



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

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

2

EPD

Environmental Product Declaration

ISO 14025:2010

3

ENVIROMENTAL PRODUCT DECLARATIONS



4

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

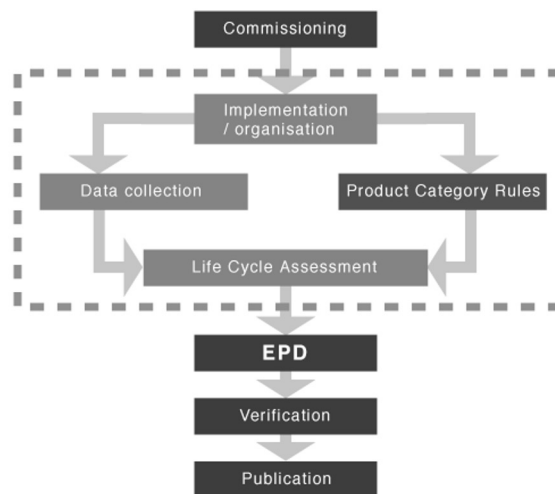
O objetivo do sistema EPD é apoiar a oferta e demanda de produtos e serviços da construção civil que causem menor impacto ao meio ambiente, por meio da divulgação de dados precisos e verificáveis de processo produtivo e desempenho ambiental.

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



5

Como é elaborada uma EPD?



www.greenspec.co.uk

6

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**

7

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!

8

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



9

LCA (*Life Cycle Assessment*)

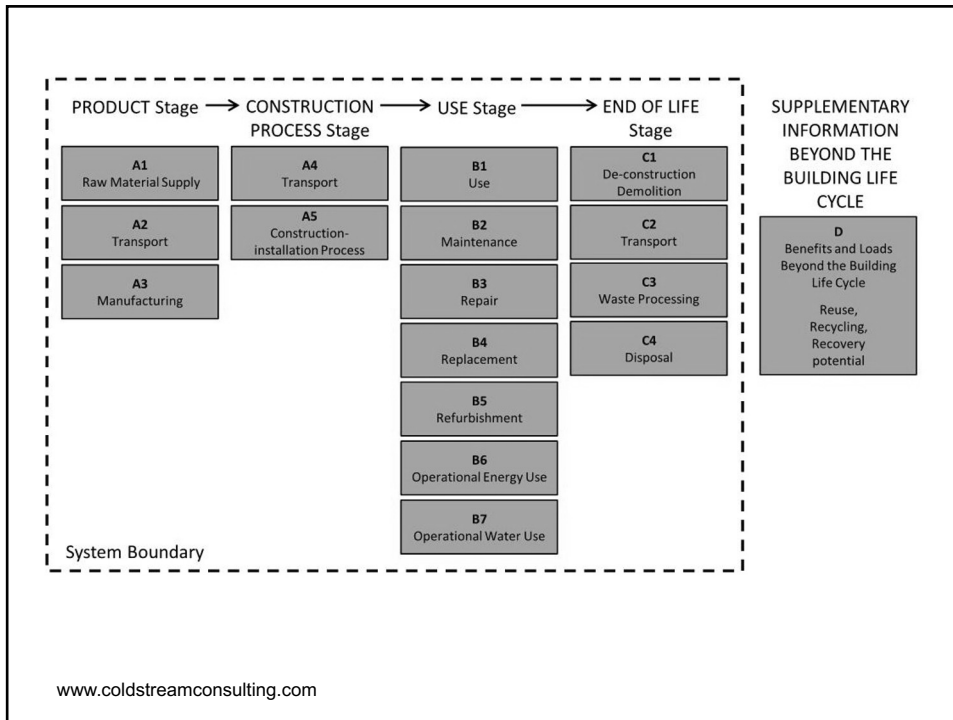
Considerando as etapas gerais citadas anteriormente, a **EN 15804:2012** estabelece um *número mínimo* de módulos de vida útil a serem citados na EPD, conforme o tipo de produto e o detalhamento necessário

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


-EP2 (Cradle to Gate with Options)

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

10



11


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

12

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 PO₄^{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

13

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

14

Como caminhar em direção à SUSTENTABILIDADE nas estruturas de concreto?

15

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

16

A INICIATIVA DE SUSTENTABILIDADE DO CIMENTO (WBCSD – CSI)



World Business Council for Sustainable Development
Cement Sustainability Initiative

- 1999
- 10 grupos internacionais
- No Brasil: Votorantim

17

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:



18

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

19

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”.

20

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



Arnaldo F. Battagin



Seminário COPEL de Sustentabilidade
Fortaleza, 16 de outubro de 2010

21

Concretos: Um futuro Sustentável

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

22

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

23

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***

24

Concretos: Um futuro Sustentável

Pilar para 500t

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

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

25

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

26

Concretos: Um futuro Sustentável

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

Cimento = 280 kg/m³

Areia = 845 kg/m³

Brita = 1036 kg/m³

Água = 210 kg/m³

27

Concretos: Um futuro Sustentável

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

Cimento = 420 kg/m³

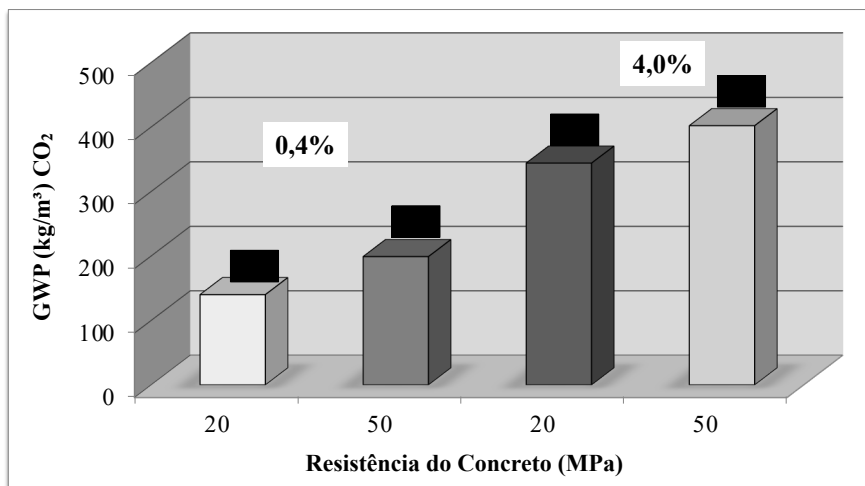
Areia = 801 kg/m³

Brita = 1010 kg/m³

Água = 160 kg/m³

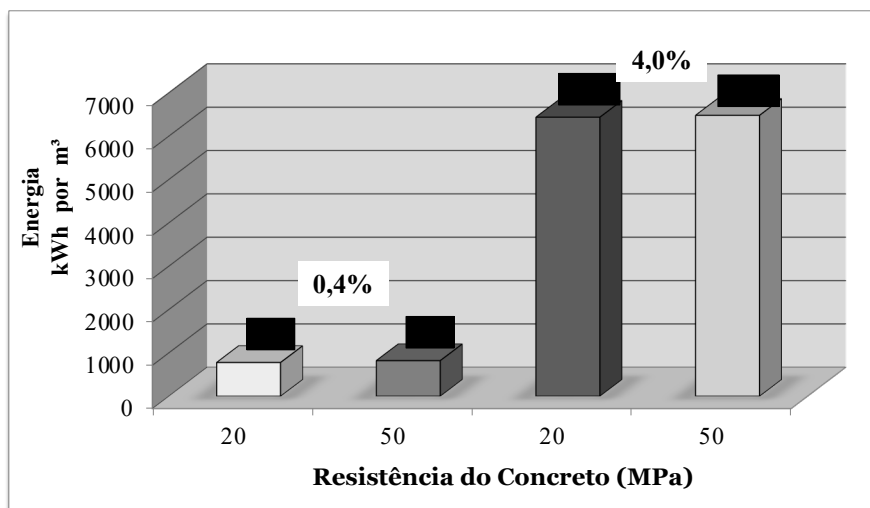
28

1 m³ de concreto estrutural com 70% escoria



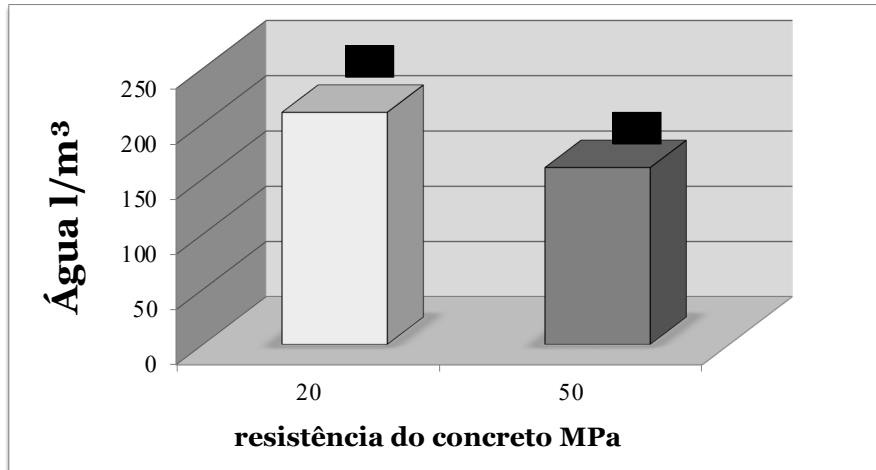
29

1 m³ de concreto estrutural



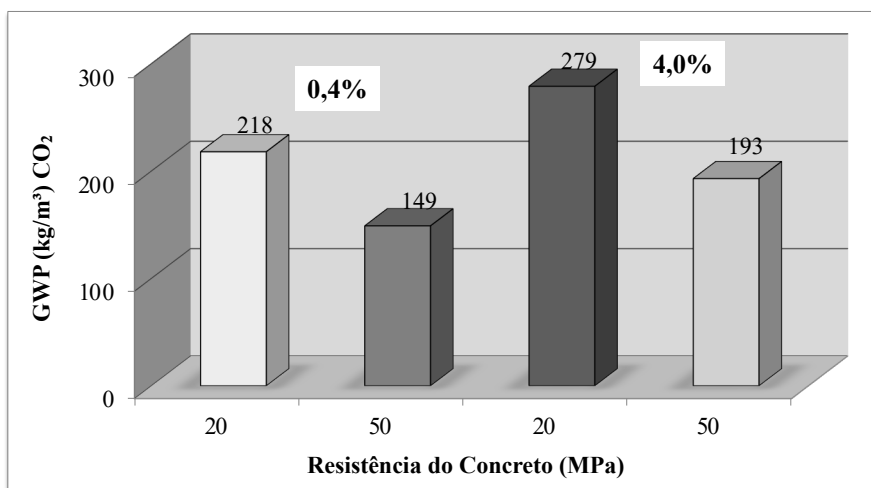
30

1 m³ de concreto estrutural



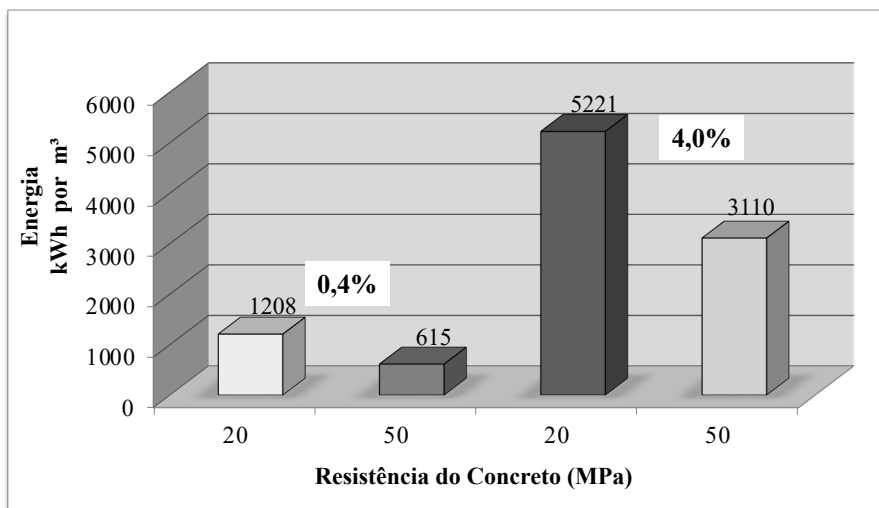
31

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



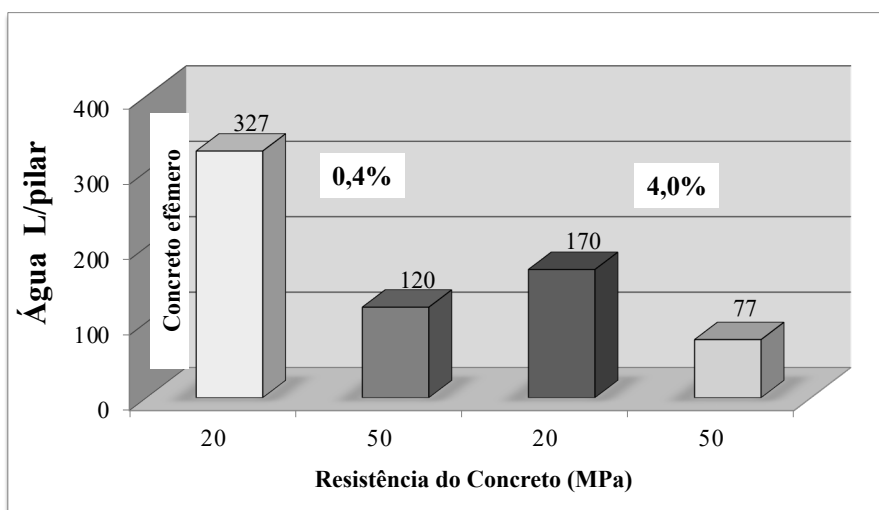
32

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



33

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



34

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

35

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

36

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

37

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

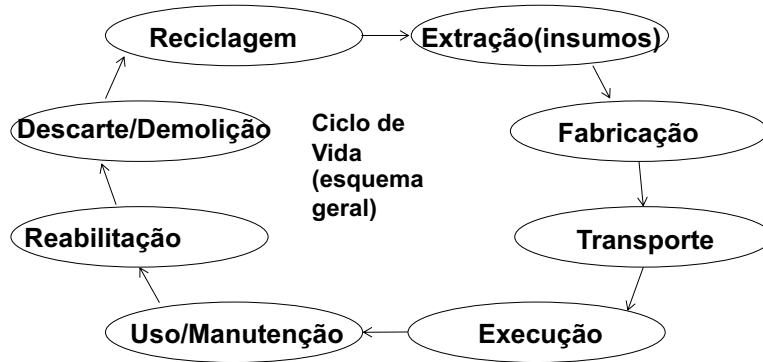
Para 35MPa :

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

38

LCA (Life Cycle Assessment)

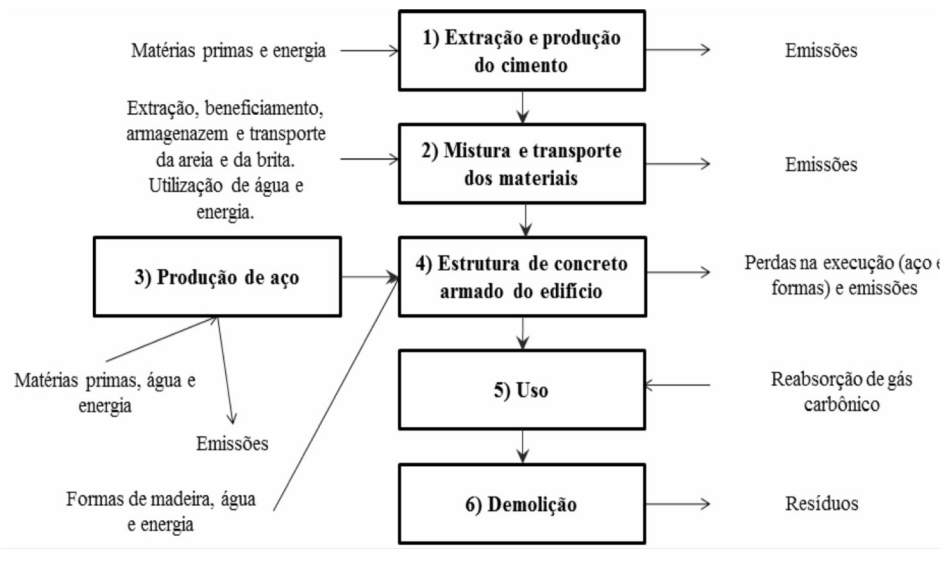
Esta avaliação deve estar de acordo com a PCR específica do produto, que irá indicar os requisitos mínimos e os estágios da vida útil a serem analisados



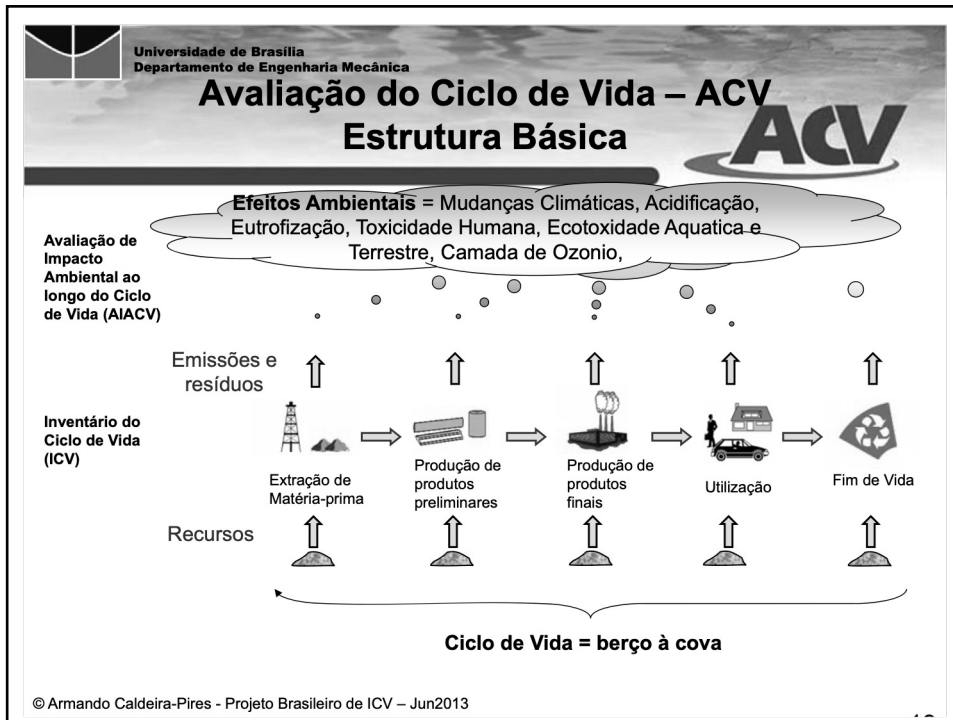
39

Investigação: edifício de concreto armado

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



40



41

a guide to understanding
**the embodied impacts
of construction products**

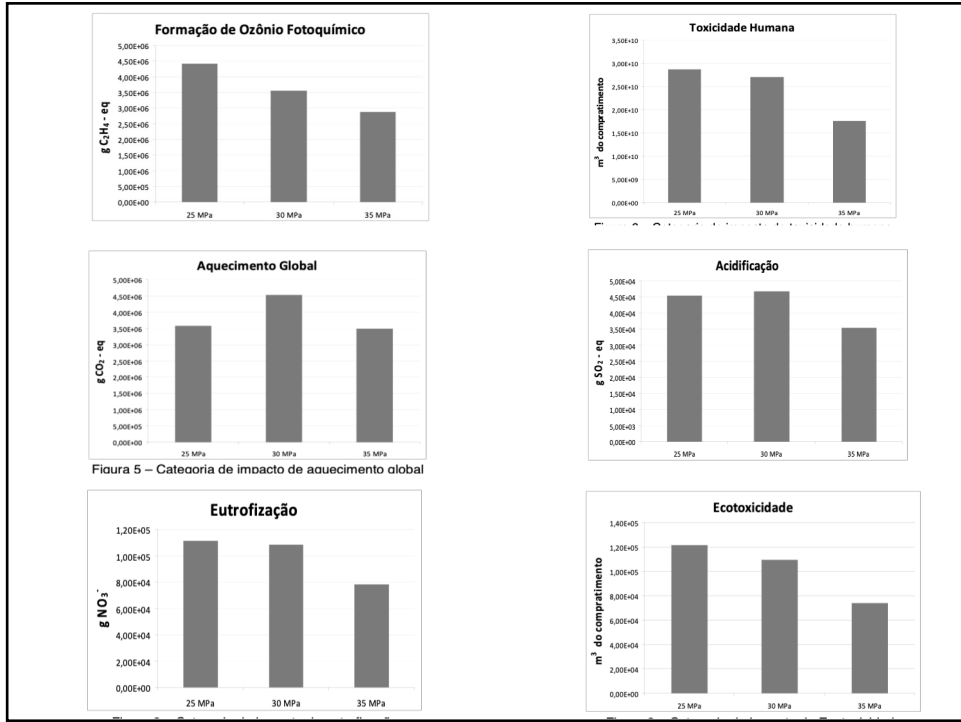
construction products association

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.

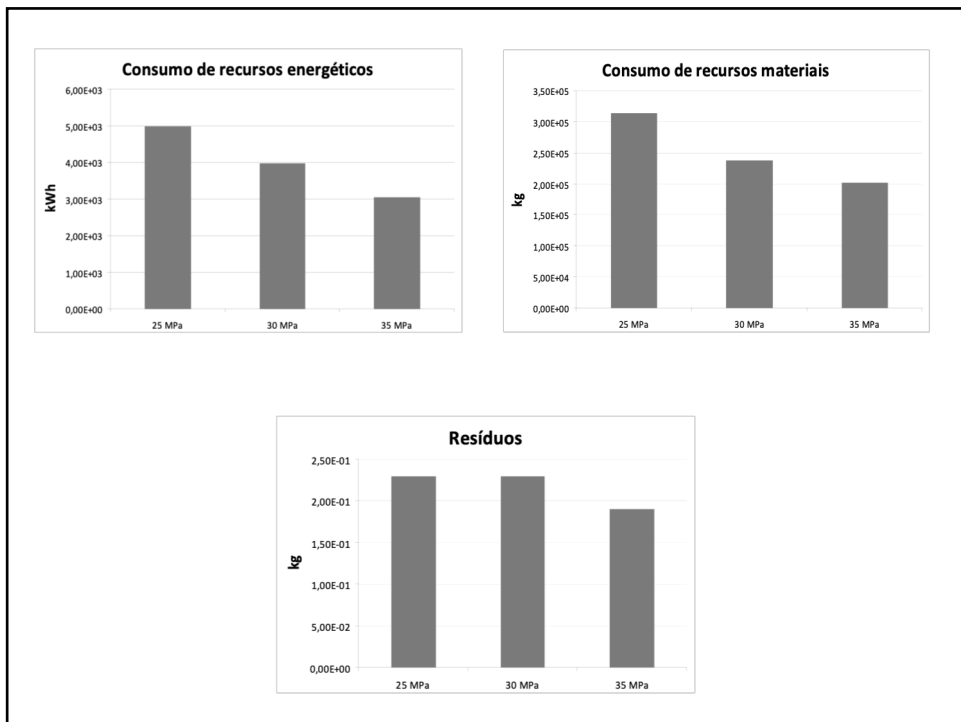
ILCD handbook – **International reference Life Cycle Data System; General guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance**, Publications Office of the European Union, 2012, 394 p.

ISO 14025:2006
Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures

42



43



44

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.

45

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



46

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

47

**Comite Técnico de
Sustentabilidade nas
Estruturas de Concreto**

IBRACON

48



49