

*workshop internacional: soluções em engenharia para
obras de infraestrutura com ênfase na pré-fabricação em
concreto e na sustentabilidade*

Concreto e Sustentabilidade das Estruturas

Paulo Helene

Diretor PhD Engenharia

*Prof. Titular Universidade de São Paulo USP
member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures*

*Conselheiro Permanente IBRACON
Presidente ALCONPAT*

FIRJAN

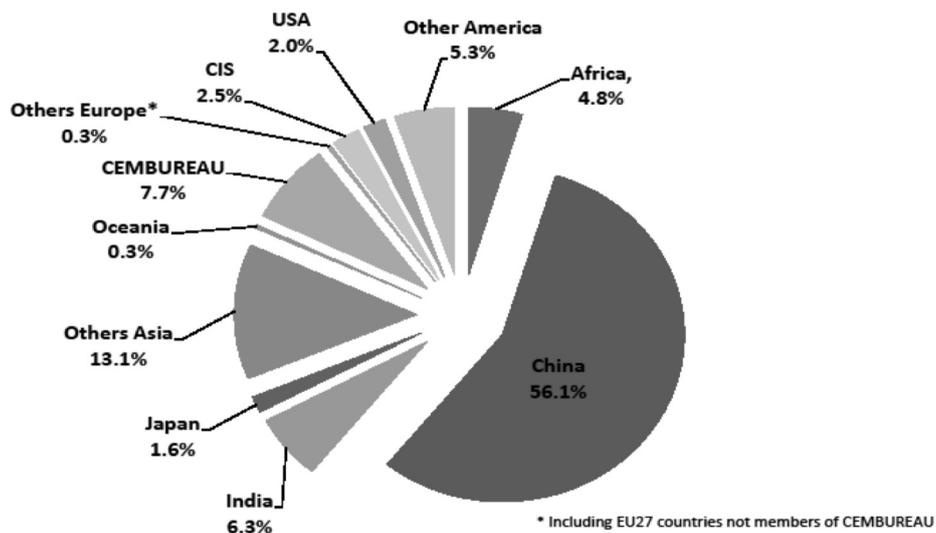
21 de julho de 2011

Rio de Janeiro

1

O Concreto em 2010

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



2

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

3

3

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Consumo de recursos naturais

10 ton/hab.ano

países desenvolvidos 45 – 85 ton/hab.ano

Direitos Reservados 2009

4

4

O Concreto em 2010 (sustentabilidade)

- ✓ produção e transporte de matérias primas
- ✓ produção de concreto
- ✓ transporte de concreto de central
- ✓ transporte de pre moldados
- ✓ execução da estrutura
- ✓ vida útil
- ✓ operação e uso da estrutura
- ✓ demolição
- ✓ reciclagem

5

5

O Concreto em 2010 (sustentabilidade)

- ✓ produção e transporte de matérias primas
- ✓ **produção de concreto**
- ✓ transporte de concreto de central
- ✓ transporte de pre moldados
- ✓ **execução da estrutura**
- ✓ vida útil da estrutura
- ✓ operação e uso da estrutura
- ✓ demolição
- ✓ reciclagem

6

6

O Concreto em 2010 → UK

1. resíduos

- ✓ consumiu 1.300.000 de t de resíduos
- ✓ gerou (6%) 83.000 de t de resíduos
- ✓ aditivo gera < 1kg/t
- ✓ pre moldado gera < 5kg/t
- ✓ cimento gera < 9kg/t
- ✓ concreto central gera < 10kg/t
- ✓ concreto in loco gera > 40kg/t

7

7

O Concreto em 2010 → Brasil

1. resíduos

CBC2010 52º IBRACON

*Implantação de modelo sustentável para centrais dosadoras de concreto
(programa de Perda Zero)*

Luiz de Brito Prado Vieira

Engemix/Votorantim

Princípio: usar aditivos para controlar pega

Lavagem do balão gerava 100kg de resíduo e consumia 800L de água

Após o piloto, previa-se que o PPZ iria economizar R\$

1,45/m³ em reaproveitamento de matérias-primas, em 2009 a

economia foi em R\$ 2,23/m³, e em 2010, com todas as filiais

capacitadas no projeto, a economia hoje é de R\$ 3,03/m³ o

que em massa monetária representa para a Engemix um

pouco mais que R\$ 11 milhões/ano.

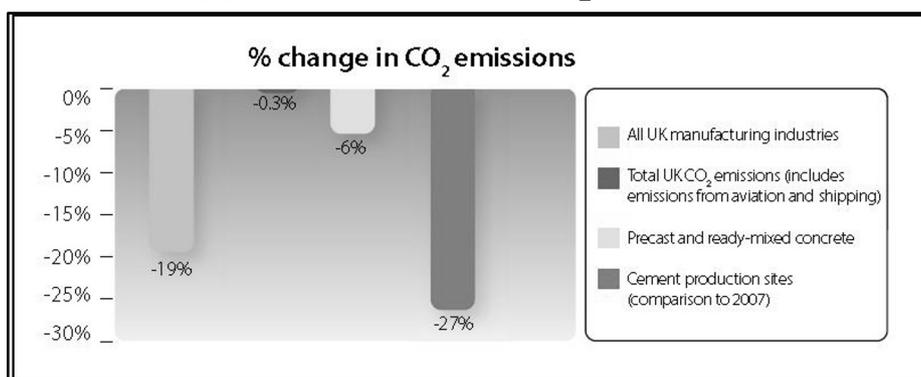
8

8

O Concreto em 2010 → UK

2. emissão de CO₂

- ✓ 85% do CO₂ decorreu do clínquer
- ✓ 15% do CO₂
- ✓ de 1990 a 2010 reduziu CO₂ em 27%



9

2º INVENTÁRIO NACIONAL DE GASES DE EFEITO ESTUFA

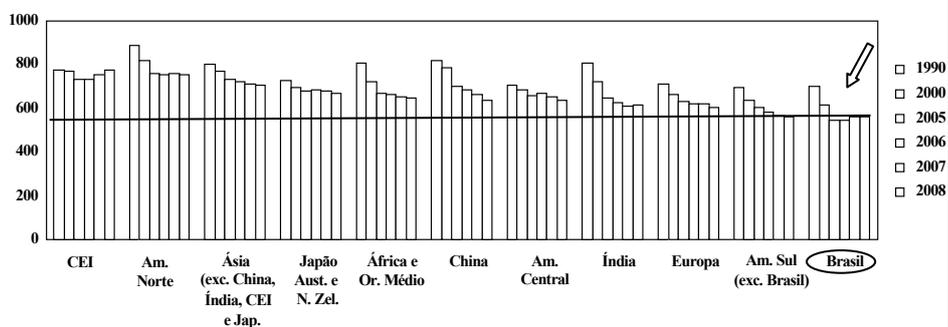
- O 2º Inventário Nacional de GEE foi feito em 2010

Indústria do cimento	2,2%	16,5%	Uso do Solo e Queimadas
Emissão média mundial 5%		1,1%*	Trat. de Resíduos
		1,0%	Energia
Emissão média brasileira 1,1%		21,9%	Processos Industriais
	57,7%		Agropecuária
	Brasil (2005): 2,2 Bi toneladas de CO₂		
Fonte: MCT			(*) Resultado preliminar

10

EMISSÕES DE CO₂ DO CIMENTO (CSI)

■ Emissões de CO₂ por tonelada de cimento (kg/ton)

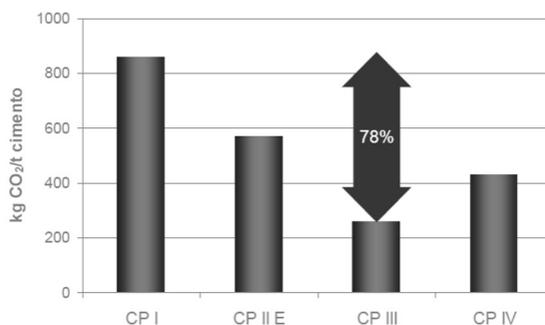


Fonte: CSI

11

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Intensidade de CO₂ Cimentos Brasileiros



Carvalho, 2001

Direitos Reservados 2009

12

12

O Concreto em 2010 → UK

3. energia

Sector	Energy used
Aggregate	12.7 kWh/t ¹⁷
Fly ash	9.3 kWh/t ¹⁸
GGBS	238 kWh/t ¹⁹
Admixtures	2.500 kWh/t ²⁰
Cement	1.194 kWh/t ²¹
Ready-mixed	4.6 kWh/t
Precast	52.9 kWh/t

13

13

COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS

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”.

14

O Concreto em 2010 → UK

4. água

Sector	Water
Aggregate	48 L/t
Fly ash	0
GGBS	11 L/t
Admixtures	650 L/t
Cement	45 L/t
Ready-mixed	59 L/t
Precast	110 L/t

15

15

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Como pode o setor de concreto contribuir
para o movimento global de
“sustentabilidade” na construção civil?

→ CISCF → UK Concrete Industry Sustainable Construction Forum
→ European Concrete Platform ASBL. Sustainable Benefits of Concrete Structures. Feb. 2009
→ The Concrete Centre. The Environmental, Social and Economic Sustainability Credentials of Concrete. Dec. 2009
→ Comitê Técnico de Meio Ambiente do IBRACON. 1996-2009. Presidente: Prof. Dr. Salomon Mony Levy

Direitos Reservados 2009

16

16

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

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.



Direitos Reservados 2009

17

17

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

A certificação *LEED* se baseia em critérios que avaliam:

- ***espaço sustentável;***
- ***localização;***
- ***entorno;***
- ***eficiência no uso de água e energia;***
- ***uso de materiais;***
- ***qualidade ambiental interna;***
- ***inovação;***
- ***e processos.***

Direitos Reservados 2009

18

18

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Porque controla o edifício e não a estrutura ou a construção?

É concedido conforme os critérios de racionalização global dos recursos do edifício (energia, água, meio ambiente, etc.)

São avaliadas as fases de projeto arquitetônico, construção e de utilização da edificação em toda sua vida útil.

Direitos Reservados 2009

19

19

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

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

Direitos Reservados 2009

20

20

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

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

Direitos Reservados 2009

21

21

O Concreto e a Sustentabilidade na Construção Civil

Alguns Empreendimentos com certificação *LEED* no
Brasil:



f_{ck} de projeto: 50MPA

Eldorado Business Tower
São Paulo/SP

Direitos Reservados 2009

22

22

Paradoxo!

Como o consumo de cimento e de concreto que são utilizados como índices de desenvolvimento de uma nação, podem, ao mesmo tempo serem utilizados como índices de degradação do meio ambiente?

Uma das respostas está em pensar na estrutura, na obra, no produto final, e não nos materiais isoladamente

Qual o problema?

Aquecimento Global (Global Warming) no qual a indústria tem contribuição destacada ao lado do chamado “modo de viver” de vários dos cidadãos ingênuos que vivem nos países desenvolvidos.

Atualmente os países desenvolvidos emitem cerca de 66% do total de gases estufa do planeta e se considerado per capita essa contribuição nefasta pode chegar a 80%.

“Weather Makers, by Tim Flannery. 2005”

Como reduzir o aquecimento global?

- 1. reduzir emissão de gases estufa**
- 2. reduzir energia consumida**
- 3. reduzir consumo de recursos naturais não renováveis**
- 4. desmaterializar → construir mais com menos**
- 5. mudar o “modo de viver de alguns”**

1. Como reduzir emissão de gases estufa, sem prejudicar desenvolvimento e qualidade de vida?

- **Sequestrar o CO₂ gerado nos processos industriais**

ou

- **Reduzir as emissões de GHG (gás estufa) nos processos industriais e no modo de viver de alguns**

Fixação (sequestro) de CO₂

- **Trata-se de procedimentos de captura das emissões de GHG e fixação destes gases na superfície da crosta terrestre ou enterrados no solo**
- **O próprio concreto e as argamassas de base cimento sequestram e fixam CO₂ através dos inevitáveis processos de carbonatação (CaO.CO₂)**
- **Ainda não há procedimentos viáveis para sequestro de CO₂ em larga escala nas indústrias (Calera Process).**

Como reduzir as emissões de GHG (gás estufa) nos processos industriais?

Atuando sobre a fabricação dos materiais constitutivos das estruturas de concreto:

- **cimento;**
- **agregado miúdo;**
- **agregado graúdo;**
- **água;**
- **aditivos;**
- **armadura / aço;**
- **fôrmas;**

Sustentabilidade na Construção Civil

1. **reduzir desperdício na construção civil**
2. aperfeiçoar processos de fabricação de cimento e aço
3. reduzir consumo de aço, madeira e cimento
4. aumentar uso de adições e aditivos
5. aumentar uso de agregados reciclados
6. aumentar uso de concreto de elevada vida útil
7. aumentar uso de concreto de alta resistência

Direitos Reservados 2009

29

29

Desperdício

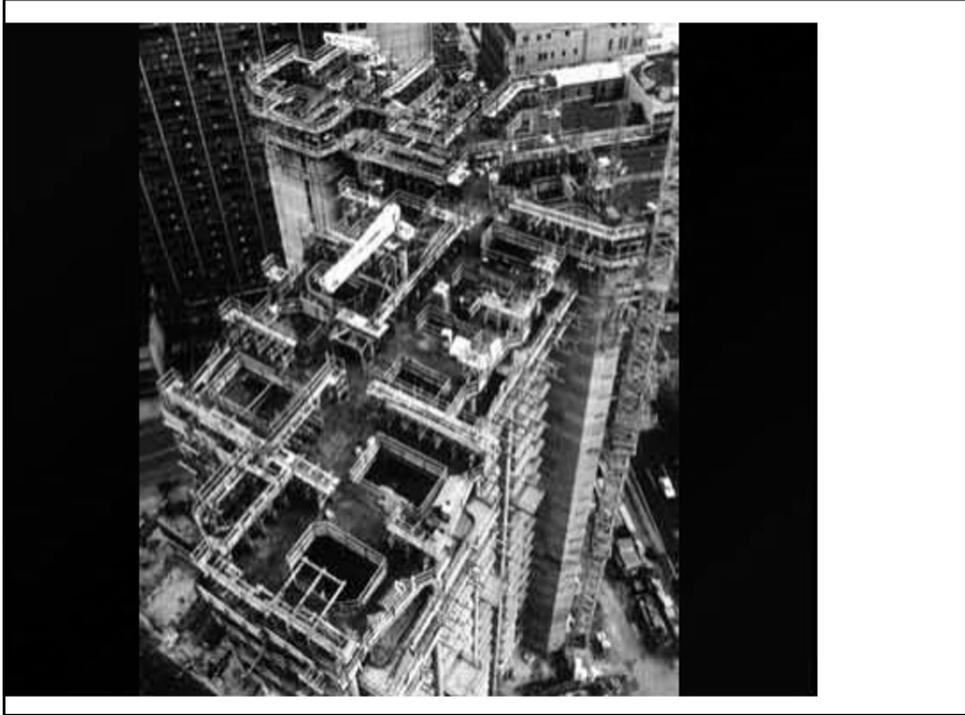
O desperdício no concreto é de 2% enquanto na Construção Civil (alvenarias, pisos, etc.) pode ser de...



Direitos Reservados 2009

30

30



31



32



33

Alternativas para tornar as Estruturas de Concreto ainda mais “verdes”

1. reduzir desperdício na construção civil
2. aperfeiçoar processos de fabricação de cimento e aço
3. reduzir consumo de madeira, aço e cimento
4. aumentar uso de adições e aditivos
5. aumentar uso de agregados reciclados
6. **aumentar uso de concreto de elevada vida útil**
7. aumentar uso de concreto de alta resistência

Reduzir. Reaproveitar. Reciclar. Raciocinar

Direitos Reservados 2009

34

34

Centro Empresarial Nações Unidas



Torre Norte
São Paulo - 1997
Altura 179 m
 $f_{ck} = 50\text{MPa}$

Direitos Reservados 2009

35

35

250 anos de garantia.

Quantidade de segurança, tecnologia e competência, precisão de Engenharia. Como a M&B Engenharia precisou, quando foi melhor a tecnologia? Na torre norte do Centro Empresarial Nações Unidas, um bloco de 30 x 30m x 2m, correspondente a 250m³ de concreto, lançado em 23 horas consecutivas. Com a utilização de 300 toneladas de gelo para controlar a temperatura do concreto, volume equivalente a um colégio de 4m x 4m x 2m. Quando a Construtora Ayo precisou, para a execução da estrutura do momento, um milhão de 30 centímetros e 100 metros, e mais alto de São Paulo, com 20.000 m² de C.A.D. o concreto de alto desempenho Estaluda que hoje está sendo reconhecido por qualidade e resistência como um dos grandes exemplos de execução do C.A.D. e mais nova tecnologia em sistemas de concretagem, mesmo no 1º estágio. É a mais utilizada no C.A.D. do Brasil, e não deixa de ser a melhor por tipo de problema, pela garantia 250 anos, ou até 2000, segundo pesquisas e estudos realizados por consultoria e serviços especializados para o desenvolvimento e execução de obras, estruturas.

É a construção do melhor do mundo 2004 - o recorde brasileiro de lançamento de concreto em altura 158 metros.

Em menos de 4 horas, foram bombeadas quase 60 m³ de concreto Pro 30 Max. Bombas de segurança de concreto que suportaram carga de 3 m de concreto em uma de largura, espessura e 20 metros.

O resultado é que, hoje, o Centro Empresarial Nações Unidas também é uma referência para os técnicos de concreto e para os engenheiros e arquitetos que possuem graças à experiência e competência do Engenheiro. Que garante ao empreendimento não apenas redução de custos, mas também duração do tempo de concretagem, potencialização das produções dos edifícios, redução da fricção do concreto na aplicação, distribuição de resistência e de características do concreto na forma.

Quantidade de estrutura segura em tecnologia não pode faltar. Chama a Engenharia.

CONCRETO ENGEMIX

36

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*

Direitos Reservados 2009

37

37

Alternativas para tornar as Estruturas de Concreto ainda mais “verdes”

1. reduzir desperdício na construção civil
2. aperfeiçoar processos de fabricação de cimento e aço
3. **reduzir consumo de madeira, aço e cimento**
4. **aumentar uso de adições e aditivos**
5. aumentar uso de agregados reciclados
6. aumentar uso de concreto de elevada vida útil
7. **construir mais com menos**

Direitos Reservados 2009

38

38

Cúpula do Panteão de Roma
Século II dC → Diâmetro de 44m



40



41



42



43

**Como tornar as estruturas de
concreto ainda mais sustentáveis?**

Empregando concreto de alta resistência HSC

Direitos Reservados 2009

44

44

**As Estruturas de Concreto e a
Sustentabilidade**

▪CO₂?

▪Energia?

▪Recursos naturais?

▪Vida Útil?

(Life Cycle Analysis)

Direitos Reservados 2009

45

45

As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

Pilar para 500t

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

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

46

Considerando um pilar central típico de um edifício de 20 andares secção quadrada, 3m de altura, armadura principal

Força normal característica = 500 tf

f_{ck} (MPa)	taxa de armadura (%) → 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

47

As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

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

Cimento = 280 kg/m³

Areia = 845 kg/m³

Brita = 1036 kg/m³

Água = 210 kg/m³

As Estruturas de Concreto e a Sustentabilidade

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

Cimento = 420 kg/m³

Areia = 801 kg/m³

Brita = 1010 kg/m³

Água = 160 kg/m³

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.*

Direitos Reservados 2009

50

50

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 315kg	719	23 226	640 6300
Formas 12 m ² /m ³ 6 reutilizações chapa de 1,4cm	0,0280 m ²	0	0	43
TOTAL			428 631	933 6636

Direitos Reservados 2009

51

51

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			630 833	1117 6777

Direitos Reservados 2009

52

52

1 m³ de Concreto **estrutural**

Material	Tipo	<i>f_{ck}</i> MPa	GWP kg/m ³	Energia 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

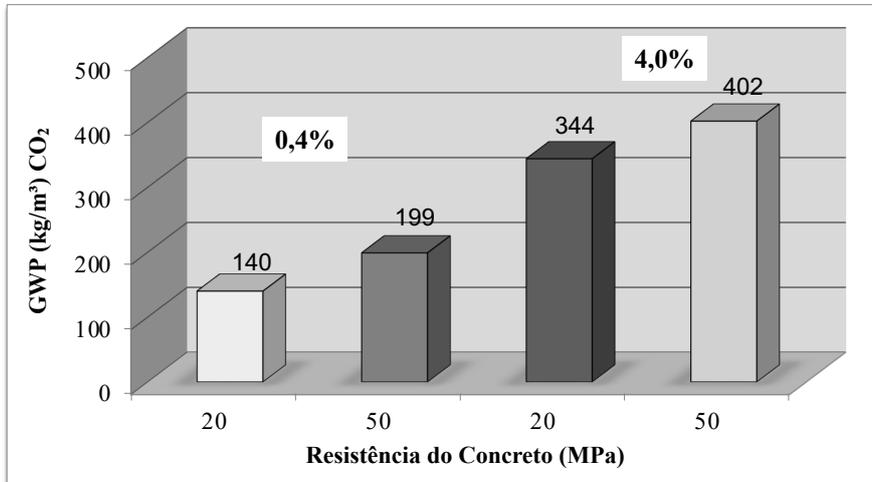
0,4% & 4% de
taxa de armadura

Direitos Reservados 2009

53

53

1 m³ de concreto estrutural com CP III 40

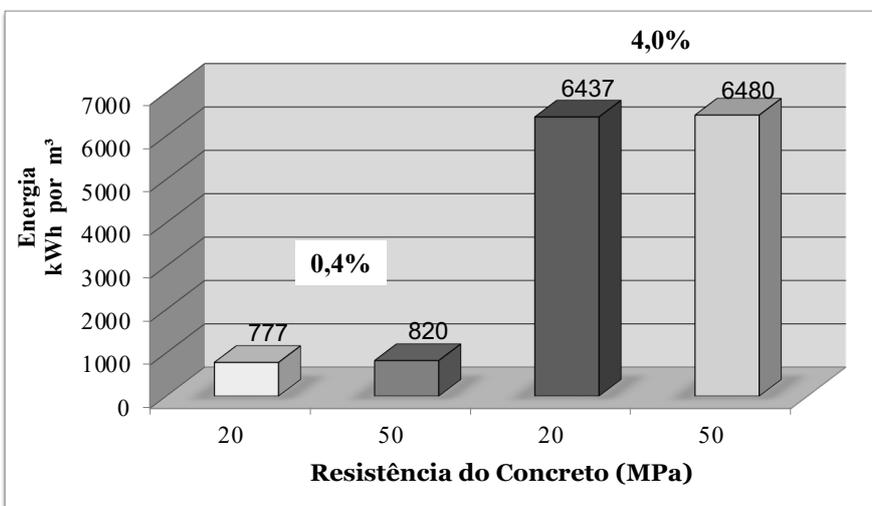


Direitos Reservados 2009

54

54

1 m³ de concreto estrutural com CP III 40

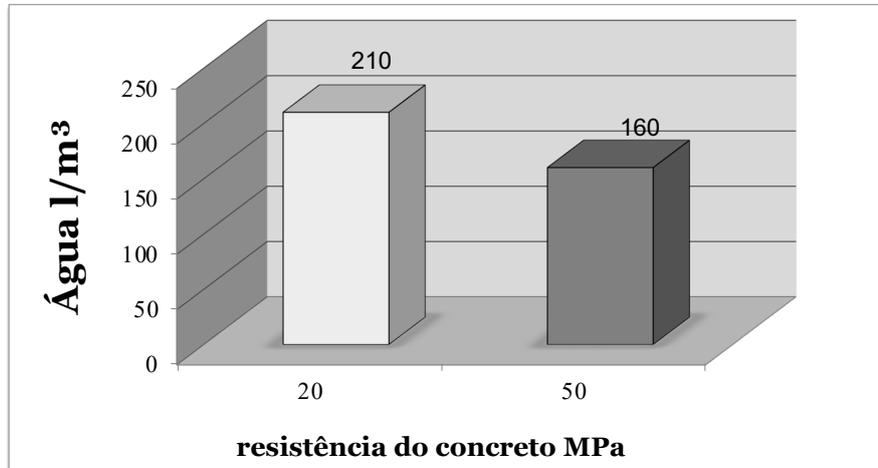


Direitos Reservados 2009

55

55

1 m³ de concreto estrutural com qualquer cimento



Direitos Reservados 2009

56

56

Pilar com 3m 0,4% armadura, 500tf, com CP III

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

Direitos Reservados 2009

57

57

Pilar com 3m 4% armadura, 500tf com CP III

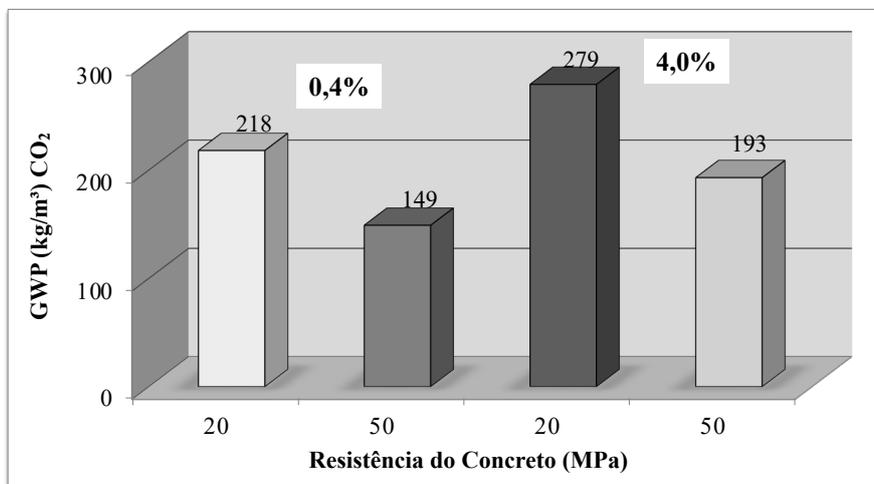
Material	f_{ck} MPa	Seção cm	energia kWh	GWP kg
concreto armado	20	52x52	5221	279
concreto armado	50	40x40	3110	193

Direitos Reservados 2009

58

58

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

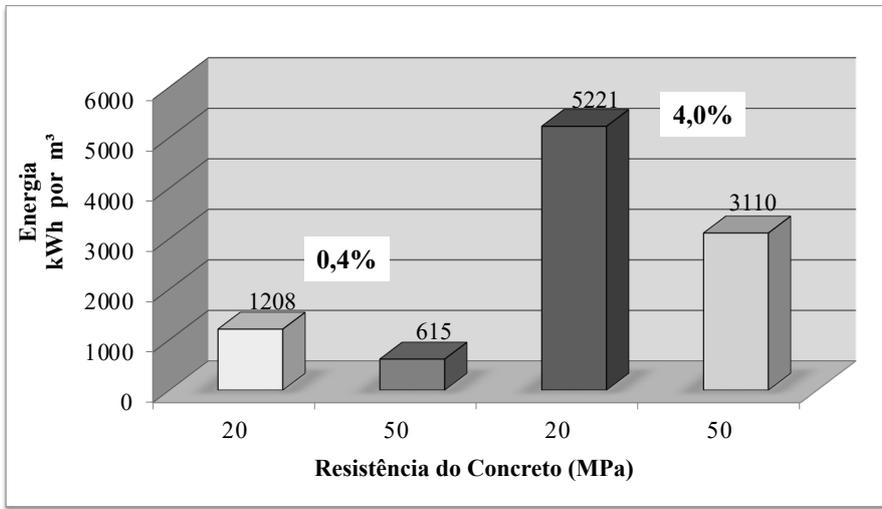


Direitos Reservados 2009

59

59

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

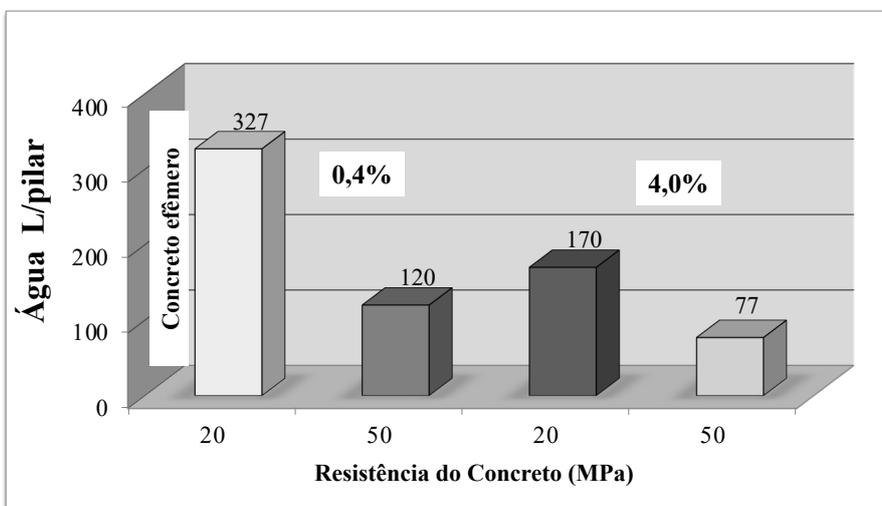


Direitos Reservados 2009

60

60

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



Direitos Reservados 2009

61

61



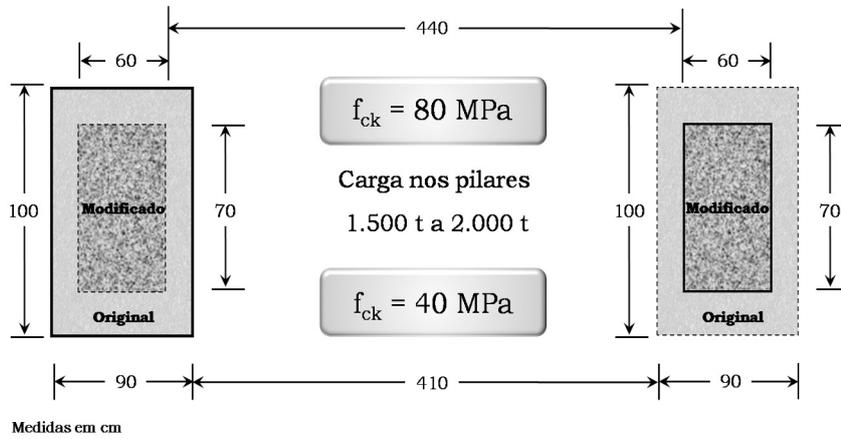
62

<h2 style="text-align: center;"><i>e-Tower</i></h2>	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Edifício e-Tower SP ▪ 42 andares ▪ heliponto ▪ piscina semi-olímpica ▪ academia de ginástica ▪ 2 restaurantes ▪ concreto colorido ▪ f_{ck} pilares = 80 MPa 	<p style="text-align: right;">63</p>

Direitos Reservados 2009

63

Projeto estrutural (e-Tower)



Direitos Reservados 2009

64

64



65

Controle



66



67

Economia de Recursos Naturais

Original:

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

seção transversal → 90cm x 100cm

0,90m²

HPC / HSC:

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

seção transversal → 60cm x 70cm

0,42m²

Direitos Reservados 2009

68

68

Sustentabilidade



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

Direitos Reservados 2009

69

69

Sustentabilidade



- **25% mais de reaproveitamento de fôrma**
- **43% menos aço**
- **16 vagas a mais**
- **1000% vida útil maior**
- **100% desforma mais rápida**

Pontos para Discussão

1. Adotar algo do tipo CO₂/MPa → furado
2. Fixar um concreto de referência?
20MPa; CP I; Slump 100mm; brita 2; sem aditivo
3. Fixar uma estrutura de referência: pilar, uma viga, uma laje?
4. Fazer a análise completa com formas, aço, espaços, reaproveitamentos, etc.?

Pontos para Discussão

Conceito de rendimento:

O rendimento da relação resistência à compressão (MPa) / consumo de cimento (kg/m^3) tem um ponto ótimo máximo, para cada traço e aumenta com o crescimento da resistência, ou seja, quanto maior a resistência de um concreto, maior seu rendimento em MPa/kg. (ou o inverso em kg/MPa)

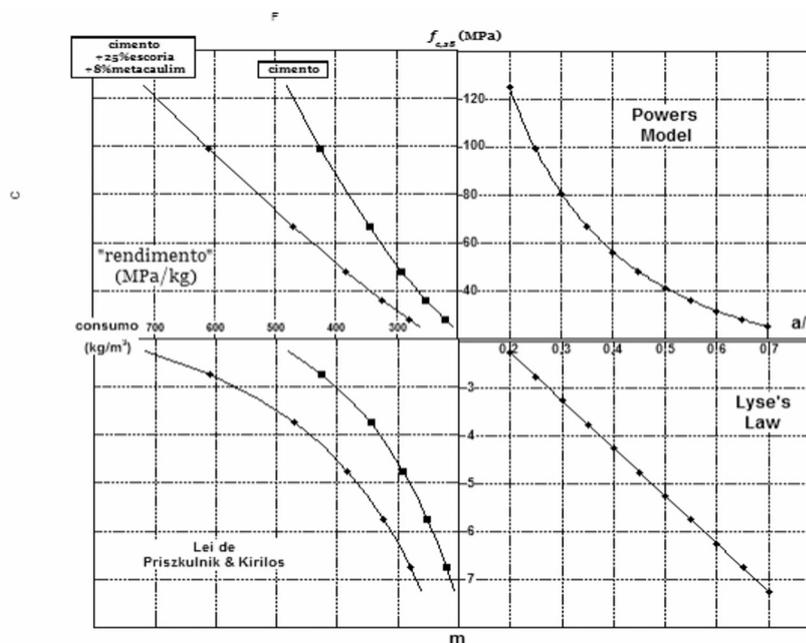
Um concreto corrente de 20 MPa pode ter rendimento baixo, da ordem de 0,08MPa/kg (12,5kg/MPa), enquanto um concreto de elevado desempenho e resistência pode ter rendimento alto, mais do que o dobro, da ordem de 0,20MPa/kg (5kg/MPa) a 0,40 MPa/kg (2,5kg/MPa).

Direitos Reservados 2009

72

72

Pontos para Discussão



73

Pontos para Discussão

Conceito de rendimento:

O rendimento no caso de considerar todos os materiais cimentícios variou neste caso de 0,17MPa/kg (5,8 kg/MPa) para $f_c = 120$ MPa a 0,11MPa/kg (8,7 kg/MPa) para $f_c = 40$ MPa.

Considerando apenas o consumo de cimento, obtêm-se 0,25 MPa/kg (4kg/MPa) para $f_c = 120$ MPa e 0,15MPa/kg (6,7 kg/MPa) para $f_c = 40$ MPa.

Resumindo

1. A Engenharia de Concreto tem caminhado na direção certa?
2. A Engenharia de Concreto tem conhecimento de sua importância?
3. Como pode atuar para focar ainda mais?
4. È uma grande oportunidade de pesquisa na área de Engenharia de Materiais no Brasil?

- ✓ Qualidade de vida
- ✓ Economia de recursos
- ✓ Segurança / Robustez
- ✓ Compromisso Ambiental

Direitos Reservados 2009

76

- ✓ Adições
- ✓ Aditivos
- ✓ Coprocessamento
 - ✓ HSC / HPC
 - ✓ SCC
- ✓ Durabilidade

Direitos Reservados 2009

77

Resumindo

1. A Engenharia de Concreto tem caminhado na direção certa?
2. A Engenharia de Concreto tem conhecimento de sua importância?
3. Como pode atuar para focar ainda mais?
4. È uma grande oportunidade de pesquisa na área de Engenharia de Materiais no Brasil?

Água
Concreto
Alimentos
per capita
volume → importância social

Resumindo

1. A Engenharia de Concreto tem caminhado na direção certa?
2. A Engenharia de Concreto tem conhecimento de sua importância?
3. Como pode atuar para focar ainda mais?
4. È uma grande oportunidade de pesquisa na área de Engenharia de Materiais no Brasil?

- sequestro de CO₂
- economia energia
- processo ?
- aumentar a ecoeficiência
no uso

Resumindo

1. A Engenharia de Concreto tem caminhado na direção certa?
2. A Engenharia de Concreto tem conhecimento de sua importância?
3. Como pode atuar para focar ainda mais?
4. É uma grande oportunidade de pesquisa na área de Engenharia de Materiais no Brasil?

- ✓ *Referência mundial → cimento + ecoeficiente*
 - ✓ *Mundo 850kg/t e Brasil 660kg/t*
 - ✓ *É o setor mais competitivo do Brasil*
- ✓ *Tem os melhores centros de pesquisa da AL*
 - ✓ *Tem recursos para pesquisa*
 - ✓ *Paga bem os pesquisadores*

Como reduzir o aquecimento global?

- 1. reduzir emissão de gases estufa**
- 2. reduzir energia consumida**
- 3. reduzir consumo de recursos naturais não renováveis**
- 4. usar racionalmente o concreto (mais com menos)**
- 5. mudar o “modo de viver de alguns”**

Direitos Reservados 2009

84

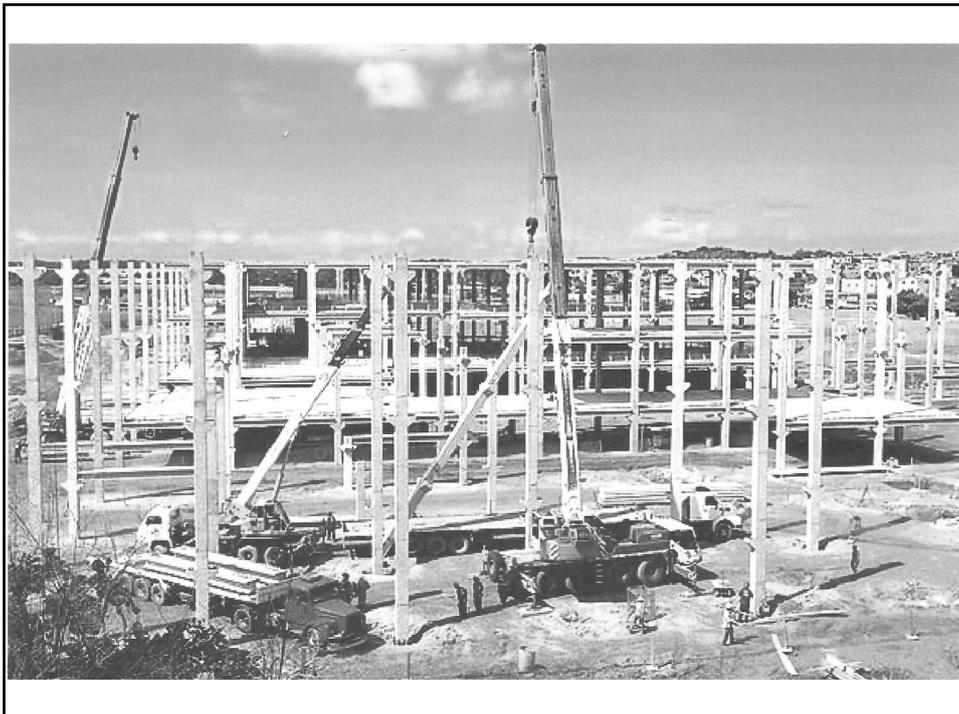
Concreto Sustentável é aquele:

- 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 entulho**

85

Sustentabilidade combina
em gênero, número e grau com
Concreto Pré-Fabricado

86



87



88

**Beleza
Segurança
Durabilidade**

Atestado por
90 milhões
de votos.

O **Concreto** tem respeito pelo
Meio Ambiente por sua capacidade de:

- Ser reciclável
- Incorporar os rejeitos industriais
- Confinar materiais perigosos
- Fixar gás carbônico CO₂

O **Concreto** é o **material estrutural** mais
adequado para uma **construção sustentável**.

 | 

89



90