

3º ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO
 3º END Produção Projeto Pesquisa CPM
 08 - 09 de julho de 2013
 São Carlos / SP

CONCRETO, SUSTENTABILIDADE E PRÉ-MOLDADO

Paulo Helene
 Diretor PhD Engenharia
 Prof. Titular Universidad de São Paulo USP
 Conselho Permanente Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON
 Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life of Concrete Structures
 Presidente ALCONPAT

USP.SC 09/07/2013 São Carlos.SP

Sustentabilidade

“...é o desenvolvimento que atende as necessidades do presente sem comprometer as do futuro...”

Ambiental – Social - Econômico

Concrete Thinking for a sustainable world PCA Portland Cement Association

WELCOME TO CONCRETETHINKER.com

WE BUILT A CITY JUST FOR YOU... TAKE THE TOUR!

SUSTAINABLE DEVELOPMENT WITH CONCRETE

Welcome to the Concrete Thinker web site, a resource to help design professionals make sustainable design a reality through the durability, versatility and energy performance of concrete.

Through application overviews, case studies and other resources and tools learn how forward-thinking architects rely on concrete to create healthy and vibrant places to work, live and play for years to come.

This site was developed by the Portland Cement Association to demonstrate how concrete can be used to achieve sustainable solutions.

Explore the site. Get inspired. Share your ideas. Be a Concrete Thinker.

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Green Building Rating System® is a registered trademark of the USGBC. Opportunities to achieve credits in LEED with concrete are highlighted throughout this web site. To go directly to an overview of LEED-NC 3.0 and concrete, see the "Sustainability Solutions" page on LEED.

Concrete Thinking E-Newsletter

E-mailed 6 times a year, Concrete Thinking contains a wide assortment of information about cement-based applications for sustainable development, including featured projects, green building news, technical resources, upcoming events, and more.

View current issue. View back issues.

Sign-up for future issues and occasional relevant news and information:

Email:

SEARCH

Concrete Joint Sustainability Initiative

About News & Events Contact

What is a Sustainable Material? The Sustainable Value of Concrete Examples & Data Choosing Concrete

Get the Toolkit How to Specify Concrete Find a Certified Concrete Plant

Choosing Concrete

How can concrete help you achieve sustainable development objectives? We have tools here to assist.

Get the Toolkit

Share the information and ideas here with others through a presentation or info sheet on select topics.

Specify Concrete on a Project

We have a collection of specification guidelines for greening the specs for standard concrete applications as well as ones for newer applications like pervious paving.

- ## Normas Recentes
- ✓ ACI Committee 130. Sustainability of Concrete
 - ✓ U.S. Green Concrete Council. Sustainable Concrete Guide. Strategies and Examples. Applications
 - ✓ ISO TC 59/SC 17. Sustainability in Building and Civil Engineering Works
 - ✓ ISO 21929-2: Sustainability Indicators (energy, materials, water and land)
 - ✓ ISO TC 207. Environmental Management
 - ✓ EN 15804:2012 - Core rules for the product category

- ## Normas Recentes
- Concrete Sustainability. Forum I, 2009; Forum II, 2010; Forum III, 2011, Forum IV, 2012 y Forum V 2012.
- “reduzir volume e reduzir CO₂”
- “concreto é um material regional e como tal deve ser tratado”
- ISO TC 71/SC 8. Environmental Management for Concrete and Concrete Structures
- ISO 13315-1: General Principles
 - ISO 13315-2: System Boundary and Inventory Data
 - ISO 13315-3: Constituents and Concrete Production
 - ISO 13315-4: Environmental Design of Concrete Structures
 - ISO 13315-5: Execution of Concrete Structures
 - ISO 13315-6: Use of Concrete Structures
 - ISO 13315-7: End of Life including Recycling
 - ISO 13315-8: Labels and Declaration

Novidades do “ACI Concrete Sustainability Forum V”. Toronto, Canadá, Outubro 2012.

1. recentemente está introduzindo critérios de projeto para sustentabilidade. Considera primordial: segurança; desempenho e durabilidade antes de sustentabilidade;
2. Aperfeiçoamento dos métodos de dosagem com misturas bem compactas a partir de distribuições granulométricas;
3. Uso de agregados reciclados, aditivos redutores de água e adição de sílica e metacaulimHP;
4. Introdução de cimento com 15% calcário moído - ASTM C 595 e CSA A3000;

Novidades do “ACI Concrete Sustainability Forum V”. Toronto, Canadá, Outubro 2012.

5. Reativar os conceitos holísticos de sustentabilidade que incluem ambiente (CO₂, matérias primas e energia), crescimento econômico, economia e aspectos sociais (saúde, conforto, mobilidade);
6. Projetar e construir estruturas de alto desempenho;
7. Projetar e construir infra-estrutura robusta e resiliente;
8. Desenvolver a industrialização.

Nos Estados Unidos também:

American High-Performance Buildings Coalition
AHPBC

*União de 27 associações
Apoiar o desenvolvimento de edifícios sustentáveis e o processo normativo*

NRMCA

The National Ready Mixed Concrete Association

- ✓ Introduziu o programa LCA (Life Cycle Assessment) completo e abrangente
- ✓ Introduziu as misturas de concreto com EPD (Environmental Product Declaration).
- ✓ Deseja incrementar vendas e melhorar a imagem do setor

EPD

Environmental Product Declaration

ISO 14025:2010

ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATIONS



O QUE É?

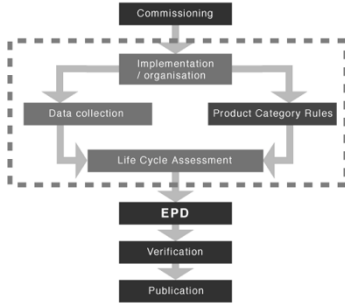
*“An EPD® is an certified environmental declaration developed in accordance with the standard ISO 14025:2010”
Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures*

O objetivo do sistema EPD é apoiar a oferta e demanda de produtos e serviços da construção civil que causem menor impacto ao meio ambiente, por meio da divulgação de dados precisos e verificáveis de processo produtivo e desempenho ambiental.

É um documento que visa a neutralidade e credibilidade dos produtos, de modo a estimular o desenvolvimento sustentável através de mercado.

EPD®

Como é elaborada uma EPD?



www.greenspec.co.uk

Logo, para redatar a declaração, deve-se:

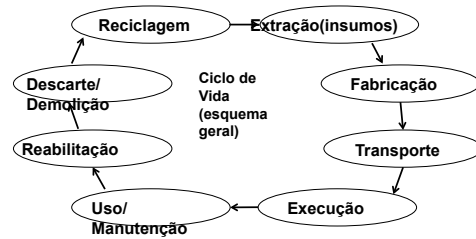
- ✓ -Pesquisar as PCRs disponíveis (*Product Core Rules*), com as diretrizes específicas do produto em análise (ex: concreto); se não houver, criar a PCR conforme *ISO 14025:2010*
- ✓ -Coletar dados necessários e realizar estudo e cálculos do LCA (*Life Cycle Assessment*)
- ✓ -Solicitar a verificação da declaração por um auditor competente do Programa EPD. O documento também poderá passar por outras avaliações de partes independentes, se necessário

Com isso a EPD pode ser validada e registrada num programa de certificação (ex: *International EPD System*)

Ela estará disponível para consulta pública e tem validade por 5 anos!

LCA (*Life Cycle Assessment*)

Esta avaliação deve estar de acordo com a PCR específica do produto, que irá indicar os requisitos mínimos e o estágios da vida útil a serem analisados



LCA (*Life Cycle Assessment*)

Considerando as etapas gerais citadas anteriormente, a *EN 15804:2012* estabelece um número mínimo de módulos de vida útil a serem citados na EPD, conforme o tipo de produto e o detalhamento necessário

-EPD 1 (Cradle to Gate)

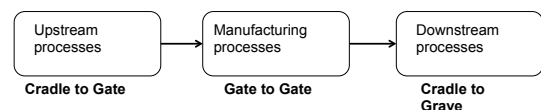
-EP2 (Cradle to Gate with Options)

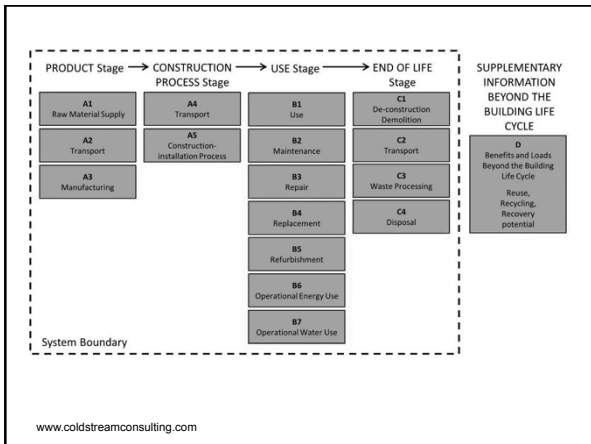
-EPD3 (Cradle to Grave)

LCA (*Life Cycle Assessment*)

Para realização dos cálculos da LCA, o *International EPD System* fornece critérios baseados na produção de uma unidade de produto declarada (*Declared Unit*), por exemplo 1m³ de concreto ou 1m² de construção

Para isso ,o processo produtivo é dividido nas seguintes etapas





O futuro aponta o LCA, LCIA e LCI ANÁLISE DO CICLO DE VIDA do “berço ao túmulo”

Indicadores de avaliação de impacto

- Potencial de aquecimento global, em kg de CO_{2,eq}
- Potencial de esgotamento de ozônio estratosférico: em kg de CFC11_{eq}
- Potencial de acidificação, em kg de SO_{2,eq}
- Potencial de eutrofização, em kg de PO_{4,3-_{eq}}
- Potencial de esgotamento de recursos abióticos, em kg de Sb_{eq}
- Potencial de formação de ozônio fotoquímico, em kg de etano

Indicadores de inventário de ciclo de vida

- Consumo de energia primária não renovável, em MJ,
- Consumo de energia primária renovável, em MJ,
- Utilização de combustíveis secundários não renováveis, em MJ,
- Utilização de combustíveis secundários renováveis, em MJ,
- Consumo de água doce, em m³,
- Produção de resíduos (perigosos, não perigosos e radioativos), em kg
- Material para reutilização, reciclagem, valorização energética, em kg

Redefining High-Performance Concrete Structures

Leo Panian; Phillip Williams; Mike Donovan
Concrete International nov. 2012 p. 23-30

1. Trazer agregados até 800km de distância é interessante
2. 70% de escória ou de cinza volante classe F
3. Fundação: 55MPa a 91dias Consumo: 119 kg/m³
4. Pilares: 55MPa, a 91 dias Consumo: 133 kg/m³
5. Lajes protendidas: 31MPa a 3dias e 41MPa a 56 dias.
Consumo = 208kg/m³

Novas Siglas

- ✓ LCA → Life Cycle Assessment
- ✓ LCI → Life Cycle Inventory Analysis
- ✓ RSL → Reference Service Life
- ✓ EPD → Environmental Product Declaration
- ✓ PCR → Product Category Rules
- ✓ LCIA → Life Cycle Impact Assessment
- ✓ ESL → Estimated Service Life
- ✓ EPDB → Energy Performance of Buildings Directive

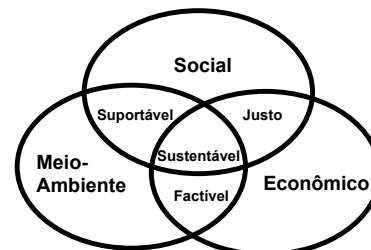
Novas Siglas

- ✓ Há 40anos ...

CA e CP
CA50A e CA50B

A Construção Sustentável

Tripé da Sustentabilidade



O que é LEED?

(Leadership in Energy and Environmental Design)
 Certificação para edifícios sustentáveis criada e concedida pela ONG norte-americana *U.S. Green Building Council (USGBC)*, no Brasil essa certificação é feita pelo Green Building Council Brasil.



LEED

O objetivo do sistema é reduzir a emissão de carbono do “ambiente construído” e criar um sistema competitivo para a eficiência de edifícios, recompensando a prática de melhor design, construção e manutenção e criando um mercado de produtos mais sustentáveis para o setor construtivo.

A última versão do LEED também inclui Créditos Regionais que permite a tropicalização, ou a adequação do sistema, para qualquer lugar ou clima do mundo.

E por ser um sistema de certificação documentado online, isto também permite o crescimento e a adoção internacional do LEED, criando um padrão mundial de fato para construções sustentáveis.

Aplica-se a obras novas de edificações comerciais ou habitacionais, obras industriais, edifícios escolares, edifícios existentes, focando projeto e construção, projeto de interiores, operação e manutenção (uso).

Para mais informações sobre o LEED no Brasil consultar o GBC Brasil.

LEED

Leadership in Energy and Environmental Design
 (Liderança em Energia e Projeto Ambiental)

É um sistema de pontuação desenvolvido pelo USGBC (Estados Unidos Green Building Council dos EUA) para medir o desempenho ambiental de design, construção e manutenção de edifícios.

O sistema é usado para comparar o desempenho ambiental entre um edifício e outro pela soma de créditos de 1-110.

Os quatro níveis de certificação e pontuação são:

Certified	→ 40-49 créditos
Silver	→ 50-59 créditos
Gold	→ 60-79 créditos
Platinum	→ 80-110 créditos

Benefits > LEED
Green Building Rating System

What is LEED?
 Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) is a rating system devised by the United States Green Building Council (USGBC) to evaluate the environmental performance of a building and encourage market transformation towards sustainable design. The system is credit-based, allowing projects to earn points for environmentally friendly actions taken during construction and use of a building. LEED was launched in an effort to develop a “consensus-based, market-driven rating system to accelerate the development and implementation of green building practices.” The program is not rigidly structured; not every project must meet identical requirements to qualify.

These LEED products are currently available:

- LEED - v3.0 for New Construction and Major Renovations
- LEED - for Homes
- LEED - for Core and Shell
- LEED - for Existing Buildings: Operations and Maintenance
- LEED - for Commercial Interiors
- LEED - for Schools
- LEED - for Retail
- LEED - for Healthcare
- LEED - for Neighborhood Development (in pilot stage)

Detailed information on the LEED program and project certification process is available from USGBC at <http://www.usgbc.org/>. The program outlines the intent, requirements, technologies, and strategies for meeting each credit. Credits are broken down into individual points. A building requires at least 40 points for certification in LEED-NC v3.0. Silver, gold, and platinum levels are also available.

Green Building Design & Construction (BD&C)

Category	PREVIOUS LEED-NC v2.2		NEW 2009 LEED-BD&C v3*		CHANGE
	Prerequisites	Credits	Prerequisites	Credits	
Sustainable Sites	1	14	1	26	+12 credits
Water Efficiency	-	5	1	10	+1 prereq; +5 credits
Energy & Atmosphere	3	17	3	35	+18 credits
Materials & Resources	2	13	2	14	+1 credit
Indoor Environmental Quality	3	15	3	15	no change
Innovation in Design	-	5	-	6	+1 extra credit
Regional Priority	-	-	-	4	+4 extra credit
Total Points	9	69	10	100 + 10	

*Point structure is shown for LEED for New Construction and Major Renovations. LEED for Core & Shell and LEED for Schools point structures vary.

Como o Concreto pode Contribuir?

LEED Credit Contribution Potential

Pode contribuir para os créditos LEED nas categorias:

Credit 1.1 → **Innovation and Design**, desde que cimento ≤ 0,6°C

Credit 4.1 → **Recycled Content, 10%** (um ponto)

Credit 4.2 → **Recycled Content, 20%** (dois pontos)

Credit 5.1 e 5.2 → **Materials and Resources** category, if materials used in the mixture are extracted or produced within 500 miles of the project site (um ponto para 10% e dois pontos para 20%)

Concretos de Alto Desempenho: Um futuro Sustentável

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:



f_{ck} de projeto: 50MPA
Utilização de Protensão para redução de dimensões da estrutura.

Rochaverá Corporate Towers
São Paulo/SP

Concretos de Alto Desempenho: Um futuro Sustentável

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:



f_{ck} de projeto: 50MPA
Utilização de Protensão para redução de dimensões da estrutura.

Ventura Corporate Towers
Rio de Janeiro/RJ

Concretos de Alto Desempenho: Um futuro Sustentável

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:



f_{ck} de projeto: 50MPA

Eldorado Business Tower
São Paulo/SP
PLATINUM

Concretos de Alto Desempenho: Um futuro Sustentável

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no Brasil:



Razões do Platinum:

- ✓ Uso racional de água
- ✓ Impacto urbano
- ✓ Eficiência energética
- ✓ Cuidado ambiental - resíduos
- ✓ Ar condicionado
- ✓ Frenagem de elevadores
- ✓ Materiais sustentáveis

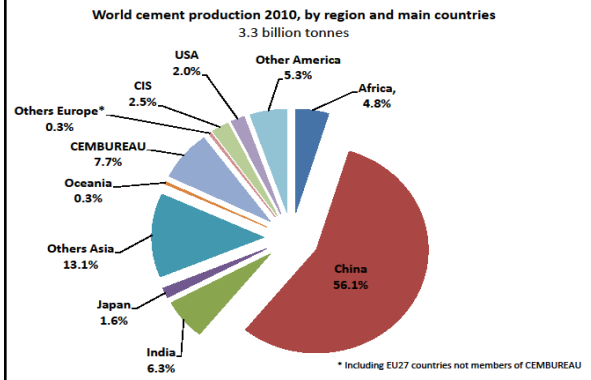
Concretos de Alto Desempenho: Um futuro Sustentável

Porque esses Programas controlam muito o edifício em USO e não dão muita importância aos Materiais e Estrutura ?

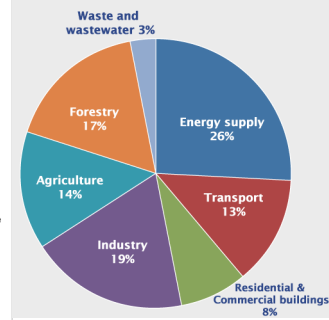
O Concreto em 2010

3,3 bilhões de t de cimento
60% para concreto
2 bilhões de t de cimento
320kg/m³
6,2 bilhões de m³
16 bilhões de t
4 bilhões de m³ de agregado
1,2 trilhões de litros de água

O Concreto em 2010



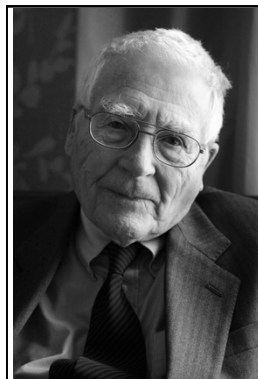
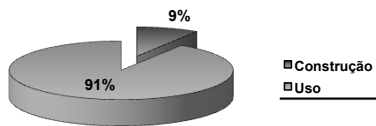
Global Greenhouse Gas Emissions by Source



Source: IPCC (2007), [EXIT Disclaimer] based on global emissions from 2004. Details about the sources included in these estimates can be found in the Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Edificação - Emissões de GWP

Considerando uma vida útil de 50 anos para uma habitação de classe média →
Visão holística: operação e uso



James Ephraim Lovelock (1919)

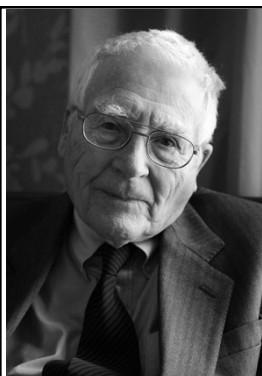
Lovelock é um pesquisador independente e ambientalista que vive na Cornualha no oeste da Inglaterra.

A *hipótese de Gaia* foi sugerida por Lovelock, para explicar o comportamento sistêmico do planeta Terra. A Terra é vista, nesta teoria, como um *superorganismo*.

Lovelock inventou muitos instrumentos científicos utilizados pela NASA para análise de atmosferas extraterrestres e superfície de planetas.

Em 1958 inventou o *Detector de Captura de Elétrons*, que auxiliou nas descobertas sobre a persistência do CFC e seu papel no empobrecimento da camada de ozônio.

Em 2004 Lovelock surpreendeu os ambientalistas ao afirmar que "nuclear pode deter o aquecimento global".



James Ephraim Lovelock (1919)

Considerado um dos Pais da *Teoria do Aquecimento Global*, agora volta atrás e se arrepende considerando que estava equivocado e que agiu de forma alarmista.

Em outras palavras o CO_2 não é mais bandido e a *Revolução Industrial* não destruirá a humanidade...

Falácia do Aquecimento Global

- ✓ veja.abril.com.br/blog/reinaldo/geral/guia-espiritual-da-turma-do-%E2%80%9Caquecimento-global%E2%80%9D-confessa-era-alarmismo-leia-dilma-antes-de-se-submeter-a-patrolha-no-caso-do-codigo-florestal
- ✓ <http://programadojo.globo.com/videos/v/o-aquecimento-global-e-uma-mentira-e-o-que-afirma-o-climatologista-ricardo-augusto/1930554/>
- ✓ <http://video.google.com/videoplay?docid=-3309910462407994295#>
- ✓ http://www.youtube.com/watch?v=ZiuDo1_ct1g&feature=related
- ✓ <http://www.youtube.com/watch?v=Pqz4yMzBwFo&feature=related>
- ✓ <http://www.youtube.com/watch?v=mcJVoaSWgSY>

CONCLUSÕES

- **Cimento não é vilão principal**
- **Material concreto não é inservível nem proibido**
- **não é irresponsável nem bandido**

**O Conceito é
lindo e
podemos fazer
melhor !**

**Como caminhar em
direção à
SUSTENTABILIDADE (NOBRE)
nas estruturas de
concreto?**

Alternativas

- 1.
- 2.
3. auto-adensável
4. empregar concreto de elevada vida útil
5. empregar concreto de alta resistência
6. industrializar o processo

1. Atuando sobre os materiais constitutivos:

- cimento
- agregado miúdo
- agregado graúdo
 - água;
 - aditivos;
- armadura / aço;
 - fôrma

A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- 1999
- 10 grupos internacionais
- No México: CEMEX
- No Brasil: Votorantim

A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- 24 grupos ao redor do mundo inteiro são membros do CSI
- No Brasil:



COMO MITIGAR as EMISSÕES DE CO₂?



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- Eficiência Energética
- Combustíveis alternativos
- Adições ao cimento
- Captura e armazenamento de carbono

COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

Segundo o WBCSD – CSI, no estudo “Getting the Numbers Right” (GNR):

“Brazil is the leader in the use of biomass as substitute fuel, with 12% of total thermal energy generated. Adding 9% fossil waste, Brazil also replaces more than one fifth of fossil fuels with alternative fuels”.

Concretos: Um futuro Sustentável

2. Empregando concretos com agregados reciclados a partir de resíduos gerados por construções novas ou demolições

Agregados reciclados



- Reciclados de base cimentícia (concreto e argamassas)
- Reciclados de base cerâmicas (pisos, alvenarias)
- Substituição de 20% a 50% do agregado miúdo e graúdo sem prejuízo da resistência e da durabilidade

Concretos: Um futuro Sustentável

3. Empregando concreto auto-
adensável de elevado desempenho
SCC



estudo comparativo



concreto
auto-adensável



concreto
vibrado

10 x produtividade

CC: moldagem e acabamento: 4,4min + 3,3min
n° de operários empregado: 5 (cinco)
caçamba (2), vibração (1) e acabamento (2)

0,870 homens-hora / m³ de concreto

CAA: moldagem e acabamento: 1,2min
n° de operários empregado: três (3)
caçamba (1) e acabamento (2)

0,081 h.h/ m³ de concreto



SCC

1. reduz ruído → saúde
2. reduz tempo → produtividade
3. aumenta uniformidade
4. reduz energia elétrica → não usa vibrador
5. reduz desgaste de fôrmas
6. aumenta vida útil

Concretos: Um futuro Sustentável

4. Empregando concreto de elevada vida útil

Carbonatação

$$e = 2,0 \text{ cm}$$

$$f_{ck} = 15 \text{ MPa} \rightarrow t = 8 \text{ anos}$$

$$f_{ck} = 50 \text{ MPa} \rightarrow t = 240 \text{ anos}$$

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa} \rightarrow t = 38 \text{ anos}$$



Sustainable Development

“Increasing service life of concrete structures we can preserve the natural resources.

If we develop the design and construction ability we can get concrete structures with 500 years service life. Doing this we can multiply by ten our productivity which means preserve the 90% of them”

Kumar Mehta
Reducing the Environmental Impact of Concrete
Concrete International, ACI, v.23, n. 10, Oct. 2001. p.61-66

Concretos: Um futuro Sustentável

5. Empregando concreto de alta resistência HSC

Concretos: Um futuro Sustentável

- CO₂?
- Energia?
- Recursos naturais?
- Vida Útil?

Concretos: Um futuro Sustentável

Pilar para 500t

$$f_{ck} = 20\text{MPa}$$

$$f_{ck} = 50\text{ MPa}$$

Considerando um pilar central típica de um edifício de 20 andares seção quadrada, 3m de altura, armadura principal

Força normal característica = 500 tf

f_{ck} (MPa)	taxa de reforço (%) → total do pilar	seção (cm)	adotado (cm)
20	0.4 → 49kg	71.8 x 71.8	72 x 72
50	0.4 → 24kg	46.9 x 46.9	50 x 50
20	4.0 → 255kg	51.2 x 51.2	52 x 52
50	4.0 → 151kg	39.5 x 39.5	40 x 40

Concretos: Um futuro Sustentável

$$f_{ck} = 20\text{MPa}$$

$$\text{Cimento} = 280\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Areia} = 845\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Brita} = 1036\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Água} = 210\text{ kg/m}^3$$

Concretos: Um futuro Sustentável

$$f_{ck} = 50\text{MPa}$$

$$\text{Cimento} = 420\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Areia} = 801\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Brita} = 1010\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Água} = 160\text{ kg/m}^3$$

Emissões gasosas e energia consumida

Material	NOx (kg/t)	CO ₂ (kg/t)	GWP (kg/t)	Energia consumida (kWh/t)
Clinker Portland (= CP I)	1,85	855	1447 (880)	998
ferro gusa (minério) CA 50 & CA 60 (sucata)	4,43	1588 380	3006 719	5.060 20.000

*Global warming potential (GWP) is a measure of how much a given mass of greenhouse gas is estimated to contribute to global warming. It is a relative scale which compares the gas in question to that of the same mass of carbon dioxide.

Concreto estrutural f_{ck} 20MPa

	Para 1 m ³	GWP kg/t	GWP kg/m ³	Energia kWh/m ³
Cimento CP I	280kg	1447	405	280
Areia	845kg	0	0	1
Pedra	1036kg	0	0	12
Água	210kg	0	0	0
Aço	32kg	719	23	640
	315kg		226	6300
Formas 12 m ² /m ³ 6 reutilizações chapa de 1,4cm	0,0280 m ²	0	0	43
TOTAL			428	933
			631	6636

Concreto estrutural f_{ck} 50MPa

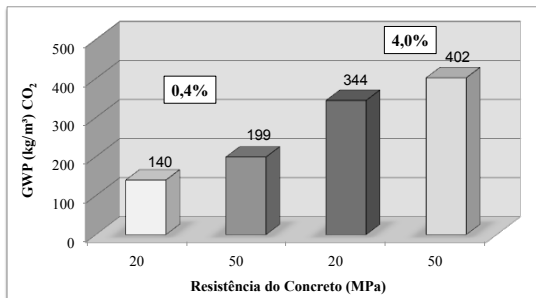
	Para 1 m ³	GWP kg/t	GWP kg/m ³	Energia kWh/m ³
Cimento CP I	420kg	1447	607	419
Areia	801kg	0	0	3
Pedra	1010kg	0	0	12
Água	160kg	0	0	0
Aço	32kg	719	23	640
	315kg		226	6300
Formas 12 m ² /m ³ 6 reutilizações chapa de 1,4cm	0,0280 m ²	0	0	43
TOTAL			630	1117
			833	6777

1 m³ de Concreto estrutural

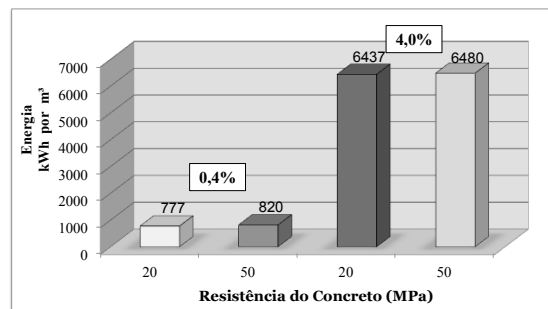
Material	Tipo	f_{ck}	GWP kg/m ³	Energia kWh/m ³
		MPa		
concreto armado	CP I	20	428 / 631	933 / 6636
concreto armado	CP III	20	140 / 344	777 / 6437
concreto armado	CP I	50	630 / 833	1117 / 6777
concreto armado	CP III	50	199 / 402	820 / 6480

0,4% & 4% de taxa de armadura

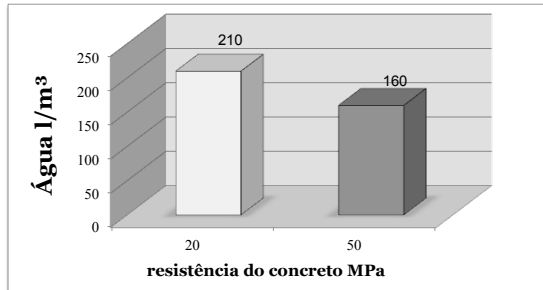
1 m³ de concreto estrutural com 70% escoria



1 m³ de concreto estrutural



1 m³ de concreto estrutural



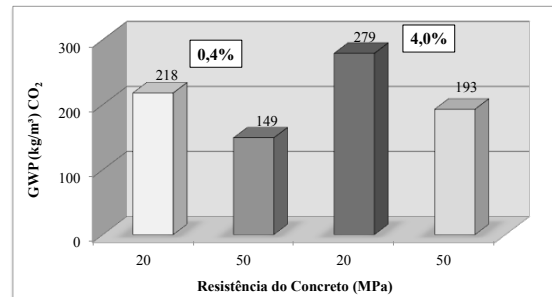
Pilar com 3m 0,4% reforço, 500tf

Material	f _{ck}	seção	energia	GWP
	MPa	cm	kWh	kg
concreto armado	20	72x72	1208	218
concreto armado	50	50x50	615	149

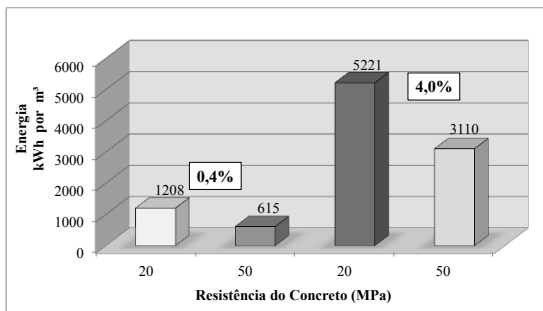
Pilar com 3m 4% armadura, 500tf

Material	f _{ck}	Seção	energia	GWP
	MPa	cm	kWh	kg
concreto armado	20	52x52	5221	279
concreto armado	50	40x40	3110	193

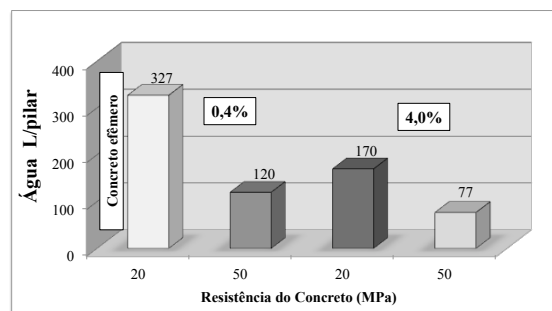
Pilar com 3m de altura, seção quadrada, 500tf



Pilar com 3m de altura, seção quadrada, 500tf



Pilar com 3m de altura, seção quadrada, 500tf



Investigação / Pesquisa:

Qual é o Concreto Estrutural mais Sustentável?

$$f_{ck} = 25\text{MPa}$$

$$f_{ck} = 30\text{MPa}$$

$$f_{ck} = 35\text{MPa}$$

Pesquisa de Doutorado do Eng. Ricardo Bento, IAU.USP, Prof. Rossignolo

Investigação: edifício em concreto armado

- Planta baixa;
- 8 pavimentos tipo;
- cobertura, escadas e reservatório superior

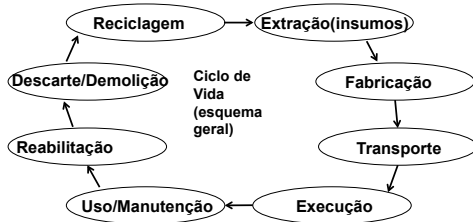
análise comparativa:

- 25 MPa,
- 30 MPa, mantidas as mesmas dimensões das peças estruturais de 25MPa.
- 35MPa, com redução das dimensões das peças

Pesquisa de Doutorado do Eng. Ricardo Bento, IAU.USP, Prof. Rossignolo

LCA (Life Cycle Assessment)

Esta avaliação deve estar de acordo com a PCR específica do produto, que irá indicar os requisitos mínimos e o estágios da vida útil a serem analisados



a guide to understanding the embodied impacts of construction products

construction products association

RESEARCH REPORT R11-01, Methods, Impacts, and Opportunities in the Concrete Building Life Cycle, Department of Civil and Environmental Engineering, Concrete Sustainable Hub, Massachusetts Institute of Technology, august, 2011.

ILCD handbook – International reference Life Cycle Data System; General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance, Publications Office of the European Union, 2012, 394 p.

ISO 14025:2006

Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures

concreto armado

... do berço à tumba...

Category	Unit	Total	Materials	Production	Transport	End of Life
Global warming	[g CO ₂ -eq]	102 610,0	67 800,0	27 000,0	3 720,0	3 390,0
Acidification	[g SO ₂ -eq]	836,6	535,0	266,0	35,3	0,3
Eutrophication	[g NO ₃ -eq]	712,2	471,0	179,0	59,2	3,0
Photochemical smog	[g C ₂ H ₄ -eq]	24,2	18,0	0,8	4,6	0,7

Pesquisa edifício de concreto armado

Os resultados obtidos, em relação aos impactos estudados foram:

	25 MPa	30 MPa	35 MPa
Eutrofização	Maior	Médio	Menor
Formação de ozônio fotoquímico	Maior	Médio	Menor
Consumo de recursos Materiais	Maior	Médio	Menor
Consumo de recursos energéticos	Maior	Médio	Menor
Ecotoxicidade	Maior	Médio	Menor
Aquecimento Global	Médio	Maior	Menor
Toxicidade humana	Maior	Médio	Menor
Acidificação	Médio	Maior	Menor
Resíduos	Médio	Maior	Menor

Ricardo BENTO, doutorado IAU.USP.

Pesquisa edifício de concreto armado

Conclusão:

Para todas as categorias de impacto a estrutura com f_{ck} de 35MPa é ambientalmente a que menos impacta o meio ambiente, exercendo a mesma função, seguida pela estrutura com f_{ck} de 30MPa e por último a estrutura com f_{ck} de 25 MPa.

Ricardo BENTO, doutorado IAU-USP.

Essas ferramentas ambientais claramente estabelecidas na série ISO14025 permitem a criação de uma declaração tipo III, ou seja, permitem uma classificação objetiva de produtos e serviços para construção civil

Desse modo, cria-se **uma transparência** dos produtos quanto aos seus impactos ambientais.

A revolução que está em curso, a partir desses conceitos, torna possível a utilização de uma metodologia padronizada de coleta de dados, avaliação de impactos ambientais, acesso à informação homogeneizada e à revisão permanente do desempenho ambiental dos produtos e serviços

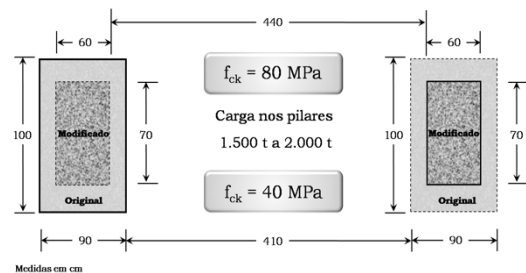


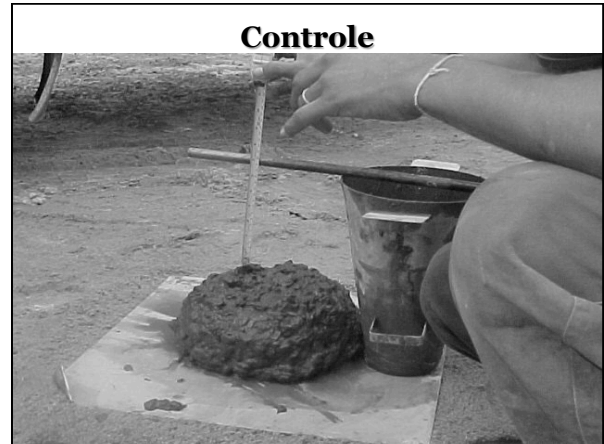
e-Tower

- Edifício e-Tower SP
- 42 andares
- heliponto
- piscina semi-olímpica
- academia de ginástica
- 2 restaurantes
- concreto colorido
- f_{ck} pilares = 80 MPa



Projeto estrutural (e-Tower)






Economia de Recursos Naturais

Original:
 $f_{ck} = 40\text{MPa}$
 seção transversal $\rightarrow 90\text{cm} \times 100\text{cm}$ 0,90m²


HPC / HSC:
 $f_{ck} = 80\text{MPa}$
 seção transversal $\rightarrow 60\text{cm} \times 70\text{cm}$ 0,42m²

Sustentabilidade



- 70% menos areia
- 70% menos brita
- 53% menos concreto
- 53% menos água
- 20% menos cimento
- 31% menos área de fôrma

Sustentabilidade



- 25% a mais de reaproveitamento da fôrma
- 43% menos aço
- 16 coches a mais
- 3x mais vida útil
- 100% desfôrma mais rápida

Pontos Importantes

Conceito de rendimento:

Considerando apenas o conteúdo do cimento:

Concreto 120MPa → 4,0kg/MPa
→ clínquer / MPa

Concreto de 40MPa → 6,7 kg/MPa
→ 2,1kg clínquer / MPa

Concreto de 20MPa → 11,5 kg/MPa
→ 3,5kg clínquer / MPa

Concreto Sustentável é:

- mais resistente
- mais durável
- mais humano (< ruído e < esforço físico)
- consumir menos recursos (materiais não renováveis)
- consumir menos água
- consumir menos energia
- produzir menos resíduos e menos entulho

Sustentabilidade combina
em gênero, número e grau com

Concreto Pré-Moldado

