



CONCRETO & SUSTENTABILIDADE



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene

Diretor PhD Engenharia

Prof. Titular Universidad de São Paulo USP

Conselheiro Permanente Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON

Member fib(CEB-FIP) Model Code for Service Life of Concrete Structures

Presidente ALCONPAT

SINDUSCON

10 de setembro de 2013

São Paulo.SP

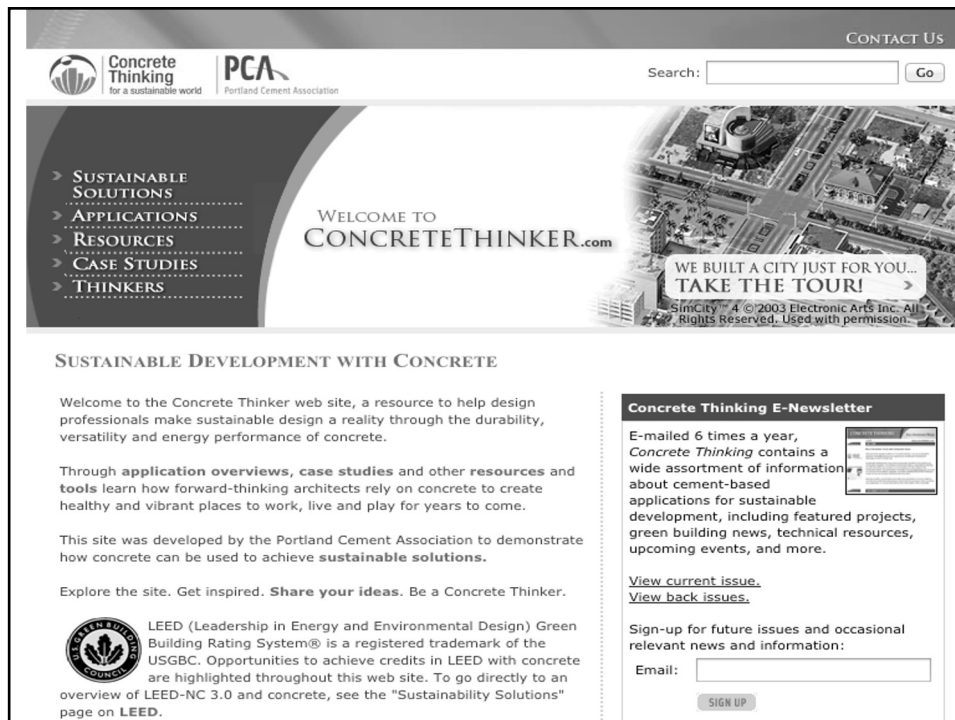
1

Sustentabilidade

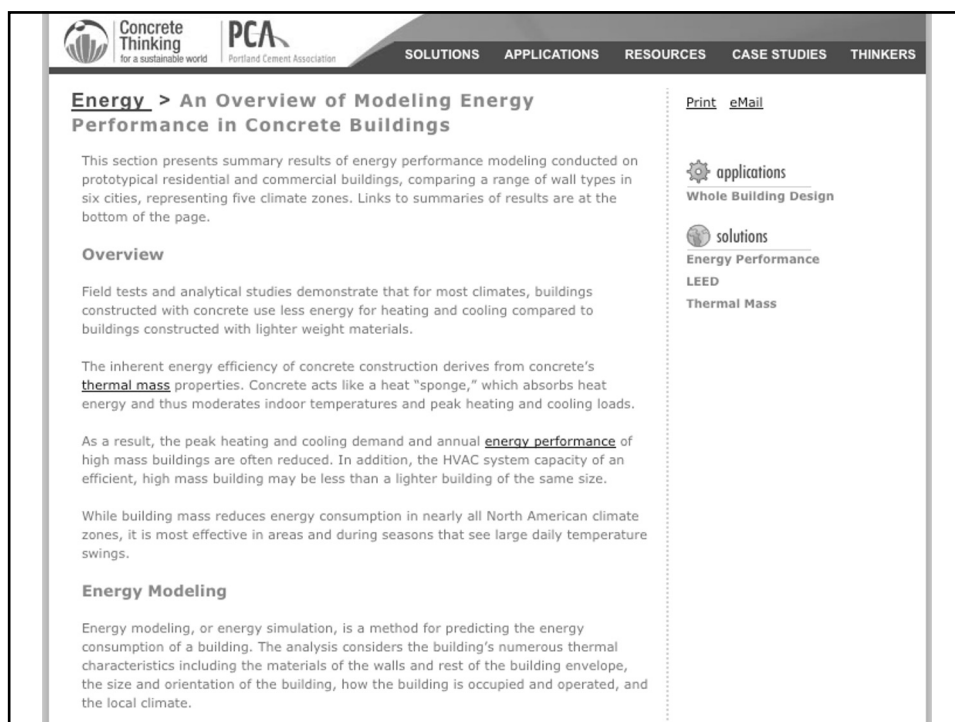
“...é o desenvolvimento que
atende as necessidades do
presente sem comprometer as do
futuro...”

Ambiental – Social - Econômico

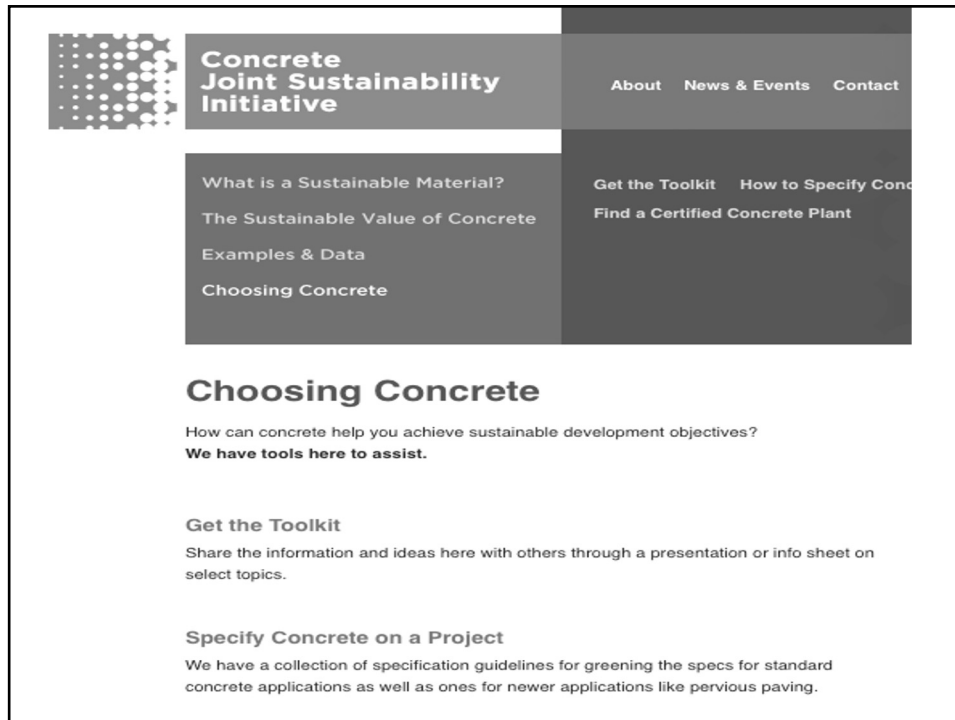
2



3



4



5

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

6

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

7

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

1. ACI 318 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;

8

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.

9

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 EPD para classificar traços de concreto (Environmental Product Declaration).*

✓ *Trabalha para melhorar a imagem do setor*

10

EPD

Enviromental Product Declaration

ISO 14025:2010

11

ENVIROMENTAL PRODUCT DECLARATIONS



12

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

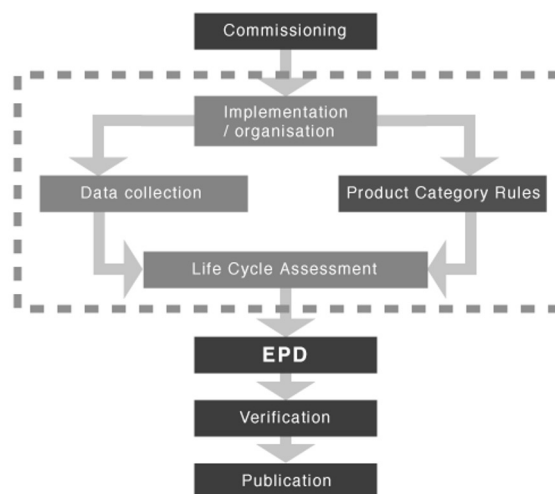
O objetivo do sistema EPD é apoiar a oferta e demanda de produtos e serviços da construção civil que causem menor impacto ao meio ambiente, por meio da divulgação de dados precisos e verificáveis de processo produtivo e desempenho ambiental.

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



13

Como é elaborada uma EPD?



www.greenspec.co.uk

14

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 análises de LCA (*Life Cycle Assessment*)**
- ✓ **Solicitar a verificação da declaração por um auditor do Programa EPD**

15

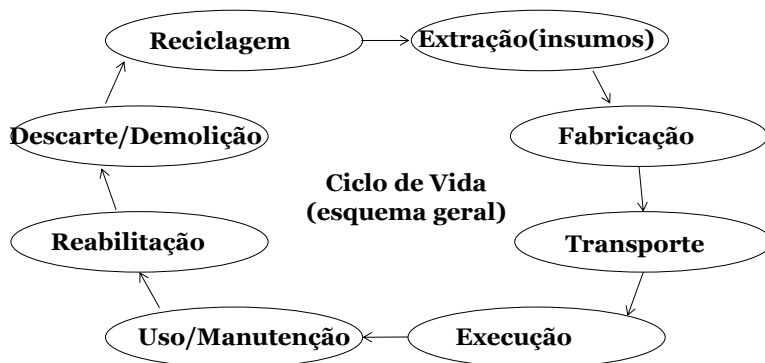
Com isso a EPD pode ser validada e registrada num programa de certificação (ex: *International EPD System*)

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

16

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



17

LCA (Life Cycle Assessment)

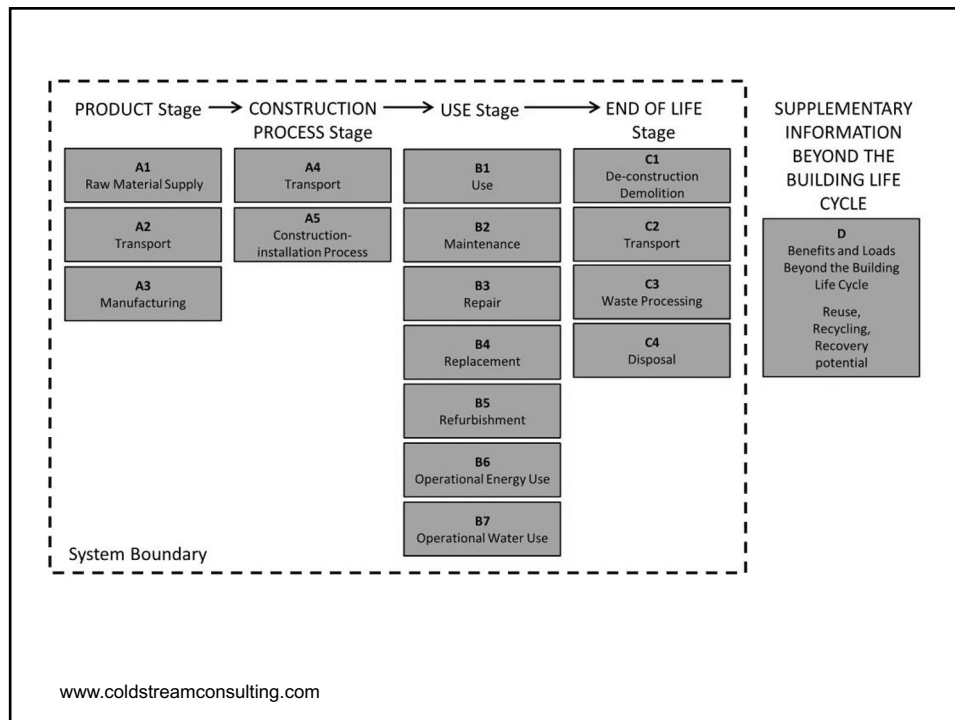
Considerando as etapas gerais citadas anteriormente, a **EN 15804:2012** estabelece um *número mínimo* de módulos de vida útil a serem citados na EPD, conforme o tipo de produto e o detalhamento necessário

-EPD1 (Cradle to Gate) (*berço ao portão*)

-EP2 (Cradle to Gate with Options)

-EPD3 (Cradle to Grave) (*berço ao túmulo*)

18



19



Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Mecânica



Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida-PBACV

Armando Caldeira-Pires
Coordenador do CT2-Inventários/PBACV (Prof. UnB)

OFICINA 02: GT CONSTRUÇÃO/CT2/PBACV
Inmetro, 21 de Junho de 2013

© Armando Caldeira-Pires - Projeto Brasileiro de ICV – Jun2013

20



Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Mecânica



Projeto Brasileiro “ICV para a Competitividade da Indústria Brasileira” ICV Brasil

MCT, IBICT, FINEP, Inmetro, INT, UnB, USP, UTFPr,
CNI, SEBRAE, Petrobras, ABCV, Abipti, ABNT

Reuniões Preparatórias: de 2004 a 2006
Início Oficial: Novembro 2006

Coordenação: Instituto Brasileiro para Informação Científica e Tecnológica-IBICT/MCT
Apoio: MCT

Fim da Primeira Fase: 2010
Apoio para a 2a. Fase (2010-2012): MCT/MDIC

© Armando Caldeira-Pires - Projeto Brasileiro de ICV – Jun2013

21



Universidade de Brasília
Departamento de Engenharia Mecânica

Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida - Organograma



PBACV

- Comitê Gestor
- Comitê de Coordenação
 - Comitês Técnicos
 - CT1 – Captação de Recursos
 - CT2 – Inventários
 - Grupos de Trabalho Setoriais: Gestão de Base de Dados; Construção; Metais, Energia Elétrica, Combustíveis, Agropecuária, Plásticos (Química), Eletroeletrônicos (Fim de Vida)
 - CT3 – Avaliação de Impactos Ambientais
 - CT4 – Disseminação
 - CT5 - Capacitação

© Armando Caldeira-Pires - Projeto Brasileiro de ICV – Jun2013

22



OFICINA 02: GT CONSTRUÇÃO/CT2/PBACV

GT CONSTRUÇÃO: Metas e resultados parciais
Coord. do GT Construção: Raquel Naves Blumenschein

realização:  apoio: 

23

**GRUPO DE TRABALHO DA
CONSTRUÇÃO**

➔

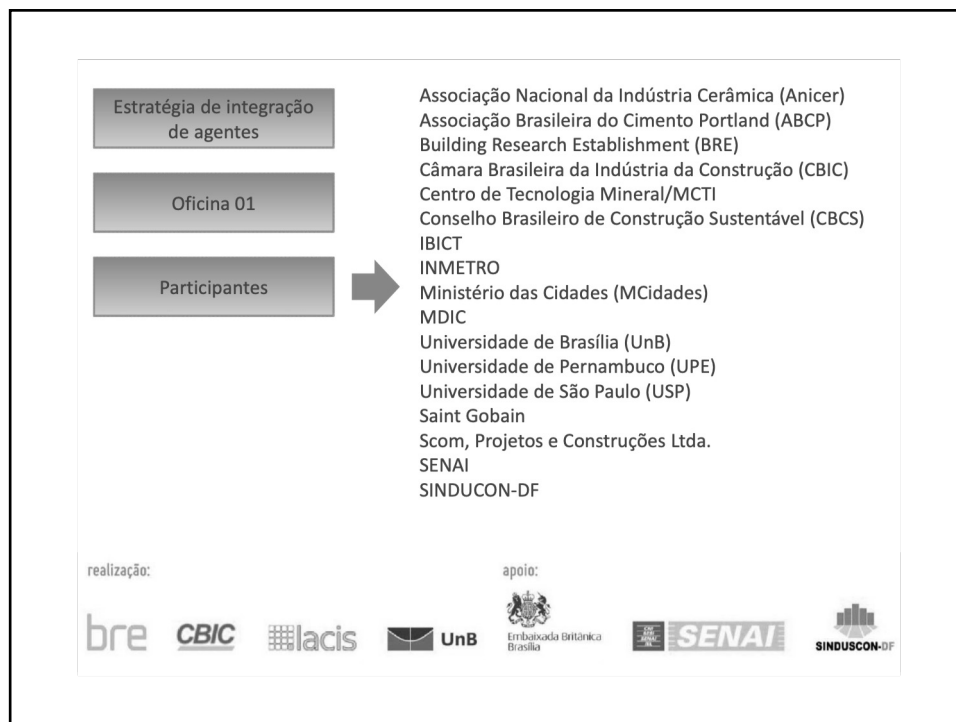
O GT da Construção foi criado pela Comissão Técnica de Inventários (CT2) de acordo com o regimento interno das Comissões Técnicas do Comitê Gestor do PBACV, Capítulo III, artigo 5º, item VII.

O GT Construção, Coordenado pela CBIC, que indicou o Lacis/UnB para representá-la, foi aprovado em Reunião da Comissão Técnica realizada em 22/11/11.

Principal tarefa dos GTs: Identificar as principais atividades a serem desenvolvidas de interesse do setor de cada grupo de trabalho da CT2 e no âmbito do PBACV; identificar as parcerias fundamentais e as fontes de financiamento necessárias à execução destas atividades. As parcerias serão convidadas pelo coordenador do GT e/ou Coordenador da CT2.

realização:  apoio: 

24



25

ACV-m

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

Projeto ACV-m: Avaliação de Ciclo de Vida Modular

ACV tradicional x ACV-m

Benefícios da iniciativa

Origem da iniciativa

Projeto ACV-m de Blocos e Pisos de Concreto

Equipe

Fale Conosco

Projeto ACV-m: Avaliação de Ciclo de Vida Modular

A iniciativa Avaliação de Ciclo de Vida Modular (ACV-m) do CBCS visa criar uma plataforma de informações com indicadores de sustentabilidade de materiais, produtos e componentes para auxiliar profissionais e consumidores na tomada de decisão.

A seleção de materiais, produtos e componentes amparada por critérios ambientais, sociais e econômicos é fundamental para o **gerenciamento da sustentabilidade** no setor de construção. O projeto ACV- envolve o levantamento de dados de produção junto aos fabricantes e sua consolidação em uma **plataforma de consulta**, o que permite a fácil e correta comparação entre produtos e fornecedores. Para isso, o CBCS tem como meta envolver o setor de construção para levantamento dos principais produtos, a partir de uma **metodologia comum**, com manuais e orientações a serem aplicados pelas empresas e setores participantes, para medição e sistematização compatível de dados.

O que é medido no ACV-m?

A iniciativa propõe a identificação de **cinco aspectos mínimos**, possíveis de serem identificados em qualquer processo:

- Consumo de energia,
- Consumo de água,
- Consumo de matérias-primas,
- Geração de resíduos,
- Emissão de CO₂.

Podem também ser **acrescentadas informações de propriedades**, como durabilidade, resistência, refletância, entre outras, assim como dados de cunho social de formalidade, legalidade, iniciativas socioambientais, entre outros parâmetros.

Além da seleção dos materiais com sustentabilidade, será possível ao setor **inventariar e certificar projetos e empreendimentos**. Pode-se ressaltar que o mercado já demanda esse tipo de informação e os setores produtivos que oferecerem seus dados de forma correta e transparente demonstram a valorização dessa postura e destacam as vantagens competitivas de seus produtos.

O CBCS quer envolver toda a cadeia do setor de construção nessa iniciativa.

26

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 PO₄³⁻,_{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

27

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

28

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

29

Novas Siglas

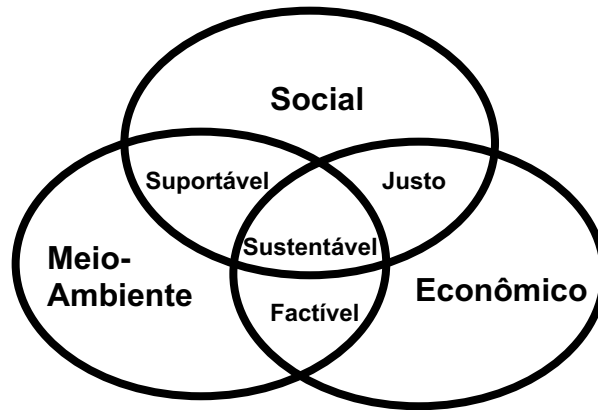
- ✓ Há 40anos ...

CA e CP
CA50A e CA50B

30

A Construção Sustentável

Tripé da Sustentabilidade



31

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.



32

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.

33

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

34



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.

35

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.

Green Interior Design & Construction (ID&C)

Category	PREVIOUS LEED-CI v2.0		NEW 2009 LEED-ID&C v3		CHANGE
	Prerequisites	Credits	Prerequisites	Credits	
Sustainable Sites	-	7	-	21	+14 credits
Water Efficiency	-	2	1	11	+1 prereq.; +9 credits
Energy & Atmosphere	3	12	3	37	+25 credits
Materials & Resources	1	14	1	14	no change
Indoor Environmental Quality	2	17	2	17	no change
Innovation in Design	-	5	-	6	+1 extra credit
Regional Priority	-	-	-	4	+4 extra credit
Total Points	6	57	7	100 + 10	

Green Building Operations & Maintenance (O&M)

Category	PREVIOUS LEED-EBOM v2.0		NEW 2009 LEED-O&M v3		CHANGE
	Prerequisites	Credits	Prerequisites	Credits	
Sustainable Sites	-	12	-	26	+14 credits
Water Efficiency	1	10	1	14	+4 credits
Energy & Atmosphere	3	30	3	35	+5 credits
Materials & Resources	2	14	2	10	-4 credits
Indoor Environmental Quality	3	19	3	15	-4 credits
Innovation in Design	-	5	-	6	+1 extra credit
Regional Priority	-	-	-	4	+4 extra credit
Total Points	9	90	7	100 + 10	

36

Green Building Design & Construction (BD&C)					
Category	PREVIOUS LEED-NC v.2.2		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.

37

37

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%)

38

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

39

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

40

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

41

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

42

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 ?

43

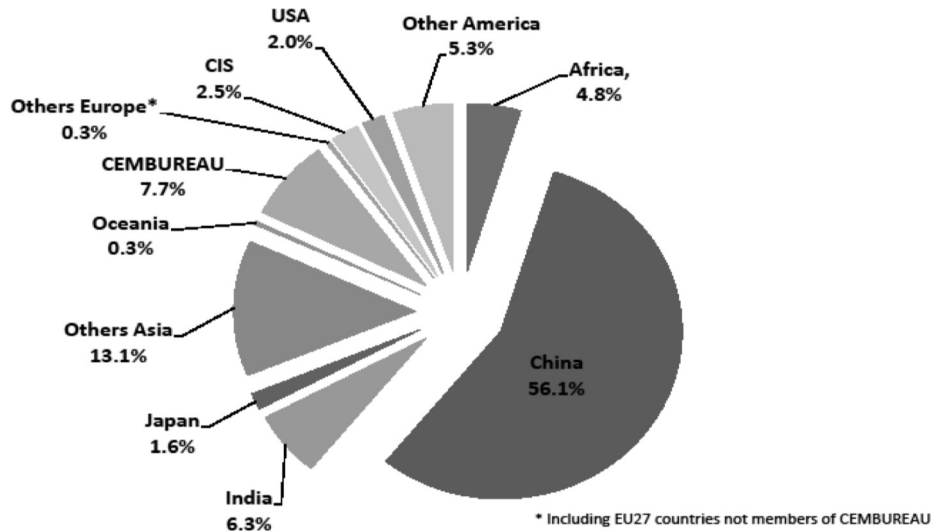
O Concreto em 2010

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

44

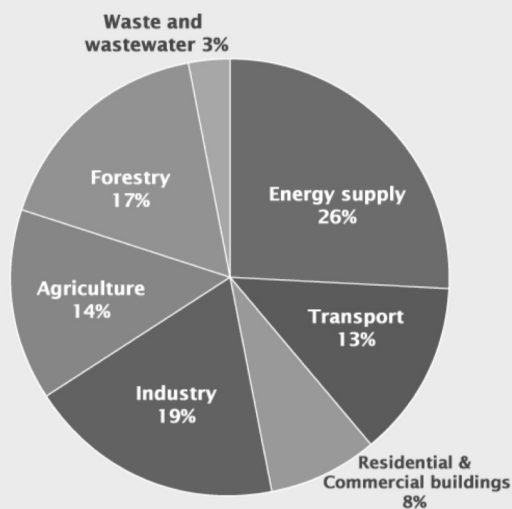
O Concreto em 2010

World cement production 2010, by region and main countries
3.3 billion tonnes



45

Global Greenhouse Gas Emissions by Source



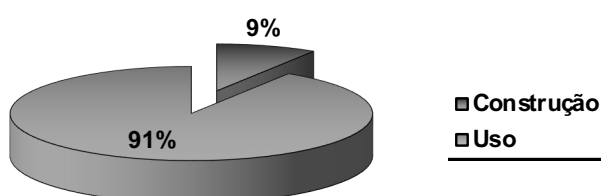
Source: IPCC (2007). [EXIT Disclaimer](#) based on global emissions from 2004. Details about the sources included in these estimates can be found in the [Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change](#).

46

Edificação - Emissões de GWP

*Considerando uma vida útil de 50 anos para
uma habitação de classe média →*

Visão holística: operação e uso



47

Página 6 • De 5 a 11 de agosto de 2013 • **CIÊNCIA** JORNAL DA USP

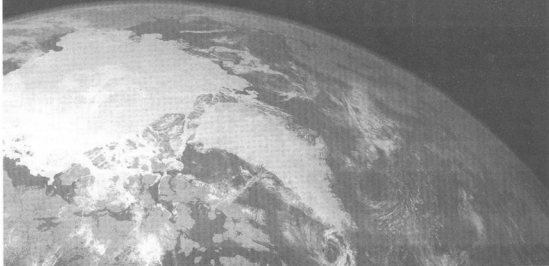
SBPC Um dos destaques da 65ª Reunião Anual da SBPC foi a participação do geólogo alemão Ulrich Glasmacher, da Universidade de Heidelberg, na Alemanha, que apresentou um ponderado panorama dos fatores que determinam o clima do planeta.

Glasmacher começou sua conferência – intitulada “Climate Change: Geological and Social Properties” e proferida no dia 23 – traçando um breve histórico geológico da Terra. Ele lembrou que o Sol é o principal condicionante do clima na Terra. “O Sol segue ciclos bem definidos. Em cada ciclo, a atividade solar aumenta de intensidade, resultando em mais energia, na forma de luz e calor, sendo emitidos para a Terra. No ano 2000 ocorreu um elevado

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O homem não está só

Além da ação humana, outros fatores contribuem para o aquecimento do planeta, que, em termos geológicos, caminha para o resfriamento, segundo o geólogo alemão Ulrich Glasmacher



nevascas. “Sempre tivemos alternância de períodos quentes e frios. Em termos geológicos, nosso planeta caminha para um resfriamento, que se iniciou por volta de 35 milhões de anos atrás, quando a Antártica passou a ser coberta por gelo.”

O que preocupa Glasmacher é o fato de que, em muitos países, pessoas continuam a ocupar áreas inapropriadas, suscetíveis a eventos climáticos rigorosos, que colocam em risco milhares de vidas.

O geólogo ressaltou que o planeta não precisa dos seres humanos. “A Terra continuará sua evolução e, ao longo dos próximos milhões de anos, a vida certamente seguirá se perpetuando, com ou sem a presença humana no planeta. Quem diz o contrário quer gerar medo.”

48



Um dos destaques da 65ª Reunião Anual da SBPC foi a participação do geólogo alemão Ulrich Glasmacher, da Universidade de Heidelberg, na Alemanha, que apresentou um ponderado panorama dos fatores que determinam o clima do planeta.

Glasmacher começou sua conferência – intitulada “Climate Change: Geological and Social Properties” e proferida no dia 23 – traçando um breve histórico geológico da Terra. Ele lembrou que o Sol é o principal condicionante do clima na Terra. “O Sol segue ciclos bem definidos. Em cada ciclo, a atividade solar aumenta de intensidade, resultando em mais energia, na forma de luz e calor, sendo emitidos para a Terra. No ano 2000 ocorreu um elevado pico de intensidade solar e em 2010, um novo pico, mas menos intenso”, explicou.

Dentre os condicionantes do clima também se encontram os movimentos planetários, que

alteram as distâncias e os ângulos entre a Terra e o Sol – o que os cientistas denominam ciclo de Milankovitch. Glasmacher mencionou ainda o papel do vulcanismo e das atividades sísmicas, que muitas vezes são esquecidos como condicionantes climáticos. “Tudo isso para dizer que nós, sozinhos, não causamos aquecimento”, alertou Glasmacher.

O geólogo perguntou à plateia: “Quem tem o direito de decidir que clima queremos?”. E afirmou: “Enquanto uns querem mais chuva, outros querem mais sol ou mais neve. Não há consenso. Quem deve opinar sobre isso?”. Para ele, esse não é um problema tão simplista e

deve ser tratado devidamente por várias áreas do conhecimento, como a sociologia, a política e a geografia, entre outras. E pediu prudência.

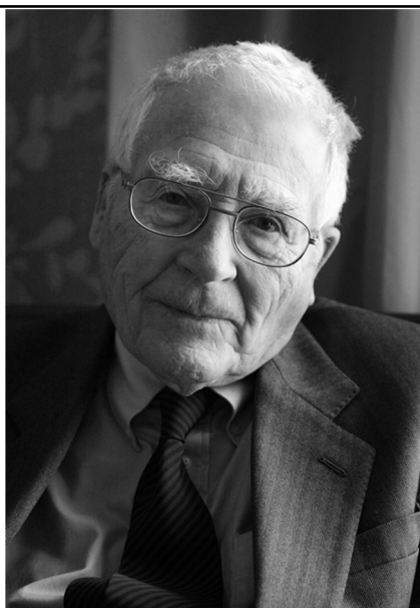
Glasmacher lembrou, sem nenhuma simpatia, os projetos de geoengenharia, que se propõem a controlar o clima da Terra por meio de megaempreitadas. Entre elas, o geólogo citou os espelhos gigantes no espaço, a captura de carbono em depósitos subterrâneos, a fertilização do oceano e a fabricação de nuvens artificiais, entre outras “ideias mirabolantes”.

Ele avisou que a temperatura média do planeta não está aumentando. O que se observa é o aumento da frequência de eventos externos, como enchentes, secas e grandes

nevascas. “Sempre tivemos alternância de períodos quentes e frios. Em termos geológicos, nosso planeta caminha para um resfriamento, que se iniciou por volta de 35 milhões de anos atrás, quando a Antártica passou a ser coberta por gelo.”

O que preocupa Glasmacher é o fato de que, em muitos países, pessoas continuem a ocupar áreas inapropriadas, suscetíveis a eventos climáticos rigorosos, que colocam em risco milhares de vidas.

O geólogo ressaltou que o planeta não precisa dos seres humanos. “A Terra continuará sua evolução e, ao longo dos próximos milhões de anos, a vida certamente seguirá se perpetuando, com ou sem a presença humana no planeta. Quem diz o contrário quer gerar medo.”



James Ephraim Lovelock (1919)

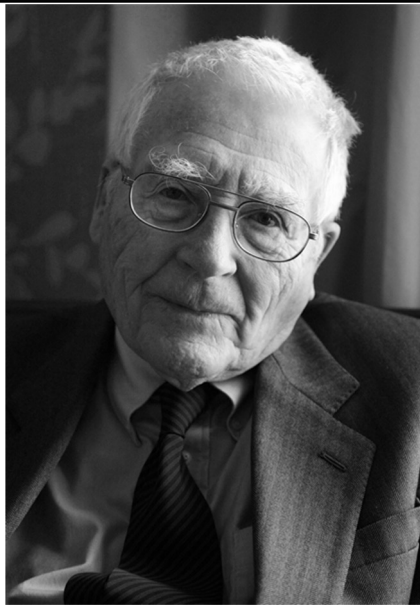
Lovelock é um pesquisador independente e ambientalista que vive na Cornualha no oeste da Inglaterra.

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 “*só a energia 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 **CO₂** não é mais bandido e a *Revolução Industrial* não destruirá a humanidade...

51

Falácia do Aquecimento Global

- ✓ <http://veja.abril.com.br/blog/reinaldo/geral/guia-espiritual-da-turma-do-%E2%80%99Caquecimento-global%E2%80%99D-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>

52

CONCLUSÕES

53

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

54

**O conceito nobre de
SUSTENTABILIDADE é
lindo, tem sido
praticado nas
estruturas de concreto
e podemos fazer ainda
melhor !**

55

Sustentabilidade

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

Ambiental – Social - Econômico

56

Como caminhar em direção à SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

57

Alternativas

1. atuar sobre os materiais
2. empregar agregados reciclados
3. empregar concreto auto-adensável
4. empregar concreto de elevada vida útil
5. empregar concreto de alta resistência
6. industrializar o processo

58

1. Atuando sobre os materiais constitutivos:

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

59

A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development

Cement Sustainability Initiative

- 1999
- 10 grupos internacionais
- No Brasil: Votorantim

60

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:



61

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

62

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”.

63

Ações da Indústria de Cimento em direção da Sustentabilidade - Aspectos Ambientais



Arnaldo F. Battagin



Associação
Brasileira de
Cimento Portland

Seminário COPEL de Sustentabilidade
Fortaleza, 16 de outubro de 2010

64

Concretos: Um futuro Sustentável

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

65

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

66

Durability of Recycled Aggregates
Concrete: A Safe Way to Sustainable
Development
2004
Cement and Concrete Research 334(11)
p. 1975-80

***citado por 122 artigos
Google Scholar***

67

Concretos: Um futuro Sustentável

3. Empregando concreto auto-
adensável de elevado desempenho
SCC

68



69



70

concreto
auto-adensável



concreto
vibrado

71

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

72



73

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

74

Concretos: Um futuro Sustentável

4. Empregando concreto de elevada vida útil

75

Carbonatação

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

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

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

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

76



77



250 anos de garantia.

Quem precisa de segurança, tecnologia e competência, precisa da Engemix. Como a Método Engemix, a primeira, quando foi usada a tecnologia de concreto na Torre Norte do Centro Empresarial Nações Unidas, um bloco de 20m x 24m x 4m, correspondente a 2.880 m³ de concreto, lançado em 22 horas consecutivas. Com a utilização de 360 toneladas de gás para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um ônibus de 4m x 4m x 2m.

Ou quem precisa de tecnologia, precisa da Engemix. Com a utilização de 360 toneladas de gás para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um ônibus de 4m x 4m x 2m.

O resultado é que, hoje, o Centro Empresarial Nações Unidas também é conhecido como a Torre da Tecnologia da Engenharia Brasileira. E as vantagens propostas para construtores e construtores são: aumento da produtividade e competitividade da Engemix. Que garante ao empreendimento não apenas redução de custos, mas também diminuição do tempo de concretagem, potencialização das possibilidades dos edifícios, redução da fricção do concreto na aplicação, otimização da resistência e da característica do concreto na forma.

Quem precisa de solução segura em concretagem não nome Maria, Chama a Engemix.

CONCRETO ENGEMIX

78

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

79

Concretos: Um futuro Sustentável

5. Empregando concreto de alta resistência HSC

80

Concretos: Um futuro Sustentável

- **CO₂?**
- **Energia?**
- **Recursos naturais?**
- **Água potável?**
- ***Ruído?***
- ***Esforço?***
- ***Durabilidade?***

81

Concretos: Um futuro Sustentável

Pilar para 500t

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

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

82

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

83

Concretos: Um futuro Sustentável

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

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

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

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

$$\text{Água} = 210 \text{ kg/m}^3$$

84

Concretos: Um futuro Sustentável

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

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

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

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

$$\text{Água} = 160 \text{ kg/m}^3$$

85

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)		1588	3006	5.060
CA 50 & CA 60 (sucata)	4,43	380	719	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.*

86

Trace Gas	GWP	Trace Gas	GWP
Carbon Dioxide	1	HFC-143a	3800
CCI 4	1300	HFC-152a	140
CFC- 11	3400	HFC-227ea	2900
CFC-113	4500	HFC-23	9800
CFC-116	>6200	HFC-236fa	6300
CFC-12	7100	HFC-245ca	560
CFC-I 14	7000	HFC-32	650
CFC-I 15	7000	HFC-41	150
Chloroform	4	HFC-43-IOmee	1,300
HCFC- 123	90	Methane	21
HCFC- 124	430	Methylenechloride	9
HCFC-141b	580	Nitrous Oxide	310
HCFC-142b	1600	Perfluorobutane	7000
HCFC-22	1600	Perfluorocyclobutane	8700
HFC- 125	2800	Perfluoroethane	9200
HFC-134	1,000	Sulphur hexafluoride	23900
HFC-134a	1300	Trifluoroiodomethane	<1
HFC-143	300		

87

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

88

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 315kg	719	23	640
			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

89

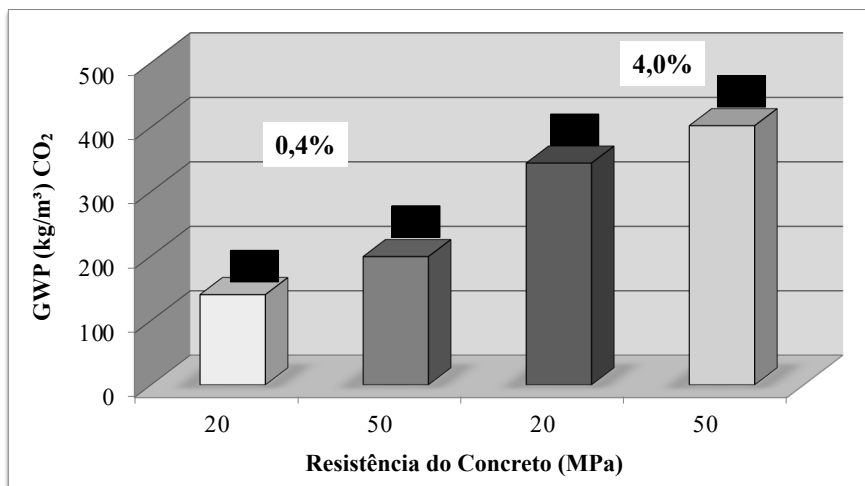
1 m³ de Concreto estrutural

Material	Tipo	f_{ck}	GWP	Energia
		MPa	kg/m ³	kWh/m ³
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

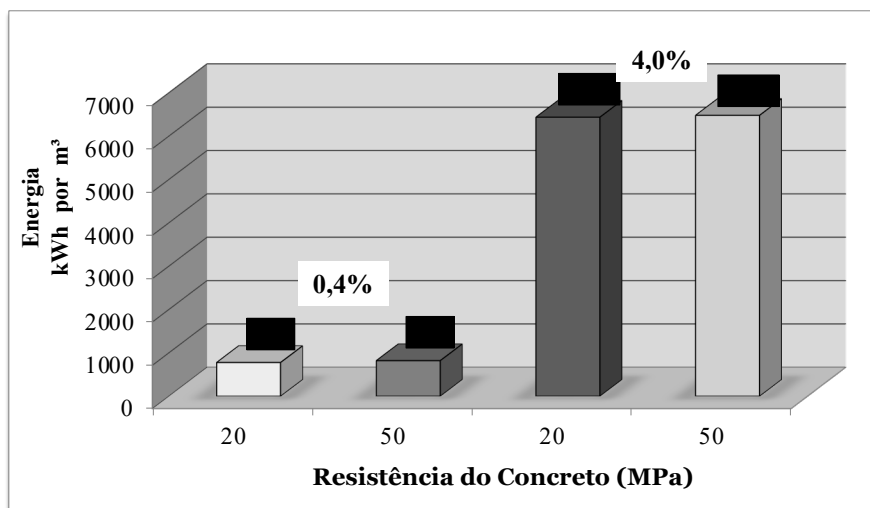
90

1 m³ de concreto estrutural com 70% escoria



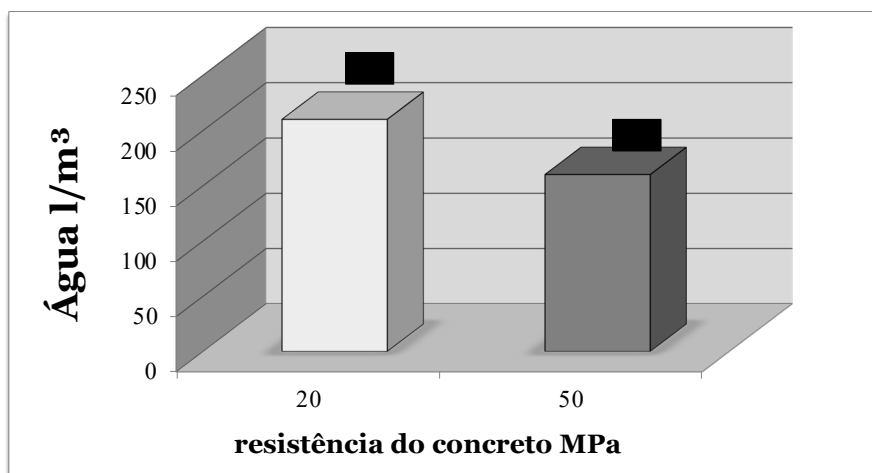
91

1 m³ de concreto estrutural



92

1 m³ de concreto estrutural



93

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

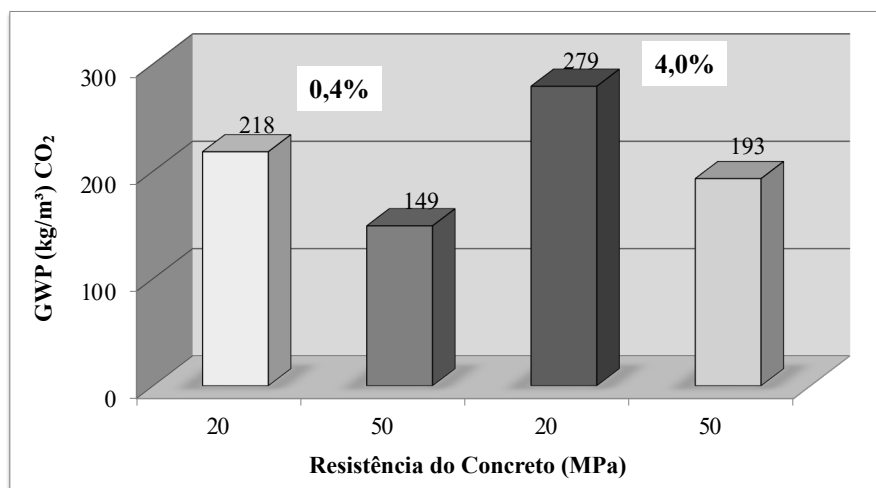
94

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

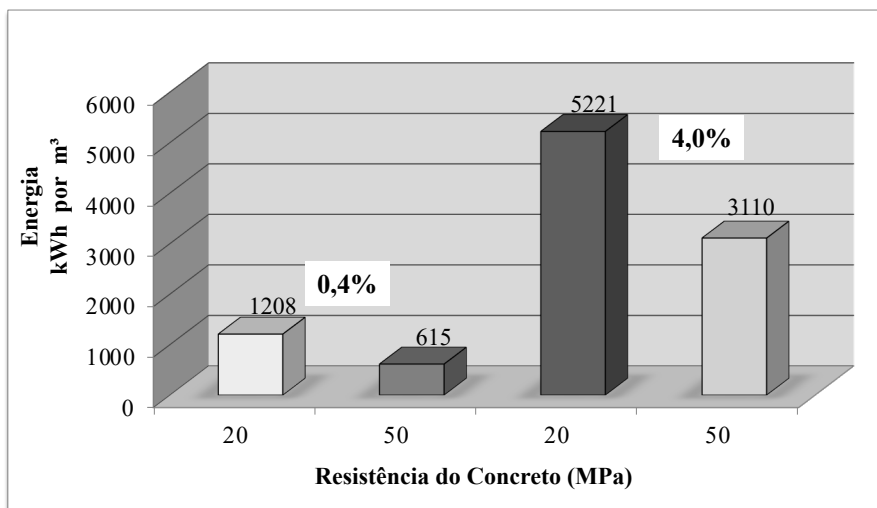
95

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



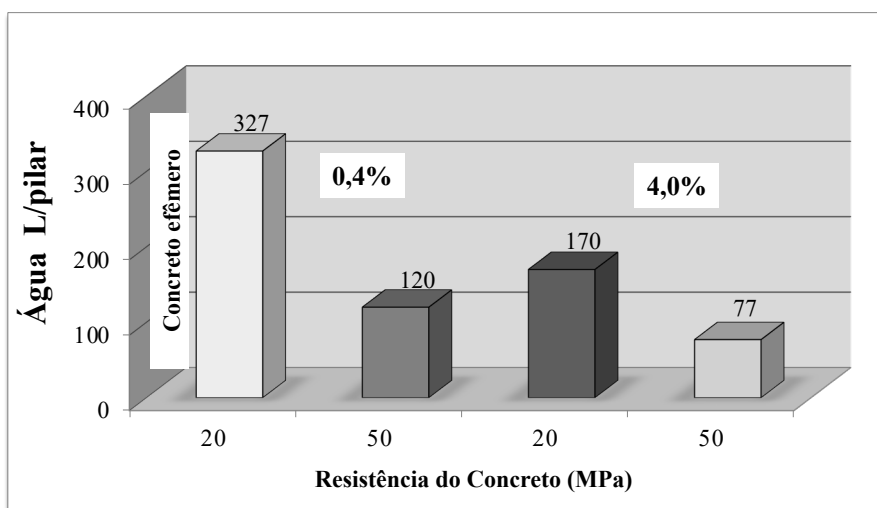
96

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



97

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



98

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

99

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

100

Investigação: edifício de concreto armado

25 MPa :

Cimento: 310 kg
Areia: 870 kg = 0,53 m³ areia / m³ concreto
Brita: 930 kg = 0,52 m³ brita / m³ concreto
Água: 180 kg

30 MPa :

Cimento: 340 kg
Areia: 770 kg = 0,47 m³ areia / m³ concreto
Brita: 970 kg = 0,54 m³ brita / m³ concreto
Água: 180 kg

35 MPa :

Cimento: 370 kg
Areia: 744 kg = 0,45 m³ areia / m³ concreto
Brita: 960 kg = 0,53 m³ brita / m³ concreto
Água: 180 kg

101

Investigação: edifício de concreto armado Quantidade de Materiais

Para 25MPa :

concreto	fôrma	aço
471 m ³	4596 m ²	41619 kg
0,23 m ³ /m ²	2,20 m ² /m ²	20,0 kg/m ²
		88,0 kg/m ³

Para 30MPa :

concreto	fôrma	aço
471 m ³	4596 m ²	40130 kg
0,23 m ³ /m ²	2,20 m ² /m ²	19,3 kg/m ²
		85,1 kg/m ³

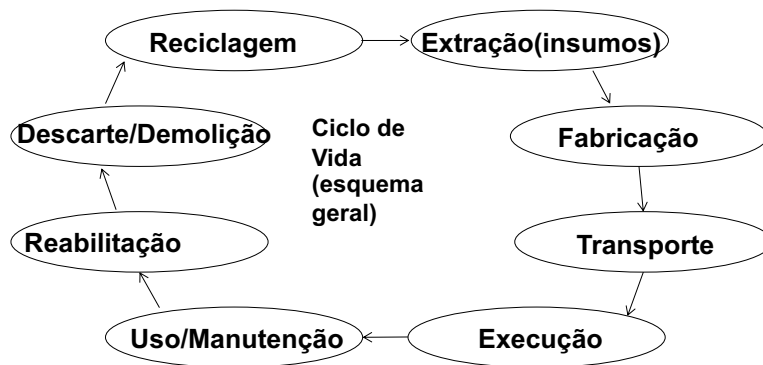
Para 35MPa :

concreto	fôrma	aço
401 m ³	4464 m ²	39596 kg
0,19 m ³ /m ²	2,10 m ² /m ²	19,1 kg/m ²
		98,7 kg/m ³

102

LCA (Life Cycle Assessment)

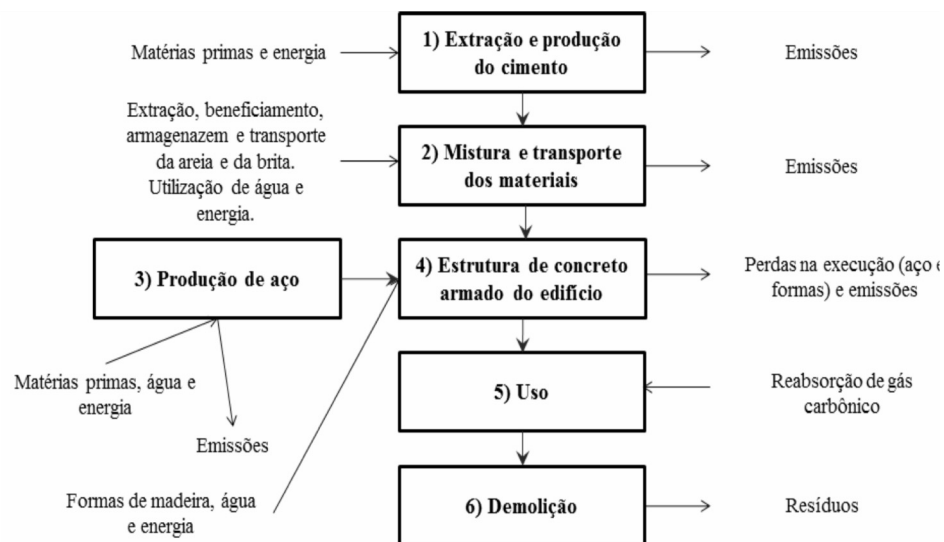
Esta avaliação deve estar de acordo com a PCR específica do produto, que irá indicar os requisitos mínimos e os estágios da vida útil a serem analisados



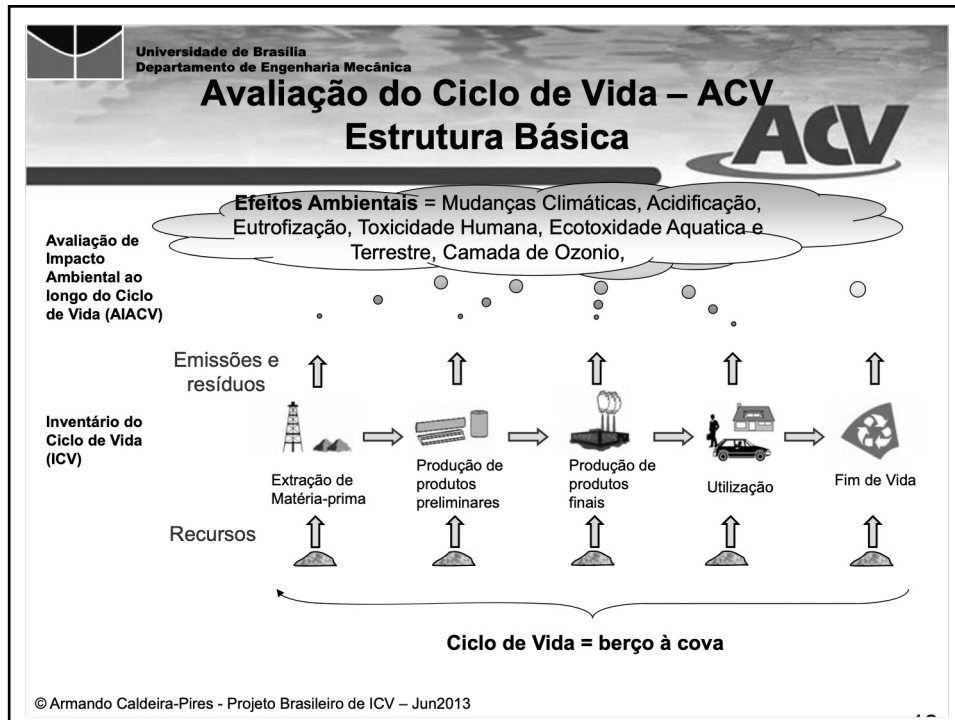
103

Investigação: edifício de concreto armado

Fluxograma de Produto → ... do berço ao túmulo...



104



105

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

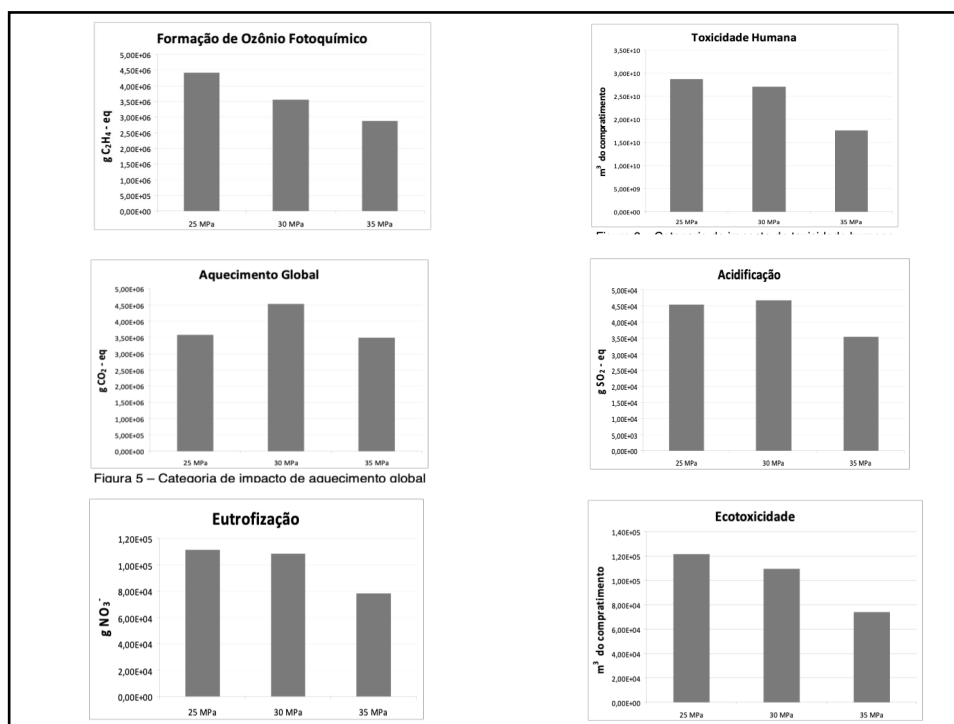
106

concreto armado

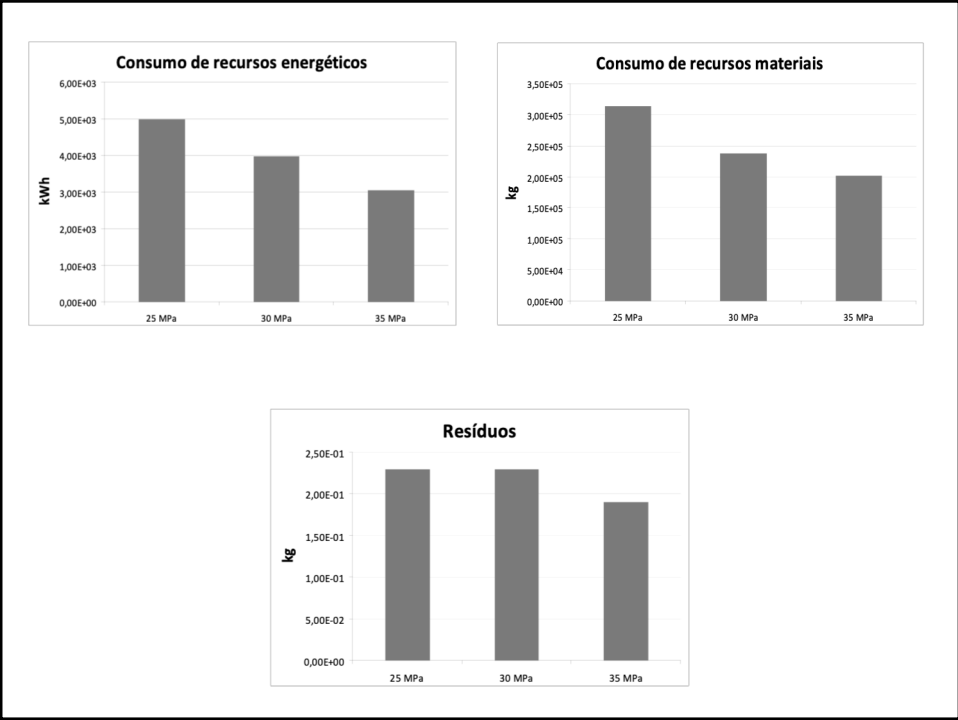
... do berço à tumba...

Category	Unit	Total	Materials	Production	Transport	End of Life
Global warming	[g CO ₂ -eq.]	102 610.0	67 800.0	27 700.0	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

107



108



109

Pesquisa edificio 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.

110

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.

111

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.

112

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



113



114

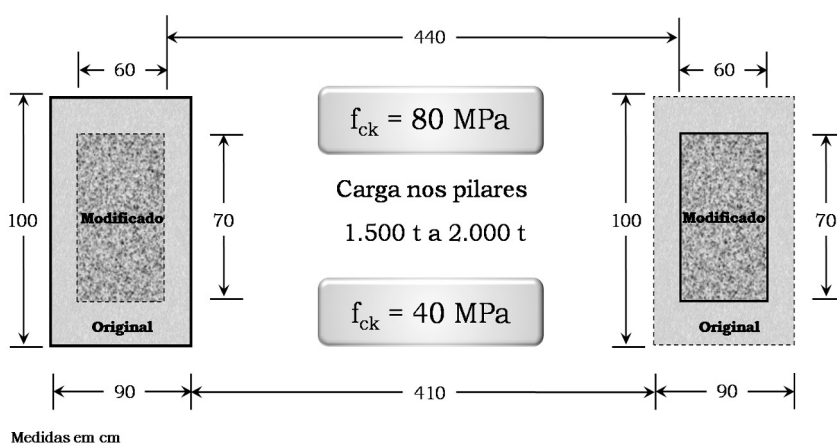
e-Tower

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



115

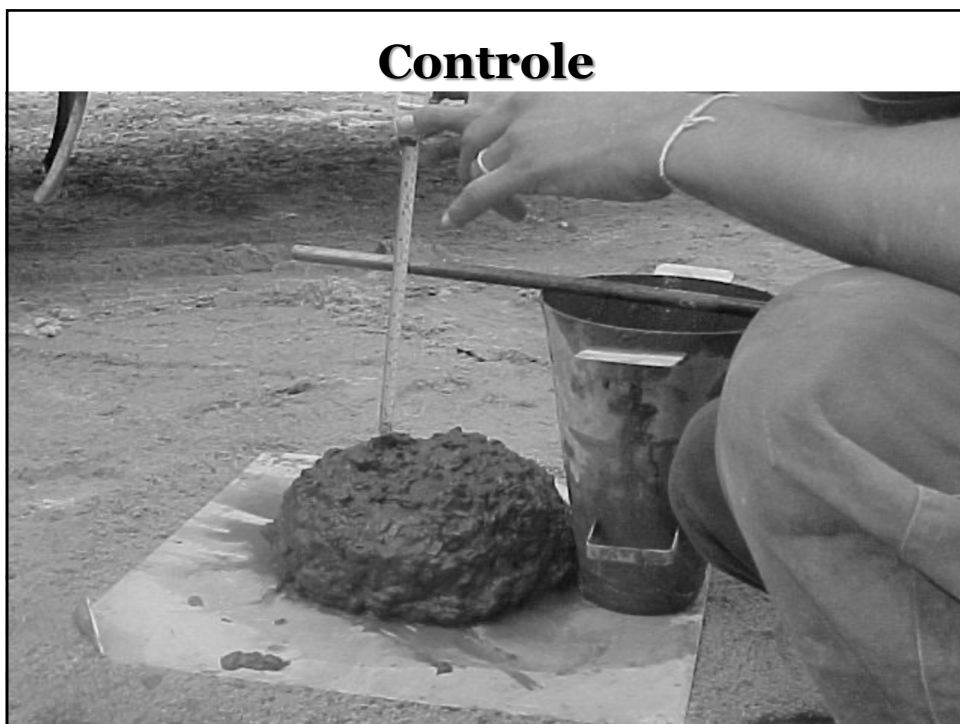
Projeto estrutural (e-Tower)



116



117



118



119

Economia de Recursos Naturais

Original:

$$f_{ck} = 40\text{MPa}$$

seção transversal $\rightarrow 90\text{cm} \times 100\text{cm}$

$$0,90\text{m}^2$$

HPC / HSC:

$$f_{ck} = 80\text{MPa}$$

seção transversal $\rightarrow 60\text{cm} \times 70\text{cm}$

$$\mathbf{0,42\text{m}^2}$$

120

Sustentabilidade



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

121

Sustentabilidade



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

122

Pontos Importantes

Conceito de rendimento:

Considerando apenas o conteúdo do cimento:

Concreto 120MPa → 4,0kg/MPa
→ 1,2kg clínquer / MPa

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

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

123

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

124

Comite Técnico de
Sustentabilidade nas
Estruturas de Concreto

IBRACON

125

Sustentabilidade combina
em gênero, número e grau com

Racionalização
Concreto Pré-Moldado
Industrialização

126



127