

*Prática de Fundações e Geotecnia em
Empreendimentos Imobiliários*



Manifestações Patológicas em Elementos de Fundação – Estudos de Caso –

FESP | FACULDADE DE
ENGENHARIA
SÃO PAULO

Eng^a. Jéssika Pacheco
Engenheira Civil PhD Engenharia

*22/02/2019
São Paulo - SP*

1

Patologia

Pathos → Doença
Logia → Estudo



2

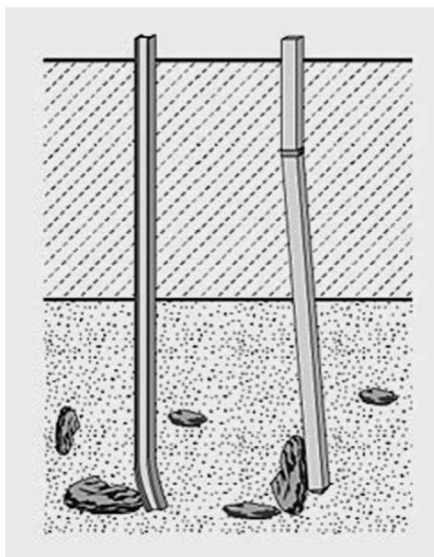
Patologia das fundações

- ***Erros na investigação do solo;***
- ***Erros de análise e de projeto;***
- ***Erros de execução;***
- ***Eventos pós-conclusão não previstos (choques, explosões, etc)***



3

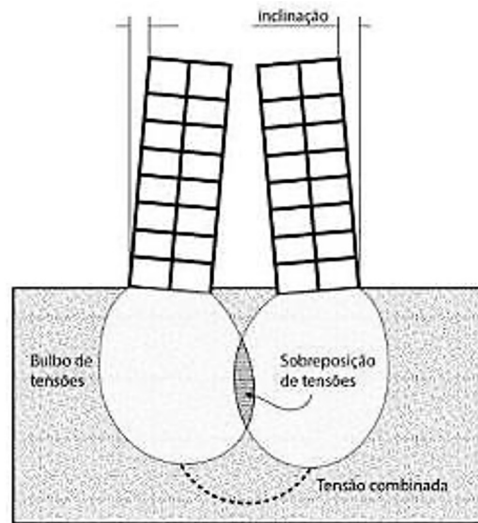
Investigação do solo



Fonte: <http://concursosarquitetos.blogspot.com/2014/01/patologias-da-construcao-casos-tipicos.html>

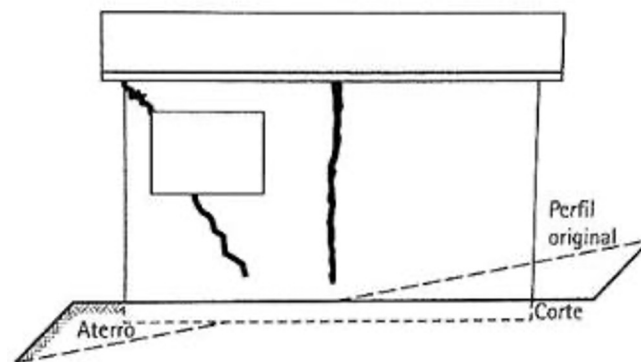
4

Interação solo estrutura



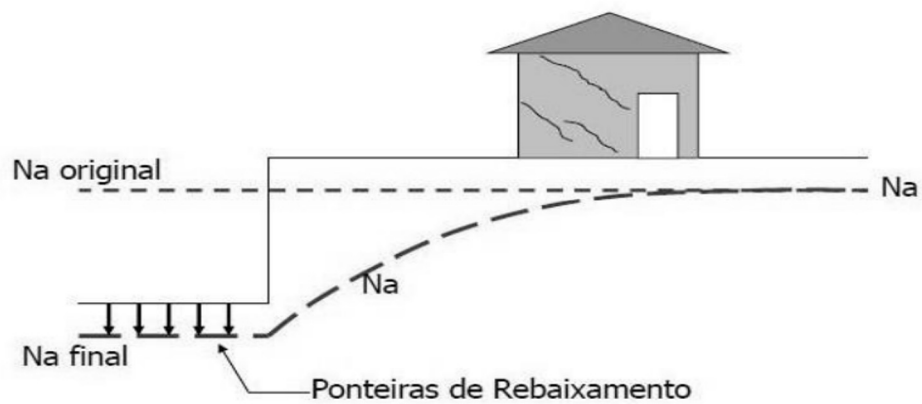
5

Interação solo estrutura



6

Interação solo estrutura



7

Interação solo estrutura



8

Condomínio Anêmona

Ubatuba/SP

Desabamento: 17/05/2001,
manhã de quinta-feira.

Em uso

9

São José dos Campos, Sábado, 21 de Julho de 2001 **FOLHA DE SP PAULO vale**


[Texto Anterior](#) | [Próximo Texto](#) | [Índice](#)

HABITAÇÃO

Laudo diz que composição do terreno, de turfa e argila, é responsável por afundamento; obra será recuperada

Solo ruim afundou prédios em Ubatuba, afirma CEF

Wendell Marques/Folha Imagem



Vista do condomínio Anêmona, em Ubatuba, onde dois prédios de apartamentos cederam, segundo laudo da CEF, solo foi o problema

CAROLINA FARIAS
FREE-LANCE PARA A FOLHA VALE

A CEF (Caixa Econômica Federal) divulgou ontem à tarde um laudo sobre o afundamento de dois prédios do condomínio Anêmona, na praia das Toninhas, em Ubatuba, informando que o problema foi causado pela qualidade imprópria do solo.

Engenheiros da prefeitura, da Defesa Civil e da RPA Construtora, que fez a obra, informaram que o solo é formado por turfa e argila, propício a afundamentos.

O primeiro edifício teve um afundamento em maio, quando as pilstras da garagem cederam. O outro prédio teve um afundamento de estruturas, anteontem, de dez centímetros. Não havia moradores no condomínio, porque a maioria dos 48 apartamentos é de veraneio, e a construção terminou em maio.

<http://www1.folha.uol.com.br/esp/vale/012107200106.htm>

10



11



12



13

Interação solo estrutura



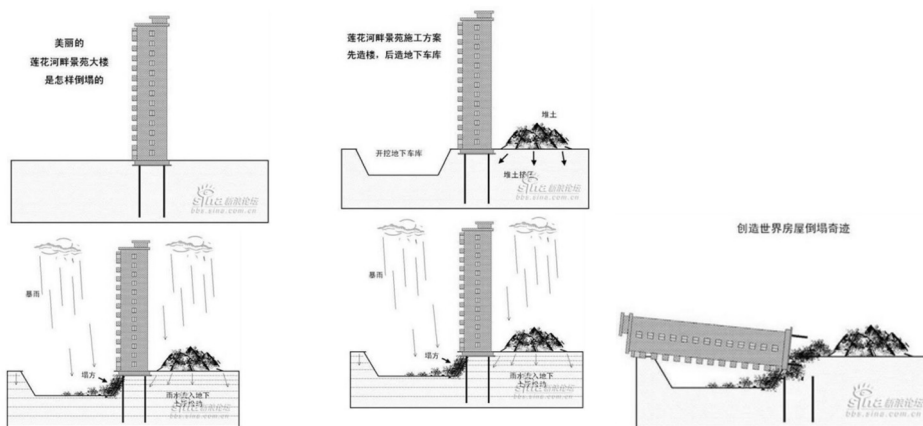
14

Interação solo estrutura



15

Interação solo estrutura



16

Ponte E-18 Skjeggestad

Holmestrød - Noruega

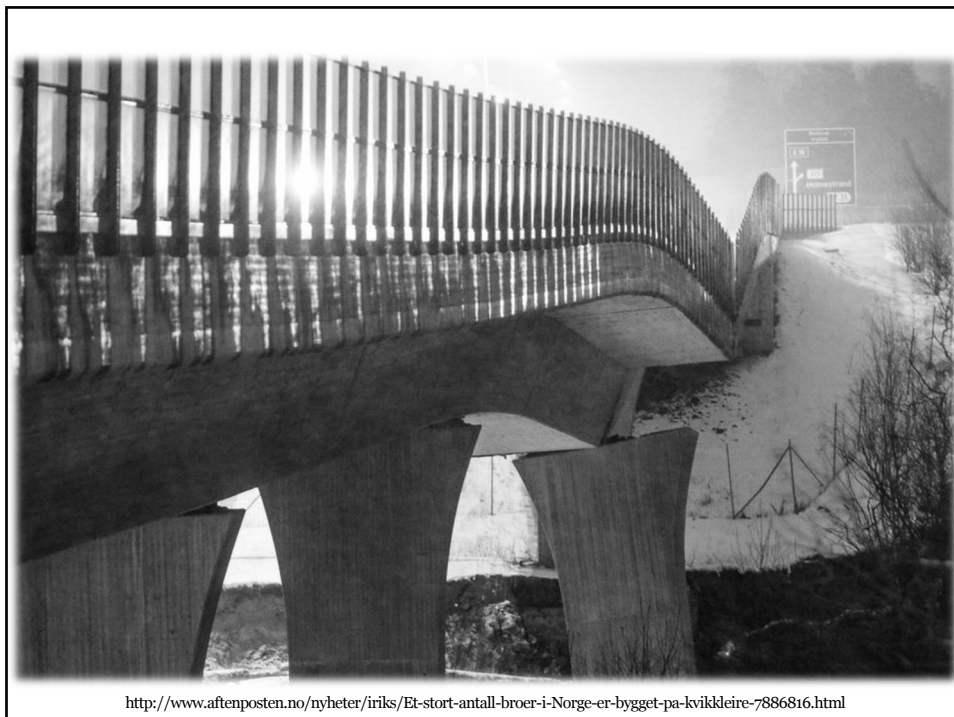
Acidente: 02/02/2015

Não houve mortes ou feridos

*Falha na fundação – solo com baixa
capacidade de suporte*

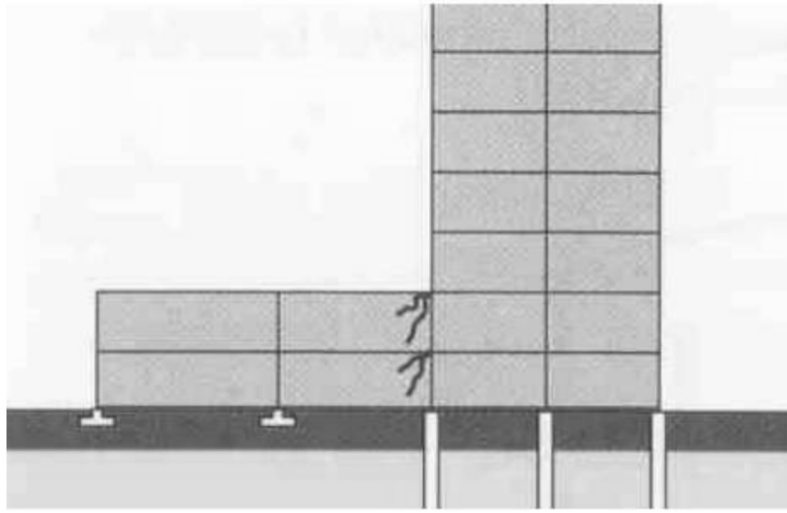
Em uso

17



18

Diferentes soluções de fundação sem a execução de junta na edificação



19

Recalques diferenciais de apoio



20

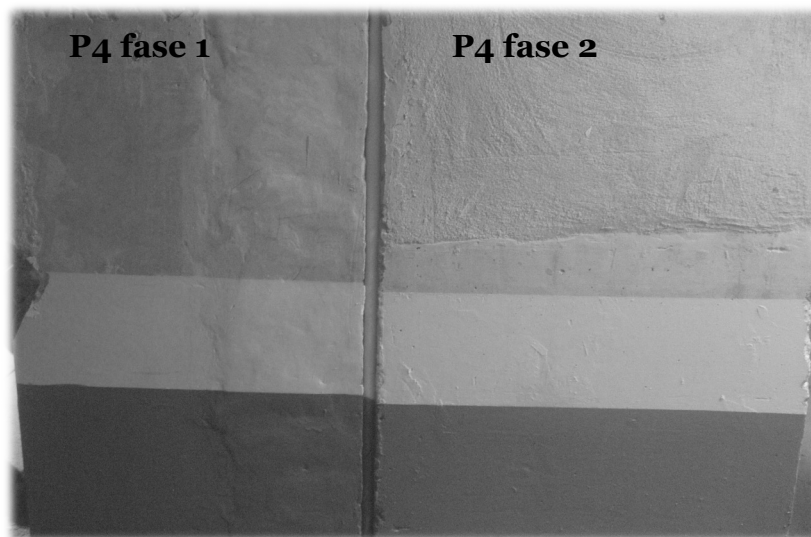
Recalques de apoio

Causas típicas:

- ***Rebaixamentos de lençol;***
- ***Solos colapsíveis;***
- ***Escavações adjacentes;***
- ***Vibrações;***
- ***Obras de túneis.***

21

Recalques de apoio



22

Recalques de apoio



23

Recalques de apoio



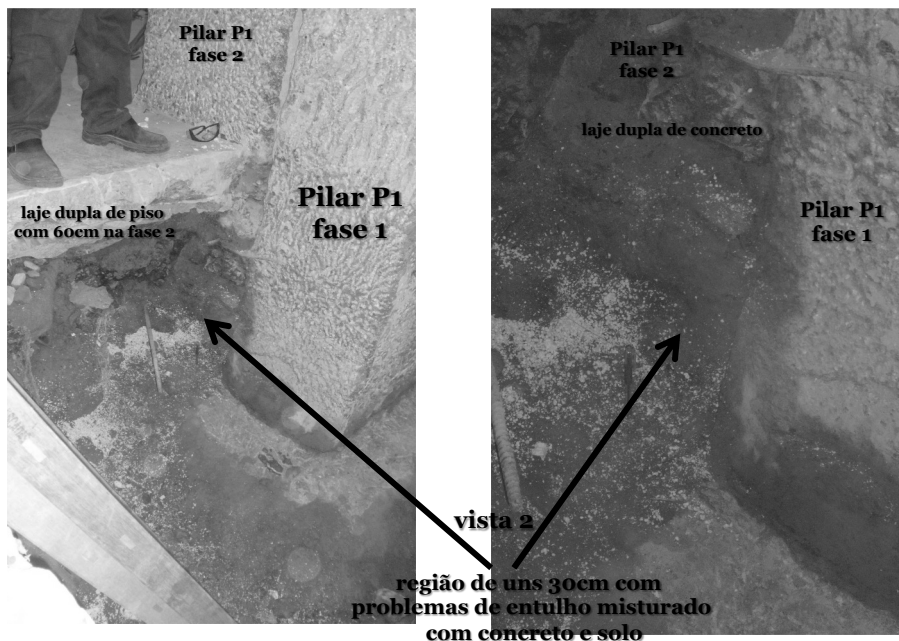
24

Recalques de apoio

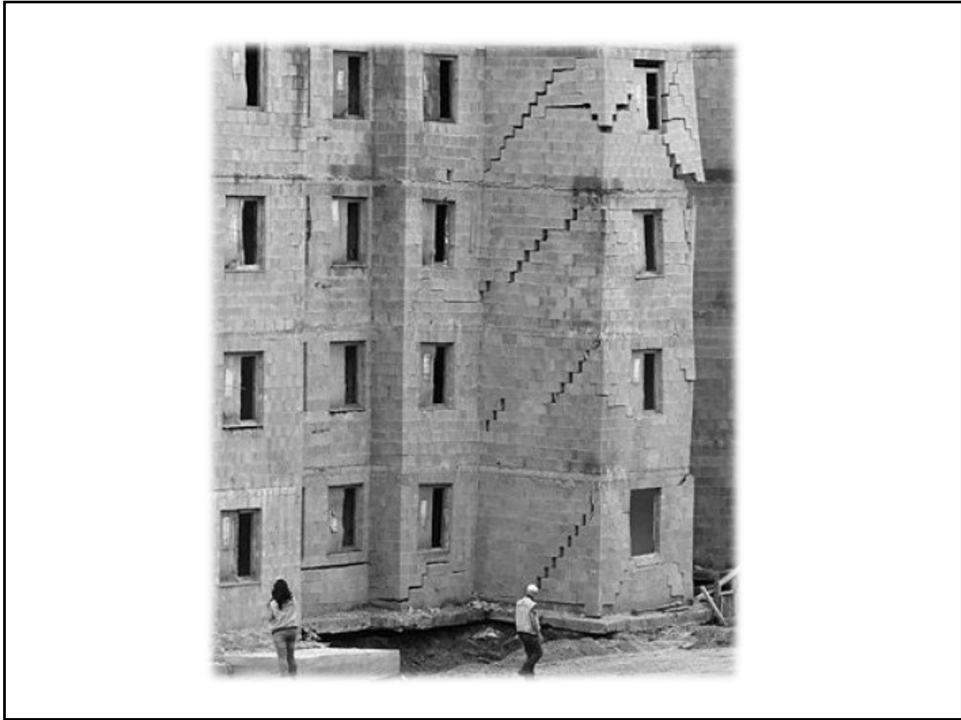


25

Inspeção / Diagnóstico preliminar



26



27



28



29

**Desabamento
de casa
Belo Horizonte/MG**

**Acidente: 12/04/2015,
manhã de domingo**

Dois pavimentos

30

em.com.br | Gerais EM Digital | EM Impresso | C
 Encontre no em.com.br

[Gerais](#)
[Política](#)
[Economia](#)
[Nacional](#)
[Internacional](#)
[Educação](#)
[Tecnologia](#)
[Supersportes](#)

Início / Gerais / Adolescente morre em desabamento de casa no Bairro Sagrada Família, em Belo Horizonte

PUBLICIDADE

Pedra Mais Pedras para Revestimentos com o Melhor Preço

Adolescente morre em desabamento de casa no Bairro Sagrada Família, em Belo Horizonte

A residência, geminada em dois pavimentos, desabou por volta das 5h30 e soterrou os moradores. Vizinhos não souberam dizer se há mais pessoas soterradas. Corpo de Bombeiros realiza o resgate

T- T-

postado em 12/04/2015 08:14 / atualizado em 12/04/2015 13:09
 Rodrigo Melo



Rua Maia Lacerda, no Bairro Sagrada Família, foi interditada para os trabalhos do Corpo de Bombeiros

http://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2015/04/12/interna_gerais,636725/adolescente-morre-em-desabamento-de-casa-no-bairro-sagrada-familia-em.shtml

31



32



33



34



35

Ponte sobre o Rio Moju

Moju/PA

**Acidente: 24/03/2014,
madrugada de segunda-feira**

Desabamento de um trecho de 100m

36

Diário Online

NOTÍCIAS ESPORTES ENTRETENIMENTO MULTIMÍDIA

Notícias / Pará

Trecho da ponte de Moju desaba após acidente

Segunda-Feira, 24/03/2014, 07:30:42 - Atualizado em 24/03/2014, 11:55:11 18 comentários

Imprimir notícia

Tamanho da fonte: A A+



Após ser atingida por uma balsa, o trecho da ponte desabou durante a madrugada. (Foto: Clesio Santos/twitter @rcube)

Um trecho da ponte que corta o Rio Moju, no quilômetro 48 da rodovia Alga Viária, no município de Moju, no nordeste paraense, caiu na madrugada desta segunda-feira (24). A ponte havia sido atingida por uma balsa transportadora na noite deste domingo (23).

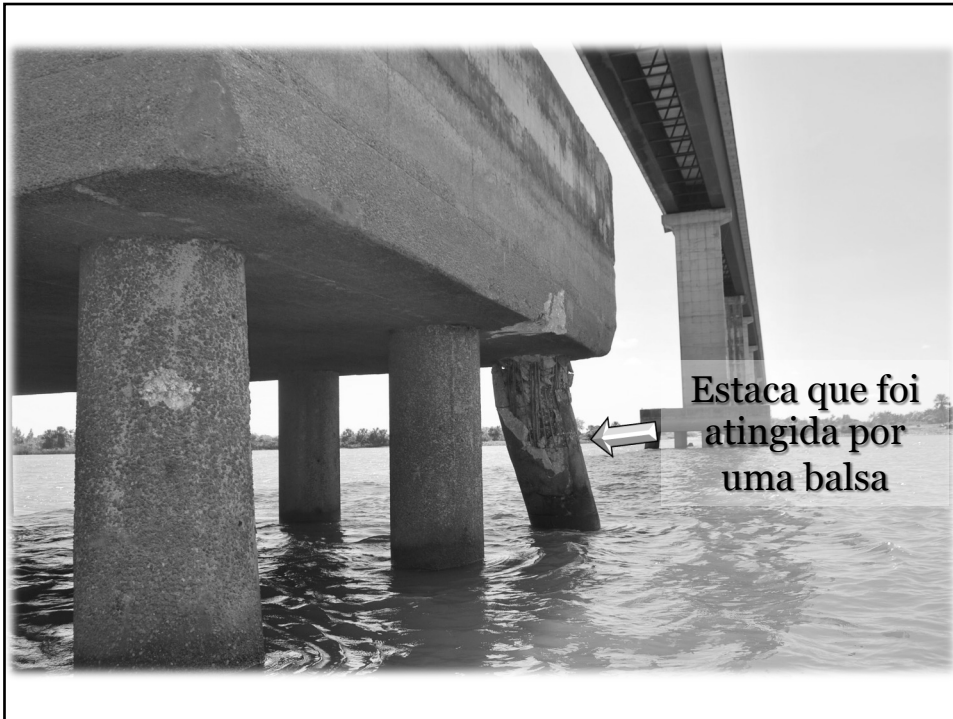
De acordo com a Polícia Rodoviária Estadual (PRE), o desabamento foi de um trecho de 80 a 100 metros da ponte, e ocorreu entre 00h e 1h. A ponte já estava interditada desde a noite de ontem, e as equipes da PRE continuam no local para orientar os motoristas a desviarem da pista.

<http://www.diarioonline.com.br/noticias/para/noticia-279019-.html>

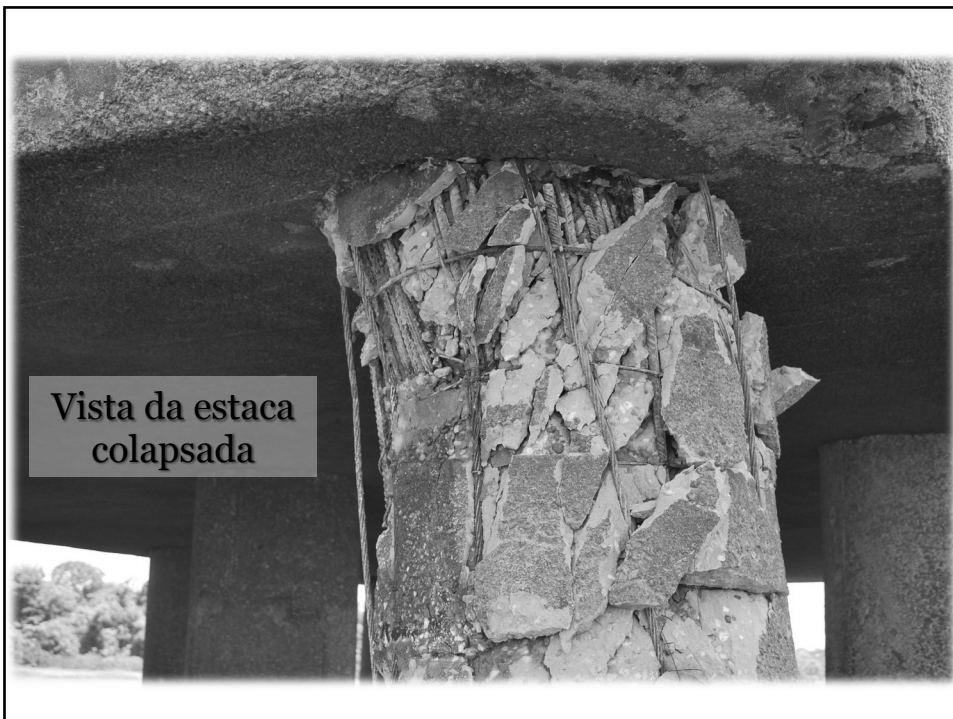
37



38



39



40

**Viaduto Batalha do
Guararapes
Pampulha/MG
Acidente: 03/07/2014,
tarde de quinta-feira.
Construtora: Consórcio Integração
– Construtora Cowan S.A. / Delta
Construções S.A.
Investimento de R\$ 460,5 milhões
Previsão de entrega antes do acidente: Julho de 2014.**

41

MENU G1 MINAS GERAIS MINAS

03/07/2014 15h26 - Atualizado em 03/07/2014 16h09

Viaduto desaba na Avenida Pedro I, em Belo Horizonte

Dois caminhões, um carro e um micro-ônibus foram atingidos.
Corpo de Bombeiros diz que há um morto e dez feridos no local.

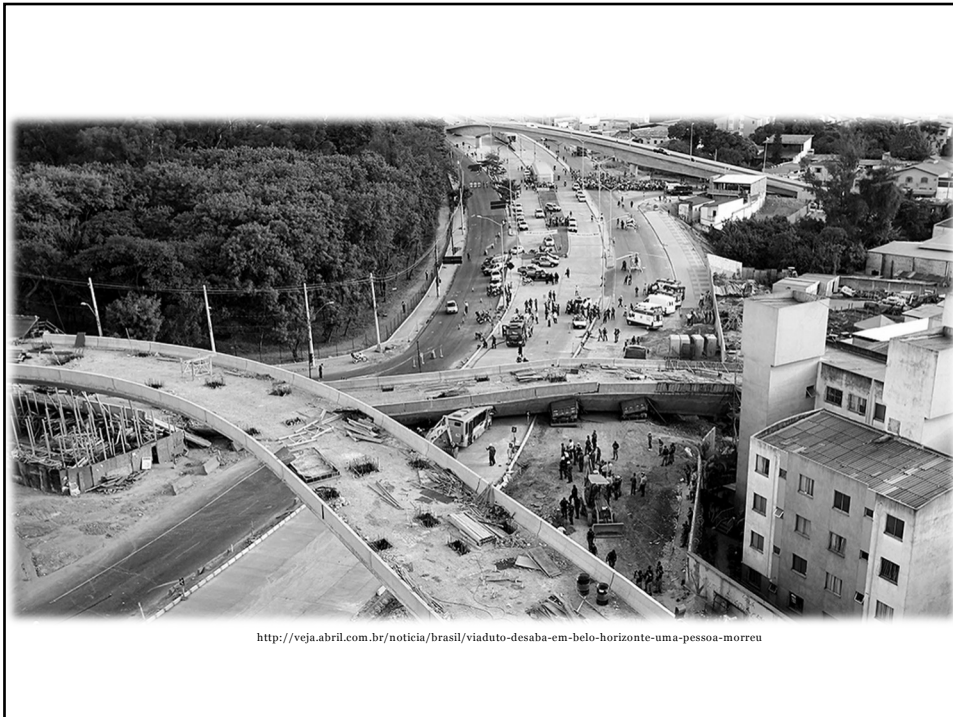
Do G1 MG Tweeter 2.313 Recomendar 7 mil



Viaduto desaba em Belo Horizonte (Foto: Polícia Militar/Divulgação)

http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2014/07/parte-de-viaduto-desaba-na-avenida-pedro-i-em-belo-horizonte.html

42



43

MENU G1 MINAS GERAIS

22/07/2014 17h18 - Atualizado em 22/07/2014 21h48

Construtora responsabiliza projeto de viaduto e prefeitura por desabamento

Empresa recomendou demolição de outra alça por risco de queda em BH
Construtora diz não ser função dela reavaliar projeto entregue pela Prefeitura.

Thais Pimentel
Do G1 MG

Tweetar 137 Recomendar 1,2 mil

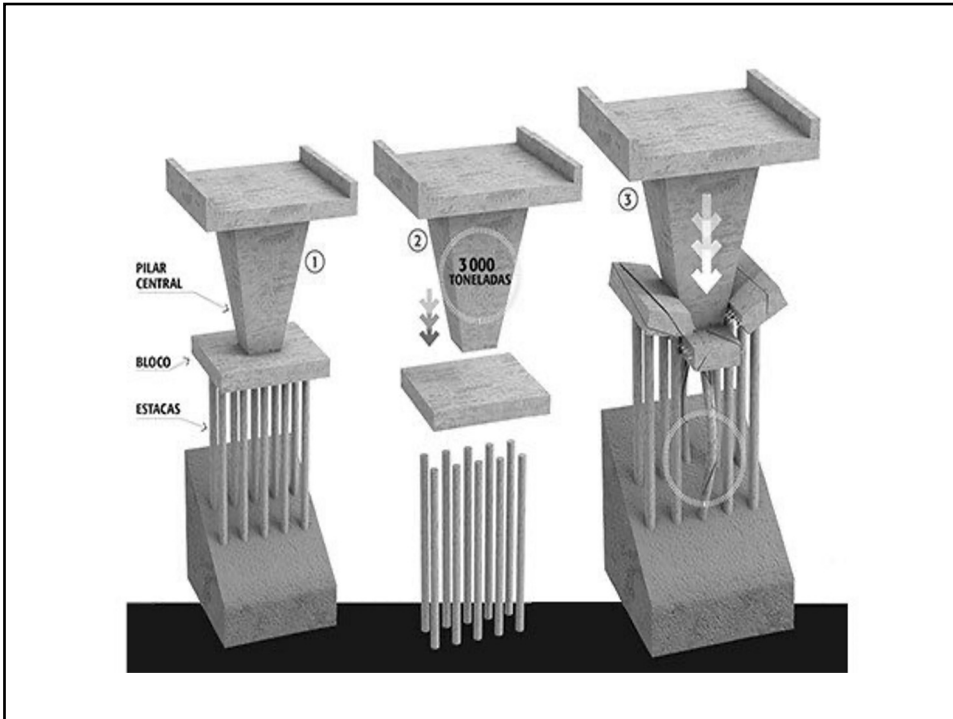
A construtora Cowan, responsável pela obra do Viaduto Guararapes que caiu e matou duas pessoas em **Belo Horizonte**, afirmou nesta terça-feira (22) que falhas no projeto executivo provocaram o acidente com a estrutura. A empresa ainda recomendou a demolição imediata da outra alça do viaduto.

Segundo o perito Catão Francisco Ribeiro, o bloco de sustentação deveria ter recebido mais ferragem na armação, e apenas 1/10 do necessário foi usado. Com relação a esta falha identificada, a empresa afirmou que não é função dela reavaliar um projeto entregue pela Prefeitura.

Um viaduto desabou na tarde desta quinta-feira (3), na Avenida Pedro I, próximo à Lagoa do Nado, região da Pampulha, em Belo Horizonte (Foto: Reprodução/GloboNews)

http://g1.globo.com/minas-gerais/noticia/2014/07/falha-em-projeto-provocoou-queda-de-viaduto-em-bh-diz-construtora.html

44



45



46

Vamos falar do melhor material de construção do mundo: ***O CONCRETO!!***



47

ABNT NBR 6118:2014

“mecanismos de deterioração e envelhecimento”

6.3.2 Concreto:

- Lixiviação;
- Expansão → Sulfatos;
- Expansão → AAR;
- Intemperismo.

6.3.3 Aço

- Corrosão por carbonatação;
- Corrosão por cloretos.

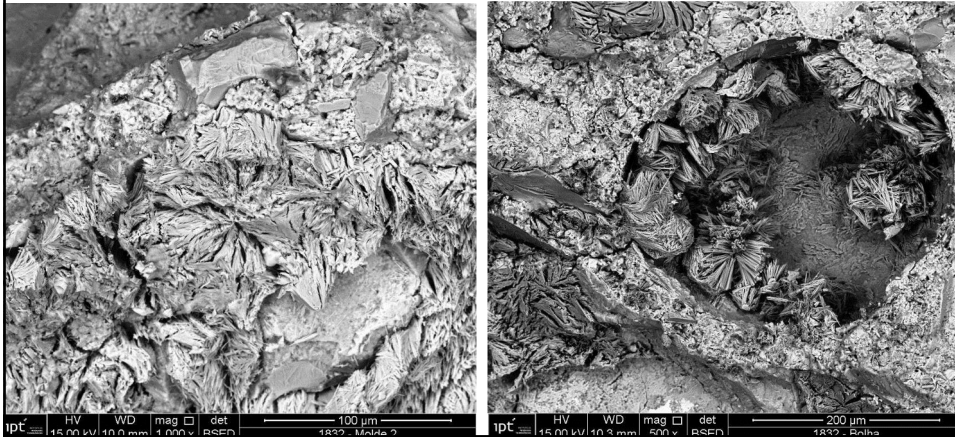
6.3.4 Estrutura

Ações mecânicas, movimentações térmicas, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação.

48

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reações expansivas Sulfatos, SO_4^{-2}



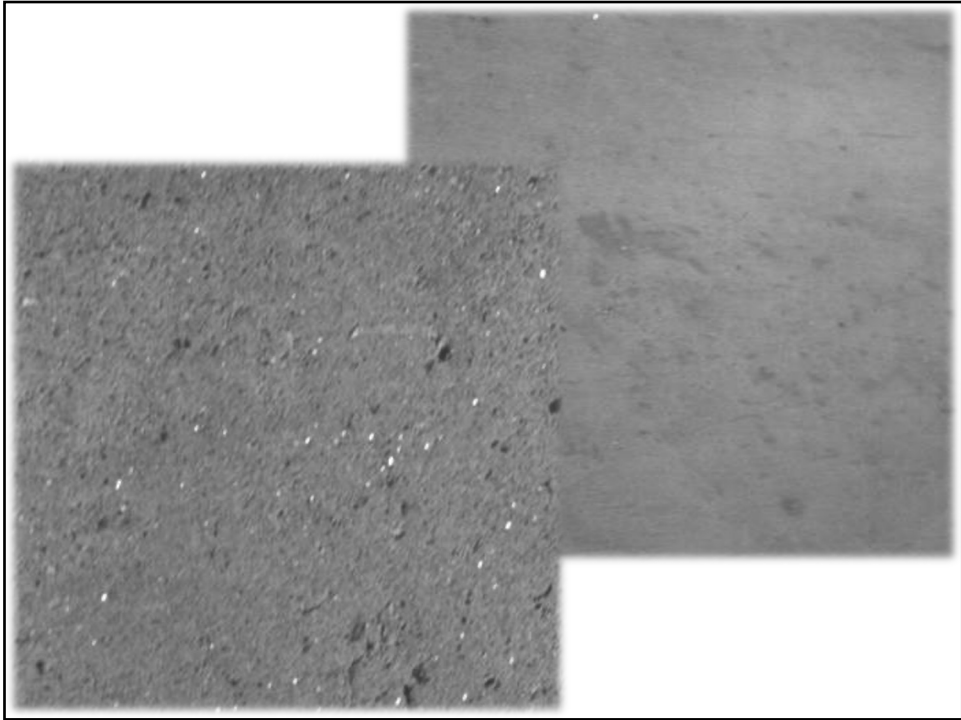
49

Ataque por Sulfatos externos

- Reação químicas na qual íons sulfato (SO_4) **oriundos do ambiente circundante** reagem com aluminatos do cimento (C3A e C4AF), formando compostos expansivos (etringita+gesso) que absorvem água, gerando tensões internas que fissuram o concreto;
- O ataque desagrega a superfície do concreto, tornando-a friável;
- A velocidade de ataque é normalmente lenta (pode necessitar 5 a 20 anos para que o ataque se manifeste de forma severa);
- Pode gerar movimentações globais da estrutura.



50



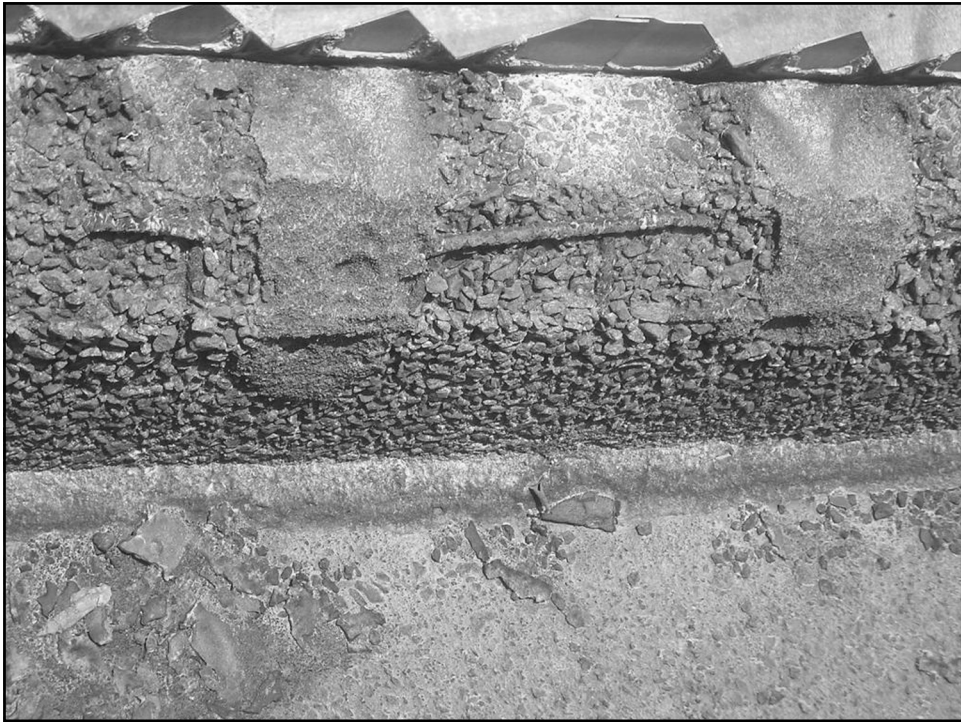
51



52



53



54

Ataque por Sulfatos internos

- É desencadeado pela temperatura, sempre que esta ultrapasse os 65°C, porque os compostos de cimento hidratado não são estáveis a essa temperatura, produzindo a reação entre os íons sulfato (provenientes de agregados, adições, ou mesmo reguladores de pega à base de sulfatos de cálcio (gipsita)) com o aluminato tricálcico (C₃A ou Al₂O₃·3CaO) presente no cimento;
- Com a presença de água e porosidade, a etringita, que é um composto químico com 32 moléculas de água, pode gerar uma reação expansiva com altas tensões de tração e da ordem de 4MPa, provocando a fissuração do elemento estrutural;
- O ataque, em geral, se manifesta no primeiro ano e pode gerar fissuras de grande abertura a ponto de confundir-se com RAA.



55

Ataque Sulfatos -Prevenção

- ✓ Evitar teor de sulfato no solo ou na água de contato superior a 0,2% ou mais de 500 ppm
- ✓ Evitar cimentos com teores elevados de aluminatos tri cálcicos (C₃A)
- ✓ Evitar contato com águas que contenham sulfatos de magnésio
- ✓ Evitar que o concreto fresco ultrapasse 65° C

56

ABNT NBR 6118:2014 & ABNT NBR 12655:2015 “qualidade do cobrimento”

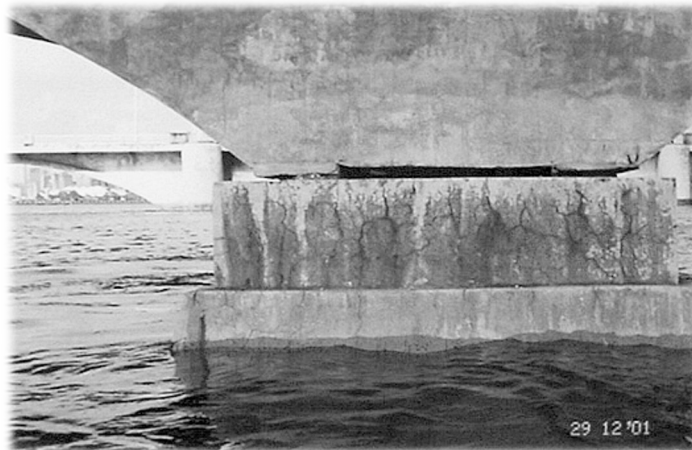
Tabela 4 Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO ₄) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO ₄) presente na água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal ^a	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada ^b	0,10 a 0,20	150 a 1500	0,50	35
Severa ^c	> 0,20	> 1500	0,45	40

- (a) Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa difusibilidade do concreto ou proteção contra corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.
- (b) A água do mar é considerada para efeito do ataque de sulfatos como condição de agressividade moderada, embora o seu conteúdo de SO₄ seja acima de 1500 ppm, devido ao fato de que a etringita é solubilizada na presença de cloretos.
- (c) Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

57

6.3.2 Concreto → *Expansão* *Reação Álcali-Agregado (AAR)*



58

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado (AAR)

Reação Álcali-Agregado → Reação química, expansiva e deletéria, que ocorre entre os álcalis do cimento e alguns agregados potencialmente reativos.



59

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado (AAR)

Álcalis do cimento: sódio e potássio.

Agregados potencialmente reativos: a brita ou a areia apresentam sílica amorfa em sua composição mineralógica (proveniente da opala, calcedônia, vidro vulcânico, algumas formas de quartzo e algumas rochas carbonáticas).



60

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado (AAR)

Reação Álcali-Agregado → Reação química, expansiva e deletéria, que ocorre entre os álcalis do cimento e alguns agregados potencialmente reativos.

Necessário presença de água para ocorrência da reação.

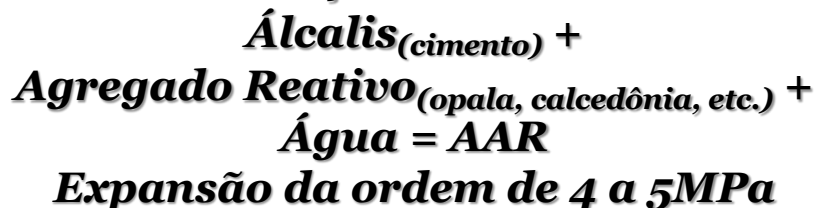
61

6.3.2 Concreto → *Expansão*

Reação Álcali-Agregado (AAR)

Reação Álcali-Agregado → Reação química, expansiva e deletéria, que ocorre entre os álcalis do cimento e alguns agregados potencialmente reativos.

Necessário presença de água para ocorrência da reação.



62



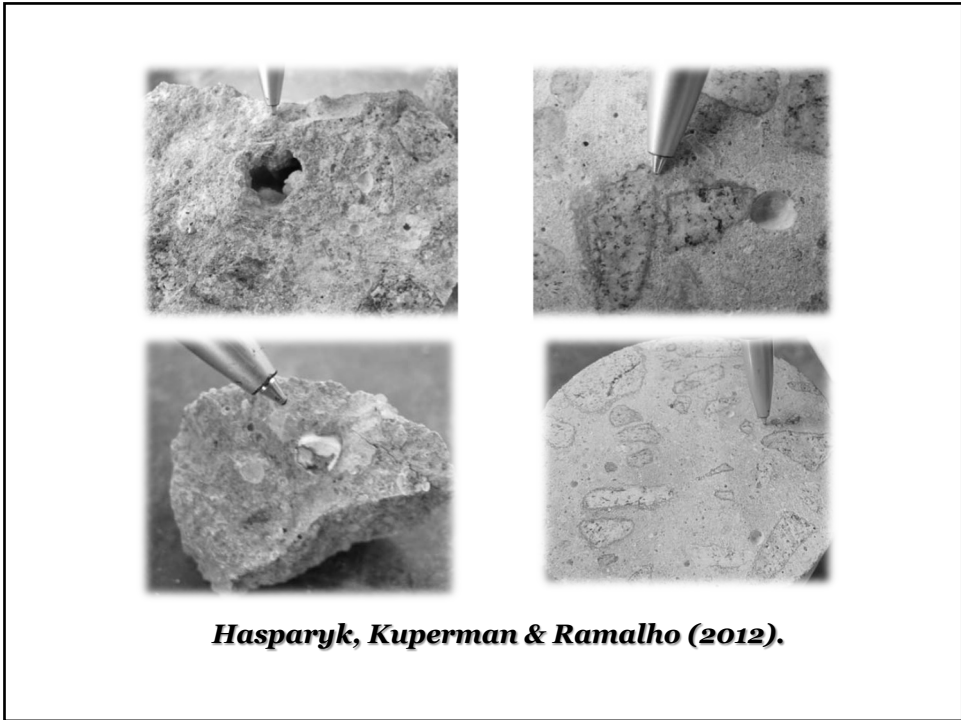
63



64



65



Hasparyk, Kuperman & Ramalho (2012).

66

RAA -Prevenção

- ✓ Utilizar cimentos pozolânicos ou cimentos de escória de alto forno;
- ✓ Realizar os ensaios prévios nos agregados;
- ✓ Caso não haja outro tipo de agregado não reativo disponível, utilizar adições no concreto (metacaulim ou sílica ativa).

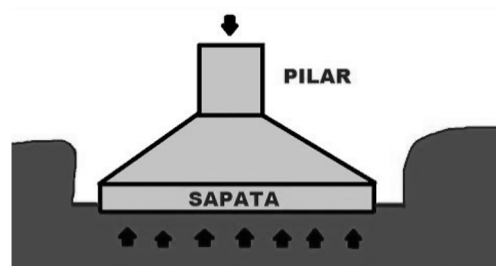
67

Caso de Fissuras em Sapatas (RAA)

68

Ficha Técnica da Obra

- Fundação composta por Sapatas diretamente apoiadas sobre o solo;
- f_{ck} de projeto $\geq 30\text{MPa}$;



69

Conhecimento do problema

Estrutura 100% executada e fundações com aproximadamente 2 anos de idade;

Realizada escavação para obras de drenagem;

Verificada presença de fissuras no topo de cinco sapatas após a escavação;

Abertura de fissuras variando de 0,2mm a 4,0mm.

70

Conhecimento do problema

Consta que no dia da concretagem dos blocos, a concreteira “oficial” teve um problema no final da concretagem, e a construtora pediu concreto a outra concreteira para executar apenas cinco sapatas...

Detalhe: Aqui há presença abundante de água!!!



71

Sumário

O problema:

fissuras em 3 sapatas.

Diagnóstico suspeitado pela obra:

AAR ou Efeito Térmico.

Hipóteses estudadas pela PhD:

Deficiência de armadura;

AAR;

DEF;

Efeito térmico.

Recomendações preventivas:

Projeto

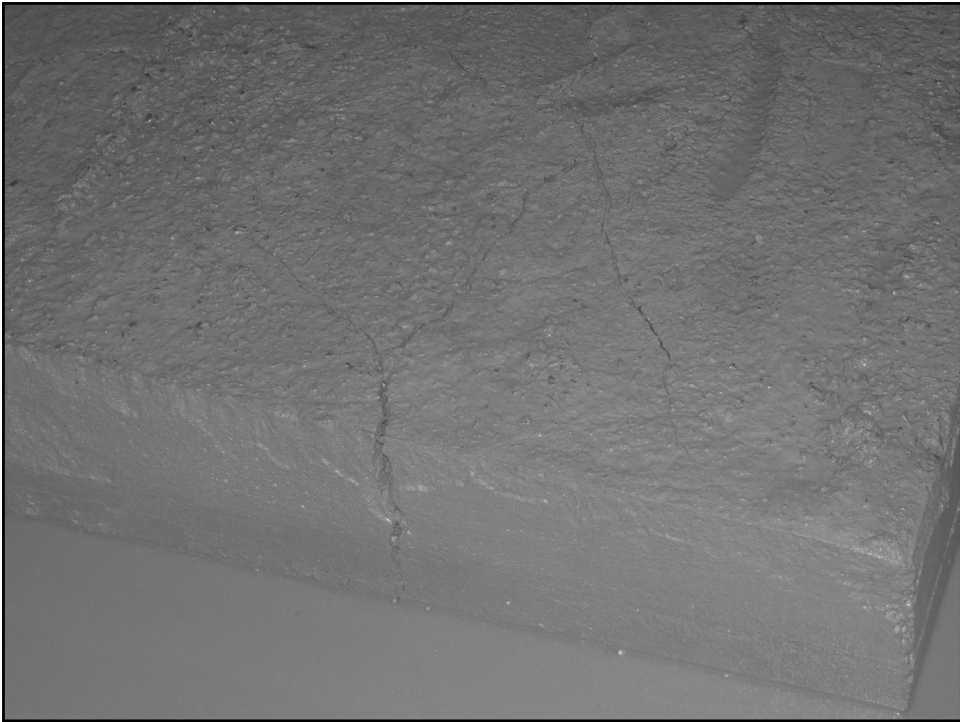
Concreto

Execução

72



73



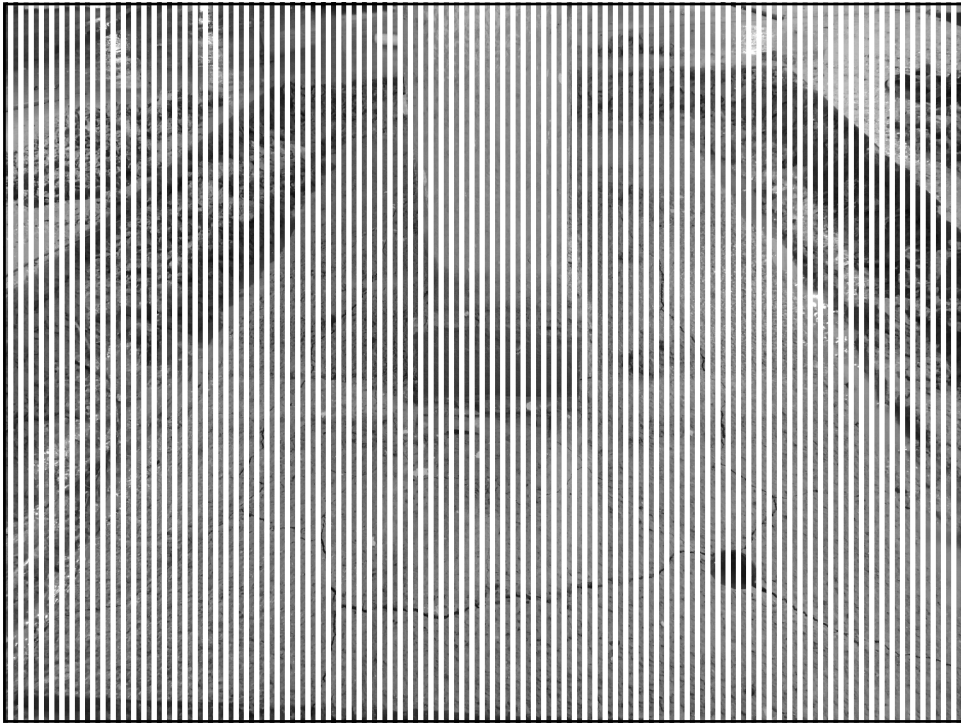
74



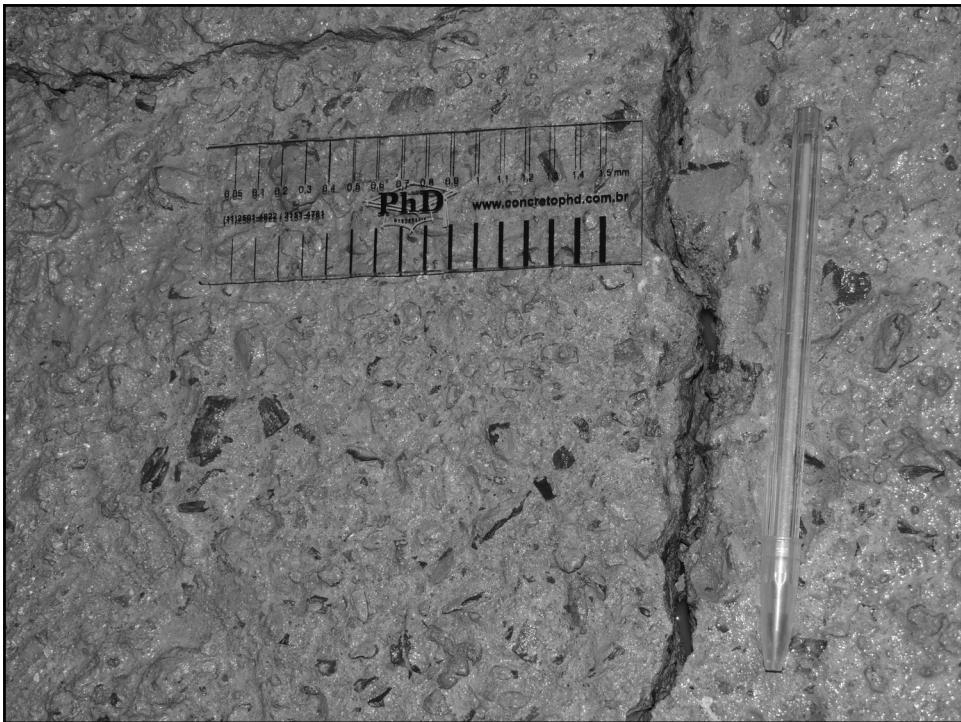
75



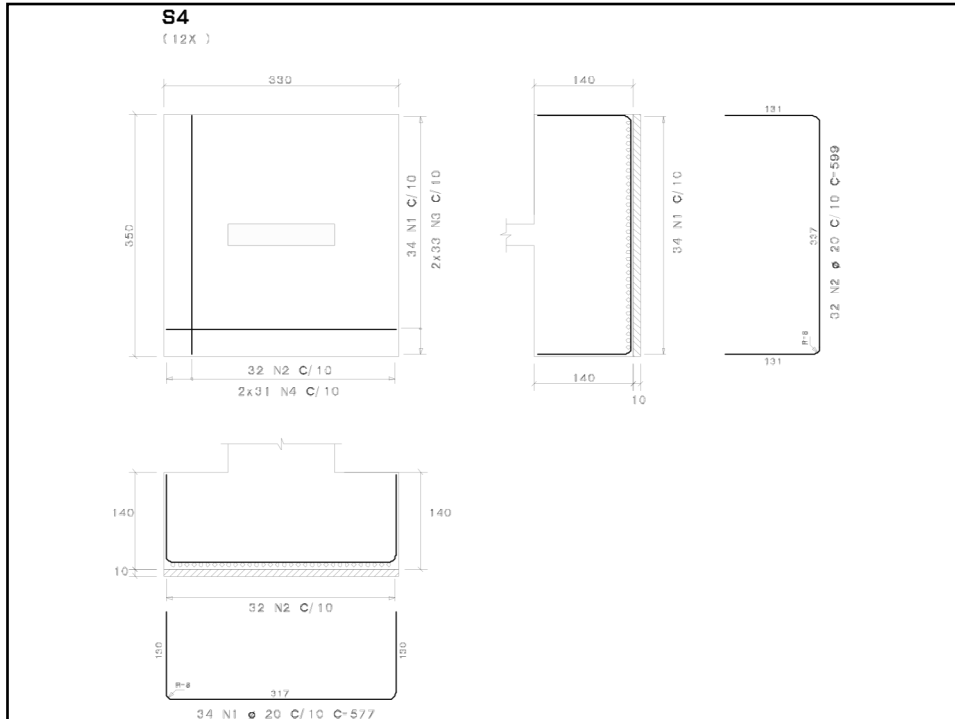
76



77



78



79

material / propriedade	natureza	quantidade por m³
cimento Portland (kg)	CP II Z 32	405kg
areia fina (kg)	-	740kg
brita (kg)	-	1000kg
aditivo plastificante (ml/m³)	-	4,05kg (1%)
água total (litros)	-	200 litros
abatimento (mm)	12+/- 2cm	-
tipo de concreto	Bombeável	-
f_{ck,28dias} (MPa)	C30	-

80

IPT – Ensaaios

Concreto:

- **Análise petrográfica e mineralógica (AAR);**
- **Teor de sulfetos;**
- **Teor de enxofre na forma de sulfetos e sulfatos;**
- **Análise química e reconstituição do traço.**

Solo:

- **Análise química quantitativa (agressividade).**

81

IPT – Ensaaios

Solo: Teores de Cl , SO_3 e MgO dentro de níveis normais de norma.

Concreto:

Reconstituição de traço

- **Cimento → CP-II;**
- **Consumo → entre 250 e 420kg;**

Volume das Sapatas: $\sim 16m^3$

82

IPT – Ensaios

Concreto:

Agregados (AAR):

- **Agregados reativos!!!;**
- **Porém, amostras estavam sem indícios de gel de Reação Álcali Sílica, ou seja, AAR ainda não se manifestou.**

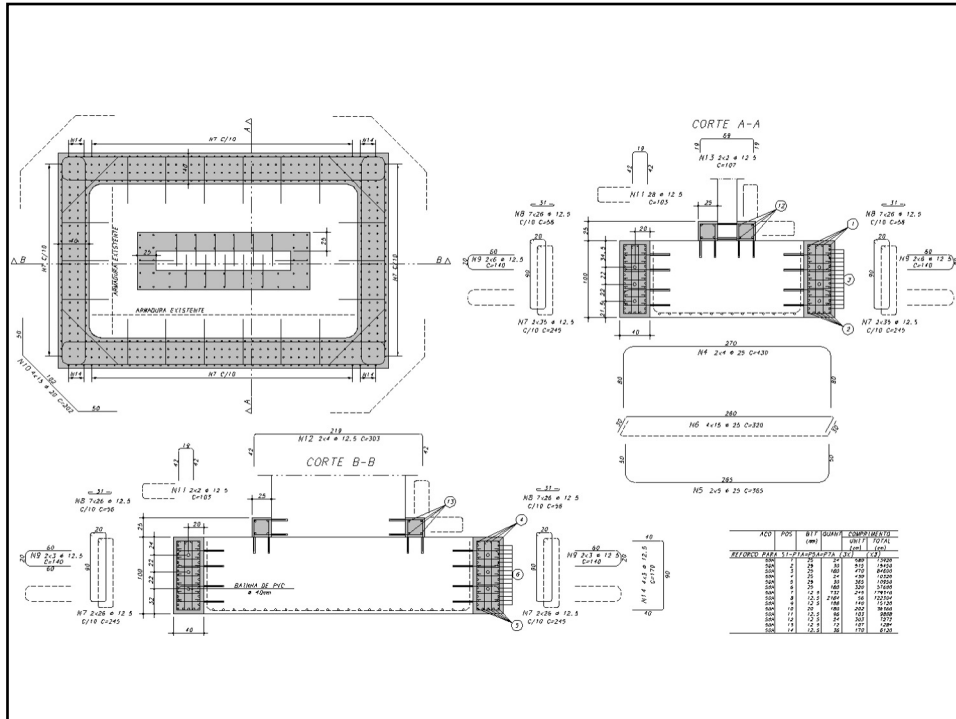
83

Conclusão

Fissuras possivelmente causadas pelo gradiente térmico, e pela ausência de armaduras laterais e superiores, combinada com ação expansiva da DEF.

Devido a presença de água e reatividade dos agregados, é necessário tomar medidas para prevenir a AAR, que ainda não ocorreu.

84



85

Agressividade do solo – ABNT NBR 12655:2015

Tabela A.1 Características recomendadas para concreto exposto a soluções aquosas agressivas^a

Condições de exposição em função da agressividade	pH ^b (Ver Bibliografia, [1])	CO ₂ agressivo mg/L (Ver Bibliografia, [5])	Íon magnésio mg/L (Ver Bibliografia, [3])	Íon Amônia mg/L (Ver Bibliografia, [2])	Resíduo sólido mg/L (Ver Bibliografia, [4])	Máxima relação água/cimento ^b	Mínimo f _{ck} MPa
Fraca	7 a 6	< 30	< 100	< 100	> 150	Conforme Tabela 2	Conforme Tabela 2
Moderada	6 a 5,5	30 a 45	100 a 200	100 a 150	150 a 50	0,50	35
Severa	< 5,5	> 45	> 200	> 150	< 50	0,45	40

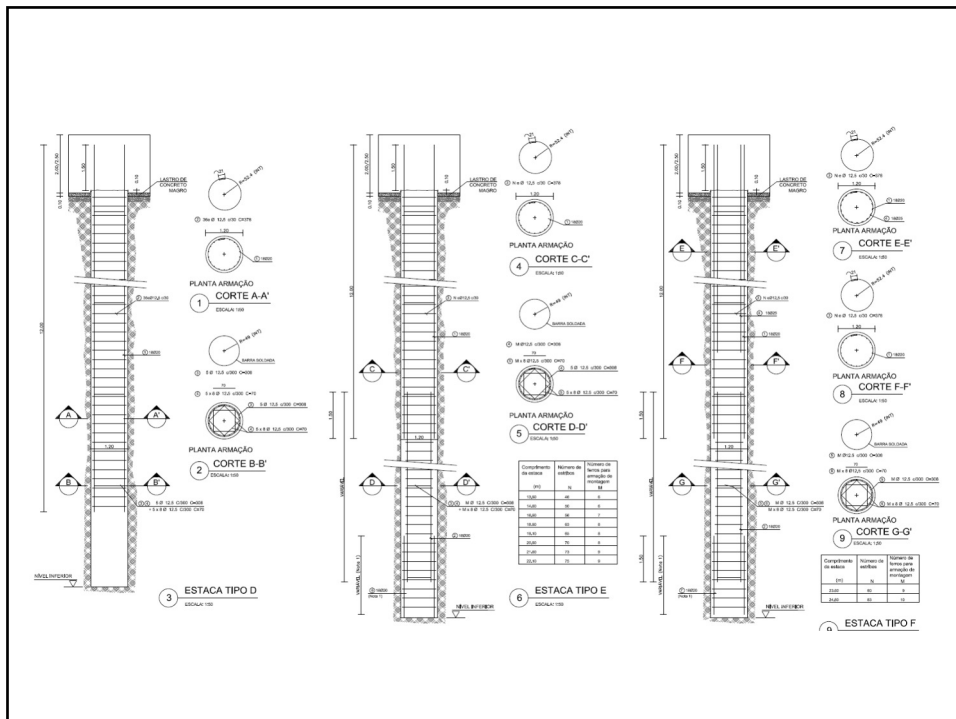
^a Esta Tabela não é exaustiva e, para casos especiais e outras questões complementares, como o tipo e consumo de cimento, bem como da espessura mínima de cobertura, deve-se consultar um especialista ou fazer uso de procedimentos e normas internacionais aplicáveis e aceitos pela comunidade tecnocientífica, como as constantes da bibliografia desta Norma, que foi utilizada para a elaboração deste Anexo.

^b Propriedade adimensional.

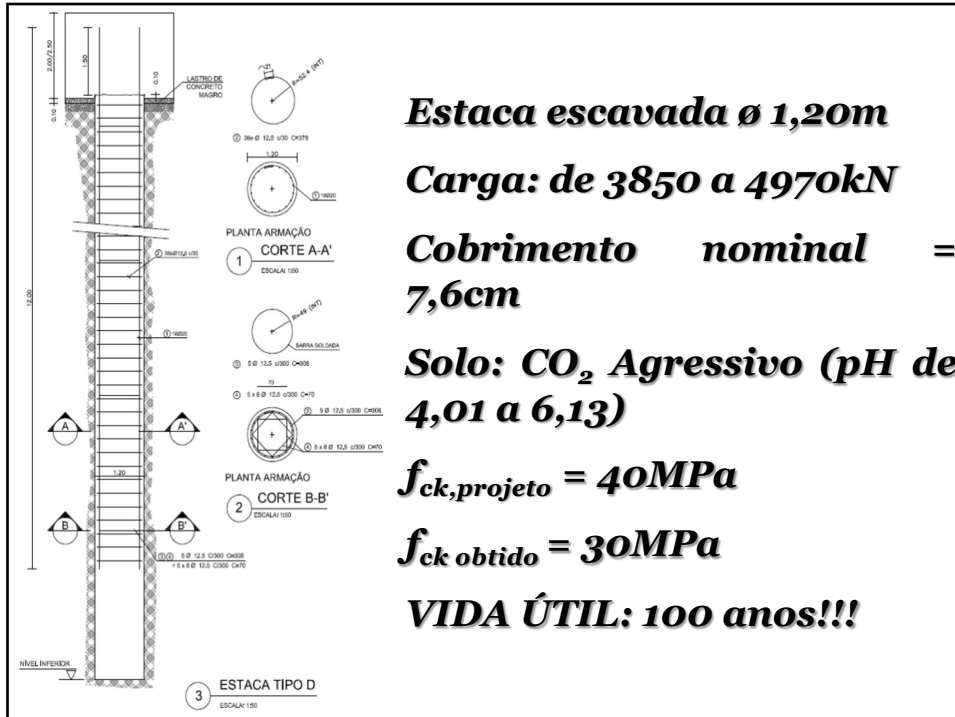
86

Caso de Estacas em solo agressivo – Análise de durabilidade

87



88



89

ABNT NBR 6118:2014

Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10\text{ mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15\text{ mm}$.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45\text{ mm}$.

90

ABNT NBR 6118:2014

Modelo de previsão de vida útil da ABNT NBR 6118 está calibrado para apenas 50 anos!!!

91

fib Model Code 2010

Seção 5.1.13 – Properties related to durability

$$d = k_c \sqrt{c \cdot t}$$

d = profundidade de corrosão;

k_c = constante determinada experimentalmente;

c = concentração de ácido (mol/l);

t = tempo.

92

fib Model Code 2010

$$d = k_c \sqrt{c \cdot t}$$

$$\frac{d_{t=100}}{d_{t=50}} = \frac{\sqrt{100}}{\sqrt{50}}$$

$$\frac{d_{t=100}}{d_{t=50}} = 1,41$$

93

fib Model Code 2010

Cobrimento nominal 50 anos $\times 1,41 =$ ***Cobr. Nominal 100 anos***

94

fib Model Code 2010

Cobrimento nominal 50 anos $\times 1,41 =$ ***Cobr. Nominal 100 anos***

$50 \times 1,41 = 70,5\text{mm} > 76\text{mm existentes}$

95

**Caso de Solo Agressivo
(antiga fábrica de
baterias)
Análise pela
BS 8500-1:2006**

96

Ficha técnica

- **Empreendimento de 4 torres residenciais e 2 edificios garagem em SP;**
- **Antigo terreno de uma fábrica de baterias;**
- **Proposta para fundação: estacas com profundidade máxima de 11m;**
- **NA: entre 0,86m e 3,70 m.**



97

Coleta das amostras

- **4 pontos de extração do solo via trado → 8 amostras;**
- **2 pontos de coleta de água do lençol freático;**
- **Os pontos foram escolhidos em locais com maior potencial agressivo à futura estrutura de concreto.**



98

Coleta das amostras

Amostras de solo



99

Coleta das amostras

Amostras de solo



100

Coleta das amostras

Amostras de água



101

Coleta das amostras

Amostras de água



102

Análise das amostras

Análise de solo agressivo ao concreto pela BS 8500-1:2006:

- pH;
- sulfato (SO_4), magnésio (Mg) e cloreto (Cl) solúveis em água;
- sulfetos (S_2^-) total;
- fluorescência de Raios X (método instrumental);
- acidez Bauman-Gully;
- amônio (NH_4^+) (cromatografia de íons).

103

Análise das amostras

Análise de água agressiva ao concreto pela BS 8500-1:2006:

- pH no laboratório e em campo;
- sulfato (SO_4), magnésio (Mg) e cloreto (Cl);
- anídrico carbônico (CO_2) agressivo;
- amônio (NH_4^+) (cromatografia de íons);
- nitratos (NO_3^-) (cromatografia de íons);
- Ca, Al, Fe, Zn e Mn.

104

Resultados dos ensaios

Água

Determinações	Resultados	
	"Água - PM 03" LMCC Nº 1057/13	"Água - PM 07" LMCC Nº 1058/13
pH (°C), em H ₂ O	5,6 (17,2)	6,4 (15,3)
Íons cloreto (Cl ⁻), em mg/L	18	33
Anidrido sulfúrico (SO ₃), em mg/L <i>(Nota 1)</i>	290	557,5
Sulfato (SO ₄ ²⁻), em mg/L	348	669
Magnésio (Mg), em mg/L	8	15
Óxido de magnésio (MgO), mg/L <i>(Nota 2)</i>	13	25
CO ₂ agressivo, em mg/L	95,2	28,5
Cálcio (Ca), em mg/L	105	98
Alumínio (Al), em mg/L	< 1	< 1
Ferro (Fe), em mg/L	30	< 1
Manganês (Mn), em mg/L	< 1	< 1
Zinco (Zn), em mg/L	< 1	< 1
Amônio (NH ₄ ⁺) em mg/L <i>(Nota 3)</i>	1,7	1,7
Nitrato (NO ₃ ⁻) em mg/L <i>(Nota 3)</i>	0,28	3,47

105

Resultados dos ensaios

Solo

Determinações	Solo - ST 15	Solo - ST 15	Solo - ST 41	Solo - ST 41	Solo - ST 56	Solo - ST 56	Solo - ST 62	Solo - ST 62
	- Franja (LMCC 1060/13)	- Saturada (LMCC 1061/13)	- Franja (LMCC 1062/13)	- Saturada (LMCC 1063/13)	- Franja (LMCC 1064/13)	- Saturada (LMCC 1065/13)	- Franja (LMCC 1066/13)	- Saturada (LMCC 1067/13)
Umidade a 110°C, %	25,5	22	20,7	22,1	23,8	22,2	17,5	24,6
pH (°C), em H ₂ O <i>(Notas 1 e 2)</i>	6,4 (21,4)	4,7 (21,6)	5,6 (21,8)	6,0 (21,7)	7,1 (21,9)	5,2 (21,9)	6,8 (21,9)	6,6 (22,0)
pH (°C), em CaCl ₂ <i>(Notas 1 e 2)</i>	6,3 (21,4)	4,4 (21,6)	5,4 (21,7)	5,7 (21,8)	6,9 (21,9)	5,0 (21,9)	6,7 (22,0)	6,5 (22,0)
Íons cloreto (Cl ⁻) solúveis em água, em % <i>(Nota 2)</i>	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01
Anidrido sulfúrico (SO ₃) solúvel em ácido clorídrico (HCl), em % <i>(Nota 2)</i>	0,36	0,16	0,09	0,04	0,05	0,06	0,10	0,21
Sulfato (SO ₄) solúvel em ácido clorídrico (HCl), em % <i>(Nota 3)</i>	0,43	0,19	0,11	0,05	0,06	0,07	0,12	0,25
Sulfato (SO ₄) solúvel em ácido clorídrico (HCl), em mg/kg <i>(Nota 3)</i>	4372	1913	1090	442	617	720	1142	2468
Óxido de magnésio (MgO), solúveis em ácido clorídrico (HCl), em % <i>(Nota 2)</i>	0,08	0,12	0,10	0,05	0,20	0,10	0,07	0,10
Índice de acidez Baumann-Gully, em mL de NaOH 0,1N/100g de solo <i>(Nota 2)</i>	6,4	18,0	12,0	7,2	4,0	23,6	4,0	7,2
Sulfeto (S ²⁻), em %	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	2,88
Sulfato (SO ₄ ²⁻) solúvel em água, em mg/L <i>(Nota 4)</i>	10	45	44	14	45	34	22	64
Sulfato (SO ₄ ²⁻) solúvel em água, em % <i>(Nota 4)</i>	0,0010	0,0045	0,0044	0,0014	0,0045	0,0034	0,0022	0,0064
Magnésio (Mg ²⁺) solúvel em água, em mg/L <i>(Nota 4)</i>	11	23	46	18	63	45	12	14
Amônio (NH ₄ ⁺), em mg/kg	3,20	1,30	< 0,5	< 0,5	< 0,5	27,00	7,50	2,20

106

Metodologia empregada

<p>1º Passo: Classificar o solo de acordo com a quantidade de sulfatos e magnésio.</p>	⇒	Design Sulfate Class (DS-class) BS EN 206-1 Part 1 – (BS 8500-1: 2006)
<p>2º Passo: Determinar as condições do solo (natural/contaminado). Determinar o pH e as condições da água (estática ou móvel).</p>	⇒	Agressive Chemical Enviroment for Concrete (ACEC- Class) BS EN 206-1 Part 1 – (BS 8500-1: 2006)
<p>3º Passo: Determinar a vida útil da estrutura. Determinar espessura da peça e a carga hidráulica.</p>	⇒	Basic Design Chemical Class (DC-Class) BS EN 206-1 Part 1 – (BS 8500-1: 2006)
<p>4º Passo: Verificar o tamanho dos agregados Considerar adequação e aplicabilidade das diferentes APMs, mudando os requisitos do concreto (DC).</p>	⇒	Alteração ou confirmação: DC- Class Especificação das medidas adicionais de proteção (APMs) BS EN 206-1 Part 1 – (BS 8500-1: 2006)
<p>5º Passo: Através da DC-Class determinada (ou modificada), obter o concreto equivalente, inclusive com cobrimento e tipo de cimento.</p>	⇒	Designated Concrete: para o caso de fundações (FND Concrete) BS EN 206-1 Part 1/BS 8500-2

107

Table A.2 Classification of ground conditions

Sulfate and magnesium				Design sulfate class	Natural soil		Brownfield ^{A)}		ACEC-class (design sulfate class)	
2:1 water/soil extract		Groundwater			Static water	Mobile water	Static water	Mobile water		
SO ₄ mg/l	Mg ^{C)} mg/l	SO ₄ mg/l	Mg ^{C)} mg/l	SO ₄ %	pH	pH	pH ^{D)}	ph ^{D)}		
<500	—	<400	—	<0.24	DS-1	≥2.5	—	≥2.5	—	AC-1s
						—	>5.5	—	>6.5	AC-1 ^{B)}
						—	2.5 to 5.5	—	5.6 to 6.5	AC-2z
						—	—	—	4.5 to 5.5	AC-3z
						—	2.5 to 4.5	AC-4z		
500 to 1 500	—	400 to 1 400	—	0.24 to 0.6	DS-2	>3.5	—	—	—	AC-1s
						—	>5.5	—	>6.5	AC-2
						—	2.5 to 3.5	—	—	AC-2s
						—	2.5 to 5.5	—	5.6 to 6.5	AC3z
						—	4.5 to 5.5	AC-4z		
						—	2.5 to 4.5	AC-5z		
1 600 to 3 000	—	1 500 to 3 000	—	0.7 to 1.2	DS-3	>3.5	—	>5.5	—	AC-2s
						—	>5.5	—	>6.5	AC-3
						—	2.5 to 3.5	—	2.5 to 5.5	AC-3s
						—	2.5 to 5.5	—	5.6 to 6.5	AC-4
						—	2.5 to 5.5	AC-5		
3 100 to 6 000	≤1 200	3 100 to 6 000	≤1 000	1.3 to 2.4	DS-4	>3.5	—	>5.5	—	AC-3s
						—	>5.5	—	>6.5	AC-4
						—	2.5 to 3.5	—	2.5 to 5.5	AC-4s
						—	2.5 to 5.5	—	2.5 to 6.5	AC-5
						>5.5	—	AC-3s		
						>5.5	>6.5	AC-4m		
						2.5 to 5.5	2.5 to 6.5	AC-4ms		
						—	2.5 to 6.5	AC-5m		
>6 000	≤1 200	>6 000	≤1 100	>2.4	DS-5	>3.5	—	>5.5	—	AC-4s
						2.5 to 3.5	≥2.5	2.5 to 5.5	≥2.5	AC-5
>6 000	>1 200 ^{C)}	>6 000	>1 100 ^{C)}	>2.4	DS-5m	Not found in UK natural ground	—	>5.5	—	AC-4ms
						Not found in UK natural ground	—	2.5 to 5.5	≥2.5	AC-5m

1º e 2º Passos

108

Análise dos resultados

sulfato e magnésio					grau de agressividade por sulfatos	solo contaminado (brownfield)	classe de agressividade do ambiente
2:1 água / amostra de solo		lençol freático		potencial de sulfato total		água móvel/ fluxo de água dinâmico	
SO ₄ (mg/L)	Mg (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Mg (mg/L)	SO ₄ %		pH	
<500	-	< 400	-	< 0,24	DS- 1	> 6,5	AC - 1
500 - 1500	-	400 - 1400	-	0,24 - 0,6	DS - 2	2,5 a 4,5	AC - 5z
1600 - 3000	-	1500 - 3000	-	0,7 - 1,2	DS - 3	> 6,5	AC - 3
3100 - 6000	≤ 1200	3100 - 6000	≤ 1000	1,3 - 2,4	DS - 4	> 6,5	AC - 4

agressividade muito forte

109

3º Passo

Table A.9 Selection of the nominal cover and DC-class or designated concrete and the number of APM for in-situ concrete elements^{A)} where the hydraulic gradient due to groundwater is five or less^{B), C), D)}

ACEC-class	Lowest nominal cover ^{E)} , mm	Intended working life ^{F)}	
		At least 50 years ^{G), H)}	At least 100 years
AC-1s, AC-1	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-1 (RC25/30 if reinforced)	DC-1 (RC25/30 if reinforced)
AC-2s, AC-2	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-2 (FND2)	DC-2 (FND2)
AC-2z	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-2z (FND2z)	DC-2z (FND2z)
AC-3s	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-3 (FND3)	DC-3 (FND3)
AC-3z	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-3z (FND3z)	DC-3z (FND3z)
AC-3	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-3 (FND3)	DC-3 + one APM of choice, FND3 + one APM of choice, DC-4 or FND4
AC-4s	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-4 (FND4)	DC-4 (FND4)
AC-4z	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-4z (FND4z)	DC-4z (FND4z)
AC-4	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-4 (FND4)	DC-4 + one APM from APM2 to APM5, or FND4 + one APM from APM2 to APM5
AC-4ms	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-4m (FND4m)	DC-4m (FND4m)
AC-4m	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-4m (FND4m)	DC-4m + one APM from APM2 to APM5, or FND4m + one APM from APM2 to APM5
AC-5z	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-4z (FND4z) + APM3 ^{K)}	DC-4z (FND4z) + APM3 ^{K)}
AC-5	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-4 (FND4) + APM3 ^{K)}	DC-4 (FND4) + APM3 ^{K)}
AC-5m	50 ^{D)} , 75 ^{D)}	DC-4m (FND4m) + APM3 ^{K)}	DC-4m (FND4m) + APM3 ^{K)}

Table A.10 Additional protective measures (APMs)

Option code	APM
APM1	Enhanced concrete quality
APM2	Use of controlled permeability formwork
APM3	Provide surface protection
APM4	Provide sacrificial layer
APM5	Address drainage of site

110

4° Passo		Table A.11 Limiting values of composition and properties for concrete where a DC-class is specified						
DC-class	Max. w/c ratio	Min. cement or combination content (kg/m ³) for max. aggregate size				Cement and combination types	Grouping used in BRE SD1: 2005 [1]	
		≥40 mm	20 mm	14 mm	10 mm			
DC-1 ^{A)}	—	—	—	—	—	All in Table A.6	A to G	
DC-2	0.55	300	320	340	360	IIB-V+SR, IIIA+SR, IIIB+SR, IVB-V	D, E, F	
	0.50	320	340	360	380	CEM I, SRPC, IIA-D, IIA-Q, IIA-S, IIA-V, IIB-S, IIB-V, IIIA, IIIB	A, G	
	0.45	340	360	380	380	IIA-L or LL ≥42,5	B	
	0.40	360	380	380	380	IIA-L or LL 32,5	C	
DC-2z	0.55	300	320	340	360	All in Table A.6	A to G	
	0.50	320	340	360	380	IIIB+SR	F	
DC-3	0.45	340	360	380	380	IVB-V	E	
	0.40	360	380	380	380	IIB-V+SR, IIIA+SR, SRPC	D, G	
DC-3z	0.50	320	340	360	380	All in Table A.6	A to G	
	0.45	340	360	380	380	IIIB+SR	F	
DC-4	0.40	360	380	380	380	IVB-V	E	
	0.35	380	380	380	380	IIB-V+SR, IIIA+SR, SRPC	D, G	
DC-4z	0.45	340	360	380	380	All in Table A.6	A to G	
DC-4m	0.45	340	360	380	380	IIIB+SR	F	

^{A)} If the concrete is reinforced or contains embedded metal, the minimum concrete quality for 20 mm maximum aggregate size is C25/30, 0.65, 260 or designated concrete RC25/30.

111

5° Passo		Table A.6 Cement and combination types ^{A)}	
Broad designation ^{B)}	Composition	Comprises cement and combination types (see BS 8500-2:2006, Table 1)	
CEM I	Portland cement	CEM I	
SRPC	Sulfate-resisting Portland cement	SRPC	
IIA	Portland cement with 6% to 20% fly ash, ground granulated blastfurnace slag, limestone, or 6% to 10% silica fume ^{C)}	CEM II/A-L, CEM II/A-LL, CIA-L, CIA-LL, CEM II/A-S, CIA-S, CEM II/A-V, CIA-V, CEM II/A-D	
IIB-S	Portland cement with 21% to 35% ground granulated blastfurnace slag	CEM II/B-S, CIIB-S	
IIB-V	Portland cement with 21% to 35% fly ash	CEM II/B-V, CIIB-V	
IIB+SR	Portland cement with 25% to 35% fly ash	CEM II/B-V+SR, CIIB-V+SR	
IIIA ^{D), E)}	Portland cement with 36% to 65% ground granulated blastfurnace slag	CEM III/A, CIIIA	
IIIA+SR ^{E)}	Portland cement with 36% to 65% ground granulated blastfurnace slag with additional requirements that enhance sulfate resistance	CEM III/A+SR ^{F)} , CIIIA+SR ^{F)}	
IIIB ^{E), G)}	Portland cement with 66% to 80% ground granulated blastfurnace slag	CEM III/B, CIIB	
IIIB+SR ^{E)}	Portland cement with 66% to 80% ground granulated blastfurnace slag with additional requirements that enhance sulfate resistance	CEM III/B+SR ^{F)} , CIIB+SR ^{F)}	
IVB-V	Portland cement with 36% to 55% fly ash	CEM IV/B(V), CIVB	

112

Recomendações p/ o concreto

classe de agressividade do ambiente (BS 8500-1:2006)	denominação do concreto (BS 8500-1:2006)	máxima relação a/c (BS 8500-1:2006)	consumo mínimo de cimento para $D_{máx} < 20\text{mm}$ (kg/m^3) (BS 8500-1:2006)	adições (medida adicional)	tipo de cimento, adaptado conforme ABNT NBR 5735:1991	Classe de Resistência, adaptado conforme ABNT NBR 8953:2009 Versão Corrigida 1:2011	cobrimento nominal das armaduras (BS 8500-1:2006)
AC - 5z	FND4z (com medidas adicionais)	< 0,35	380	5% de sílica ativa ou metacaulim (sobre a massa de cimento)	CP III – RS*	C50	75mm

*deve ser empregado necessariamente um cimento com 60% de escória de alto forno em sua composição

Vida útil: 100 anos

113

Caso de Estacas tipo hélice contínua com deficiência de resistência ($f_{ck} < 20\text{MPa}$)

114

NORMA
BRASILEIRA

ABNT NBR
6122

Segunda edição
20.09.2010

Válida a partir de
20.10.2010

Projeto e execução de fundações

Design and construction of foundations

115

Tabela 4 – Estacas moldadas *in loco*: parâmetros para dimensionamento

Tipo de estaca	f_{ck}^d máximo de projeto MPa	γ_f	γ_c	γ_s	Comprimento útil mínimo (incluindo trecho de ligação com o bloco) e % de armadura mínima		Tensão média atuante abaixo da qual não é necessário armar (exceto ligação com o bloco) MPa
					Armadura %	Comprimento m	
Hélice/hélice de deslocamento ^a	20	1,4	1,8	1,15	0,5	4,0	6,0

116

ESPECIFICAÇÕES DO CONCRETO DAS ESTACAS HÉLICE-CONTÍNUA HC-30

1. CONSUMO MÍNIMO DE CIMENTO: 400 kg/m³
2. ABATIMENTO OU SLUMP TEST IGUAL A 22±3cm CONFORME ABNT NBR NM 67
3. FATOR ÁGUA/CIMENTO ≤ 0,55
4. PEDRA 0
5. % DE ARGAMASSA EM MASSA ≥ 55%
[MASSA DE CIMENTO + MASSA DOS AGREGADOS MIUDOS] *100/ [MASSA DE CIMENTO + MASSA DOS AGREGADOS MIUDOS + MASSA DOS AGREGADOS GRÁUDOS]
6. TRAÇO TIPO BOMBEADO
7. $f_{ck} \geq 30$ MPa aos 28 DIAS, CONFORME ABNT NBR 6118, ABNT NBR 5738, ABNT NBR 5739.
8. EXSUDAÇÃO ≤ 4% DO VOLUME TOTAL DE ÁGUA SEGUNDO ABNT NBR 15558

117

ABNT NBR 6122:2010

Anexo F
(normativo)

Estacas hélice contínua monitorada – Procedimentos executivos

F.9 Concreto

O concreto a ser utilizado deve satisfazer as seguintes exigências:

- a) consumo de cimento não inferior a 400 kg/m³; ???

© ABNT 2010 - Todos os direitos reservados

ABNT NBR 6122:2010

- b) abatimento ou *slump test* igual a 22 ± 3 cm, conforme ABNT NBR NM 67;
- c) fator água/cimento ≤ 0,6; ???
- d) agregado: areia e pedrisco;
- e) % de argamassa em massa: ≥ 55 %; ???
- f) traço tipo bombeado;
- g) $f_{ck} \geq 20$ MPa aos 28 dias, conforme ABNT NBR 6118, ABNT NBR 5738 e ABNT NBR 5739.

118

COTA (m)	PERFIL GEOLO- GICO	N.º DE GOLPES S. P. T.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI N.º DE GOLPES / 30 cm.					PROFUN- CAMADA (m)	INTER. GEOLO- GICA	CONSI- TÊNCIA* OU COMPA- CIDADE**	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	N. A. (m)
			5	10	15	20	25					
95,28		1 1 1 15 15 15	2/33						AT	Argila siltosa pouco arenosa, com detritos vegetais, variegada (marrom)		
		1 1 1 30 19	1/19						MUITO MOLE*			
		1 1 1 19 15 15	2									
		1 1 1 20 27	1/27									
		1 1 1 30 22	1/22									
		1 1 2 18 15 15	3						SR	Argila siltosa pouco arenosa, vermelha		
		1 1 1 20 10 15	2/25						MUITO MOLE*			
		2 3 4 15 15 15	7									
		3 4 5 15 15 15	9									
		3 4 4 15 15 15	8						MEDIA*			
90,28		11,00	2 3 5 15 15 15	8								
	3 5 6 15 15 15	11										
	3 4 7 15 15 15	11						SAR	Siltite argiloso pouco arenoso, variegado (vermelho)			
	4 5 7 15 15 15	12						DURO*				
85,28		15 15 15 15 15 15	11									
Leitura		Data	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.		NOTA :			
INICIAL		06/11/13	21,90	T. Cavadeira	0,00	10,00	Profund. de Início (m) : ---		Para melhor verificação do nível d'água,			
FINAL		06/11/13	21,63	T. Espiral Lavagem	10,45	32,07	Estagio 1 (cm) : ---		abrir poço de maior diâmetro na época da obra.			
							Estagio 2 (cm) : ---					
							Estagio 3 (cm) : ---					

119

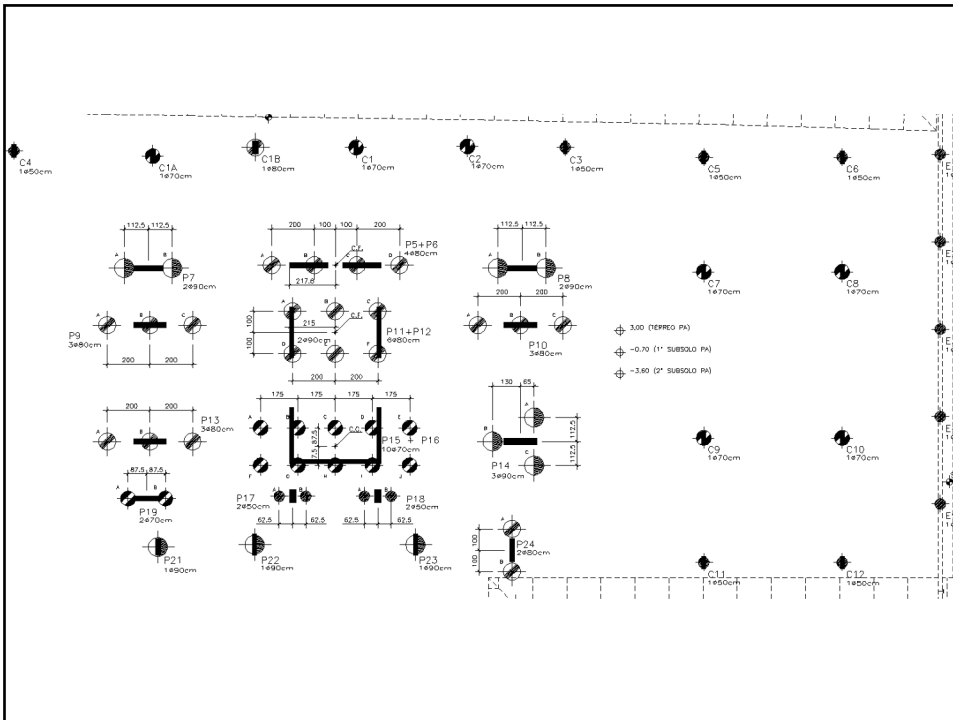
COTA (m)	PERFIL GEOLO- GICO	N.º DE GOLPES S. P. T.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI N.º DE GOLPES / 30 cm.					PROFUN- CAMADA (m)	INTER. GEOLO- GICA	CONSI- TÊNCIA* OU COMPA- CIDADE**	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	N. A. (m)
			5	10	15	20	25					
80,28		3 5 6 15 15 15	11							Siltite argiloso pouco arenoso, variegado (vermelho)	21,63 06/11/13	
		3 6 8 15 15 15	14									
		4 6 7 15 15 15	13									
		5 6 7 15 15 15	13									
		3 5 8 15 15 15	13									
		4 8 8 15 15 15	16									
		5 8 10 15 15 15	18									
		6 7 9 15 15 15	16									
		6 10 13 15 15 15	23						SAR	Siltite areno-argiloso, micáceo, com fragmentos de rocha, variegado (cinza amarelado)		
		6 9 10 15 15 15	19						MEDIA- COMPA**			
		6 10 14 15 15 15	24									
	6 11 15 15 15 15	26										
	7 13 15 15 15 15	28										
	9 17 20 15 15 15	37										
	13 21 23 15 15 15	>40										
70,28		15 15 15 15 15 15	>40							Siltite argilo-arenoso, micáceo, com fragmentos de rocha, variegado (cinza)		
Leitura		Data	N.A.(m)	Método	Início(m)	Fim(m)	Lavagem por tempo - 10 min.		NOTA :			
INICIAL		06/11/13	21,90	T. Cavadeira	0,00	10,00	Profund. de Início (m) : ---		Para melhor verificação do nível d'água,			
FINAL		06/11/13	21,63	T. Espiral Lavagem	10,45	32,07	Estagio 1 (cm) : ---		abrir poço de maior diâmetro na época da obra.			
							Estagio 2 (cm) : ---					
							Estagio 3 (cm) : ---					

120

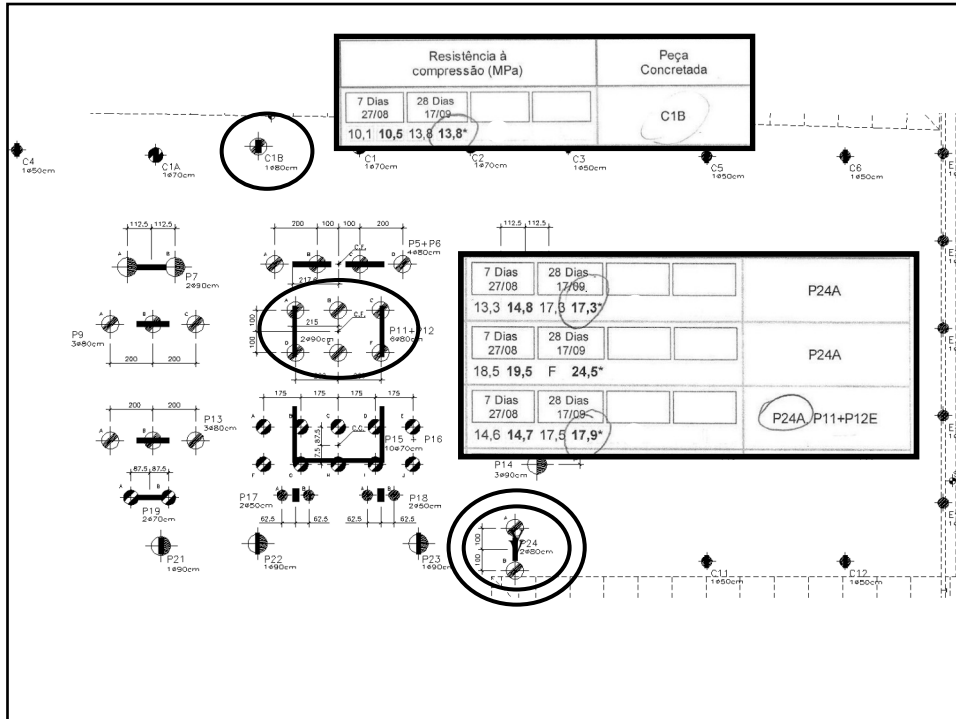
TERMINO UDI 11/13 E

COTA (m)	PERFIL GEOLÓGICO	N.º DE GOLPES S. P. T.	RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO AMOSTRADOR TIPO TERZAGHI					PROFUN. CAMADA (m)	INTER. GEOLOGICA	CONSISTÊNCIA OU COMPACTIDADE	CLASSIFICAÇÃO DA CAMADA	N. A. (m)	
			5	10	15	20	25						30
18,28	[Hatched pattern]	23							-31,00	SAR	Siltite argilo-arenosa, micácea, com fragmentos de rocha, variegado (cinza)		
15,15		34	15										
15,15		30	7					32,07			MUITO COMP.		Siltite areno-argilosa, micácea, com fragmentos de rocha, variegado (cinza)
15,15		34	15										
15,15		30	7										

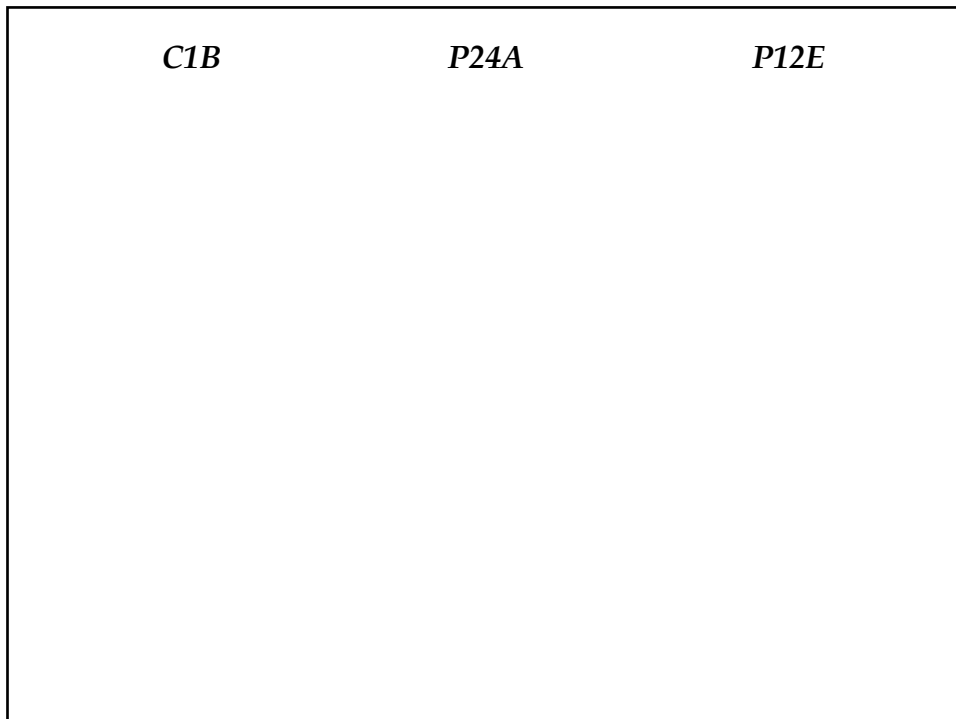
121



122



123



124

Extração de testemunhos

Local				$f_{ci,ext}$	$f_{ck,ext,seg}$	$f_{ck,ext,seg} * 1,1$
Relatório	CP	NF	Elementos	MPa	MPa	MPa
	1	66582	E-P24-A	22,2	21,9	24,0
	2		E-P24-A	21,5		

>20MPa

125

Estimativa da Capacidade de Carga de Elemento Isolado de Fundação por Estaca

Método Aoki-Yelliso (1975)

Planilha de Dados da Sondagem

SONDAGEM			PARÂMETROS DO PERFIL DO TERRENO				SOLO			
ESTACA (m)	N _{63.5}	Código do Solo	K	α	q _s (kPa)	f _s (kPa)	CÓDIGO	K (kPa)	α	
1	1	320	220	0,04	220	9	Areia	100	1,4%	
2	1	320	220	0,04	220	9	Areia Siltosa	120	800	2,0%
3	2	320	220	0,04	440	18	Areia silto-argilosa	123	700	2,4%
4	1	320	220	0,04	220	9	Areia Argilosa	130	600	3,0%
5	1	320	220	0,04	220	9	Areia Argilo-Siltosa	132	500	2,8%
6	3	320	220	0,04	660	26	Silte	200	400	3,0%
7	1	320	220	0,04	220	9	Silte Arenoso	210	550	2,2%
8	7	320	220	0,04	1540	62	Silte Areno-Argiloso	213	450	2,8%
9	9	320	220	0,04	1980	79	Silte Argiloso	230	230	3,4%
10	8	320	220	0,04	1760	70	Silte Argilo-Arenoso	231	250	3,0%
11	8	230	230	0,034	1840	63	Argila	300	200	6,0%
12	11	230	230	0,034	2530	86	Argila Arenosa	310	350	2,4%
13	11	230	230	0,034	2530	86	Argila Areno-Siltosa	312	300	2,8%
14	12	230	230	0,034	2760	94	Argila Siltosa	320	220	4,0%
15	11	230	230	0,034	2530	86	Argila Silto-Arenosa	321	330	3,0%
16	14	230	230	0,034	3220	109				
17	13	230	230	0,034	2990	102				
18	13	230	230	0,034	2990	102				
19	13	230	230	0,034	2990	102				
20	16	230	230	0,034	3680	125				
21	18	230	230	0,034	4140	141				
22	16	230	230	0,034	3680	125				
23	23	231	250	0,03	5750	173				
24	19	231	250	0,03	4750	143				
25	24	231	250	0,03	6000	180				
26	26	231	250	0,03	6500	195				
27	28	231	250	0,03	7000	210				
28	37	231	250	0,03	9250	278				
29	40	231	250	0,03	10000	300				
30	40	231	250	0,03	10000	300				
31	40	231	250	0,03	10000	300				
32	40	231	250	0,03	10000	300				
33										

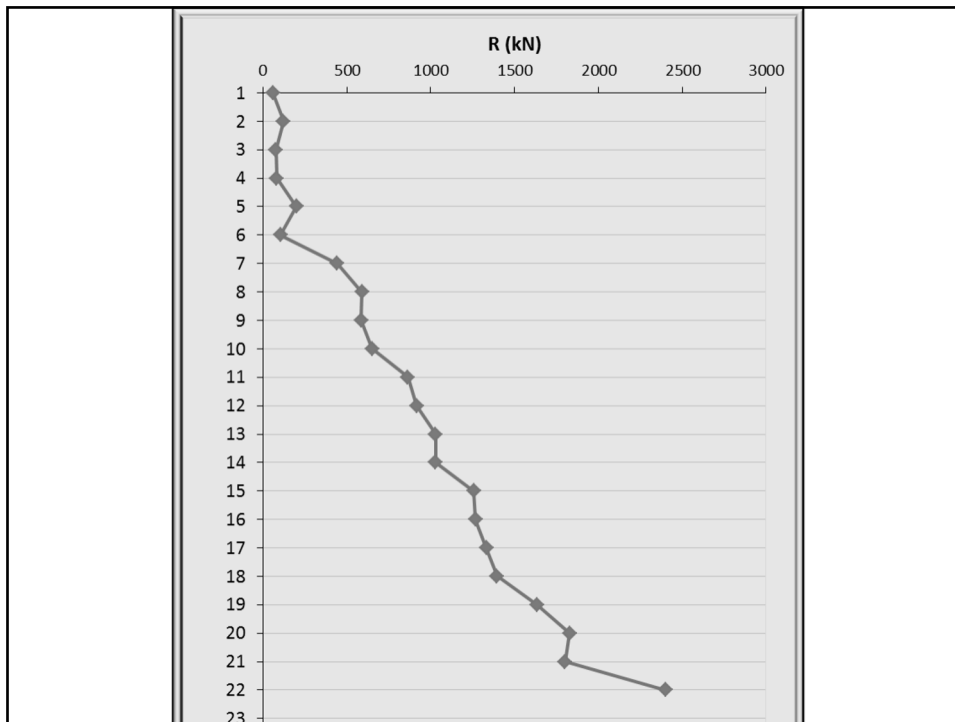
126

Estimativa da Capacidade de Carga de Elemento Isolado de Fundação por Estaca
Método Aoki-Velloso (1975)

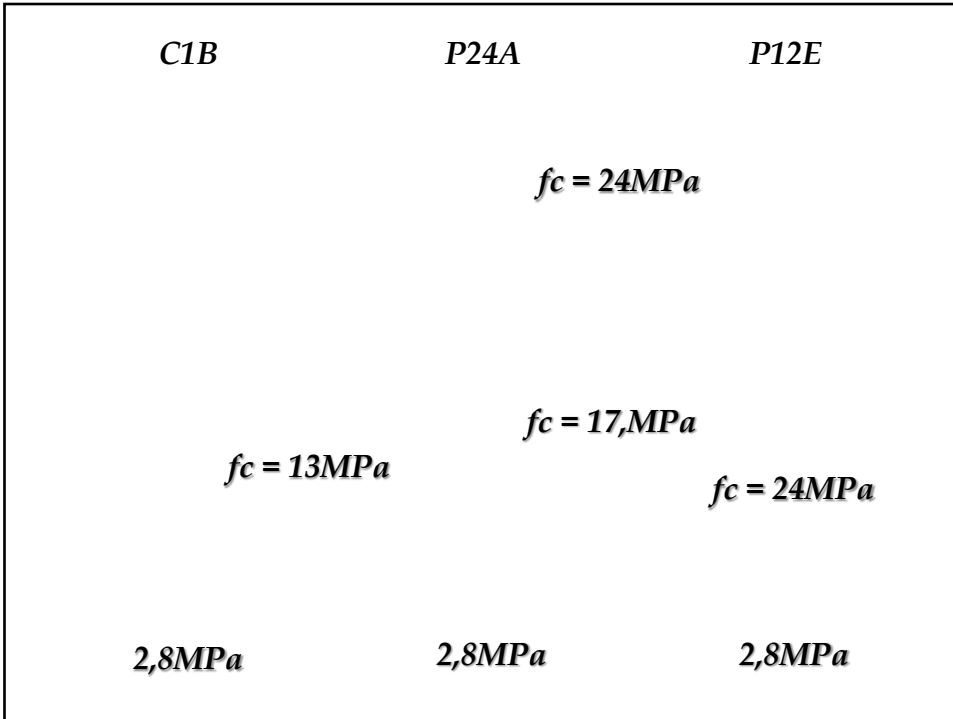
Planilha de Dados da Estaca e Resultados

TIPO DA ESTACA		RESISTÊNCIAS				
CARACTERÍSTICAS DO ELEMENTO ESTRUTURAL		L_{ESTACA} (m)	R_1 a cada metro (kN)	R_1 acumulada (kN)	R_p (kN)	R (kN)
Geometria da Seção Transversal	Circular	1	6	6	55	61
Diâmetro da Seção Transversal (cm)	80	2	6	11	111	122
		3	11	22	55	77
Área da Seção Transversal (cm ²)	5026,55	4	6	28	55	83
		5	6	33	166	199
Perímetro da Seção Transversal (cm)	251,33	6	17	50	55	105
		7	6	55	387	442
L_{ESTACA} (m)	22	8	39	94	498	592
		9	50	144	442	586
Haverá alargamento da base?	Não	10	44	188	462	650
Valor de F1	2,00	11	39	227	636	863
		12	54	281	636	917
Valor de F2	4	13	54	335	694	1029
		14	59	394	636	1030
		15	54	448	809	1258
		16	69	517	751	1269
		17	64	581	751	1333
		18	64	645	751	1396
		19	64	709	925	1634
		20	79	787	1040	1828
		21	88	876	925	1801
		22	79	954	1445	2400

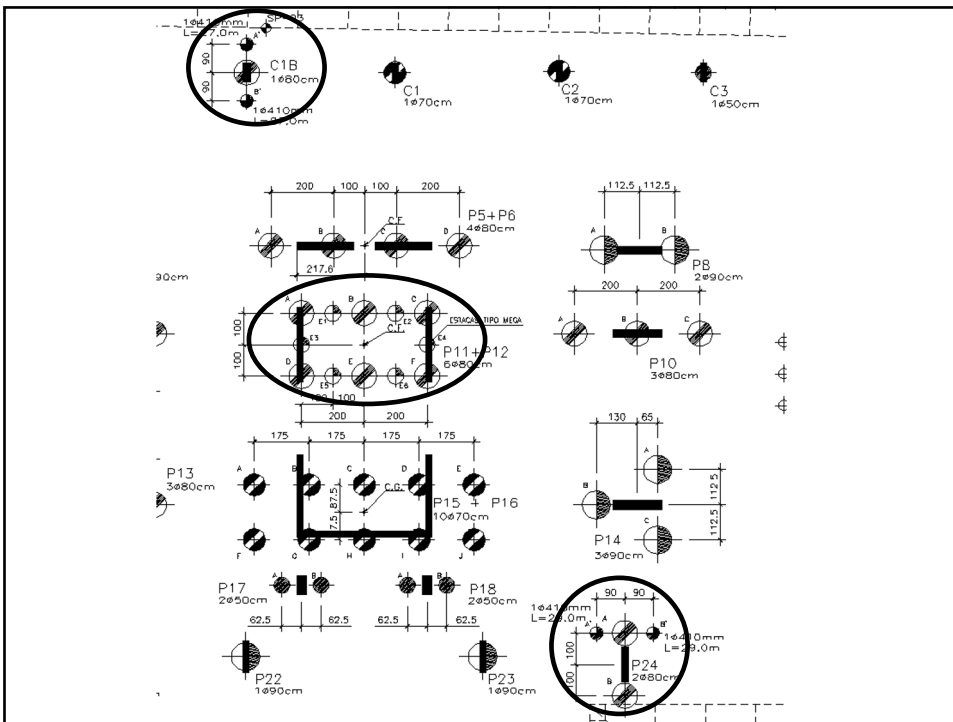
127



128



129



130

- **112m de estaca raiz 410mm (~R\$ 60K);**
- **2000kg aço CA-50 (~R\$20K);**
- **Estacas tipo Mega (~R\$ 35K).**

→ ~R\$ 115.000,00 (!!!)

131

Reflexão sobre a Norma ABNT NBR 6122:2010

132

Anexo P (normativo)

Estacas escavadas com injeção ou microestacas – Procedimentos executivos

P.8 Calda ou argamassa

A argamassa a ser utilizada deve ter $f_{ck} \geq 20$ MPa e deve satisfazer as seguintes exigências:

- consumo de cimento não inferior a 600 kg/m^3 ;
- fator água/cimento entre $0,5$ e $0,6$;
- agregado: areia.

133

- $600 \text{ kg de cimento/m}^3$
- Relação a/c de $0,5$ a $0,6$
- Massa específica do cimento $\approx 3000 \text{ kg/m}^3$
- Massa específica da água = 1000 kg/m^3

Pergunta: essa dosagem fecha 1 m^3 ????



134

- $600 \text{ kg de cimento} / 3000 = 0,2 \text{ m}^3 \text{ de cimento}$
- $a/c \text{ de } 0,5 \text{ a } 0,6 \text{ (300 a 360 kg de água)} / 1000 = 0,3 \text{ a } 0,36 \text{ m}^3 \text{ de água}$
- **Total = 0,5 a 0,56 m³!!!**

➤ **Fixando o consumo de cimento:**

$$0,2 \text{ m}^3 \text{ de cimento} + x \text{ m}^3 \text{ de água} = 1 \text{ m}^3$$

$$x = 0,8 \text{ m}^3 \text{ de água} \rightarrow 800 \text{ kg de água}$$

$$\text{Nova relação } a/c = 800/600 = 1,33$$

135

- $600 \text{ kg de cimento} / 3000 = 0,2 \text{ m}^3 \text{ de cimento}$
- $a/c \text{ de } 0,5 \text{ a } 0,6 \text{ (300 a 360 kg de água)} / 1000 = 0,3 \text{ a } 0,36 \text{ m}^3 \text{ de água}$
- **Total = 0,5 a 0,56 m³!!!**

➤ **Fixando a relação a/c:**

$$\text{Relação } a/c = 0,5 \rightarrow a = 0,5c$$

$$c/3000 + 0,5c/1000 = 1 \text{ m}^3$$

$$0,000333c + 0,0005c = 1 \text{ m}^3$$

$$c = 1200 \text{ kg de cimento}$$

136

Problemas na dosagem do concreto: Consistência inadequada

137

Reparo Estrutural



138

Problemas na dosagem do concreto: Excesso de exsudação

139

Exsudação é a tendência da água de amassamento vir à superfície do concreto recém lançado, devido ao sua densidade (1g/cm^3) ser menor que a dos agregados ($\approx 2,7\text{g/cm}^3$) e a do cimento ($\approx 3,1\text{g/cm}^3$).

Causas:

- Excesso de água de amassamento;
 - Baixo teor de cimento;
 - Erro na dosagem de aditivo superplastificante.

140



141



142

Hormigón - Determinación de la exudación

Concreto - Determinação da exsudação

143

3.1 Método A

- Retirar, com pipeta ou instrumento similar, a água que acumula na superfície do concreto, a intervalos de 10 min, nos primeiros 40 min, e a intervalos de 30 min, até o final da exsudação, que se considera como finalizada quando, após 30 min, não se observa mais água exsudada.
- Após cada extração transferir a água para uma proveta graduada de 100 ml e registrar a quantidade de água acumulada após cada transferência.
- Calcular o volume de água exsudada por área unitária de superfície (V) como segue:

$$V = \frac{V_1}{A}$$

onde:

- V_1 é o volume de água exsudada medido durante um intervalo de tempo selecionado, em mililitros;
- A é a área exposta do concreto do recipiente, em centímetros quadrados.

144

**Exsudação máxima admitida
para fundações:
4% do volume total de água!!**

Equivalente a cerca de 15 cm a 20 cm
de altura de água, no topo de uma
estaca de 20 m, recém concretada

145

OBRIGADA!



"do Laboratório de Pesquisa aos Canteiros de Obras"

www.concretophd.com.br

146