAC)



FONTE: Belizario-Silva (2022). Proposal of life cycle-based environmental performance indicators for decision-making in construction.

Racionalização da ACV focada no apoio a decisão

- Foco nas prioridades ambientais
- Dados primários de alta qualidade são essenciais
- Dados secundários são incertos
- Fácil & barato para medir indicadores
- EPDs viáveis para as PME
- Fácil de entender para profissionais leigos e consumidores
- 100% digital

Característica da ADAC



Prioritários

Consideram os principais aspectos ambientais da construção



Fáceis de medir

Fluxos fáceis de medir e que já são controlados pelas empresas (custo)



Confiáveis

Baseados nos principais conceitos da ACV e em dados primários verificáveis



Comparáveis

Consideram ciclo de vida e unidade funcional
Ampliam coleta de dados (benchmark)



Fáceis de entender

Profissionais da construção e público geral entendem esses indicadores

FONTE: Belizario-Silva (2022). Proposal of life cycle-based environmental performance indicators for decision-making in construction.

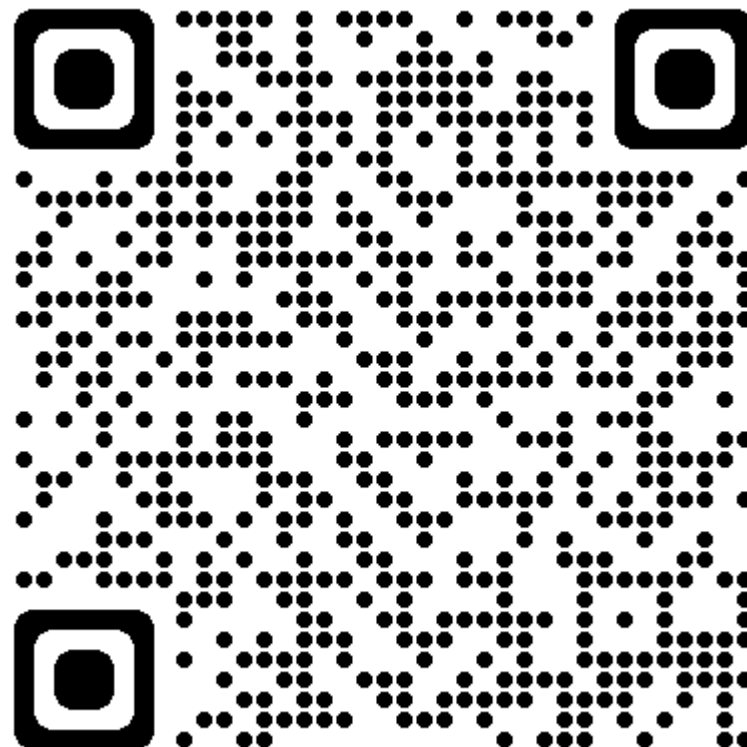


sidac

sistema de informação
do desempenho ambiental
da construção

O que é o Sidac?

www.sidac.org.br



O que é o Sidac?

Uma **metodologia padronizada simples e acessível** baseada em ACV para avaliação do desempenho ambiental da construção

Uma **plataforma digital de informação** com dados de qualidade e interface flexível, preparada para a troca de dados maquina-maquina

Concebida para **evoluir** ao longo tempo

Comitê executivo do projeto



Comitê consultivo (desenvolvimento)



Comitê científico do projeto

- Prof. Dr. Ana Passuello (UFRGS)
- Dr. Camila Numazawa (alumna USP)
- Prof. Dr. Diogo Silva (UFSCar)
- Prof. Dr. Lucas Caldas (UFRJ)
- Prof. Dr. Marcella Saade (TU Graz)
- Prof. Dr. Maristela Gomes (UFES)
- Prof. Dr. Roberto Lamberts (UFSC)
- Prof. Dr. Vanessa Gomes (Unicamp)

Equipe executora do projeto



CBCS



kemio



Metodologia do Sidac

- Disponível no site do Sidac
- Descreve o método de Avaliação do Desempenho Ambiental da Construção
- Orienta desenvolvimento dos inventários de ciclo de vida dos produtos
- Compatível com ACV



Funcionalidades do Sidac



Base de dados
de indicadores
de produtos

Ferramenta de
inventário e
cálculo de
indicadores do
berço ao portão

Workflow online
de revisão dos
dados

Interface para
consulta online
de indicadores

Emissão digital
de **declaração de
desempenho
ambiental**

Aplicações do Sidac



Indicadores sidac 1.0



Emissão de CO₂
(kg CO₂ / unidade declarada de produto)



Demanda de energia primária
(MJ / unidade declarada de produto)



Estoque temporário de carbono biogênico
(kg C / unidade declarada de produto)
Apenas para produtos que contenham biomassa renovável

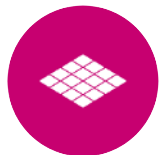
Potenciais futuros indicadores



Materiais, resíduos circularidade



Demanda de água



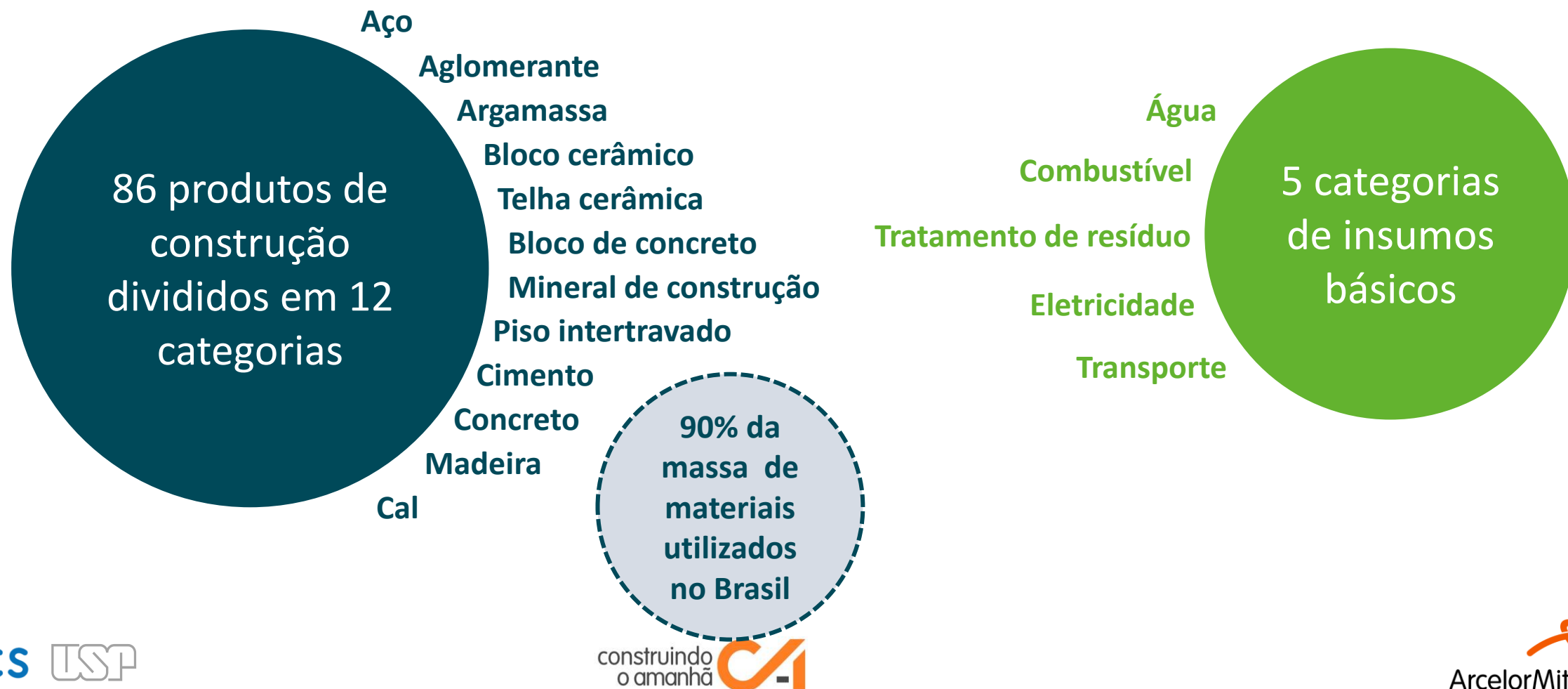
Uso do solo

Etapas do ciclo de vida - versão 1.0

Produto (A1-A3)			Projeto e construção (A4-A5)		Uso e manutenção (B1-B7)					Fim de vida (C1-C4)				Benefícios e cargas além da fronteira do sistema (D)
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
Fornecimento de matéria prima	Transporte	Fabricação	Transporte	Processo de construção	Uso	Manutenção	Reparo	Substituição	Renovação	Desconstrução / demolição	Transporte	Reuso/ reciclagem	Disposição	Potencial de reuso, recuperação ou reciclagem
					B6	Uso operacional de energia								
					B7	Uso operacional de água								

Dados disponíveis - versão 1.0

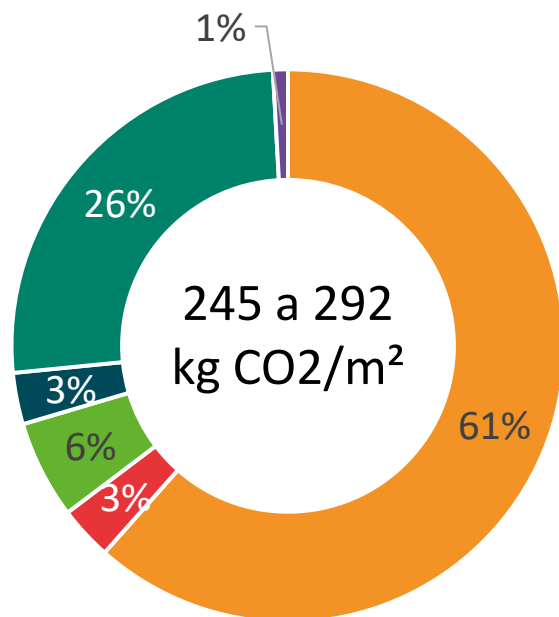
Dados genéricos



Inventário das empresas para o SIDAC

- Consumo de combustíveis
 - (distâncias e modal de transporte)
 - Consumo de eletricidade
 - Consumo de materiais
-
- Período de 1 ano
 - **Dados precisam ser verificáveis**

Exemplo: emissão de CO₂ de uma HIS



- Produção dos materiais
- Obra
- Uso
- Transporte dos materiais
- Manutenção
- Fim de vida



Proximas etapas do Sidac

- Sistema esta disponível para uso (dados genéricos)
- Aguardando recursos para iniciar operação oficial
- Fabricantes poderão fazer declarações de desempenho ambiental de produto
- Programas com associações setoriais acelerarão o processo
 - ABCP
 - Sinaprocim

Futuro do SIDAC

- Aperfeiçoamento da interface do Sidac
 - Novas funcionalidades
 - Customização setorial
- Integração com políticas públicas
 - PBQP-H
 - PROCEL
- Troca de dados automáticas com outras ferramentas
 - Projeto / BIM
 - Desempenho ambiental (PBE Edifica, CECarbon)

Sidac e PBQP-H

SiMaC



- Declaração de desempenho ambiental (DDAP) de produtos específicos
- Benchmarks setoriais para ampliação / melhoria de dados genéricos

SiNAT



- Declaração de desempenho ambiental (DDAP) de sistemas construtivos

SiAC



- Indicadores de desempenho ambiental de obras (insumos básicos Sidac)
- Indicadores incorporados nas edificações pelos materiais

Sidac e Procel

- Integração com a etiqueta do Procel Edifica



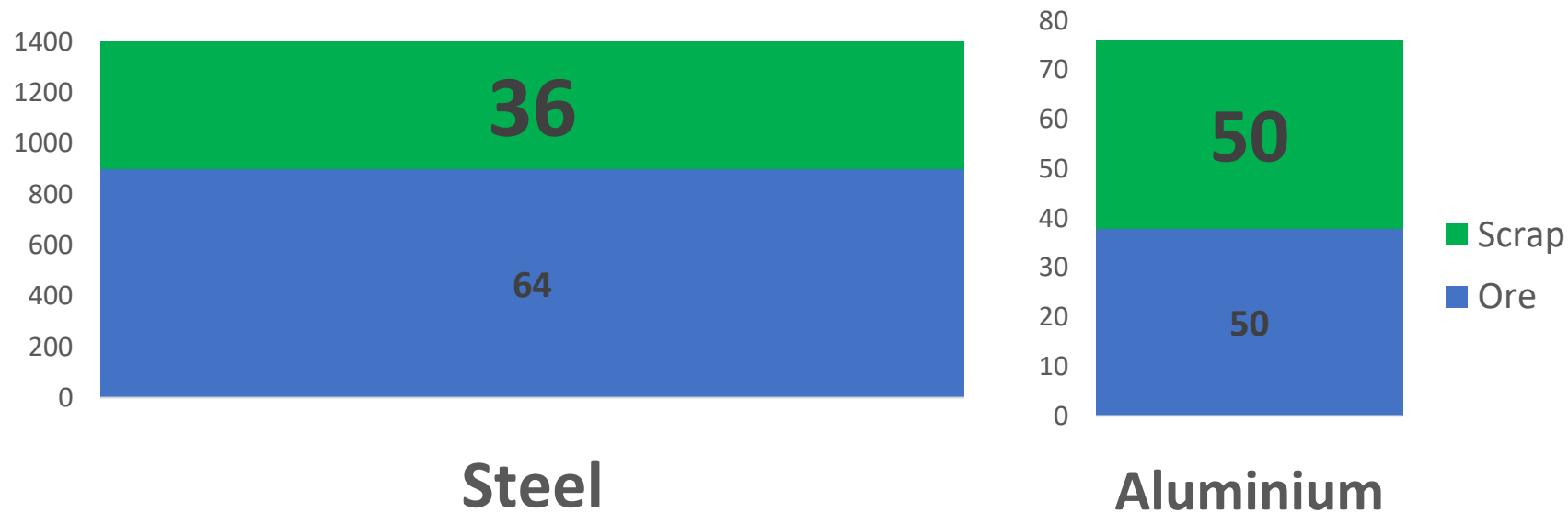
Rotas escaláveis para Migitação de CO2

As estratégias da cátedra

As alternativas

- Novas tecnologias de baixo carbono
- Desmaterialização
- Aumento da circularidade
- Captura de carbono
- Compensação de emissões

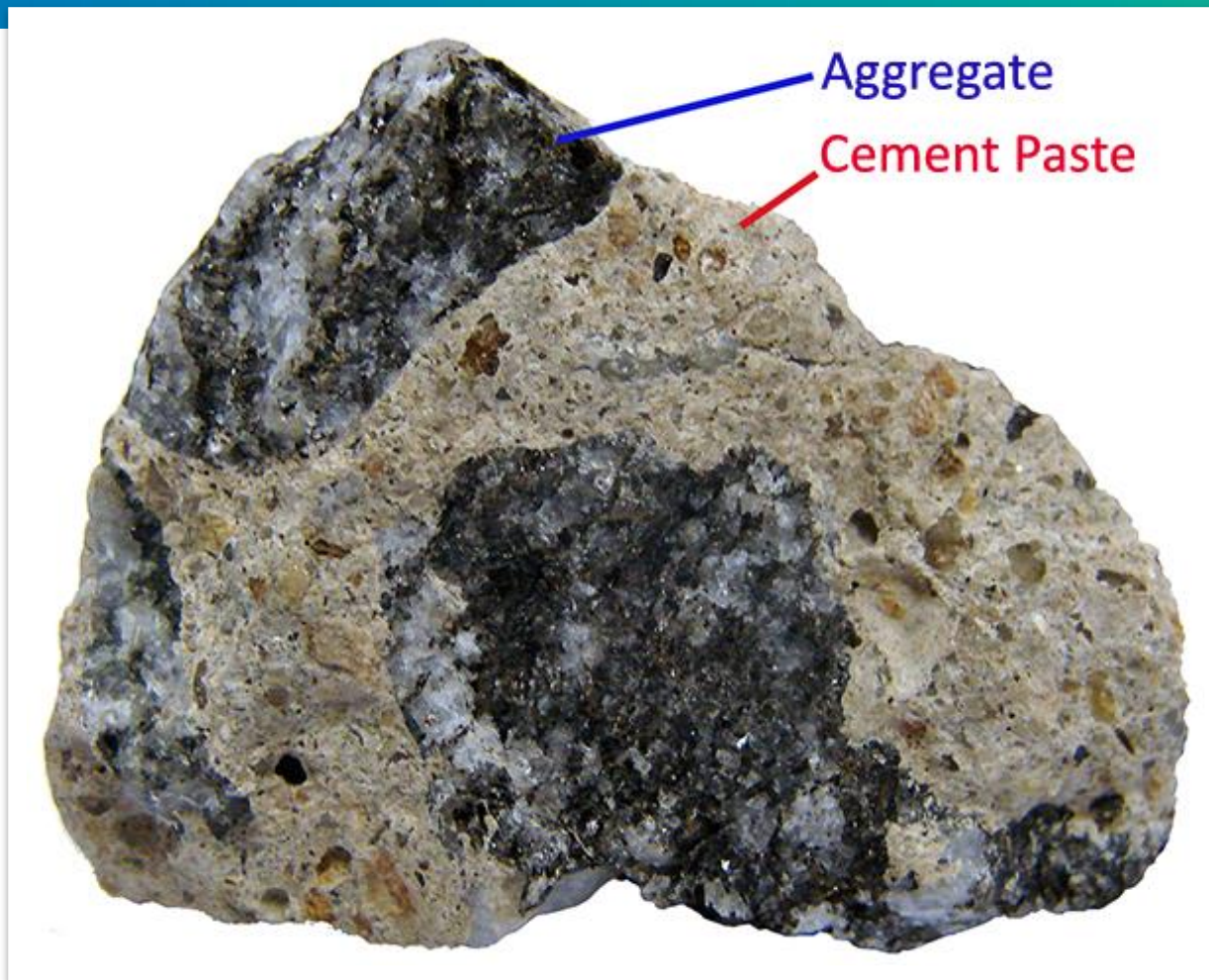
Circularidade do aço já é elevada



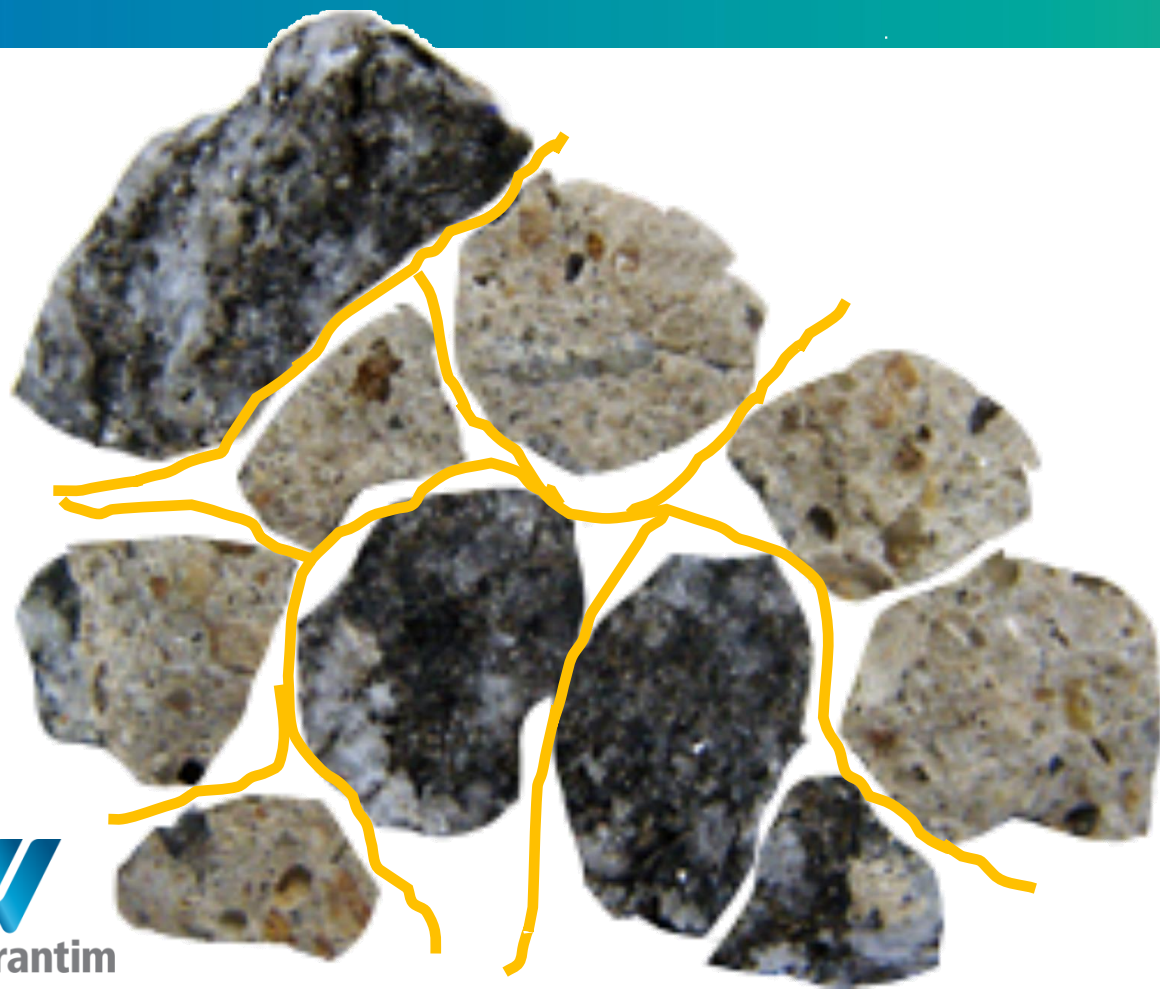
GRAEDEL, T. E. *et al.* What Do We Know About Metal Recycling Rates?
Journal of Industrial Ecology, v. 15, n. 3, p. 355–366, 1 jun. 2011

Circularidade nos materiais cimentícios

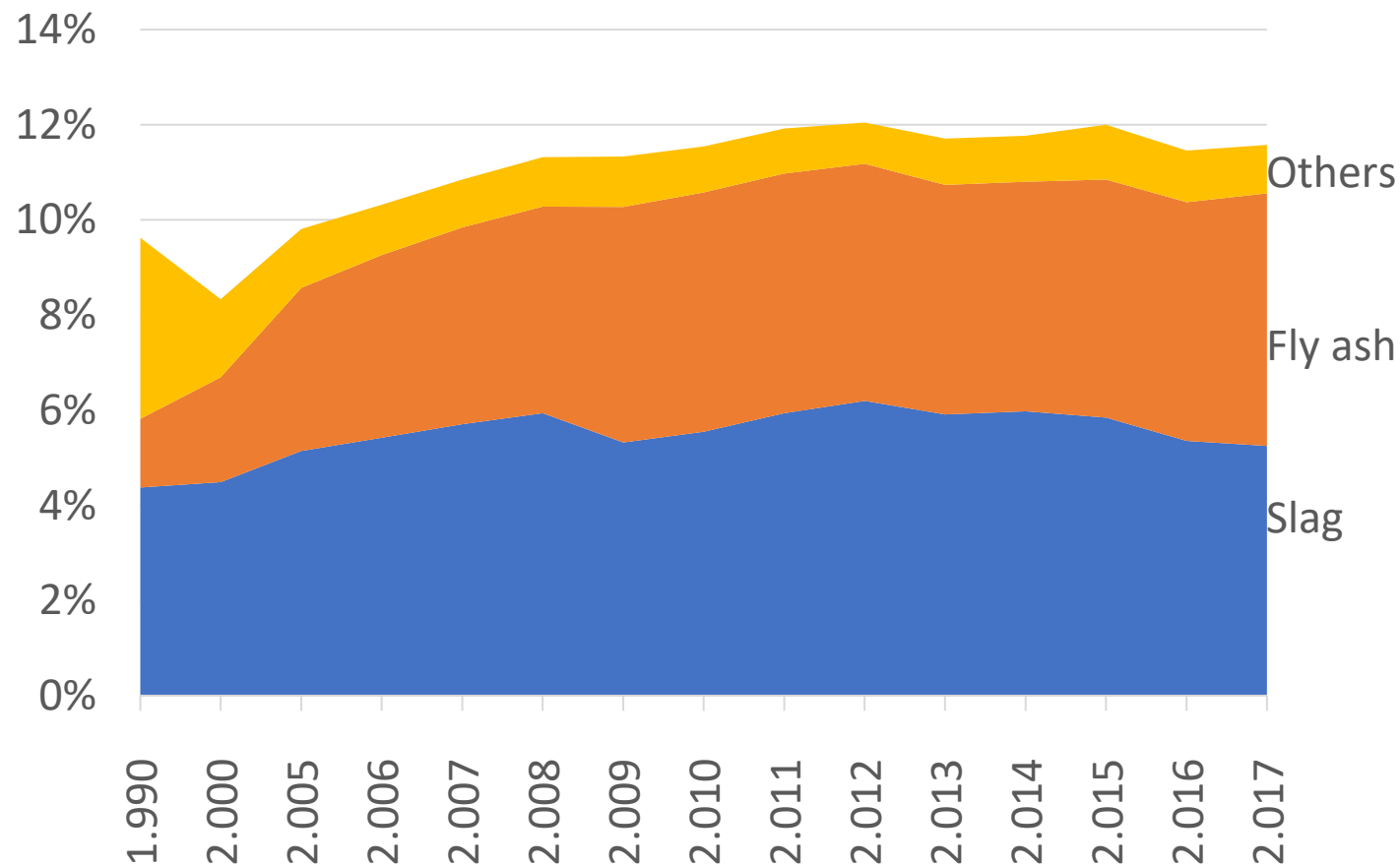
Agregados RCD?



Areia de RCD



Industria do Cimento ainda não recicla seus próprios resíduos

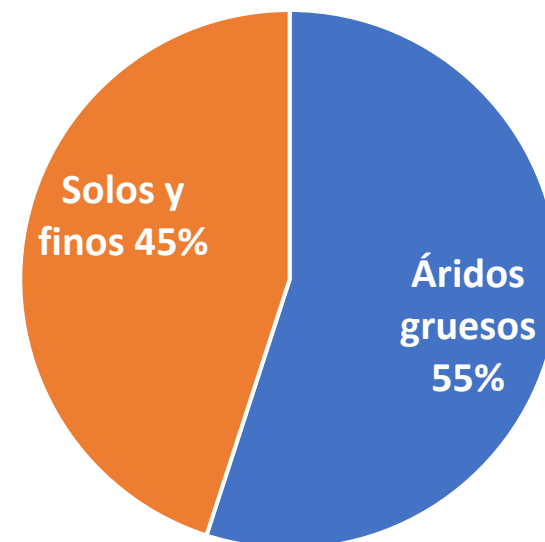
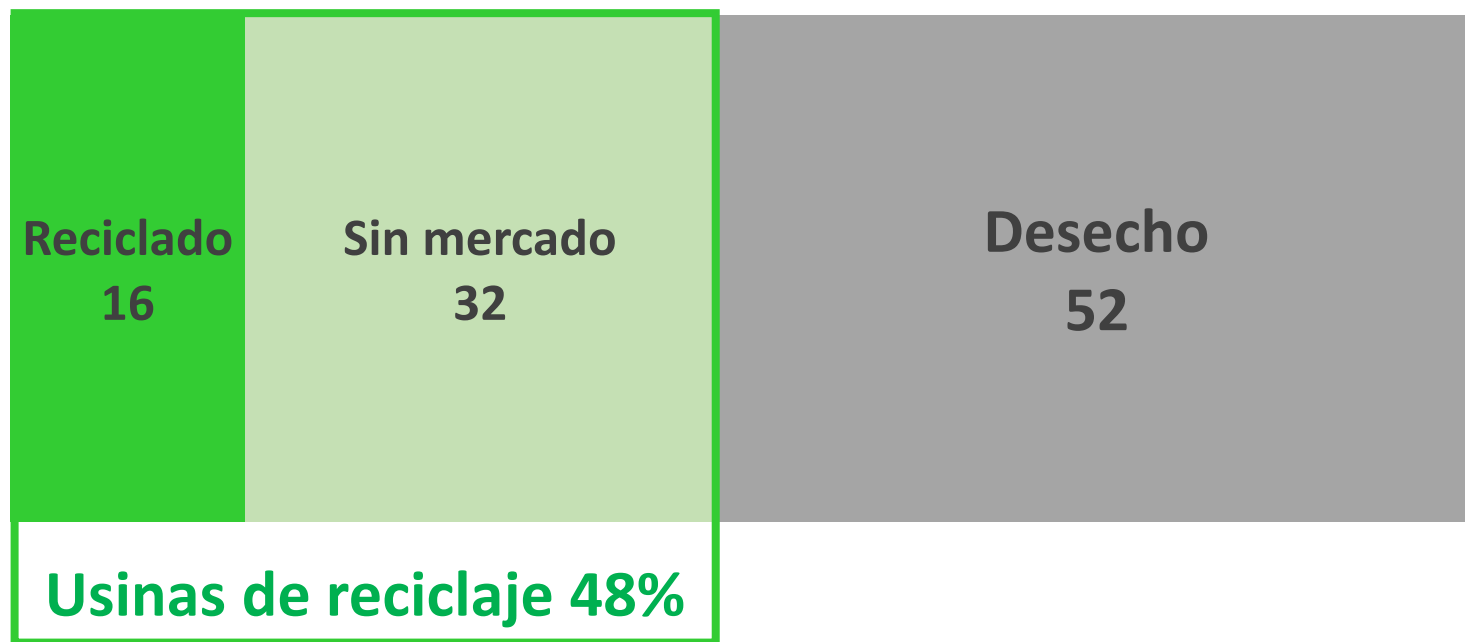


~12%

~Zero resíduos
de cimento

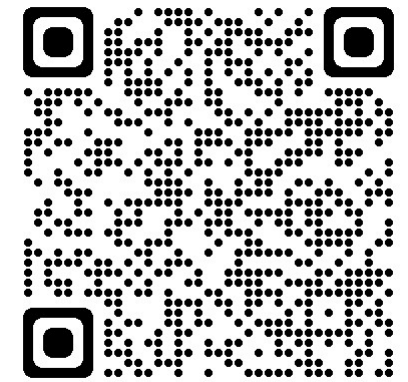
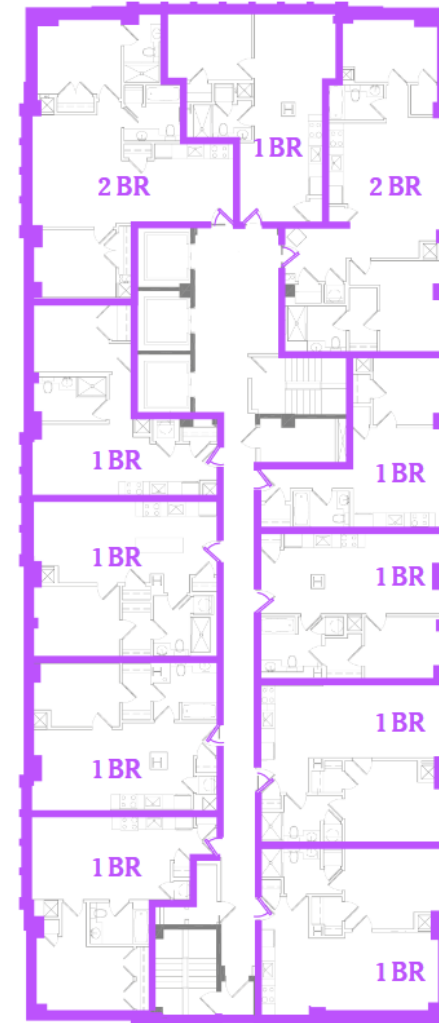
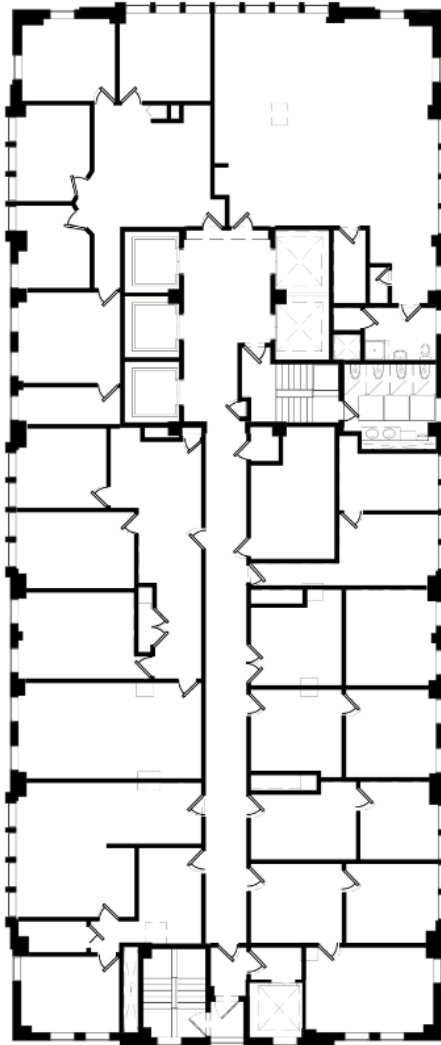
Destino do RCD no Brasil

(Prof. Sergio Angulo USP, Abrecon, 2022)



60% Base de pavimentación

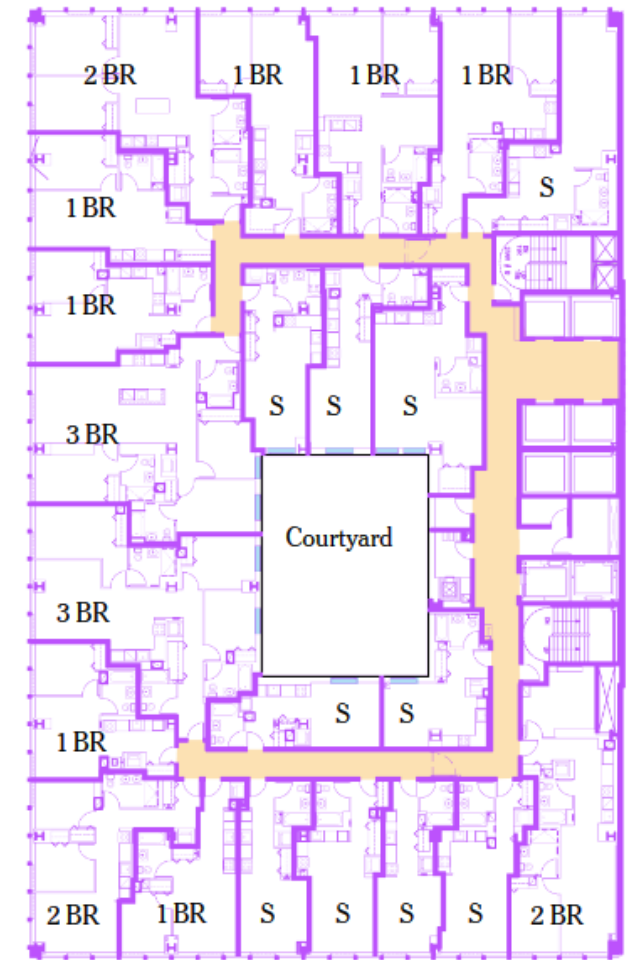
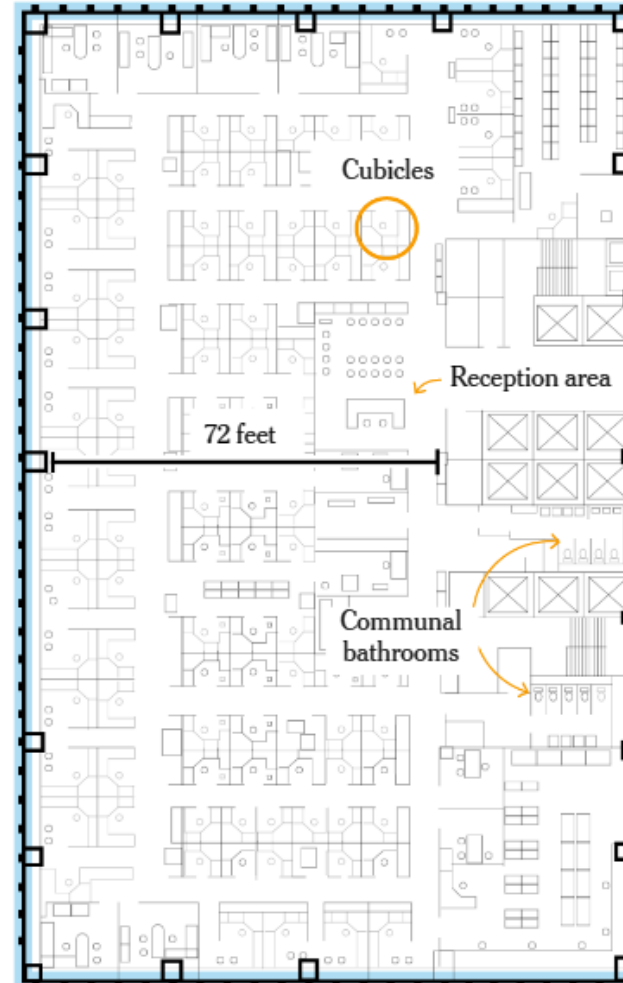
Athenaeum of Philadelphia (1929)



The New York Times
ArcelorMittal

Edificios modernos son de difícil reconversión

180 Water Street NYC (1970)



ARCEIORMIITAI

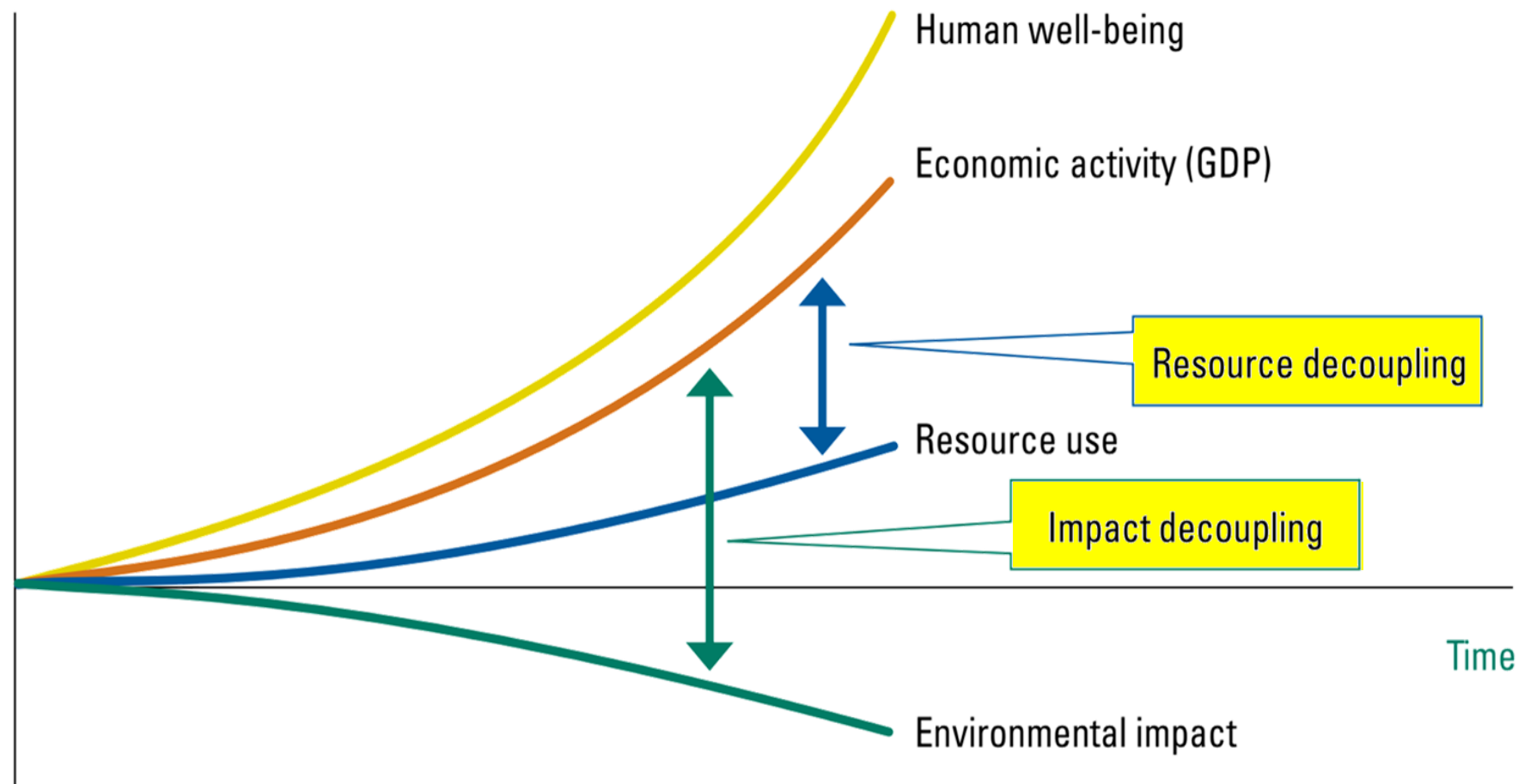
Reúso de viviendas de madera



Circularidade no pre-moldado

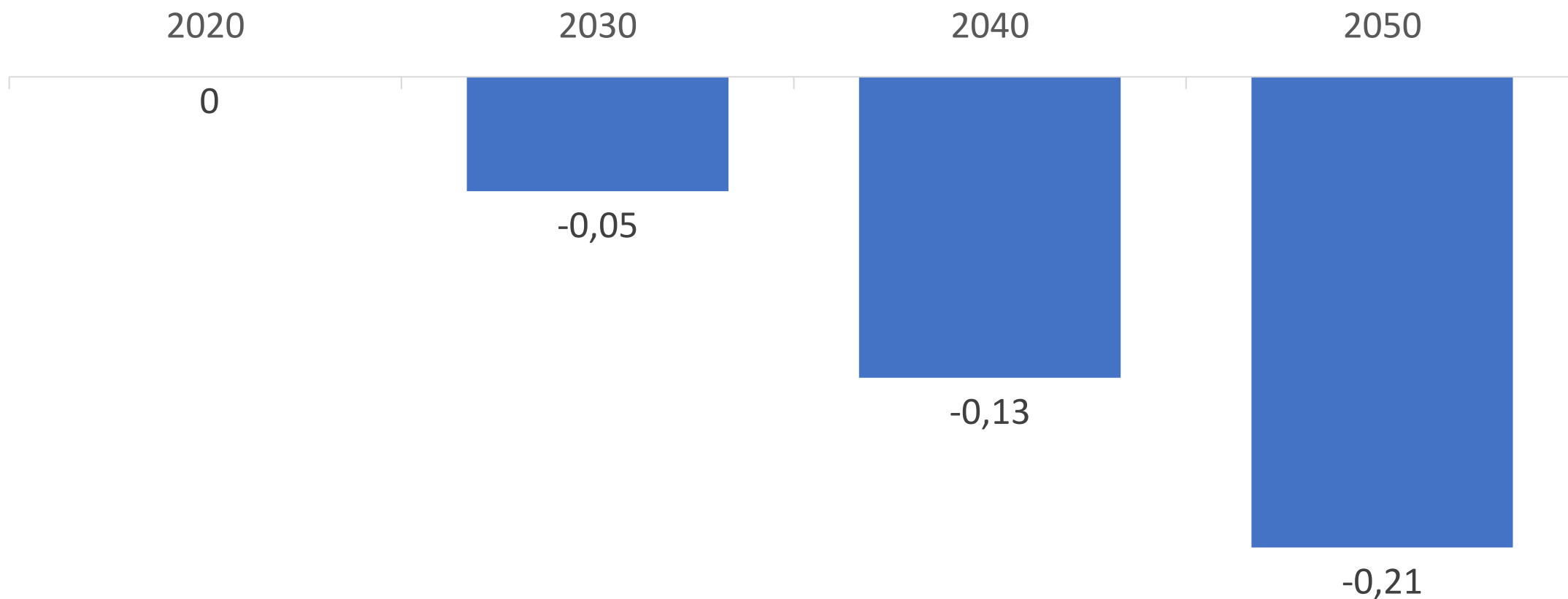
- Será possível reusar peças pré-moldadas ao final da vida útil?
 - Degradação
 - Funcionalidade
 - **Desmontabilidade?**

Desmaterialização e Descarbonização



Fisher-Kowalski et al. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. UN Environment 2011

Desmaterialização na cadeia de valor do cimento GCCA Zero Carbon Roadmap



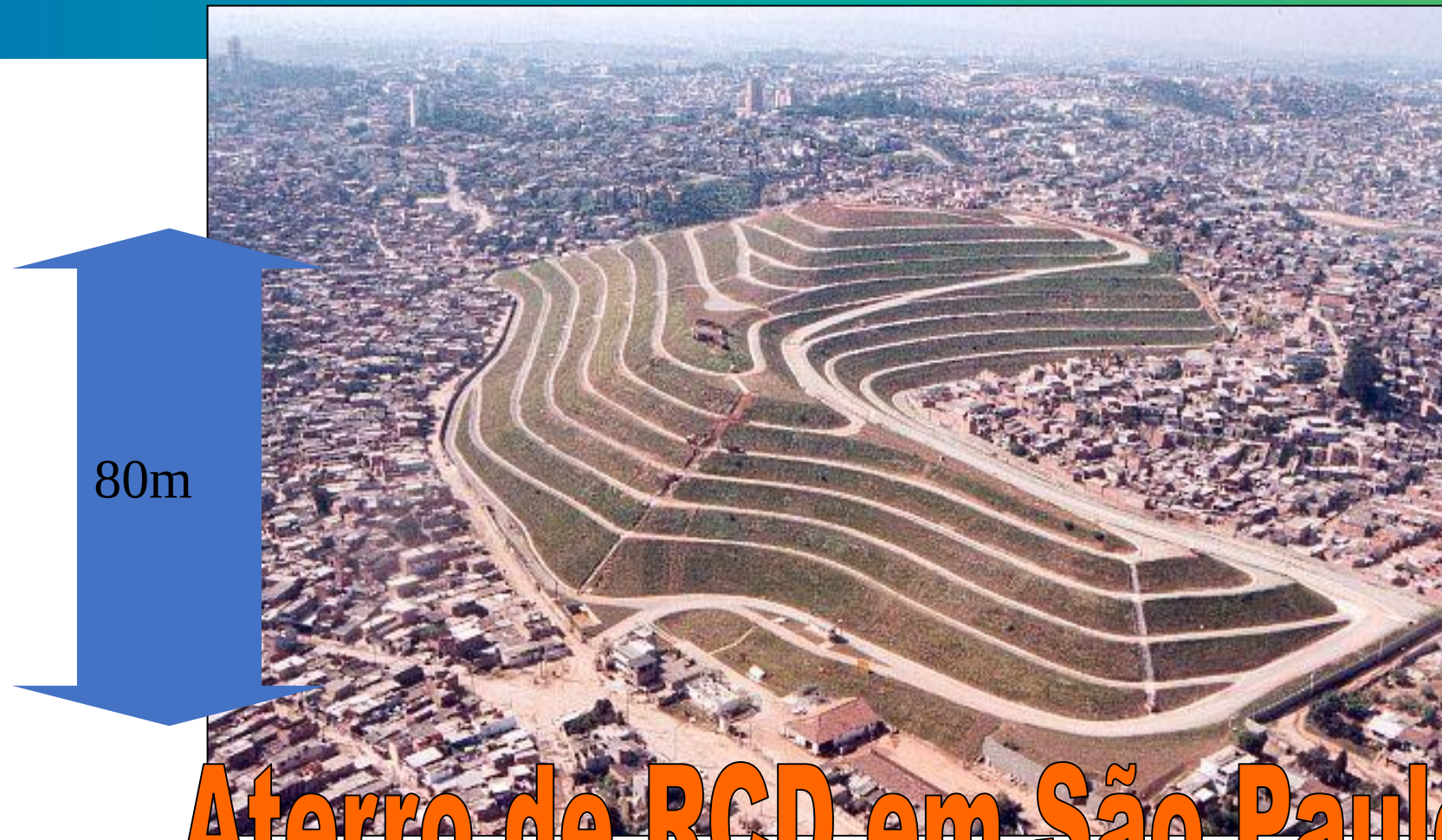
Desmaterialização

- Redução de resíduos de construção
- Redução da quantidade de materiais tem potencial de mitigar CO₂
 - Aço de alta resistência ($f_y=700\text{MPa}$)
 - Benchmark de uso de recursos e carbono nos edifícios

Perdas: agravam o problema



Gestão a cargo de municípios



Aterro de RCD em São Paulo

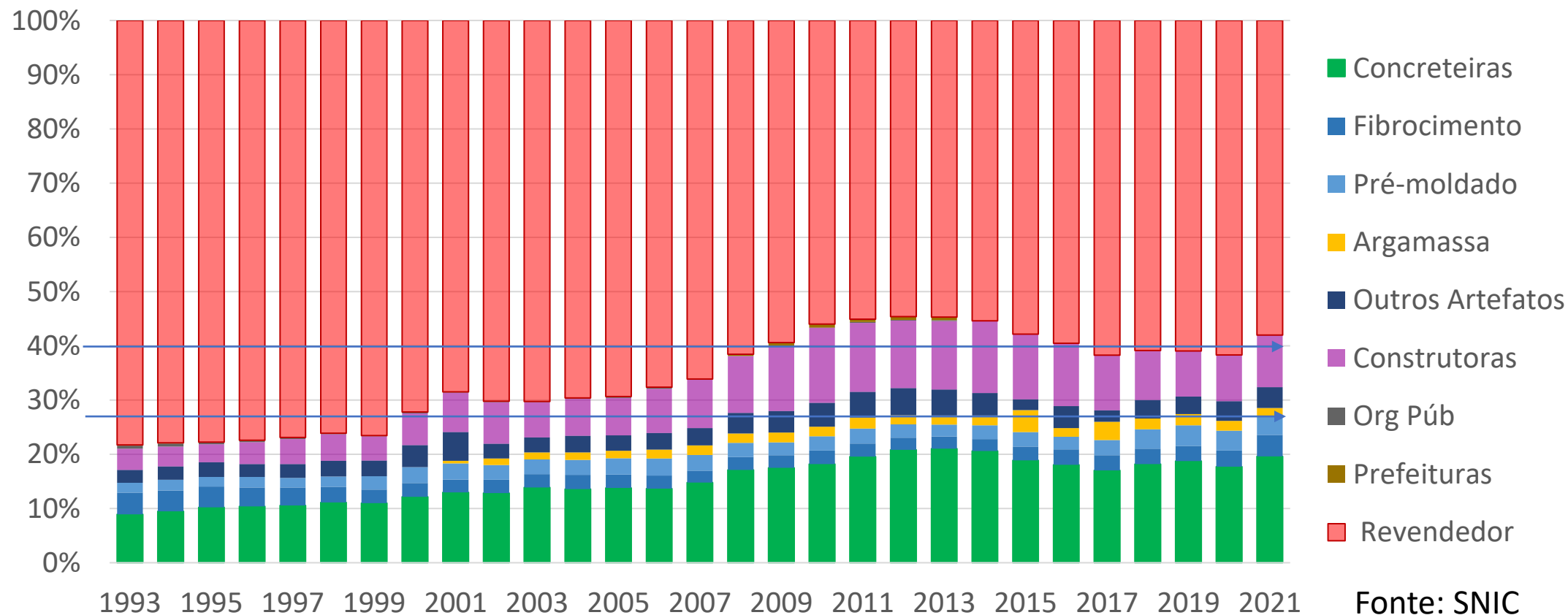
Picture: Marco Antonio Fialho
o amanhã



O potencial da industrialização

- Desmaterialização pela
 - Redução de resíduos (perdas) de processo
 - Adoção de conceitos de estruturas leves
 - Impressão 3D?
- Redução de resíduos e recursos naturais por reutilização de componentes
- Ganhos de produtividade

Cimento em saco & Industrializado - Brasil



SISTEMA 1
 PADRÕES NORMAIS TRADICIONAIS
 BOCA CONSTANTE = 45,0 x 35,0 cm (por dentro)
 FUNDO CONSTANTE = 45,0 x 35,0 cm (por dentro)
 PROCURE AS ALTURAS NAS COLUNAS ABAIXO



Calculador CALDAS BRANCO

PROIBIDA A REPRODUÇÃO
TOTAL OU PARCIAL

PARA RESOLUÇÃO DE TRAÇOS DE CONCRETO
E ORIENTAÇÃO TECNO-PROFISSIONAL NAS DOSAGENS
EM **PESO** OU VOLUME, AGORA TAMBÉM SOB A FORMA
DE **NOVISSIMA TABELA INTEGRADA.**



TRAÇOS EM VOLUME	ALTURAS EM CENTÍMETROS			NÚMERO DE VIAGENS POR TRAÇO DE 1 SACO DE CIMENTO			FATORES ÁGUA CIMENTO E CIMENTO ÁGUA			RENDIMENTOS POR SACO Litros	CONSUMO POR m3 DE CONCRETO FRESCO				RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PROVÁVEL kg / cm²			TRAÇOS EM "PESO" CORRESPONDENTES 1:	Nº DE ORDEM NO PROGRAMA DE ESTUDOS				
	AREIA cm	BRITA Nº1 cm	BRITA Nº2 cm	AREIA Nº1	BRITA Nº2	LITRO kg	kg LITRO	LITRO SACO	CIMENTO			AREIA		BRITAS		ÁGUA	3 DIAS			7 DIAS	28 DIAS		
									kg		SACOS de 50kg	Litros	SÉCA Litros	ÚMIDA 3% Litros	Nº 1 Litros	Nº 2 Litros						Litros	
1: 1 : 2	28,7	22,4	22,4	1	1	1	0,44	2,27	22,0	97,2	514	10,3	363	363	465	363	363	226	228	300	400	1,08:1,96	TRAÇO Nº 1
1: 1 ½ : 3	21,5	33,6	33,6	2	1	1	0,49	2,04	24,5	129,2	387	7,7	273	409	524	409	409	189	188	254	350	1,63:2,94	TRAÇO Nº 2
1: 2 : 2 ½	28,7	28,1	28,1	2	1	1	0,55	1,82	27,5	133,2	374	7,5	264	528	676	330	330	206	148	208	298	2,17:2,44	TRAÇO Nº 3
1: 2 : 3	28,7	33,6	33,6	2	1	1	0,61	1,64	30,5	145,5	344	6,9	243	486	622	364	364	210	117	172	254	2,17:2,94	TRAÇO Nº 4
1: 2 ½ : 3	23,9	33,6	33,6	3	1	1	0,65	1,54	32,5	157,9	319	6,4	225	562	719	337	337	207	100	150	228	2,71:2,94	TRAÇO Nº 5
1: 2 : 4	28,7	22,4	22,4	2	2	2	0,66	1,47	34,0	168,3	297	5,94	210	420	538	420	420	202	90	137	210	2,17:3,92	TRAÇO Nº 6
1: 2 ½ : 3 ½	23,9	19,6	19,6	3	2	2	0,71	1,41	35,5	170,6	293	5,86	207	517	662	362	362	208	80	123	195	2,71:3,42	TRAÇO Nº 7
1: 2 ½ : 4	23,9	22,4	22,4	3	2	2	0,73	1,37	36,5	181,2	276	5,5	195	487	623	390	390	201	74	114	185	2,71:3,92	TRAÇO Nº 8
1: 2 ½ : 5	23,9	28,0	28,0	3	2	2	0,79	1,27	39,5	203,3	246	4,9	174	435	557	435	435	195	58	94	157	2,71:4,89	TRAÇO Nº 9
1: 3 : 5	28,7	28,0	28,0	3	2	2	0,88	1,14	44,0	218,1	229	4,6	162	486	622	405	405	202	40	70	124	3,25:4,89	TRAÇO Nº 10
1: 3 : 6	28,7	33,6	33,6	3	2	2	0,95	1,05	47,5	240,9	208	4,2	147	441	564	441	441	198	30	54	100	3,25:5,87	TRAÇO Nº 11
1: 4 : 8	28,7	29,9	29,9	4	3	3	1,20	0,83	60,0	312,5	161	3,2	114	456	584	456	456	194	NÃO	NÃO	NÃO	4,34:7,83	TRAÇO Nº 12

SISTEMA 2
 CAIXAS TRAPEZOIDAIS
 PARA FIXAÇÃO SOBRE
 CHASSIS DE CARRINHOS
 BOCA CONSTANTE = 55,0 x 35,0 cm (por dentro)
 FUNDO CONSTANTE = 35,0 x 35,0 cm (por dentro)
 PROCURE AS ALTURAS NAS COLUNAS ACIMA



DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS

SÓ É AUTÊNTICO O CALCULADOR-TABELA IMPRESSO EM PAPEL ESPECIAL
DE COR AMARELA; TODAS AS CÓPIAS OU REPRODUÇÕES POR QUALQUER
SISTEMA INCLUSIVE XEROX ESTÃO SUJEITAS ÀS PENAS DA LEI.

CONSTRUA PARA A POSTERIDADE.



EM CONCRETO, O TEMPO É JUIZ!

PROJETADO E REALIZADO PELO
ENGENHEIRO CIVIL
Abílio de Azevedo Caldas Branco
 CART. PROFISSIONAL Nº 1860-DICORCA-5881
 RUA MÉXICO, 111 - 5º - SALA 502
 AN ATOLPO DE PANA, 1527 AP 801

RIO DE JANEIRO, GB - JANEIRO DE 1974

Calculador "Caldas Branco"





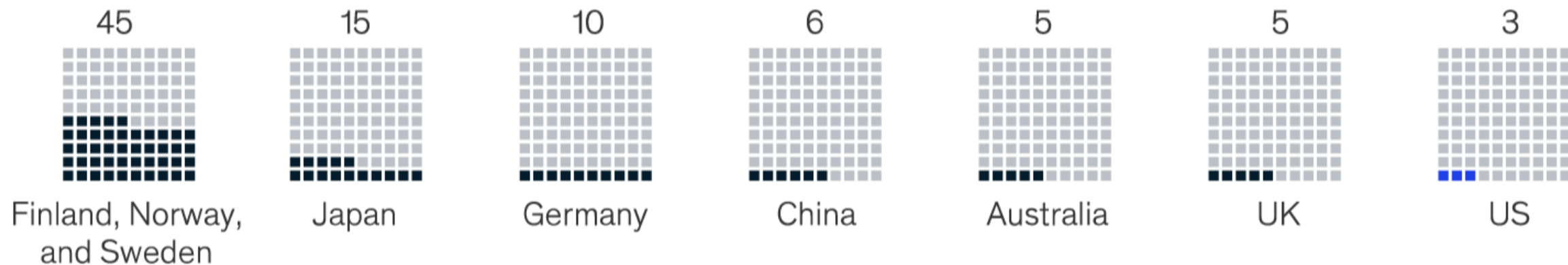
Como industrializar?

70% das habitações
são construídas de forma amadora



Mercado de construção off-site

Current off-site share of housing, %



O futuro depende da inovação

Produto no mercado

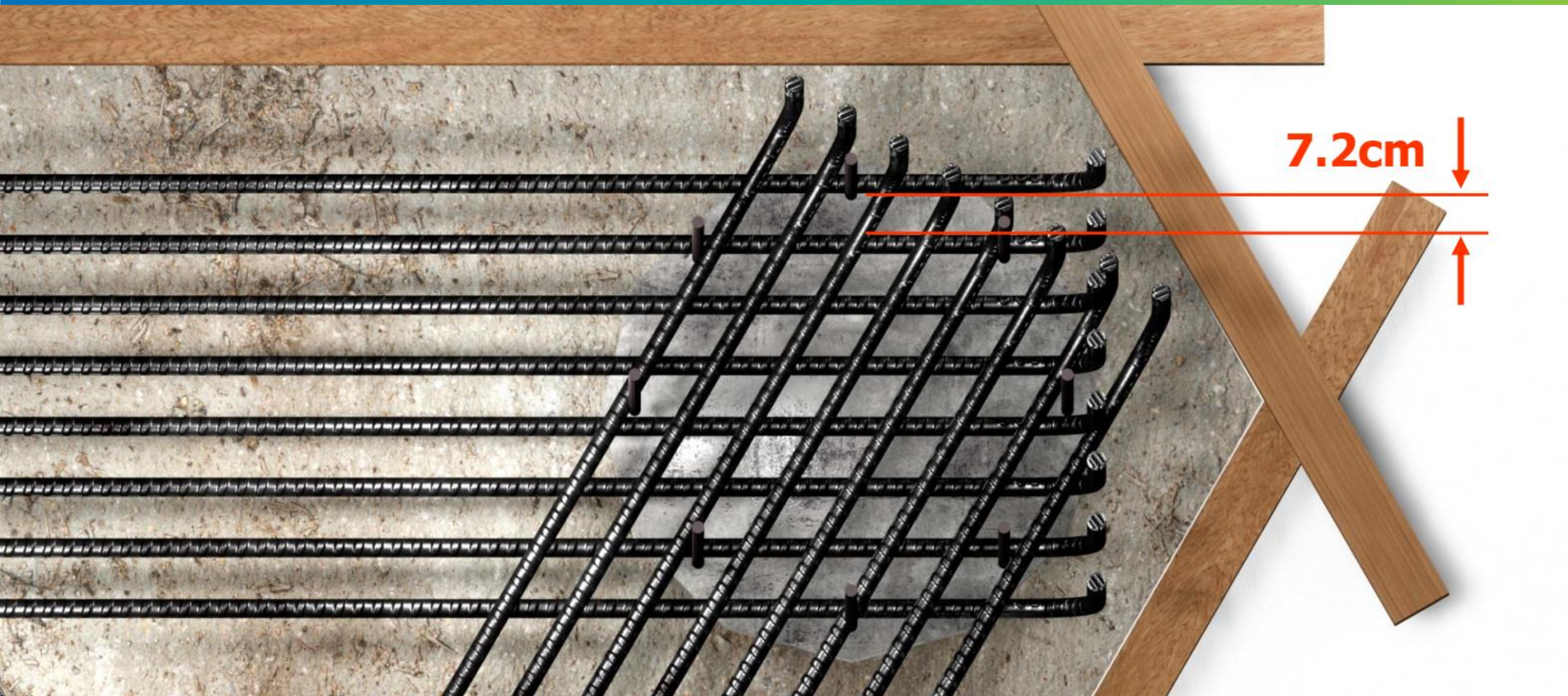
CA-50 S/ AR

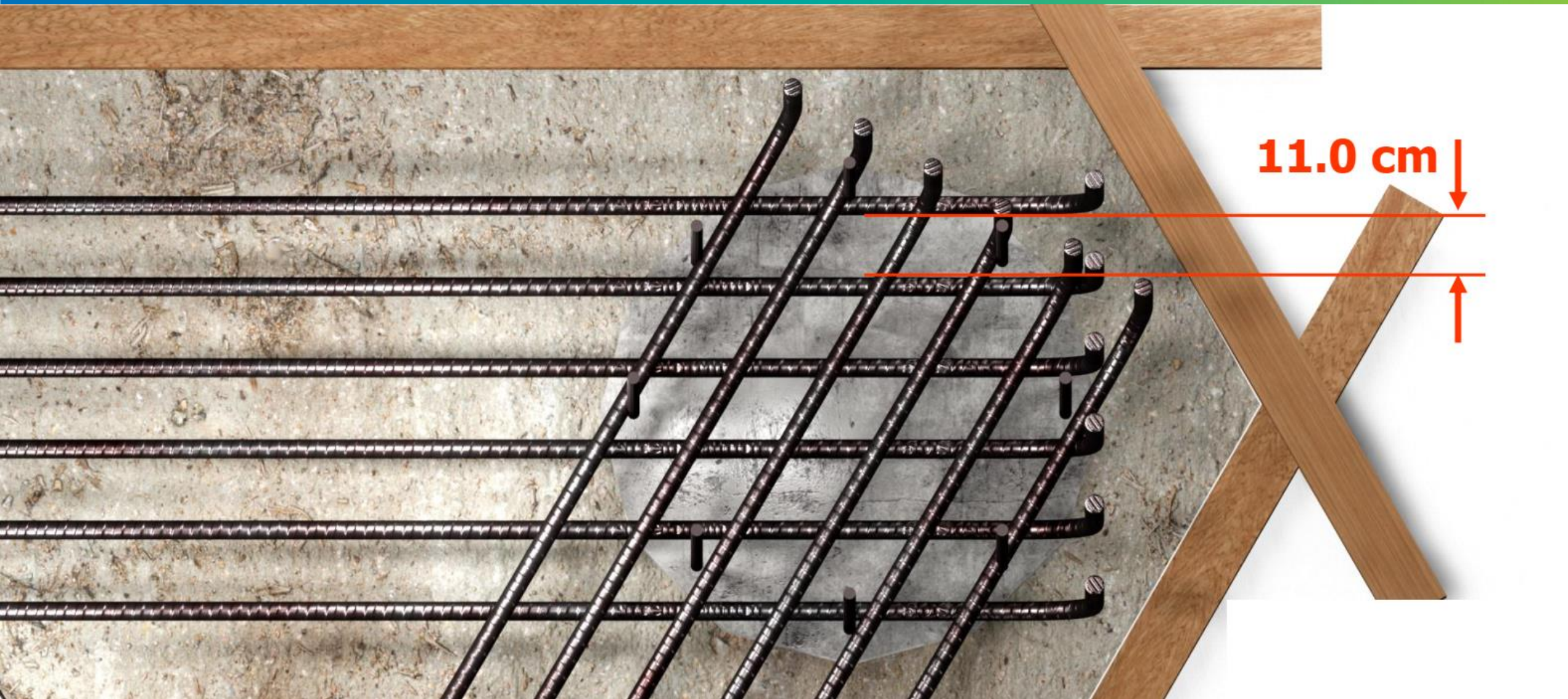
**ArcelorMittal CA50 Soldável de
Alta Resistência**



**ENGENHARIA
INOVACAO**







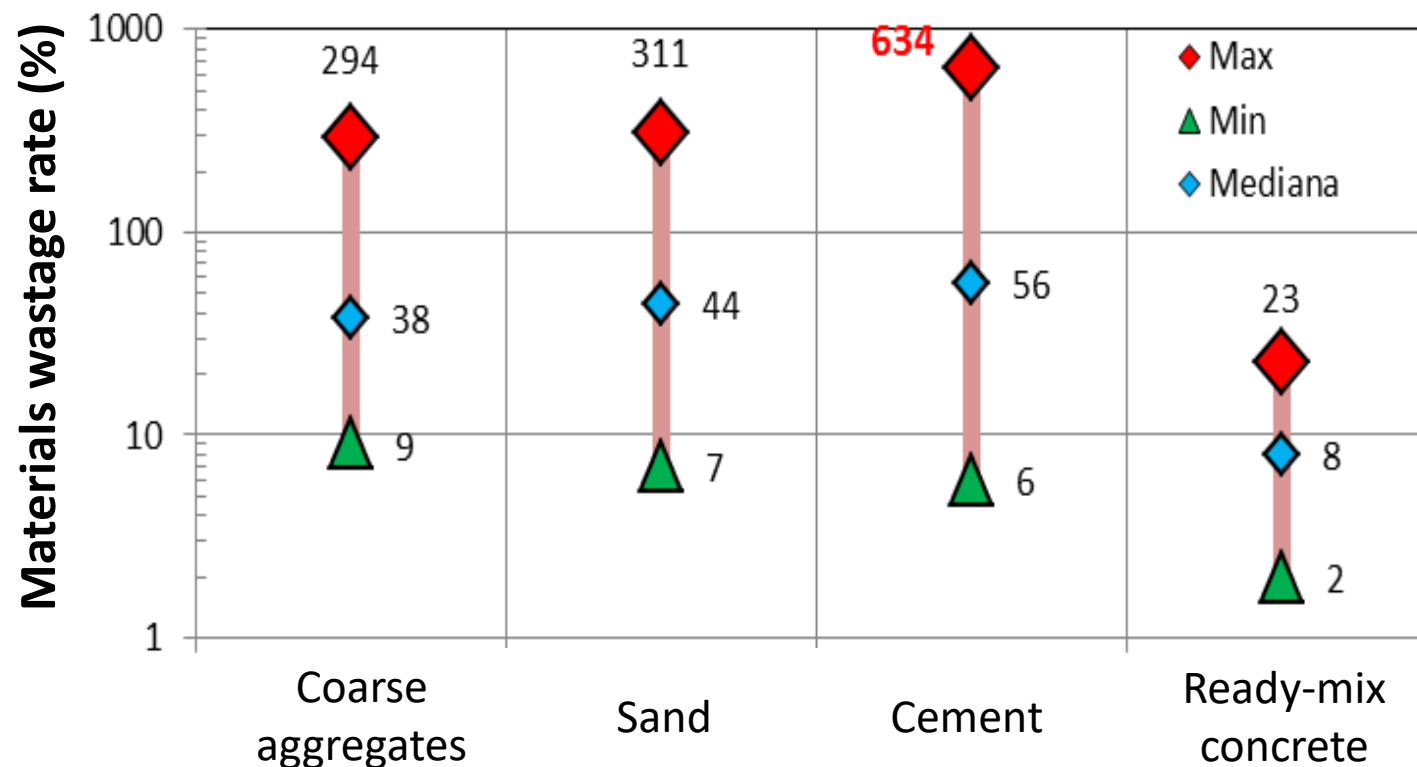
CA 50AR no CICS



Aço de alta resistência

- Estudo sistemático das vantagens
- Avanço no conhecimento
 - Critérios de dimensionamento
 - Resistência à fadiga
 - Resistência ao fogo
- Normalização
 - Produto
 - Estruturas de concreto

Industrialização: ferramenta de reduzir perdas



Data from +70 High-Rise building sites in Brazil

Scrivener, John, Gartner *Eco-efficient cements*. UN Environment, 2017 50-.



EPFL USP

Benchmarking of Resource Use and Embodied CO2 in Buildings

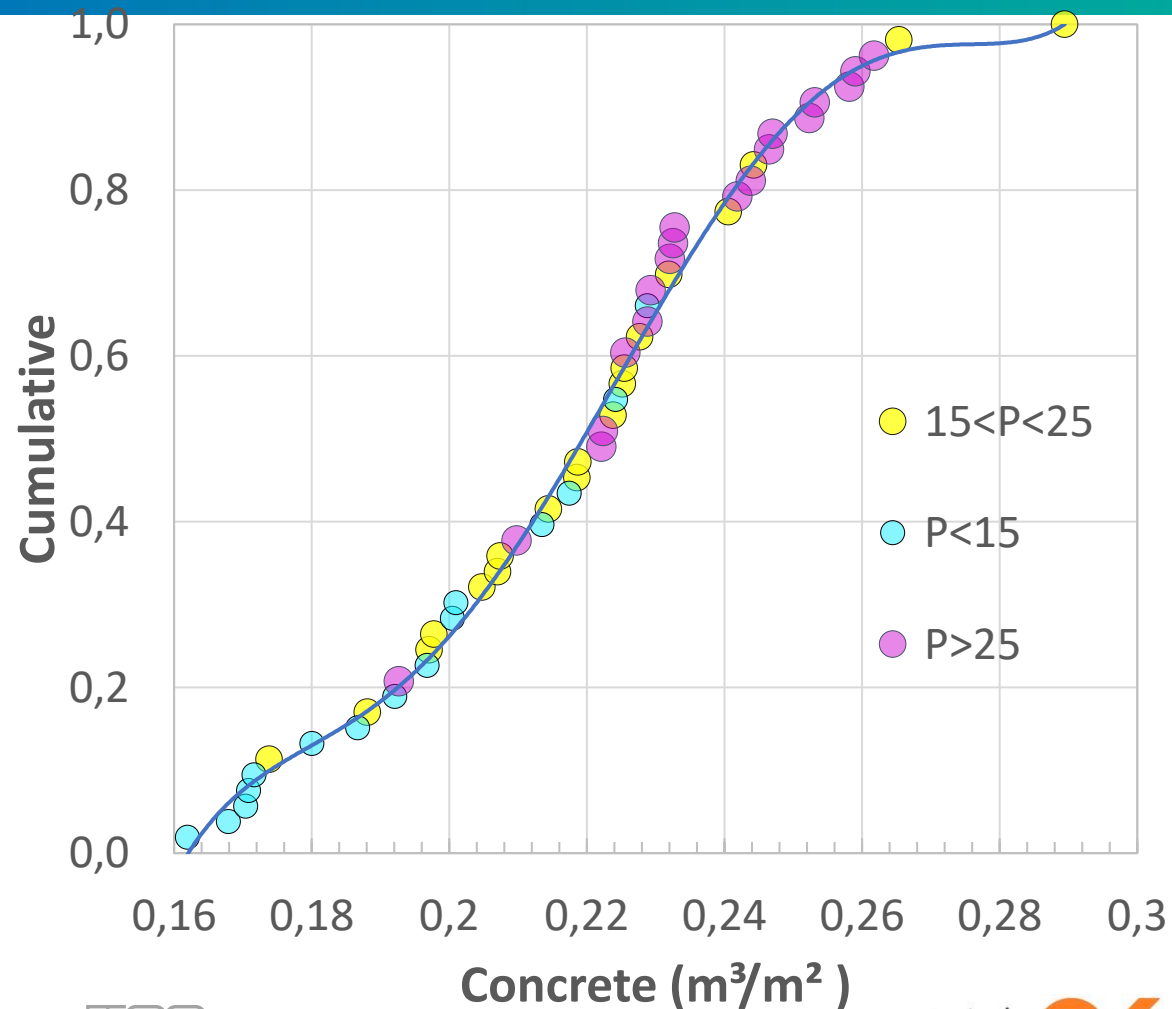
Main results

Lausanne 13 – 14 Feb 2022

Vanderley M. John
São Paulo, Brazil

Ricardo França
Cátedra Construindo o Amanhã
Abram Belk
TQS

Benchmarking of materials reinforced concrete building structures



Materials consumption:
Design decisions
Local Standards
Local loads

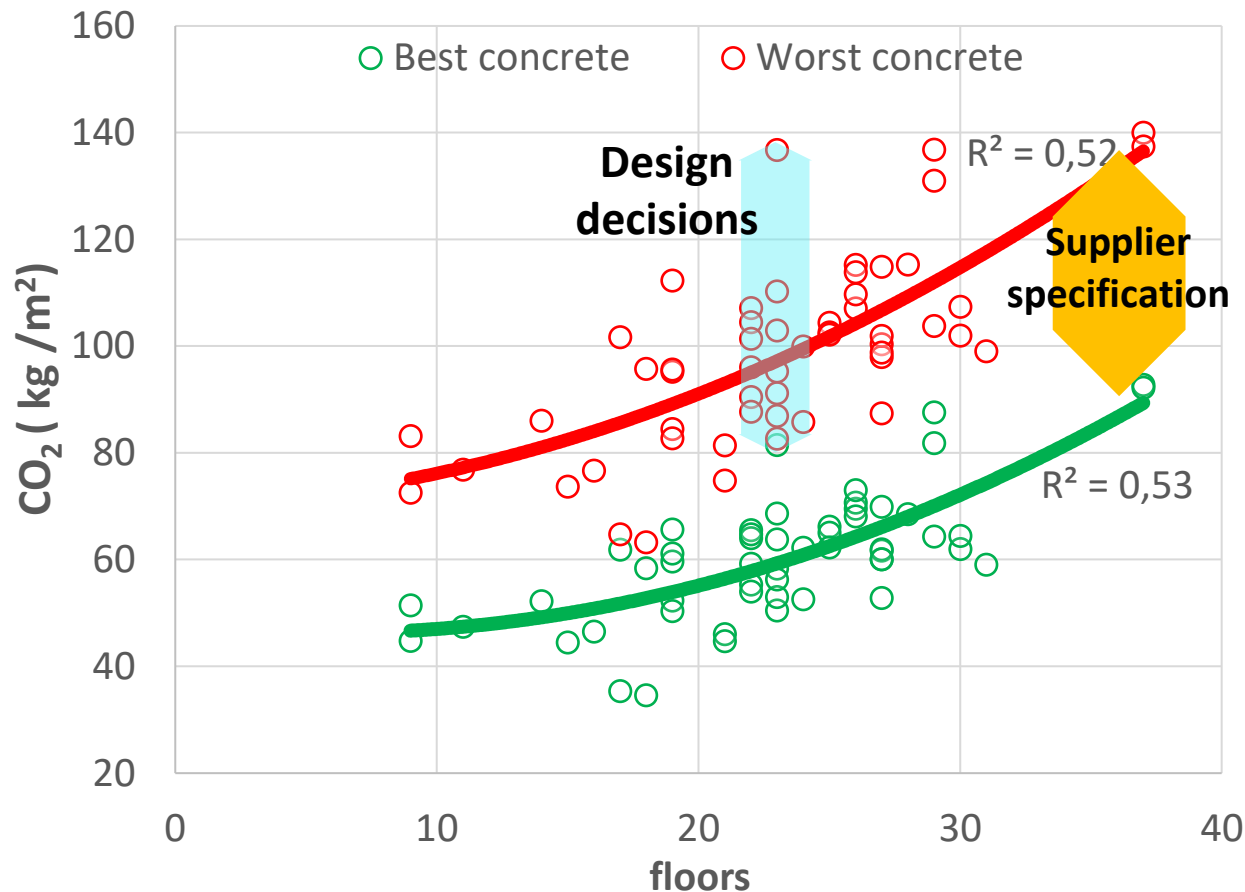
54 Brazilian High-Rise Residential Buildings

P – number of floors

Prof. Ricardo França (Poli USP, França & Associados)

To be published.

CO₂ footprint: Design decisions + supplier selection



- **Supplier selection**

- Local supply chain
 - Business scenario
 - Local materials
- Local standards
- Knowledge

54 Brazilian High-Rise Buildings

P – number of floors

Prof. Ricardo França (Poli USP, França & Associados)

To be published.

Conclusões

- O momento é de pragmatismo: soluções urgentes
 - Viáveis economicamente
 - Escaláveis
- Industrialização tem um papel fundamental
 - Desmaterialização
 - Redução de resíduos
 - Aumento da circularidade
 - Redução de carbono
- Sidac: Indicadores confiáveis padronizados e acessíveis para acompanhar a jornada



Obrigado!

vmjohn@usp.br

