



red **prevenir**



A prevenção na seleção e recepção de materiais

Prof. Dr. Marcelo Medeiros

Universidade federal do Paraná (UFPR)

Programa de Pós-graduação em Eng. de Constr. Civil (PPGECC)

1

INSUMOS (MATERIAIS)

ABNT NBR 12655:2015
***“Concreto de cimento Portland -
Preparo, controle, recebimento e
aceitação - Procedimento”***



2

Requisitos dos materiais componentes

Helene (2016)



3

ABNT NBR 12655:2015

5.1.1 REQUISITOS PARA OS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO

- **Cimento Portland**

Conforme seu tipo e classe, deve cumprir com os requisitos das: ABNT NBR 5732, ANBT NBR 5733, ABNT NBR 5735, ABNT NBR 5736, ABNT NBR 5737, ABNT NBR 11578, ABNT NBR 12989 ou ABNT NBR 13116.

- **Agregados**

Devem cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 7211.

- **Reatividade com álcalis**

Devem ser obedecidos os requisitos da ABNT NBR 15577-1.

- **Água**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 15900-1.



4

ABNT NBR 12655:2015

5.1.1 REQUISITOS PARA OS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO

- **Aditivos**

Devem cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 11768.

- **Sílica ativa**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 13956-1.

- **Metacaulim**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 15894-1.

- **Outros materiais pozolânicos**

Deve atender os requisitos da ABNT NBR 12653.



5

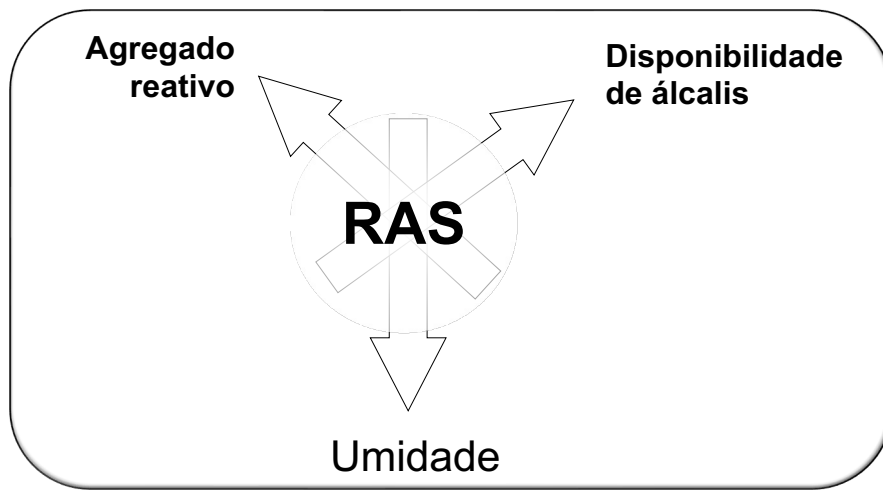
Fatores a considerar na seleção de agregados

RAA: reação química entre os **hidróxidos alcalinos** (Na^+ , K^+ , OH^-) provenientes da solução intersticial do concreto ($\text{pH} > 12,4$) e certas **fases minerais** presentes nos agregados.



6

Fatores a considerar na seleção de agregados



7



RAA: ABNT NBR 15577:2008

8

Fatores a considerar na seleção de agregados



NBR 15577-3/2008 – Análise petrográfica para verificação da potencialidade reativa de agregados em presença de álcalis do concreto.




9

Fatores a considerar na seleção de agregados

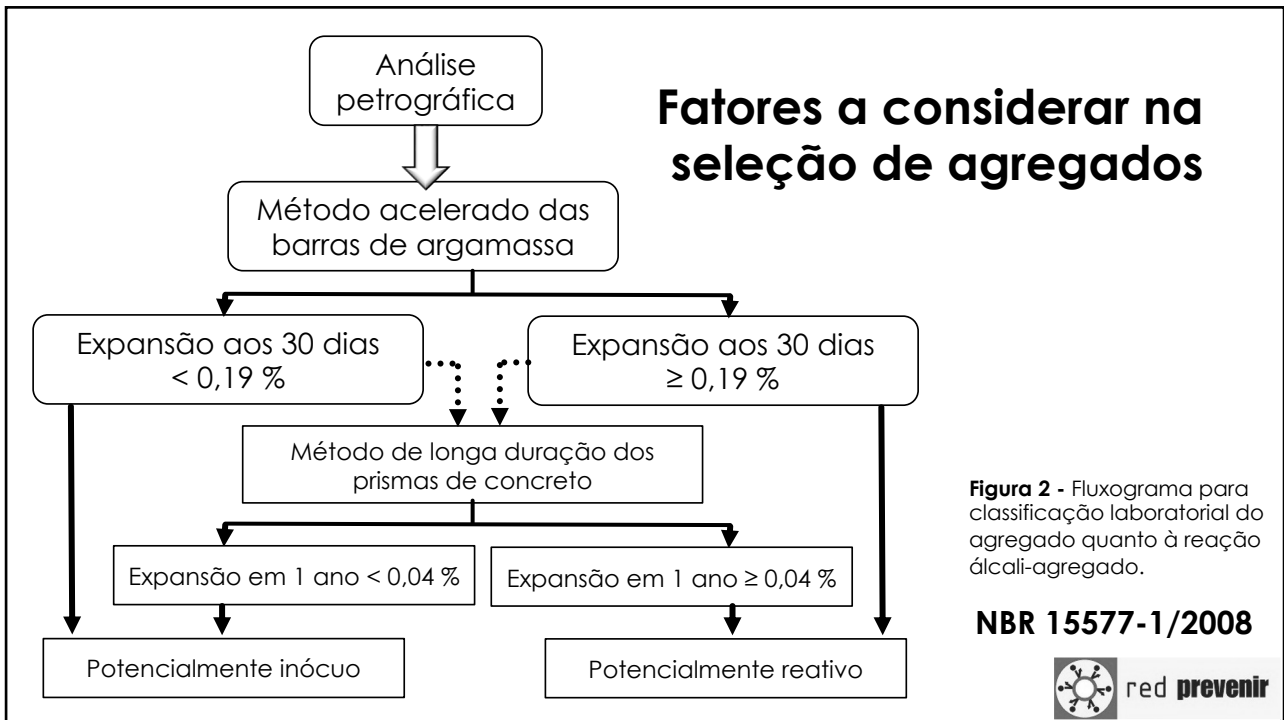
NBR 15577-2/2008

Periodicidade de realização dos ensaios:

A cada **seis meses** ou **150.000 m³ de agregados produzidos**, o que ocorrer primeiro, devem ser realizados ensaios de verificação da potencialidade reativa de acordo com o fluxograma da **Figura 2** da NBR 15577-1/2008.



10



11

Fatores a considerar na seleção de agregados

NBR 15577-4/2008

Medeiros (2016)

Condições severas (1N NaOH, 80±2°C por "30" dias):

- Barras de argamassa: 25 x 25 x 285 mm.

Ensaio Acelerado de Barras de Argamassa (AMBT)

12

NBR 15577-6/2008

Fatores a considerar na seleção de agregados

Método de prismas de concreto (CPT)

Prismas de concreto armazenados a 38 ± 2 °C e U.R. $\geq 95\%$ por um ano (considerado muito longo).

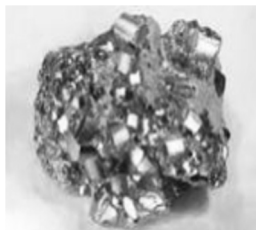


13

NBR ???

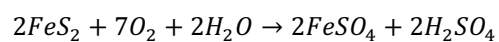
Fatores a considerar na seleção de agregados

O ataque interno de sulfatos é uma área de estudos relativamente nova. Os estudos específicos começaram a surgir no início dos anos 80 na Europa e América do Norte (KHELIL, 2014).



Fonte: Hawkins (2014).

Estruturas de concreto atacadas internamente por sulfatos: **oxidação do mineral sulfetado.**

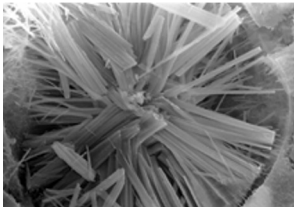


14

NBR ???

Fatores a considerar na seleção de agregados

Principais produtos formados devido as reações deletérias, entre os compostos decorrentes do processo de **oxidação dos sulfetos** e os **compostos hidratados da pasta** de cimento, são:



- **Etringita**
($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$)
- **Gipsita** ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- **Taumasita**
($\text{CaSiO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 15\text{H}_2\text{O}$)



15

NBR ???

Fatores a considerar na seleção de agregados

Goto et al. (2016)

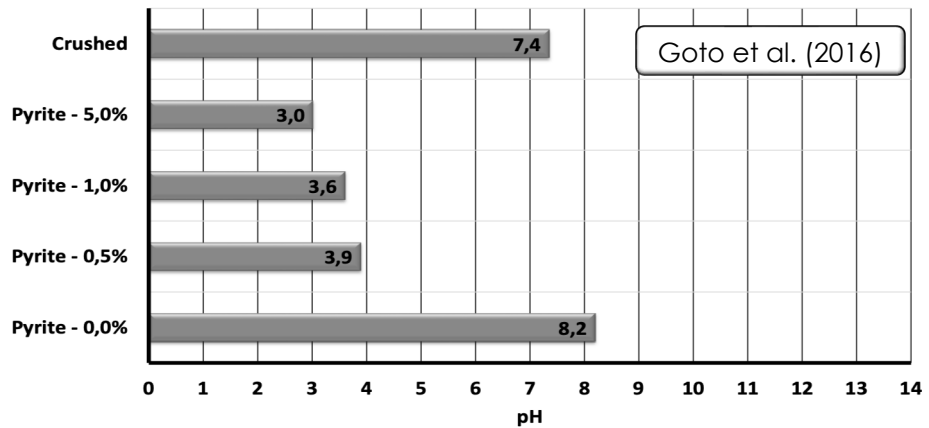
Pesquisa na UFPR


 $\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$
 H_2O


16

NBR ???

Fatores a considerar na seleção de agregados



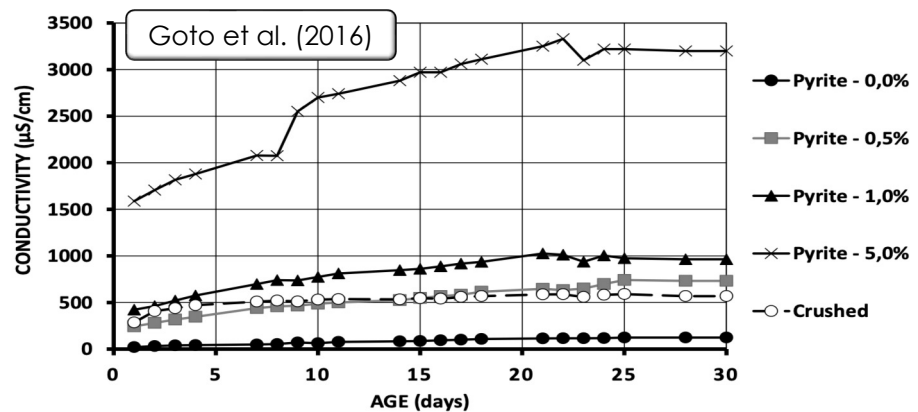
Journal of Building Pathology and Rehabilitation (Springer)
GOTO et al. (2016)



17

NBR ???

Fatores a considerar na seleção de agregados



Journal of Building Pathology and Rehabilitation (Springer)
GOTO et al. (2016)



18

NBR ???

Fatores a considerar na seleção de agregados



Caprato (2016)



19

NBR ???

Fatores a considerar na seleção de agregados



Caprato (2016)

U.R. = 55±5% T=22±2 °C

OD = 6,50±0,5 mg/L

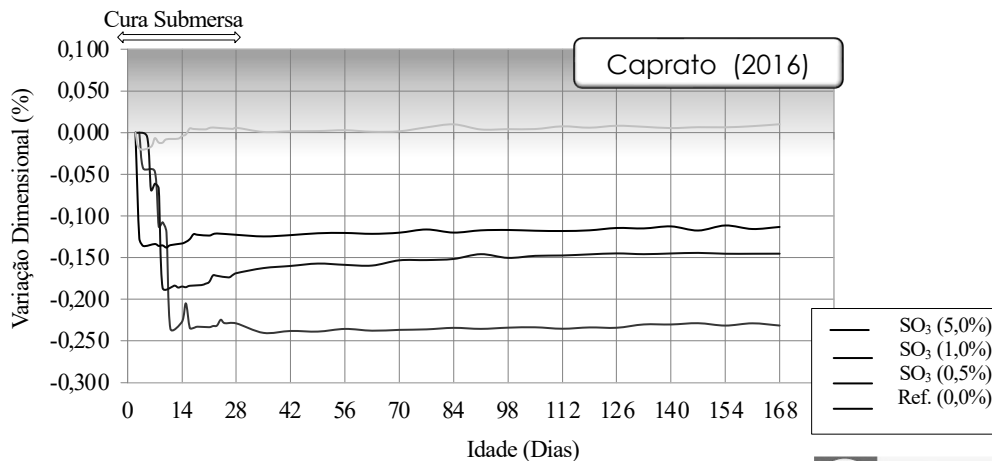
CAPRARO (2016)



20

NBR ???

Fatores a considerar na seleção de agregados



CAPRARO (2016)



21

Documentos e ensaios	
Cimento	Nota fiscal ou comprovante que ateste a procedência e marca
	Informações da classe
	Ensaio de resistência mecânica à compressão aos 28 dias
	Ensaio pertinentes dependendo do tipo de cimento
Agregados miúdos	Atestado sobre origem regulamentada, através de Decreto de Lavra que comprove que a areia é procedente e foi extraída de local que cumpre as exigências legais relacionadas ao ambiente
	Curva granulométrica
	Massa específica
	Massa unitária
	Determinação de torrões de argila e materiais friáveis
	Determinação de impurezas orgânicas
	Determinação de material pulverulento
Agregados graúdos	Determinação de reatividade álcali-agregado (RAA)
	Atestado sobre origem regulamentada, através de Decreto de Lavra que comprove que a brita é procedente e foi extraída de local que cumpre as exigências legais relacionadas ao ambiente
	Curva granulométrica
	Massa específica
	Massa unitária
	Determinação de torrões de argila e materiais friáveis
Determinação de material pulverulento	
	Determinação de reatividade álcali-agregado (RAA)
	Certificado de Análise do aditivo
	Caracterização de água destinada a preparação do concreto

22

Fatores a considerar na seleção do cimento



23

Fatores a considerar na seleção do cimento



24

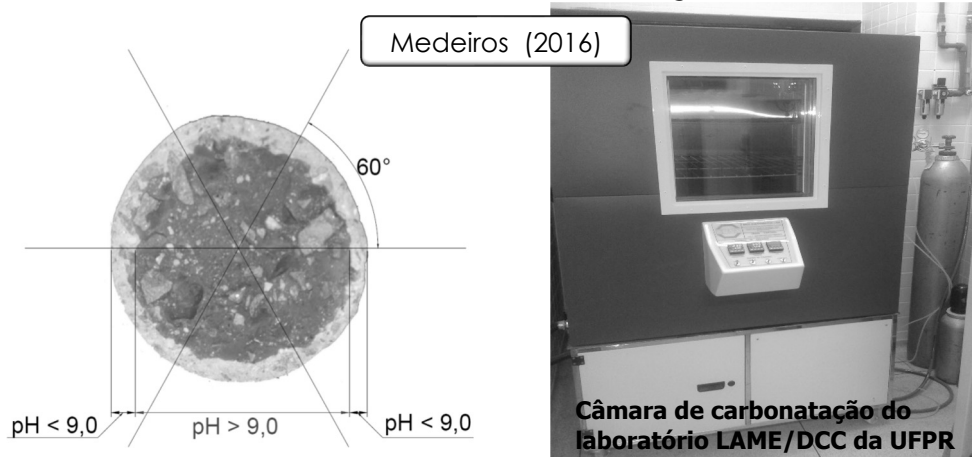
Fatores a considerar na seleção do cimento

O tipo de cimento influencia a velocidade de carbonatação já que a reserva alcalina é função da composição química do cimento e das adições.

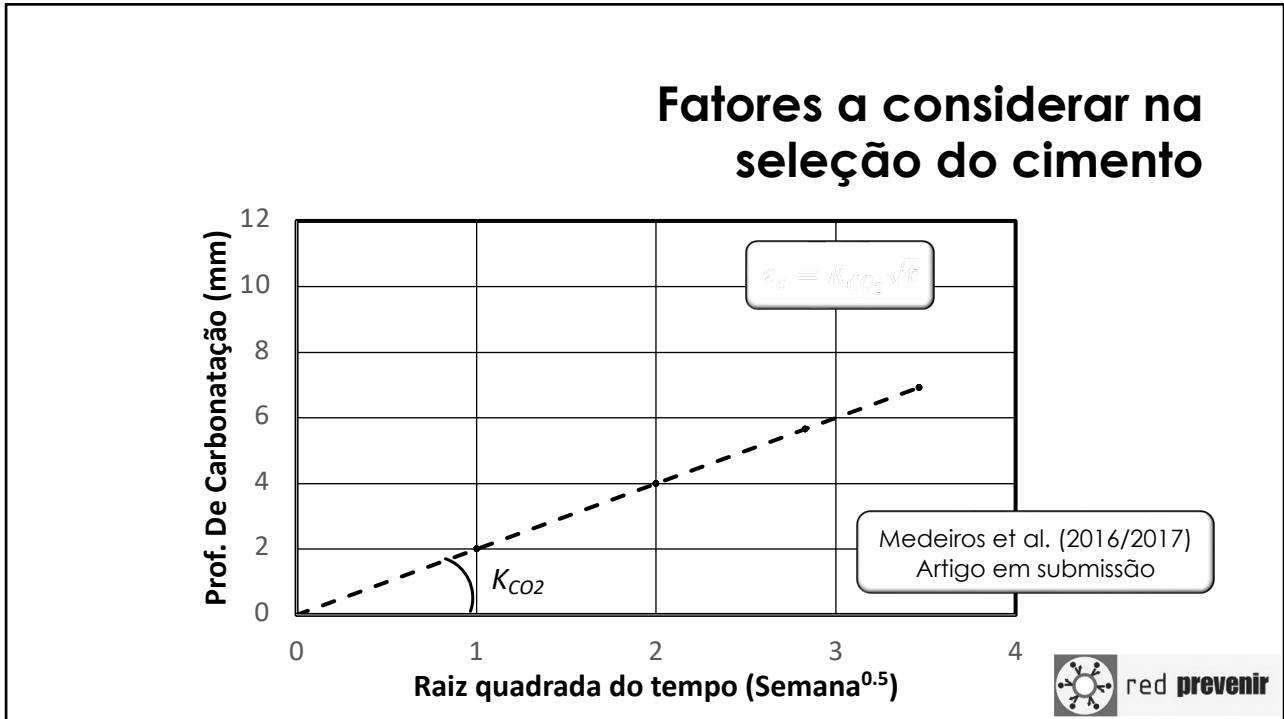


25

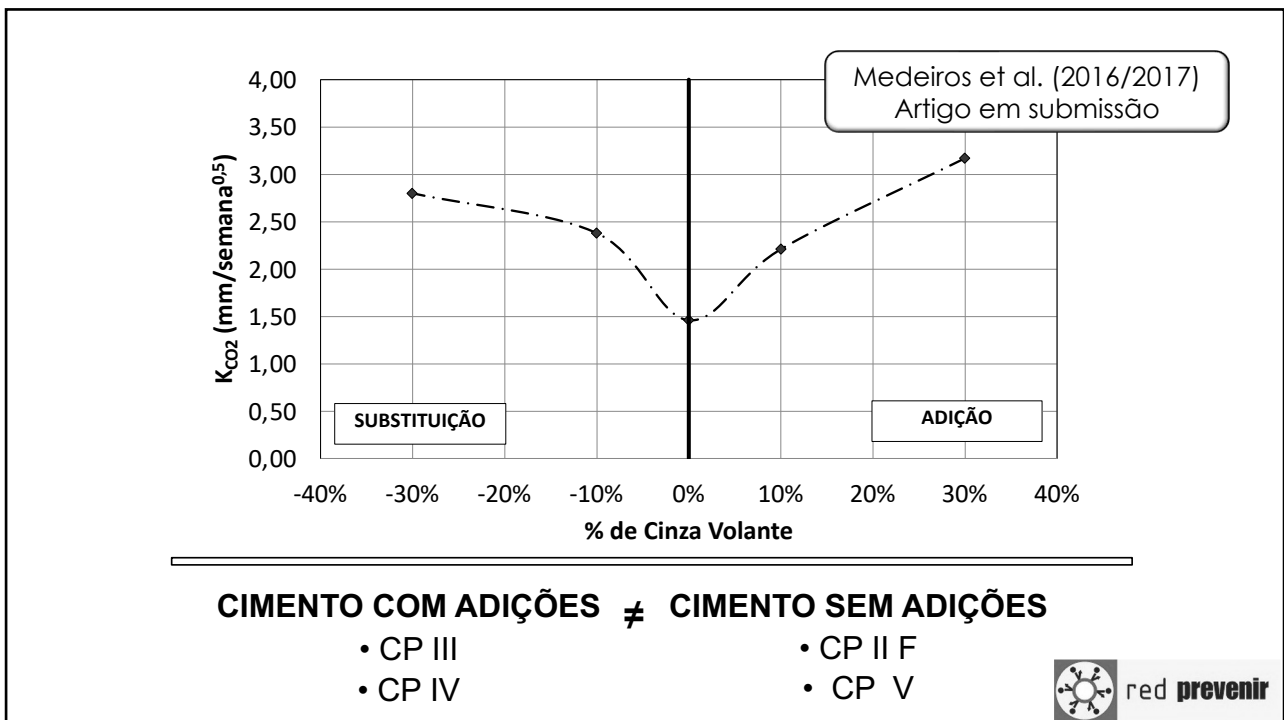
Fatores a considerar na seleção do cimento



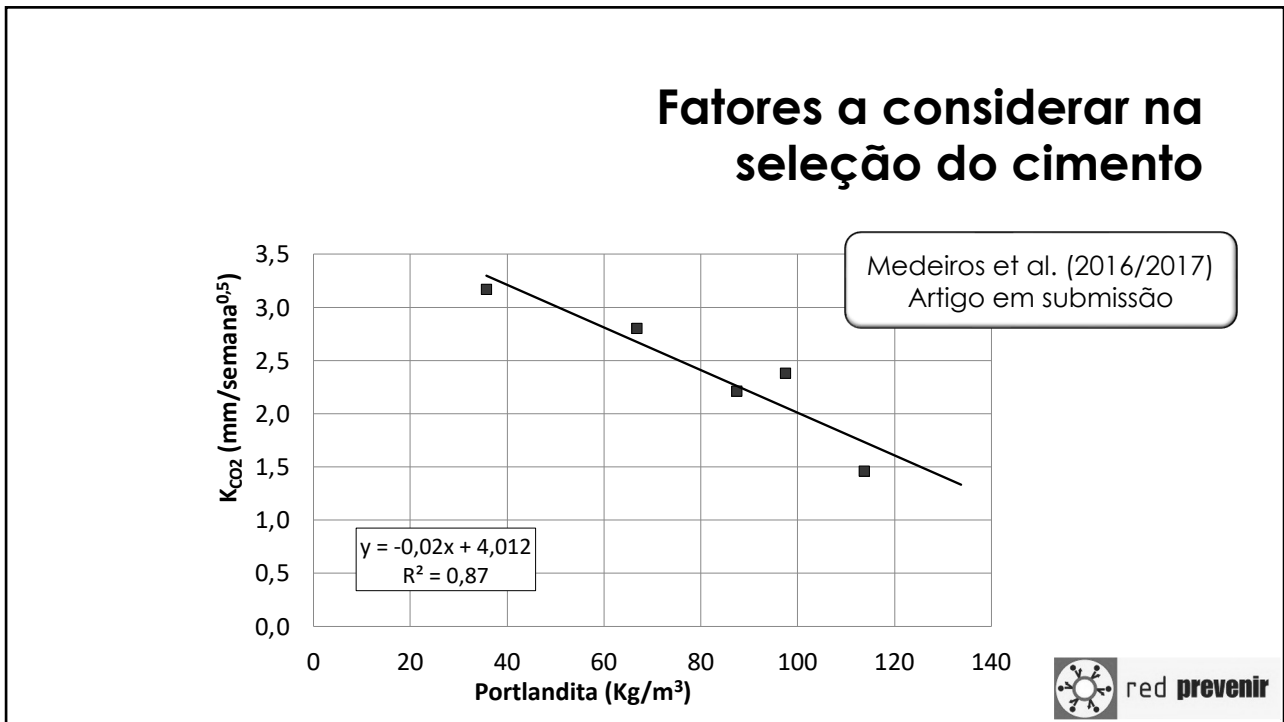
26



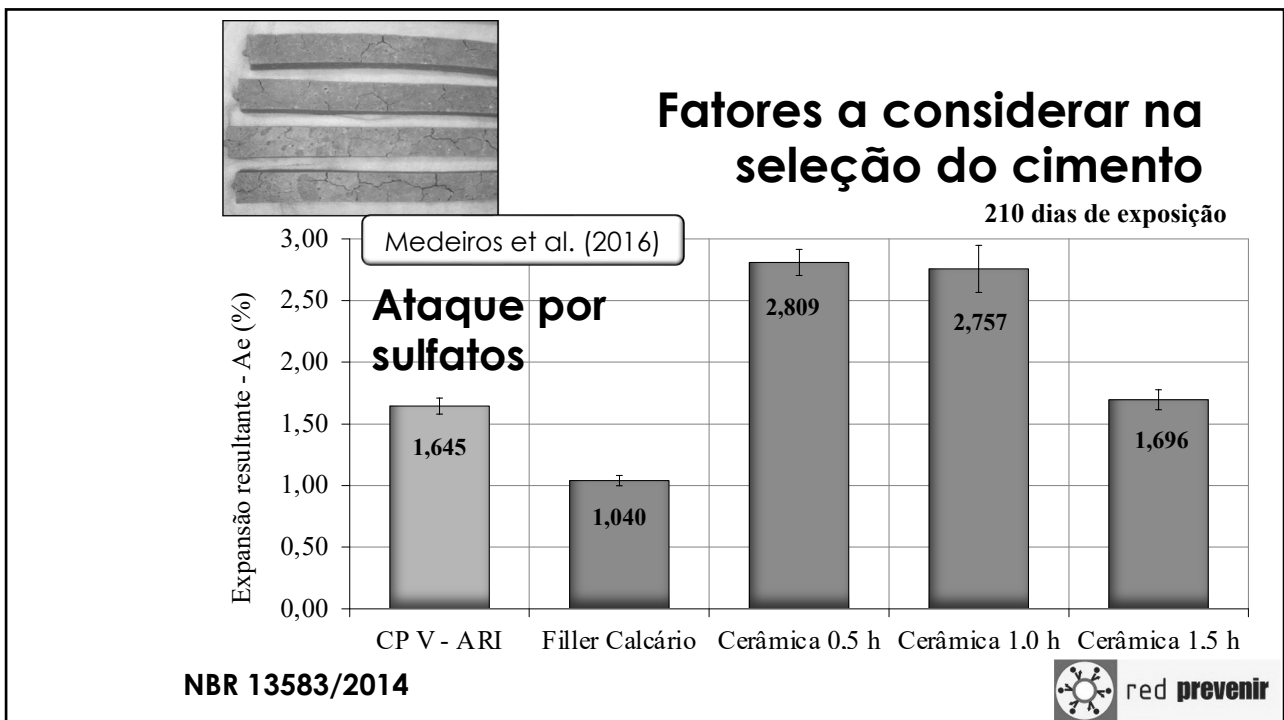
27



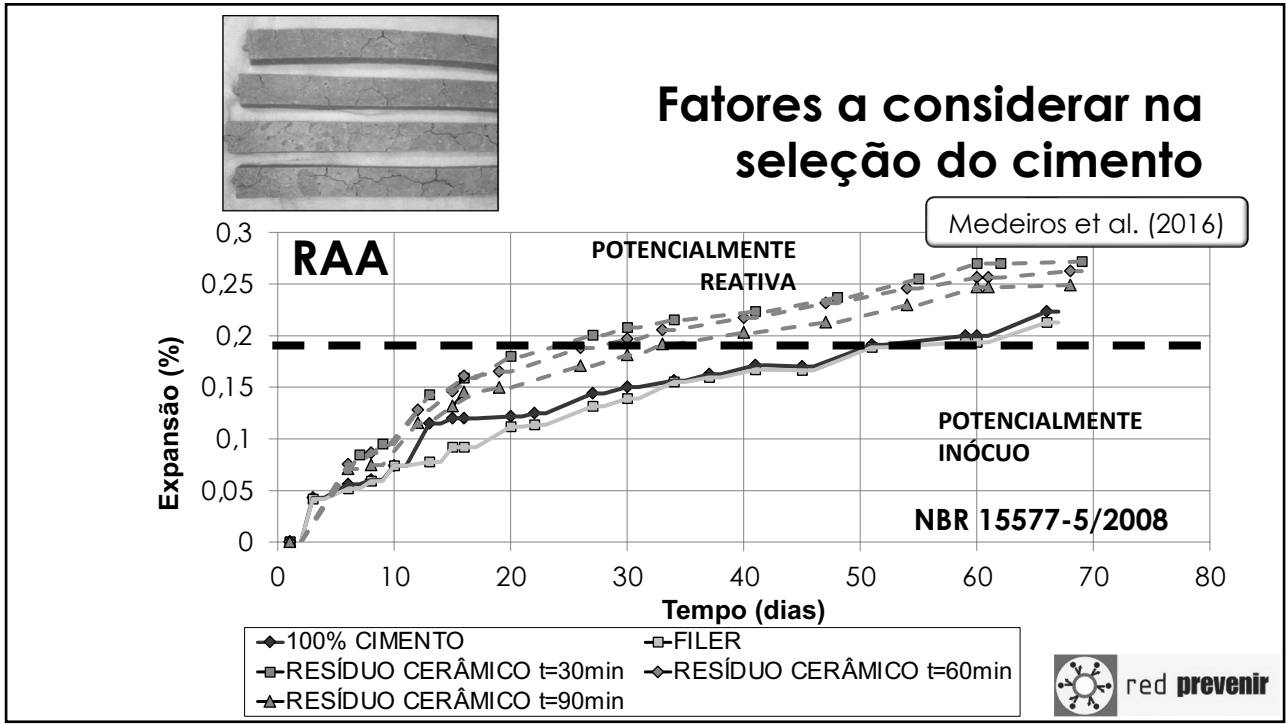
28



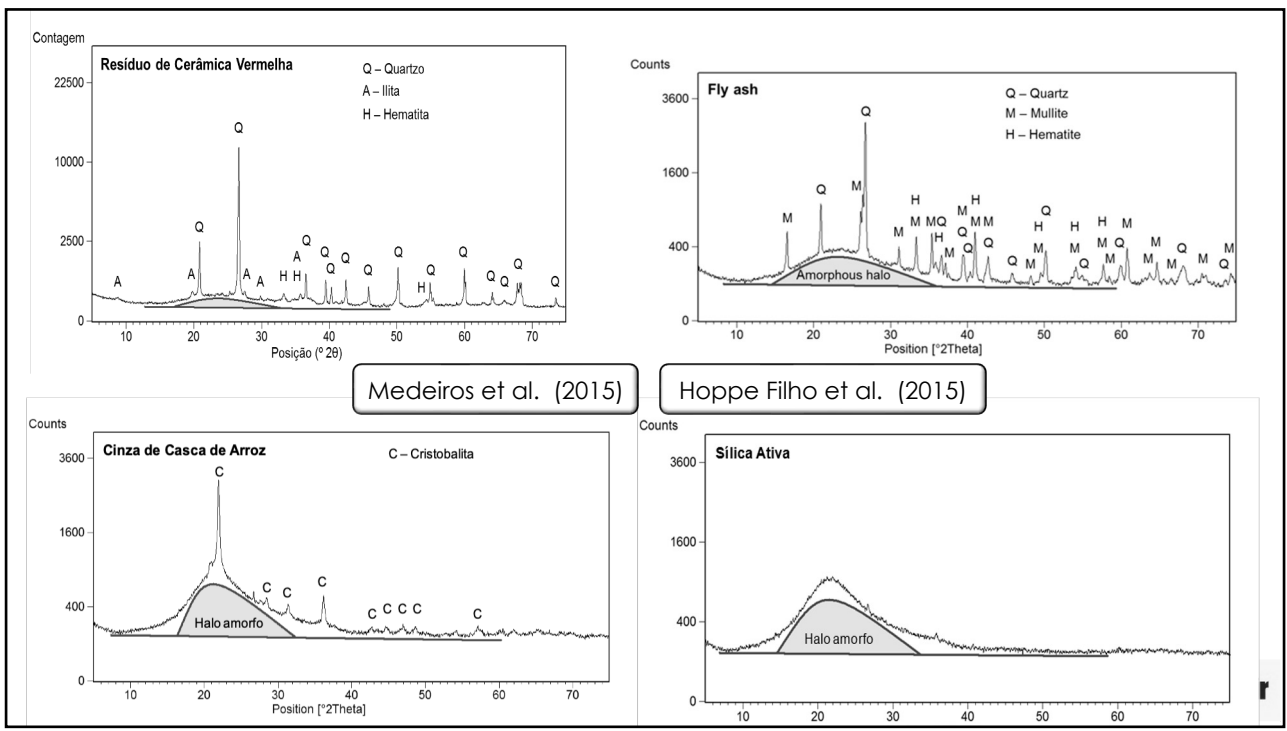
29



30



31



32

Aprendizado:

- A introdução de um novo material no mercado precisa ser estudada sistematicamente.
- Pode dar certo para a resistência, mas não exatamente para a durabilidade.



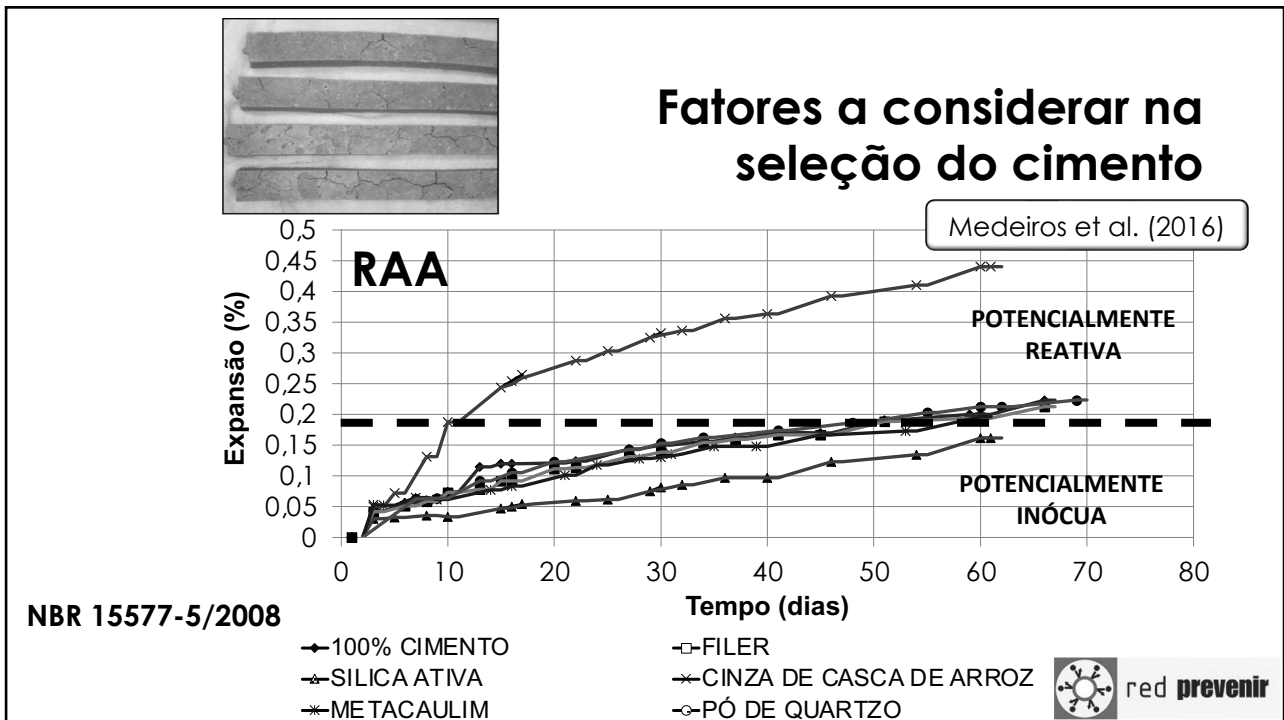
33

O que sabemos hoje para RAA?

- Coloque uma pozolana para mitigar a RAA.
- Quanto mais reativa, melhor.



34



35

Aprendizado:

- Cuidado com a generalização de conceitos.
- Nem tudo que parece é verdade.

TODOS VÊM O QUE VOCÊ PARECE SER...

...MAS POLICOS SABEM O QUE VOCÊ REALMENTE É.
(NICOLAU MAQUIAVEL)

red prevenir

36

Fatores a considerar no armazenamento do cimento

Nanotecnologia





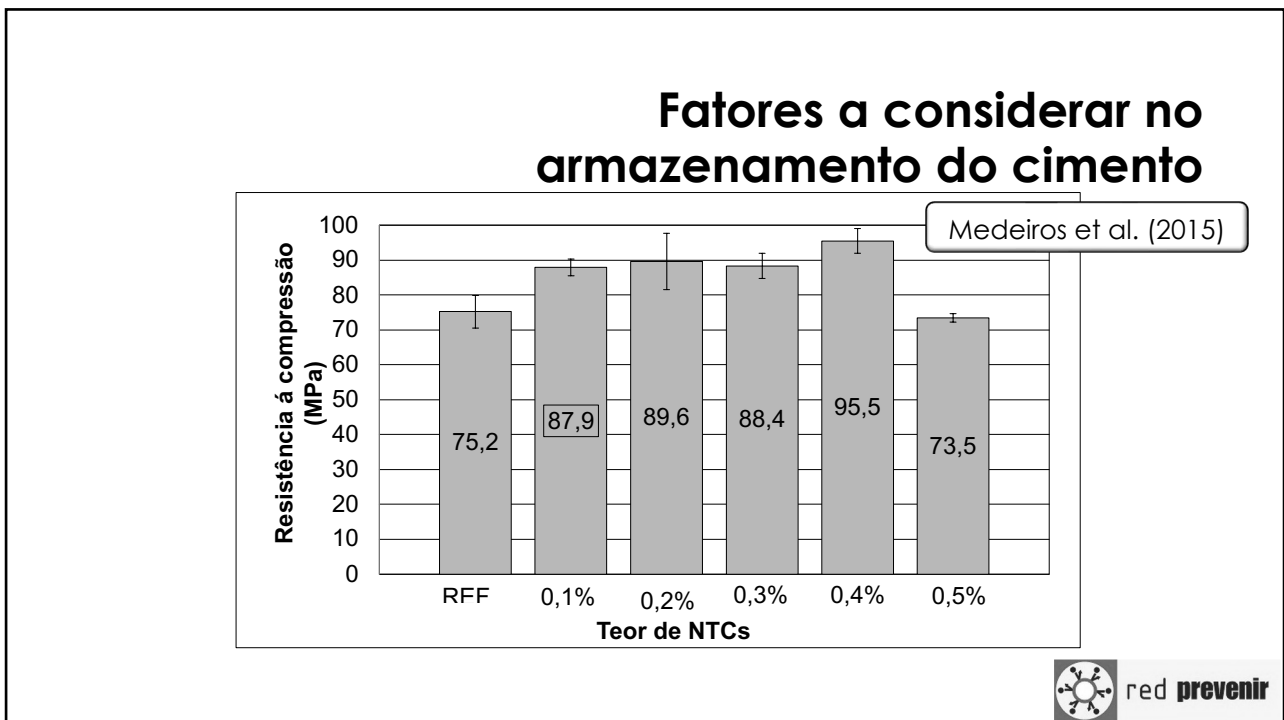
Nanotubos de carbono



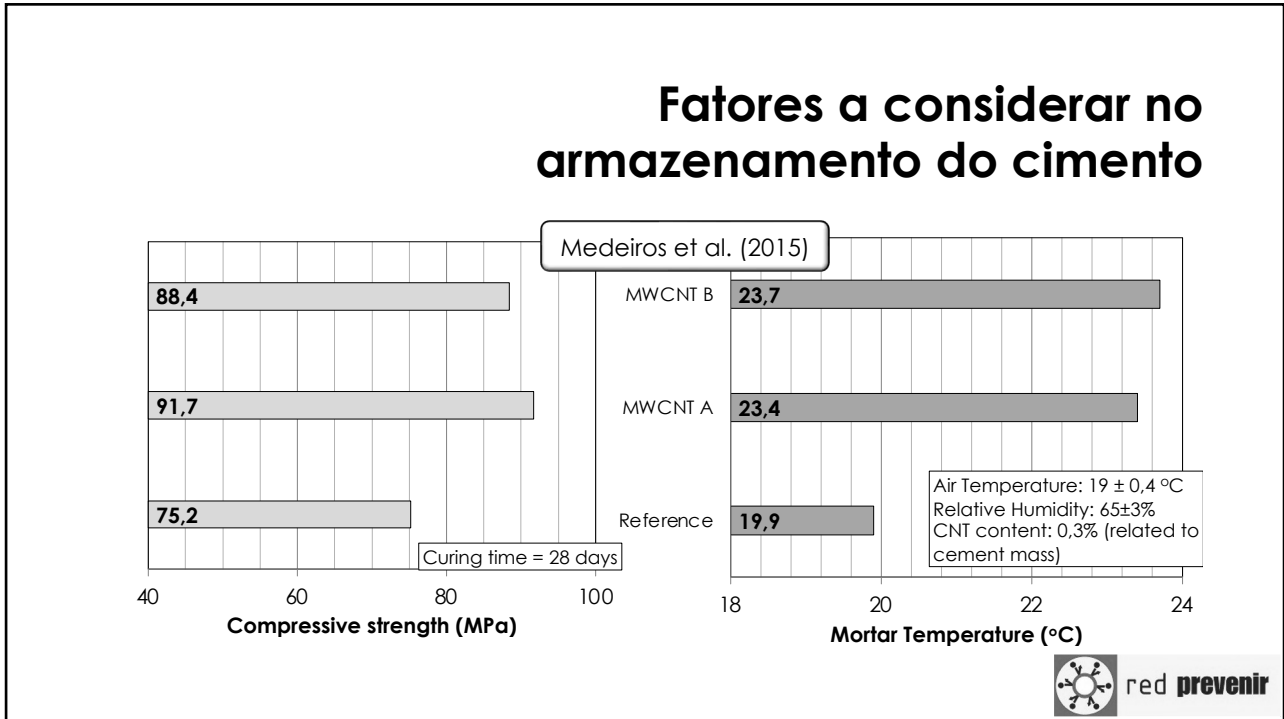
Medeiros et al. (2015)



37



38



39

Fatores a considerar no armazenamento do cimento

- ▀ **CIMENTO**
Local: ambiente fechado e isento de umidade.
Prazo: máximo 30 dias.

red prevenir

40

Fatores a considerar no armazenamento do cimento

■ CIMENTO

Orientações: sobre estrados de madeira com os sacos isolados do piso e afastados 30 cm das paredes, em pilhas com no máximo dez sacos. Forrar para evitar a umidade do solo.

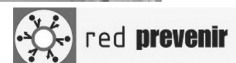


41

Fatores a considerar no armazenamento do cimento



X



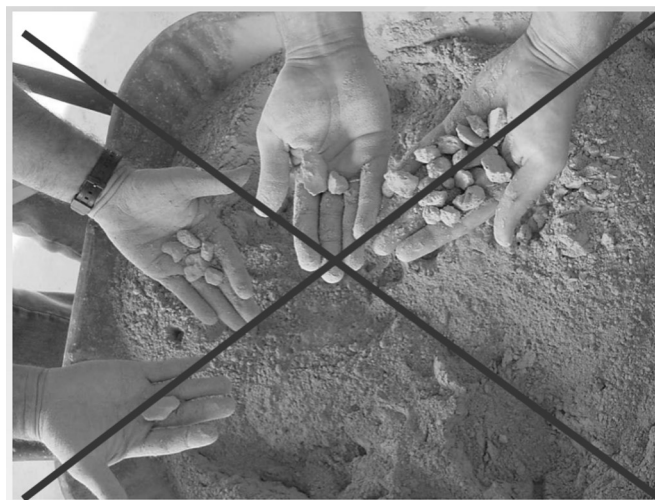
42

Fatores a considerar no armazenamento do cimento

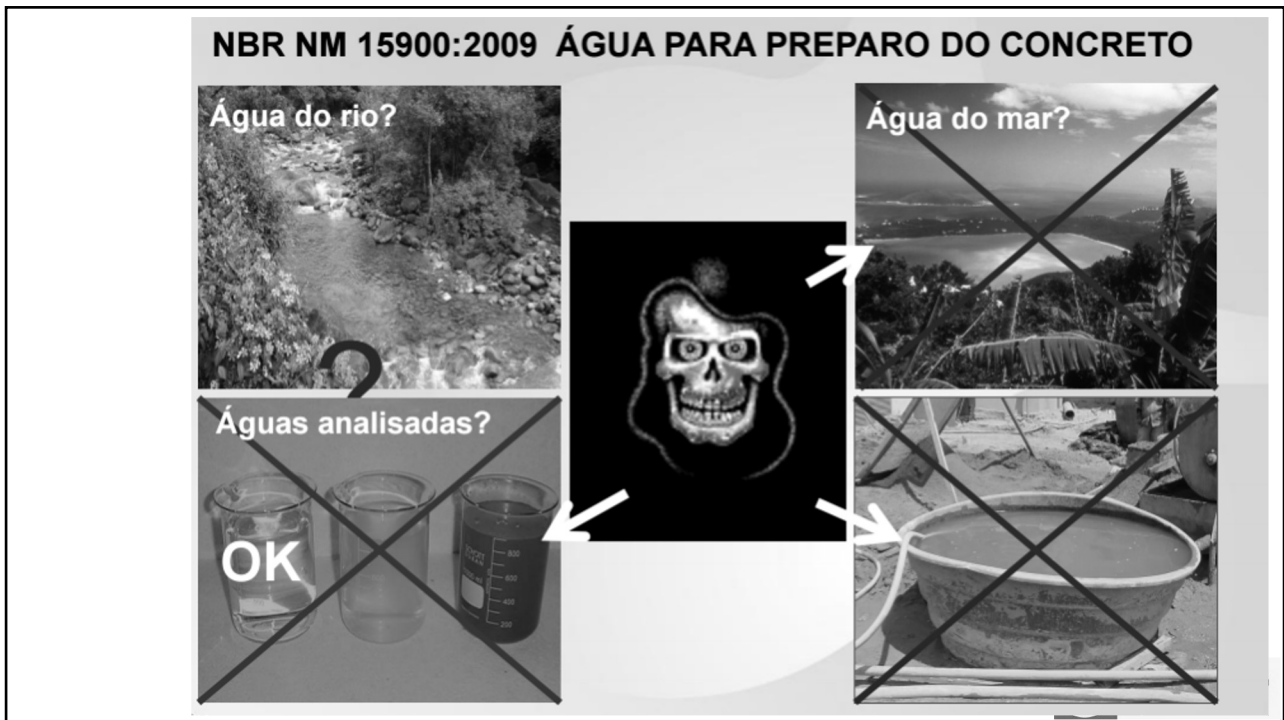


43

Fatores a considerar no armazenamento do cimento



44



45



46

Fatores a considerar no armazenamento do aço

- **Local:** lugar seco e protegido de intempéries. Podem ser armazenados em prateleiras, cavaletes ou empilhados no piso. O aço deve ficar em pilhas organizadas conforme a bitola. Para a separação das pilhas de aço devem ser utilizadas estacas de madeira em vez de perfis metálicos.
- **Prazo:** não devem ficar expostos a céu aberto por mais de 90 dias.



47

Fatores a considerar no armazenamento do aço



48

Fatores a considerar no armazenamento do aço



Medeiros (2016)



49

Fatores a considerar no armazenamento do aço



50

Como inspecionar e qualificar uma
concreteira

CENTRAL DE CONCRETO

ABNT NBR 7212:2012

*“Execução de concreto dosado
em central – Procedimento”*



51

Como inspecionar e qualificar uma
concreteira

ABNT NBR 12655:2015

4. ATRIBUIÇÕES DE INCUMBÊNCIAS

✓ **Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem:**

A empresa de serviços de concretagem deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo de concreto, bem como as disposições desta Norma e da ABNT NBR 7212.



52

Como inspecionar e qualificar uma concreteira

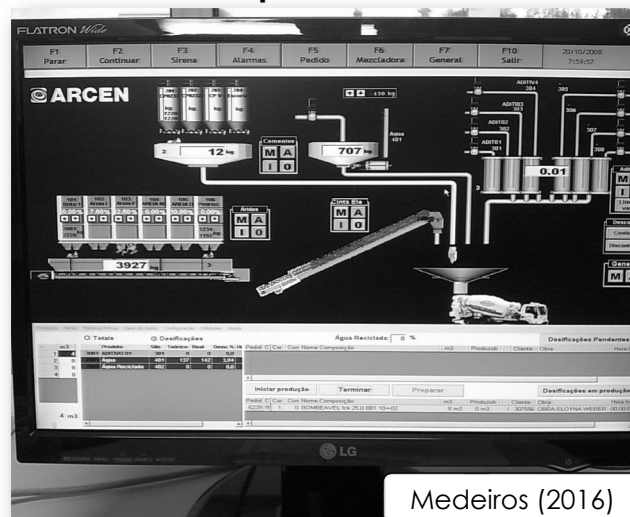
Como é feito o controle tecnológico do concreto?



53

Como é o Processo de Produção?

- O processo é computadorizado



54

Como é o Processo de Produção?

▪ O processo é computadorizado

▪ Dosagem em massa?



Medeiros (2016)



55

Como é o Processo de Produção?



Helene (2016)



56

Como é o Processo de Produção?

balança utilizada na aferição da massa da sílica e do gelo

Helene (2016)



Visita em
Abril/2015!



57

Como é o Processo de Produção?

Umidade da areia?



Medeiros (2016)

58

Como é o Processo de Produção?

$f_{ck} = 20MPa$

Cimento = 280 kg/m³
 Areia = 845 kg/m³
 Brita = 1036 kg/m³
 Água = 210 L/m³
 $\mu = 3\% \text{ e } 5\%$

$$\mu = 3\%$$

$$845 \times 0,03 = 25,35L$$

$$\frac{25,35 \times 100}{210} = \mathbf{12\%}$$

$$\mu = 5\%$$

$$845 \times 0,05 = 42,25L$$

$$\frac{42,25 \times 100}{210} = \mathbf{20\%}$$

Cimento = 480 kg/m³
 Areia = 801 kg/m³
 Brita = 1010 kg/m³
 Água = 160 L/m³
 $\mu = 3\% \text{ e } 5\%$

$$\mu = 3\%$$

$$801 \times 0,03 = 24,03L$$

$$\frac{24,03 \times 100}{160} = \mathbf{15\%}$$

$$\mu = 5\%$$

$$801 \times 0,05 = 40,05L$$

$$\frac{40,05 \times 100}{160} = \mathbf{25\%}$$

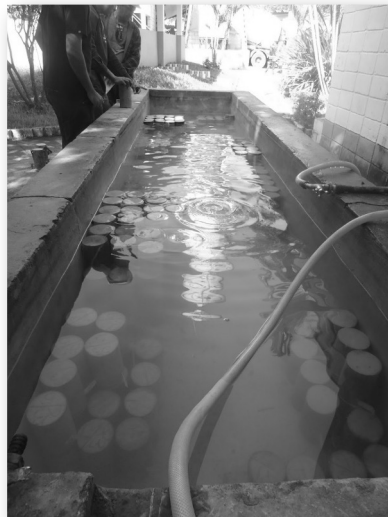
$f_{ck} = 50MPa$

Exemplo



59

Como é o Processo de Produção?



Resistência à
 compressão é
 controlada pela
 empresa (Usina)?



60

Como é o Processo de Produção?



61

Como é o Processo de Produção?



(Concrebras)

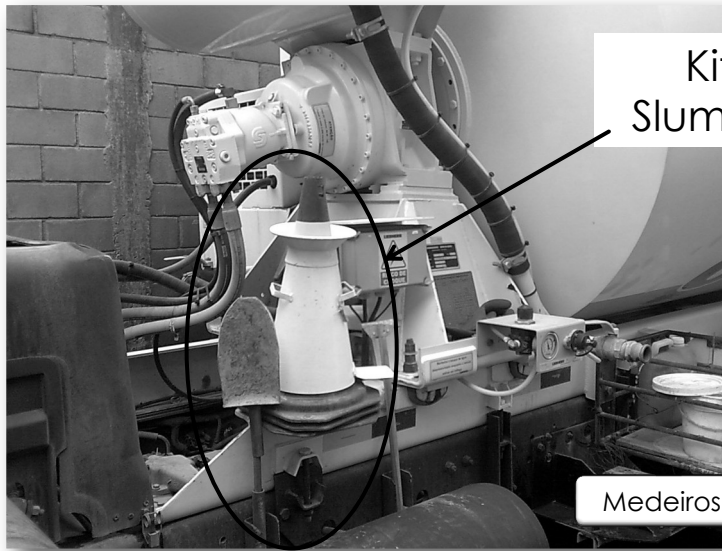


Volume	Pressão no manômetro							
	Slump Test (abatimento cm)							
	6	8	10	12	14	16	18	20
4 m ³	205	170	150	130	120	110	100	95
5 m ³	210	175	155	135	125	115	105	100
6 m ³	215	180	160	140	130	120	110	105
7 m ³	215	185	160	145	135	125	115	110
8 m ³	220	190	165	150	140	130	120	115



62

Como é o Processo de Produção?



Medeiros (2016)



63

Como é o Processo de Produção?



Medeiros (2016)



64

Como é o Processo de Produção?

Helene (2016)



**Adição de água no redosador
(sem controle)**



65

Como é o Processo de Produção?

A usina fornece condições para conferencia do concreto recebido?

- ✓ Volume do concreto;
- ✓ Classe de agressividade;
- ✓ Abatimento (slump-test);
- ✓ f_{ck} ;
- ✓ Consumo de cimento/ m^3 ;
- ✓ Aditivo, quando solicitado;
- ✓ Número do lacre;
- ✓ Hora de saída do concreto da usina.



66

Como é o Processo de Produção?



Comparar o número do lacre com o especificado na nota fiscal



Fica na trazeira do caminhão, travando a abertura da bica de concreto



67

Como inspecionar e qualificar uma concreteira

Como é feito o controle tecnológico do concreto?

Helene (2016)



68

Como inspecionar e qualificar uma concreteira

Helene (2016)

Como é feito o controle tecnológico do concreto?



69

Como inspecionar e qualificar uma concreteira

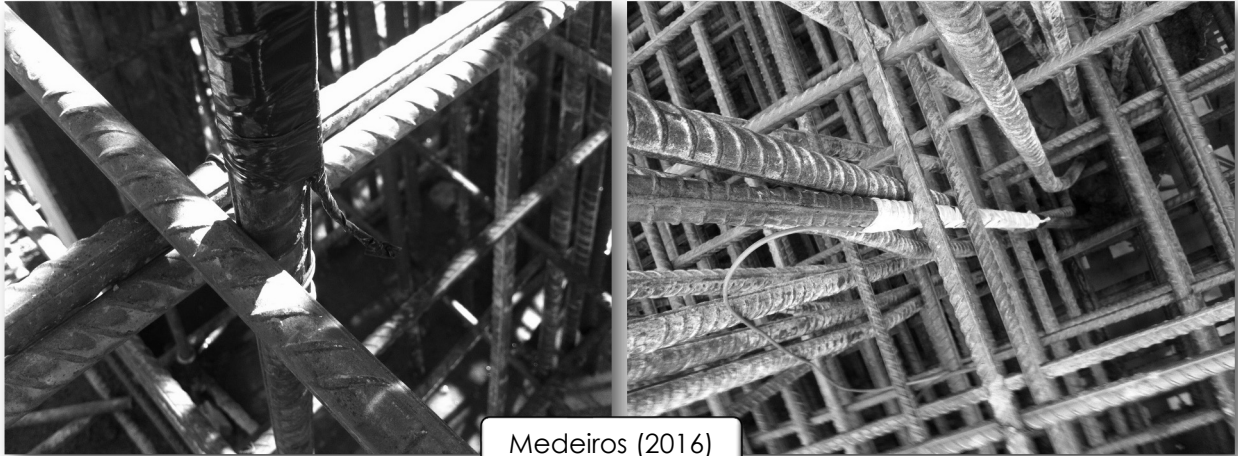
Helene (2016)

Como é feito o controle tecnológico do concreto?



70

Como inspecionar e qualificar uma concreteira



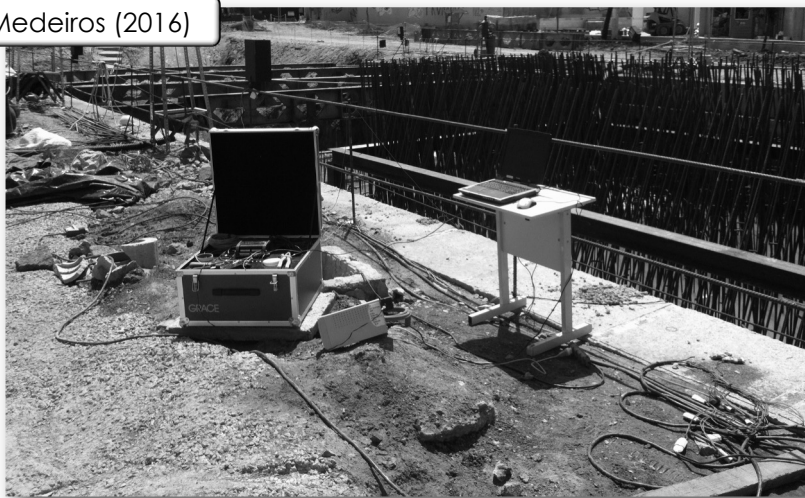
Medeiros (2016)



71

Como inspecionar e qualificar uma concreteira

Medeiros (2016)



72

Como inspecionar e qualificar uma concreteira

Volume Total : 1992 m³

fck : 40 MPa

CP IV

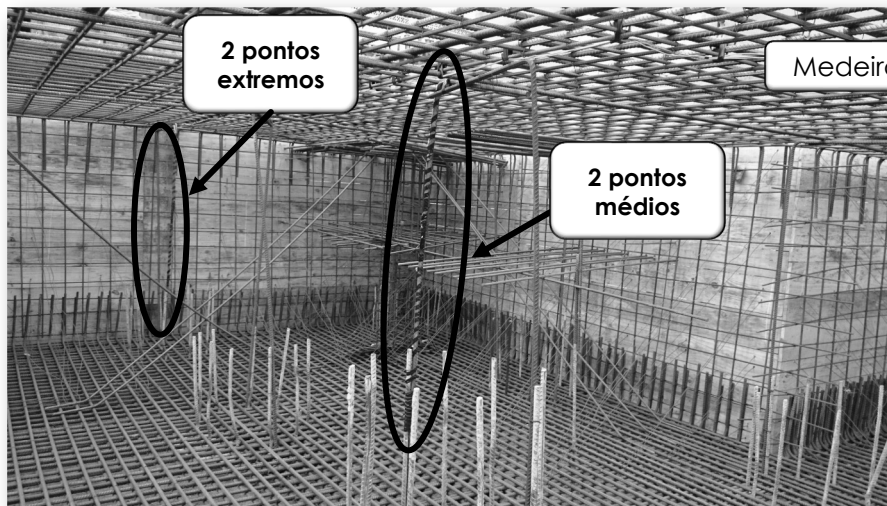


Medeiros (2016)



73

Como inspecionar e qualificar uma concreteira



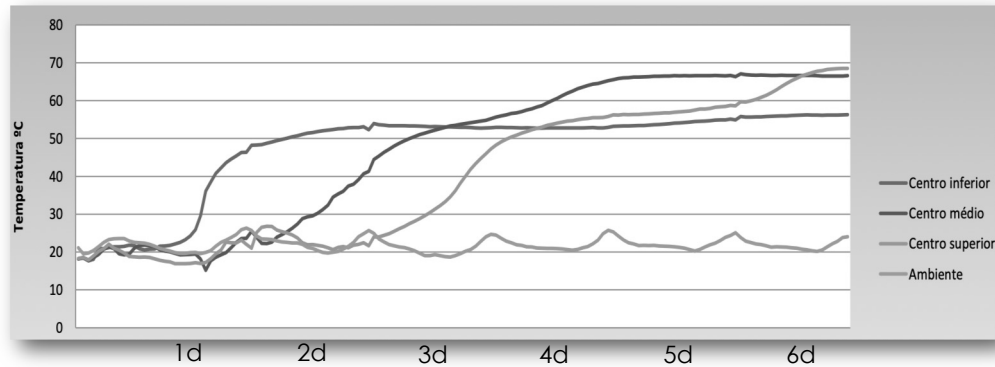
Medeiros (2016)



74

Como inspecionar e qualificar uma concreteira

Temperatura de formação da etringita secundária 80°C (Karen Scrivener);

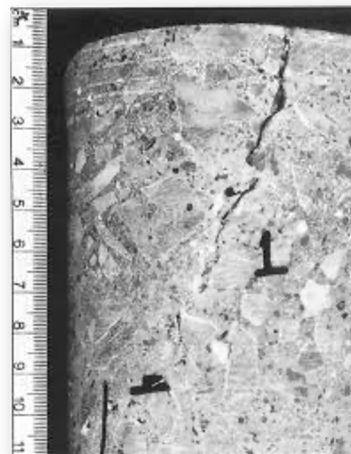


75

Como inspecionar e qualificar uma concreteira

PREVENIR O QUE?

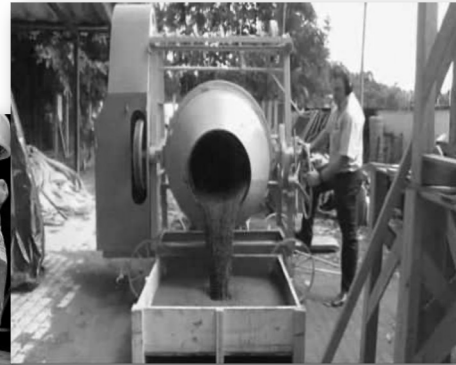
Temperatura de formação da etringita secundária 80°C (Karen Scrivener);



76

Como e quando fazer um estudo de dosagem?

Sempre!!!



77

Como e quando fazer um estudo de dosagem?

ABNT NBR 12655:2015
*“Concreto de cimento Portland -
Preparo, controle, recebimento e
aceitação - Procedimento”*



78

Como e quando fazer um estudo de dosagem?

Racional e experimental:

- ✓ Concreto de classe C20 ou superior (ABNT NBR 8953:2015);
- ✓ Estudo realizado com antecedência e com os mesmos materiais e condições semelhantes àquelas da obra;
- ✓ Refazer o estudo de dosagem no caso de mudança da marca, tipo ou classe do cimento, procedência e qualidade dos agregados e demais materiais;
- ✓ Concreto autoadensável (CAA): ABNT NBR 15823:2010.

Dosagem empírica:

- ✓ Concreto de classes C10 e C15;
- ✓ Consumo mínimo de cimento: 300kg/m³.



79

Estudo de dosagem experimental do concreto



Helene (2016)

Como e quando fazer um estudo de dosagem?



HELENE, Paulo & TERZIAN, Paulo. *Manual de Dosagem e Controle do Concreto*. São Paulo, PINI / SENAI, 1993. 189p. Método IBRACON



80

Como e quando fazer um estudo de dosagem?

A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade durante a construção, que é medida pelo desvio-padrão, e levada em conta no cálculo da resistência de dosagem, segundo a equação:

$$f_{cm,j} = f_{ck,j} + 1,65 \times s_{d,j} \quad \Rightarrow \quad \text{dependente da condição de preparo}$$

onde:

$f_{cm,j}$ é a resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em MPa;

$f_{ck,j}$ é a resistência característica do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, expressa em MPa;

$s_{d,j}$ é o desvio-padrão da dosagem, prevista para a idade de j dias, expressa em MPa;



81

Como e quando fazer um estudo de dosagem?

Condições de preparo

Condição de preparo	Classe do concreto	Cimento	Agregados	Água	Correção da água em função da umidade dos agregados
A	todas	massa	massa	massa ou volume	sim
B	C10 a C20	massa	volume	volume	sim
C	C10 e C15	massa	volume	volume	estimada

prevenir

82

Como e quando fazer um estudo de dosagem?

Concreto com desvio-padrão conhecido:

- ✓ Deve ser fixado com no mínimo 20 resultados consecutivos obtidos no intervalo de 30 dias;
- ✓ Em nenhum caso, o valor de s_d adotado pode ser menor que **2MPa**.

Concreto com desvio-padrão desconhecido:

Tabela 6 – Desvio-padrão a ser adotado em função da condição de preparo do concreto

Condição de preparo do concreto	Desvio-padrão MPa
A	4,0
B	5,5
C	7,0



83

Como e quando fazer um estudo de dosagem?

Ajuste e comprovação do traço



- ✓ Antes do início da concretagem, deve-se preparar uma amassada de concreto para comprovação e eventual ajuste do traço definido no estudo de dosagem.



84

Como e quando fazer um estudo de dosagem?

Exemplo - obtenção de $f_{cm,j}$

condição de preparo: A

f_{ck}		$f_{cm,j} = f_{ck,j} + 1,65 \times s_{d,j}$	CV
20 MPa	→	$f_{cm,j} = 20 + 1,65 \times 4 = 26,6$ MPa	15%
30 MPa	→	$f_{cm,j} = 30 + 1,65 \times 4 = 36,6$ MPa	10%
50 MPa	→	$f_{cm,j} = 50 + 1,65 \times 4 = 56,6$ MPa	7%

...e quando a amostragem é total?



red prevenir

85

Como e quando fazer um estudo de dosagem?

Exemplo - obtenção de $f_{cm,j}$

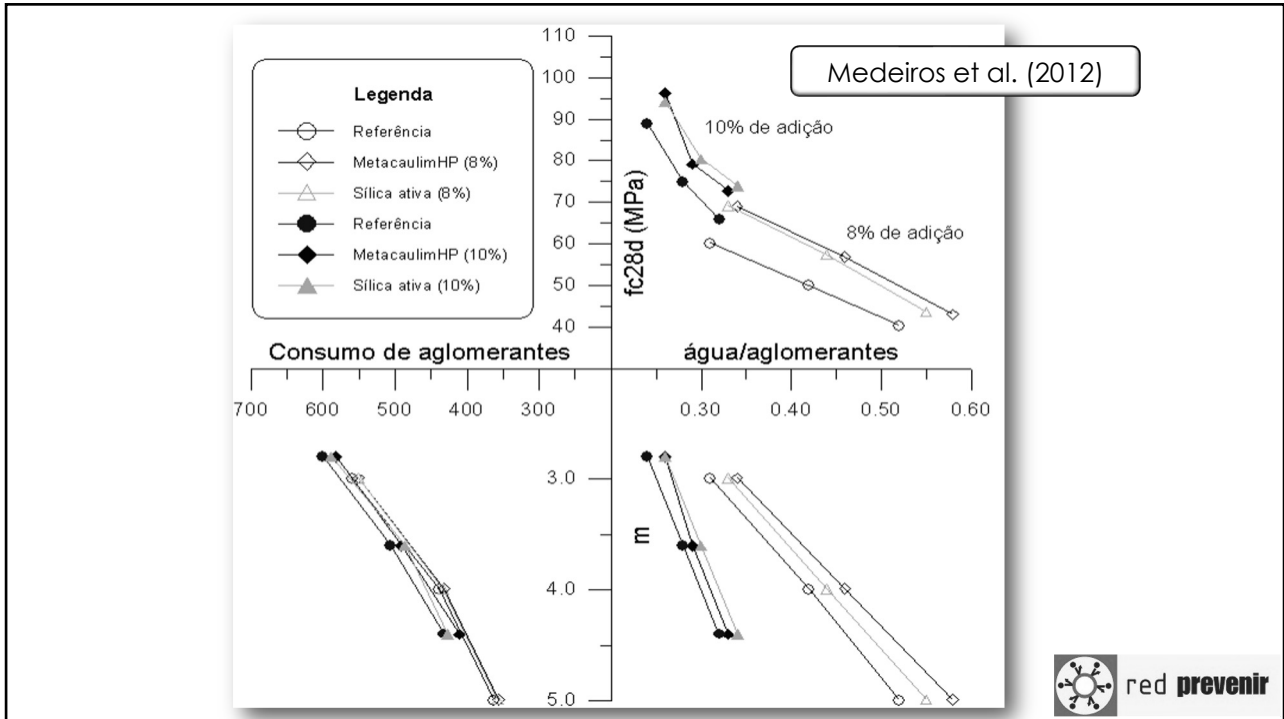
condição de preparo: A

f_{ck}		$f_{cm,j} = f_{ck,j} + 1,65 \times s_{d,j}$	CV
20 MPa	→	$f_{cm,j} = 20 + 1,65 \times 2 = 23,3$ MPa	7,5%
30 MPa	→	$f_{cm,j} = 30 + 1,65 \times 2 = 33,3$ MPa	5,0%
50 MPa	→	$f_{cm,j} = 50 + 1,65 \times 2 = 53,3$ MPa	3,5% !!!!



red prevenir


86



87

Como e quando fazer um estudo de dosagem

► **Robustez**



Parâmetros	fck	
	20	45
a/c	0,753	0,422
Cimento (kg)	238	436
Água (l)	179	184
Brita (kg)	981	1018
Areia (kg)	954	298
Aditivo (0,9%) (kg)	2,139	3,864
Teor de Argamassa (%)	54,8	52,0
Traço unitário	1 : 4,01 : 4,12	1 : 1,60 : 2,33

88

Como e quando fazer um estudo de dosagem

► Robustez



Concreto Ecoeficiente

Pesquisadores da USP desenvolvem cimento ecoeficiente

03 de maio de 2013



89

Como e quando fazer um estudo de dosagem

► Robustez

Concreto Ecoeficiente

“Atualmente, o teor de *filler* no cimento comercializado no mundo é de 6% e, no Brasil chega, no máximo, a 10%. Já **na Europa**, em algumas situações, **uma tonelada de cimento tem 700 quilos de clínquer e 300 quilos de *filler*** [incluindo outros tipos de *filler*, além do de calcário cru]”, comparou Bruno Damineli, um dos autores da pesquisa e que realiza pós-doutorado na Poli no âmbito do projeto.



90

Como e quando fazer um estudo de dosagem

► Robustez

Concreto Ecoeficiente

“Demonstramos que é possível **inverter** essa composição e produzir uma tonelada de cimento com **300 quilos de clínquer e 700 quilos de pó de calcário**”, disse.



91

Como e quando fazer um estudo de dosagem

► Robustez

Concreto Ecoeficiente

E a robustez?



92

Como e quando fazer um estudo de dosagem

► Robustez

Parâmetros	fck	
	20	45
a/c	0,753	0,422
Cimento (kg)	238	436
Água (l)	179	184
Brita (kg)	981	1018
Areia (kg)	954	298
Aditivo (0,9%) (kg)	2,139	3,864
Teor de Argamassa (%)	54,8	52,0
Traço unitário	1 : 4,01 : 4,12	1 : 1,60 : 2,33

Concreto
Ecoeficiente

305 KG DE FÍLER

131 KG DE CLINQUER



93

Como especificar e contratar concreto de concreteiras

- ❑ O índice de consumo de cimento (bi), mede a quantidade total do cimento necessária para entregar um 1 MPa de resistência:

$$bi = \frac{\text{Quantidade de cimento } \frac{kg}{m^3}}{\text{Unidade de desempenho } (fc - MPa)}$$

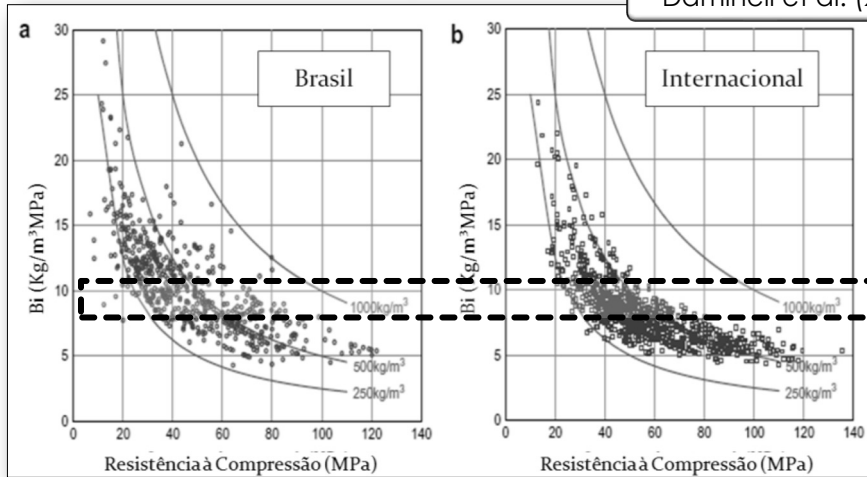
- ❑ Concreteiras usam o bi para medir desempenho econômico.



94

Intensidade de Cimento - bi

Damineli et al. (2010)



Dados de uma concreiteira em Curitiba

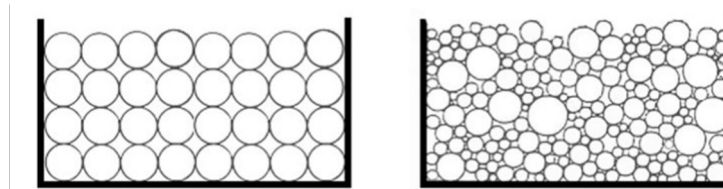
Resistência à compressão aos 28 dias.



95

Intensidade de Cimento - bi

- Os menores b_i estão ligados à **melhor empacotamento** dos agregados, **superplastificantes** e uma combinação de relações **a/c baixas** com teor de **10% de sílica**;

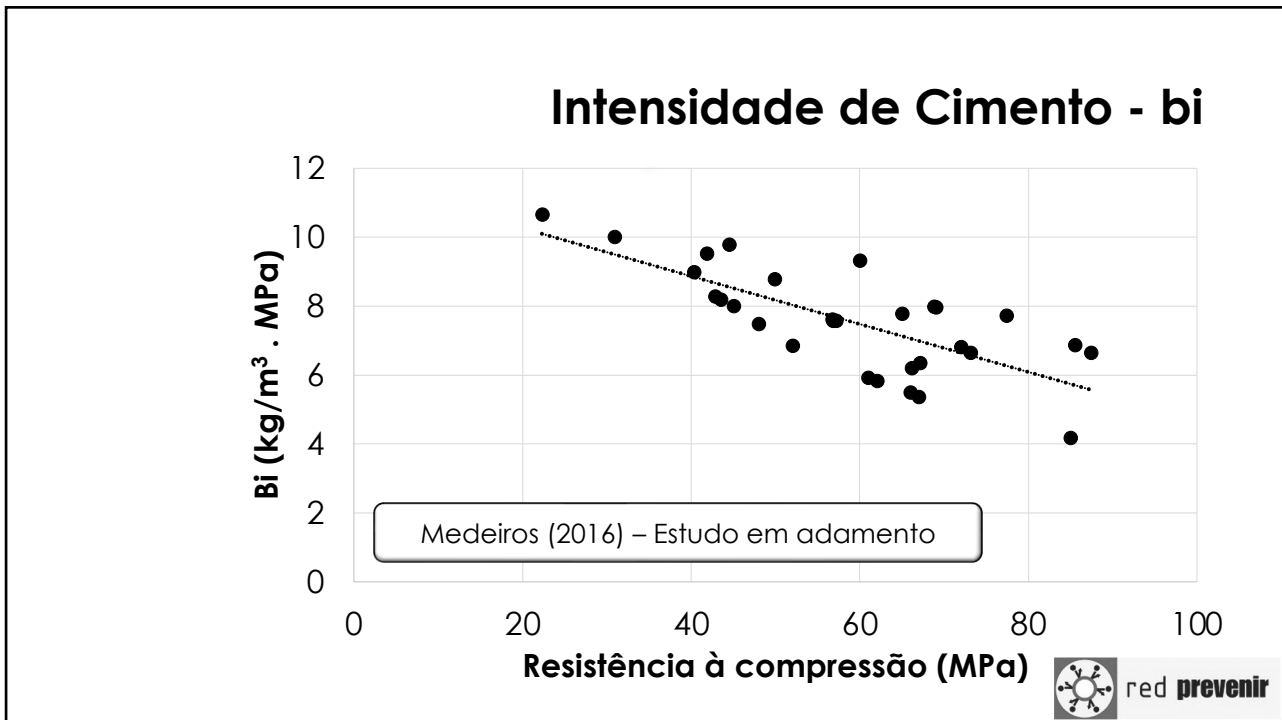


- 5 kg/m³MPa como uma meta viável para $f_{c28d} < 50$ MPa.

Damineli et al. (2010)




96



97

Intensidade de CO₂ - Ci

- ❑ O aquecimento global é uma das grandes preocupações da indústria do concreto;
- ❑ É importante desenvolver um indicador que permite comparar concretos em termos de emissões de CO₂.



red **prevenir**

98

Intensidade de CO₂ - Ci

- ❑ Indicador de intensidade de CO₂ (Ci): quantidade de CO₂ emitida para entregar uma unidade de desempenho;

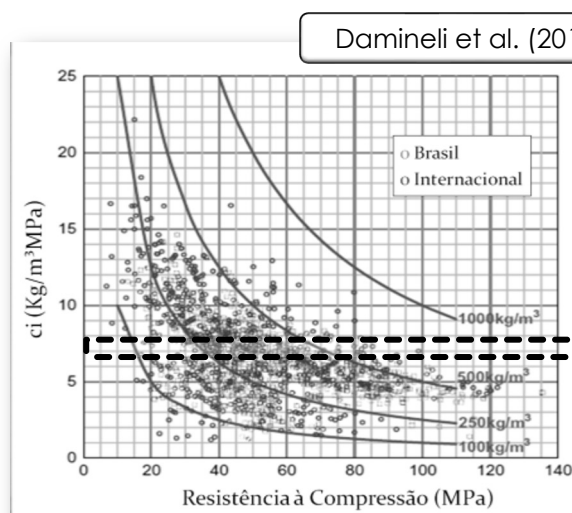
$$Ci = \frac{\text{Total de CO}_2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\text{Unidade de desempenho (} f_c \text{ -MPa)}}$$

- Há bancos de dados que apresentam média de emissões de CO₂ provenientes da produção de cimento.



99

Intensidade de CO₂ - Ci



- ❑ Intensidade mínima de cerca de 1,5 Kg/m³MPa, para todas as resistências.

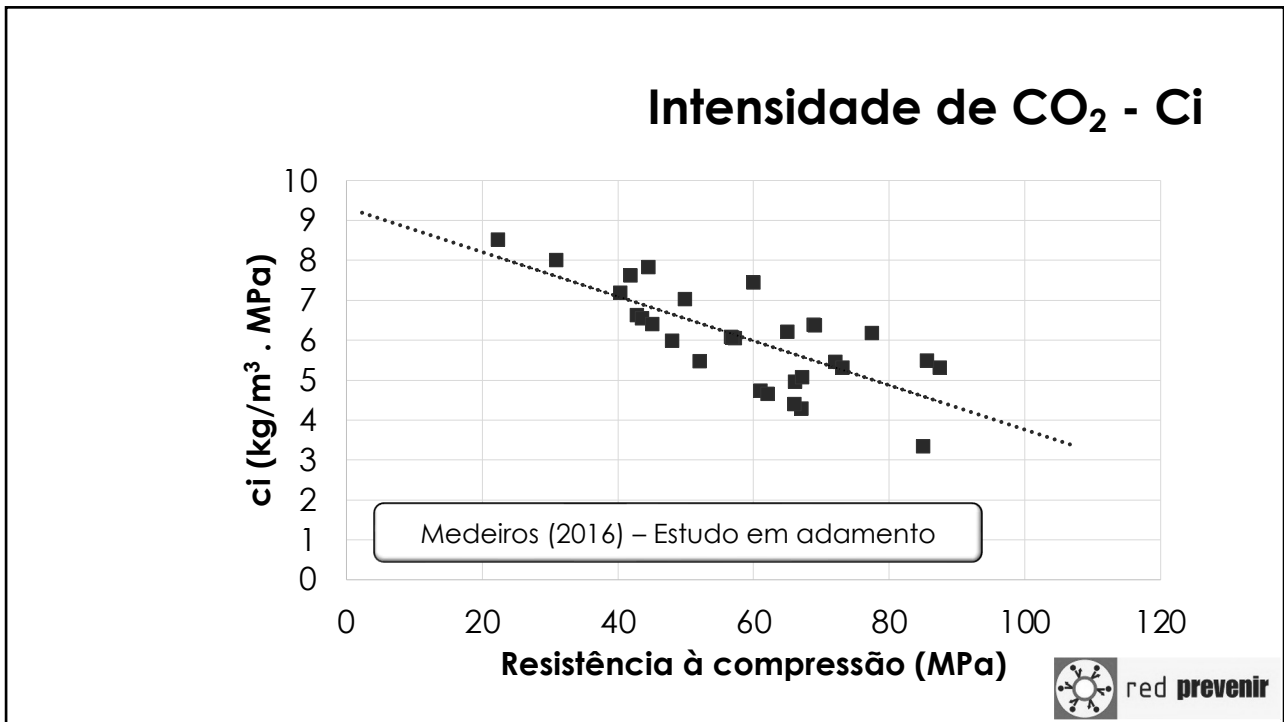
Dados de uma
concreteira em Curitiba

Figura: Intensidade de
CO₂ vs Resistência aos
28 dias.

Damineli et al. (2010)



100



101

PREVENIR: parâmetros de durabilidade?

Resistência

=
ou
≠

Durabilidade

?

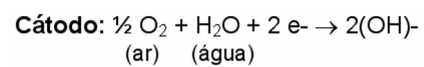
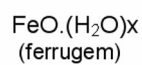
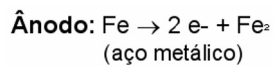
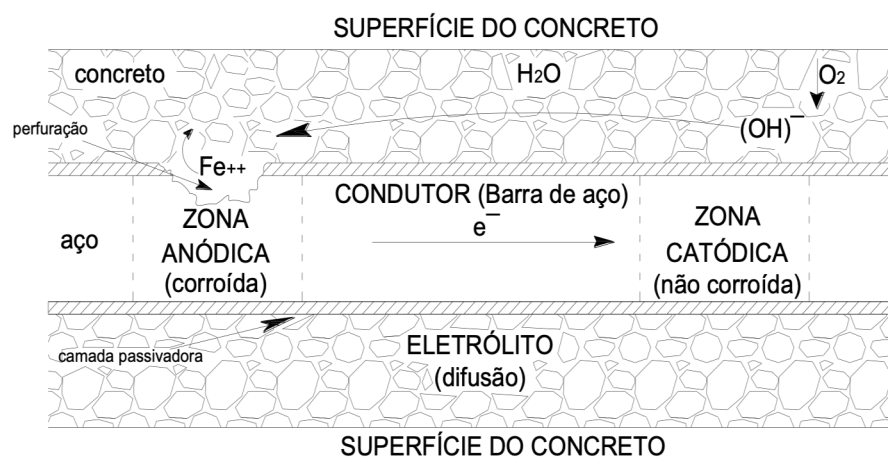
102

PREVENIR: parâmetros de durabilidade?

Nem sempre é assim!!!



103



(Adaptação de P.Helene, 1986)



104

PREVENIR: parâmetros de durabilidade?

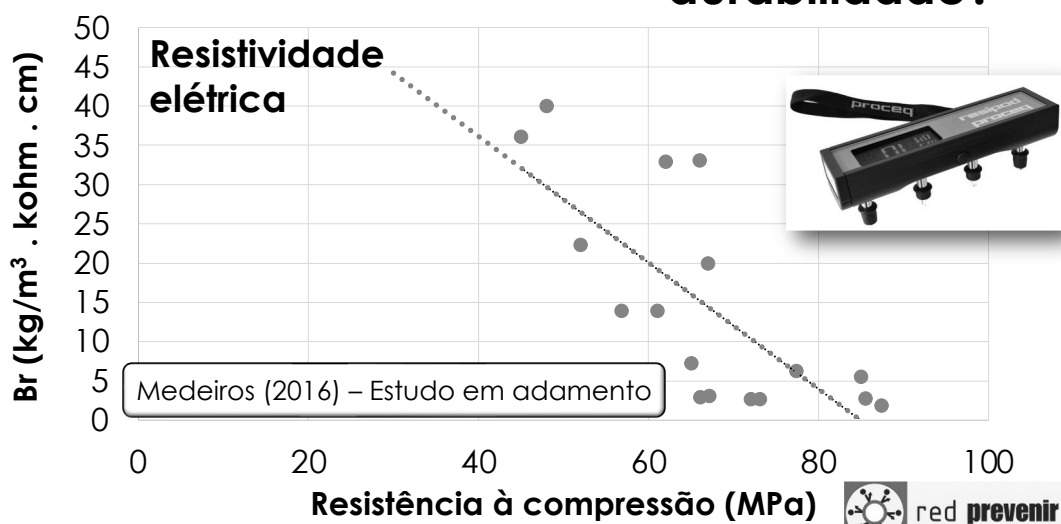
Crítérios de avaliação em relação ao risco de corrosão CEB 192.

Resistividade do concreto	Indicação de probabilidade de corrosão
$\rho > 20 \text{ k}\Omega \times \text{cm}$	Desprezível
10 a 20 $\text{k}\Omega \times \text{cm}$	Baixa
5 a 10 $\text{k}\Omega \times \text{cm}$	Alta
$\rho < 5 \text{ k}\Omega \times \text{cm}$	Muito alta



105

PREVENIR: parâmetros de durabilidade?



106

Referências Bibliográficas

MEDEIROS, M. H. F.; **SOUZA, D. J.**; **HOPPE FILHO, J.**; **ADORNO, C. S.**; **QUARCIONI, V. A.**; **PEREIRA, E.** Resíduo de cerâmica vermelha e filler calcário em compósito de cimento Portland: efeito no ataque por sulfatos e na reação álcali-sílica. *Matéria (UFRJ)*, v. 21, p. 282-300, 2016.

MEDEIROS, M. H. F.; **DRANKA, F.**; **MATTANA, A. J.**; **COSTA, M. R. M. M.** Compósitos de cimento Portland com adição de nanotubos de carbono (NTC): Propriedades no estado fresco e resistência à compressão. *Matéria (UFRJ)*, v. 20, p. 127-144, 2015.

HOPPE FILHO, J.; **SOUZA, D. J.**; **MEDEIROS, M. H. F.**; **PEREIRA, E.**; **PORTELLA, K. F.** Ataque de matrizes cimentícias por sulfato de sódio: adições minerais como agentes mitigadores. *Cerâmica*, v. 61, p. 168-177, 2015.

MEDEIROS, M. H. F.; **HOPPE FILHO, J.**; **GOBBI, A.**; **PEREIRA, E.** Pozolanas de elevada reatividade: uma avaliação crítica do ensaio de Índice de Atividade Pozolânica (IAP) com cal usando Difração de Raios X. *Ambiente Construído (Online)*, v. 15, p. 19-29, 2015.

MEDEIROS, M. H. F.; **GOBBI, A.**; **GROENWOLD, J. A.**; **MARCONDES, C. G. N.**; **HELENE, P.** High strength reinforced concrete with metakaolin and silica fume in marine environment: an experimental work. *Hormigón y Acero*, v. 63, p. 57-66, 2012.

MEDEIROS, M. H. F. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos com proteção superficial frente à ação de íons cloretos. Tese de Doutorado, POLI-USP, 2008.



107



Obrigado!!!

Prof. Dr. Marcelo Medeiros

Universidade federal do Paraná (UFPR)

Programa de Pós-graduação em Eng. de Constr. Civil (PPGECC)

108