



Estruturas de Concreto. Critérios de Conformidade



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene
*Diretor PhD Engenharia
Conselheiro Permanente IBRACON
Presidente ALCONPAT Internacional
Prof. Titular Universidade de São Paulo
Member fib(CEB-FIP) Service Life of Concrete Structures*

Weiler - C. Holzberger industrial

14 de junho de 2012

Rio Claro - SP

1



Concreto Protendido

PhD Engenharia

2

O que se entende por protensão?

PhD Engenharia

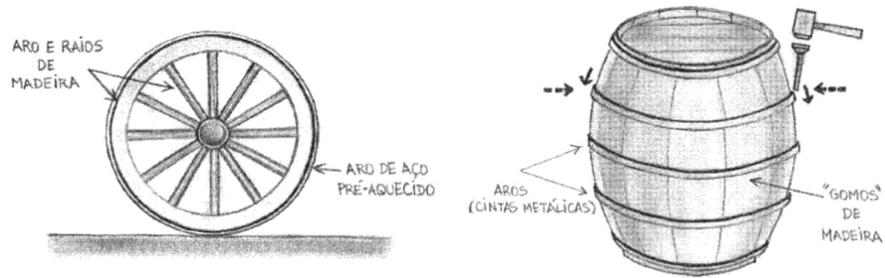
3

“Protensão é o artifício que consiste em introduzir numa estrutura um estado prévio de tensões, capaz de melhorar sua resistência ou seu comportamento, sob diversas condições de carga.”

PhD Engenharia

4

Algumas Aplicações Clássicas

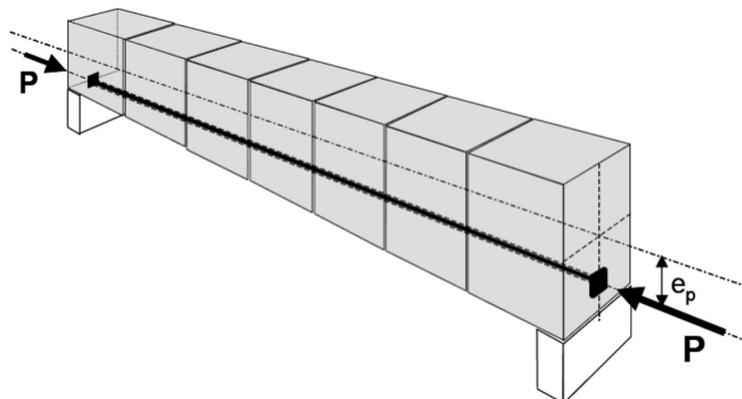


Aros de aço pré-aquecidos para, após retração, proteger e solidarizar as partes de madeira.

PhD Engenharia

5

A Protensão Aplicada ao Concreto



PhD Engenharia

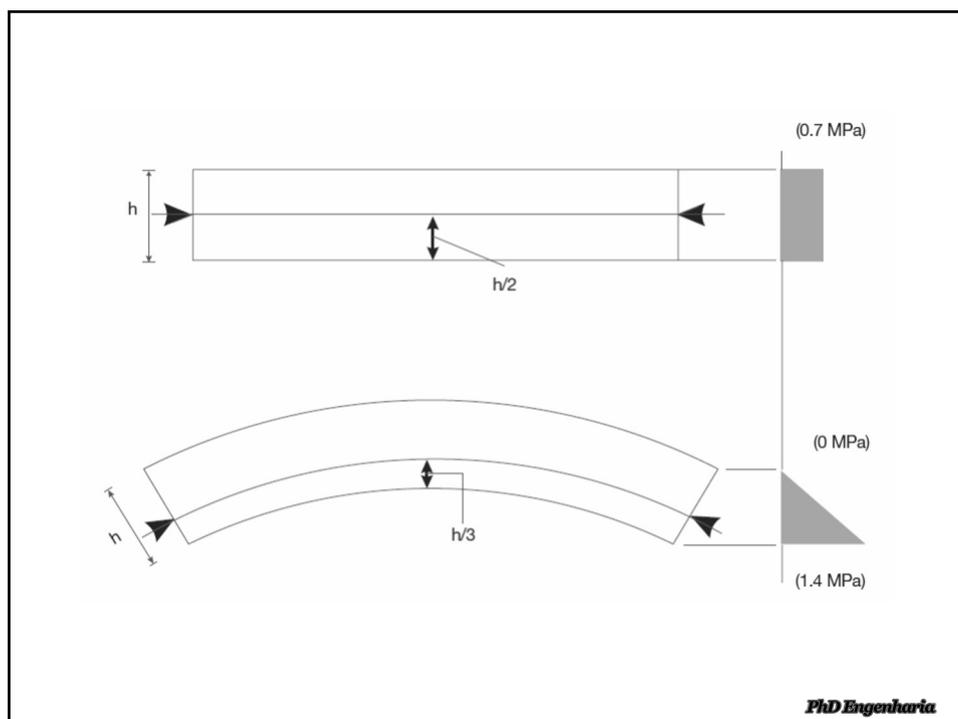
6

O concreto protendido está sendo cada vez mais empregado (com destaque para vigas protendidas), sendo utilizado para:

- vencer grandes vãos.
- possibilitar a execução de estruturas leves e de peças pré-moldadas.
- viabilizar formas arquitetônicas complexas.
- funcionar como uma solução mais econômica, sofisticada e compatível com os estudos preliminares.

PhD Engenharia

7



PhD Engenharia

8

Normas Técnicas aplicáveis

-NBR 6118– Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento

-NBR 8681– Ações e Segurança nas Estruturas



PhD Engenharia

9

Quais as diferenças entre concreto armado e protendido?

PhD Engenharia

10

A real diferença entre concreto armado e protendido está na existência ou não de *forças de protensão*.

Além disso, o concreto protendido exige maior *disponibilidade tecnológica*, de modo a:

- obter controle mais rigoroso sobre materiais empregados
- verificar todas as etapas da vida da peça de concreto desde a fase de sua execução
- obter controle e cálculos mais detalhados sobre fluência, retração, relaxação, variações das forças de protensão, dentre outros fatores

PhD Engenharia

11

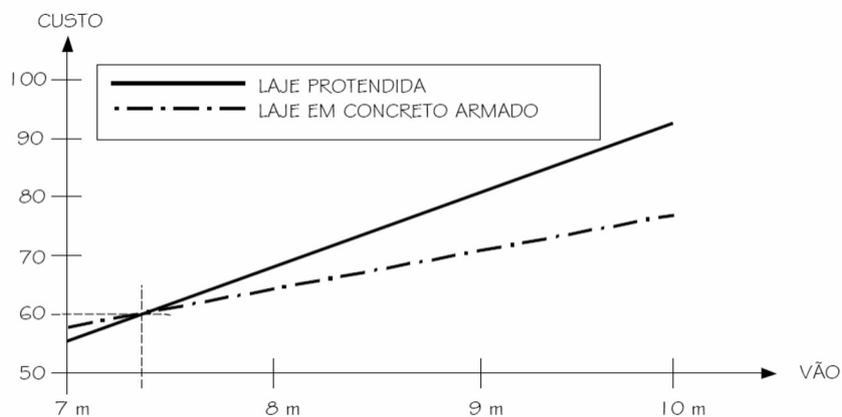
Alguns dados comparativos CP/CA

Fatores	Concreto Armado	Concreto Protendido	Relação CP/CA
Resistência do concreto (MPa)	~20	~40	~2
Lim.escoamento do aço (MPa)	250~600	~1.500	6~2,5
Preço/m ³ de concreto			~1,3
Preço/kg de aço colocado			2~3

PhD Engenharia

12

Comparação de custos para lajes protendidas



PhD Engenharia

13

Documentos de controle para uma obra de protensão:

- Desenhos de cablagem
- Romaneios (lista detalhada de materiais para controle de remessa na obra)
- Certificado de qualidade dos materiais
- Tabelas de calibração dos macacos de protensão
- Registros de protensão

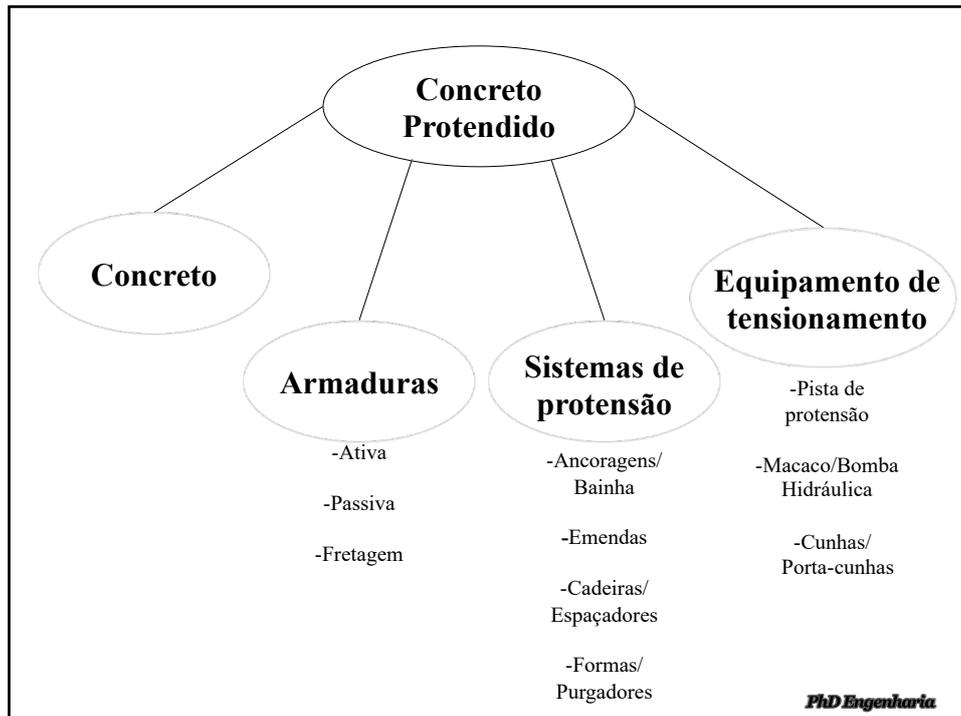
PhD Engenharia

14

MATERIAIS EMPREGADOS

PhD Engenharia

15



16

Concreto:

-Deve apresentar alta resistência à compressão e baixa deformabilidade (em geral C30, C40 e C50)

-Não é permitido o uso de aditivos com cloretos

-Devido à necessidade de grande desempenho e durabilidade, torna-se absolutamente necessário o uso da NBR 6118 - *Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento*

-Em certas situações são interessantes os usos de agregados leves e cimentos de alta resistência inicial

PhD Engenharia

17

Tabela 7.1 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

PhD Engenharia

18

AÇOS PARA ARMADURAS ATIVAS

-Possuem alta resistência inicial e não apresentam patamar de escoamento (aço tipo B)

-Deve estar posicionada e protegida pelo cobrimento adequado, pois está sujeita a “corrosão sob tensão”

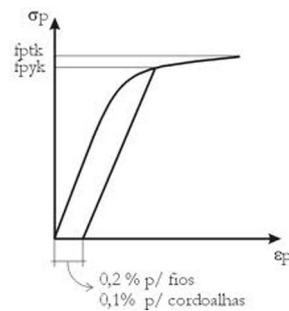
-A estocagem correta na obra evitando elementos corrosivos (umidade, sol excessivo) é de grande importância

-O aço utilizado para protensão é apresentado nas seguintes formas:

- fios lisos e entalhados com marcas em baixo relevo
- cordoalhas (2, 3 e 7 fios) engraxadas ou não
- barras de aço-liga

PhD Engenharia

19



PhD Engenharia

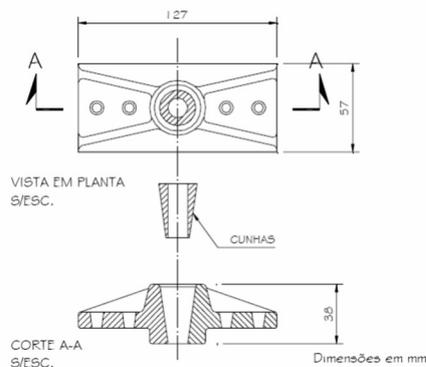
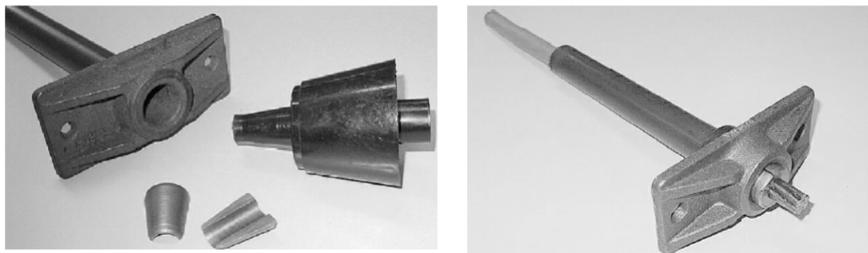
20

Ancoragens, bainhas e outros elementos

- Em armaduras pós tracionadas, a maioria dos sistemas de protensão são protegidos por patente (Freyssinet, Dywidag, VSL, BBRV, Rudloff, etc...)
- Cunhas e ancoragens devem ser armazenadas em área limpa e seca
- A rastreabilidade do sistema de protensão deve ser feita da melhor maneira possível, identificando as peças por pavimento e/ou sequência de concretagem
- Macaco e manômetro da bomba não podem ser separados, sendo considerados um só equipamento

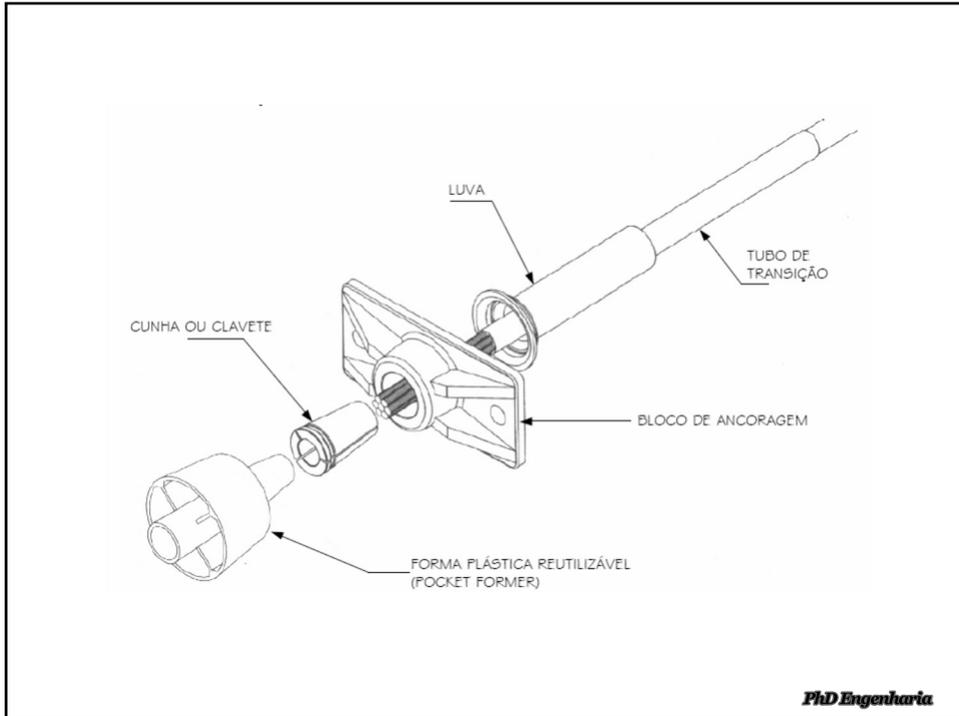
PhD Engenharia

21

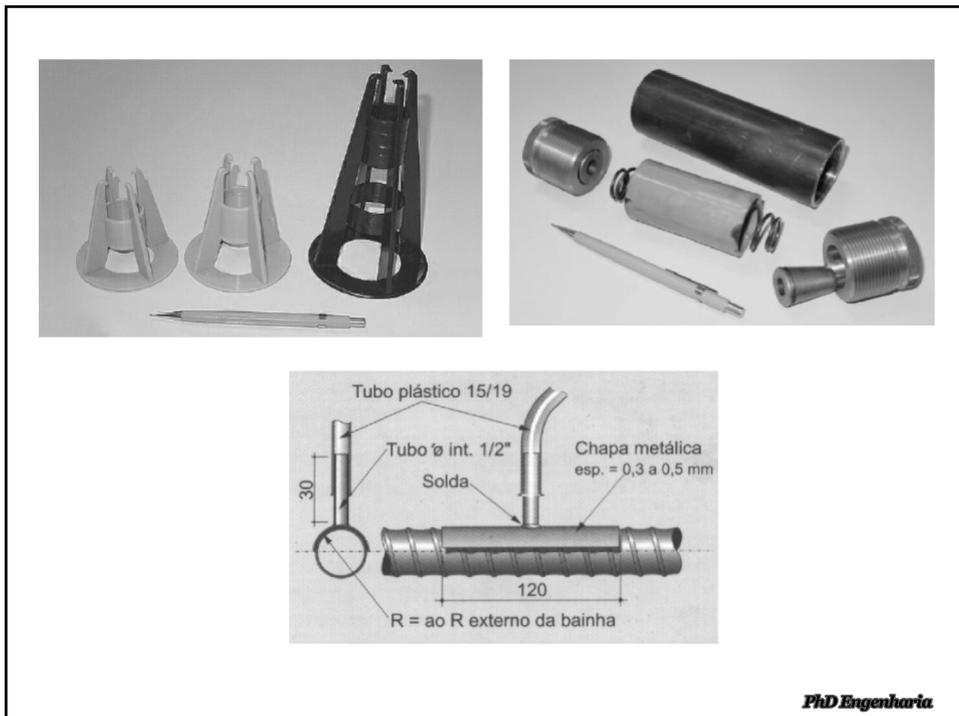


PhD Engenharia

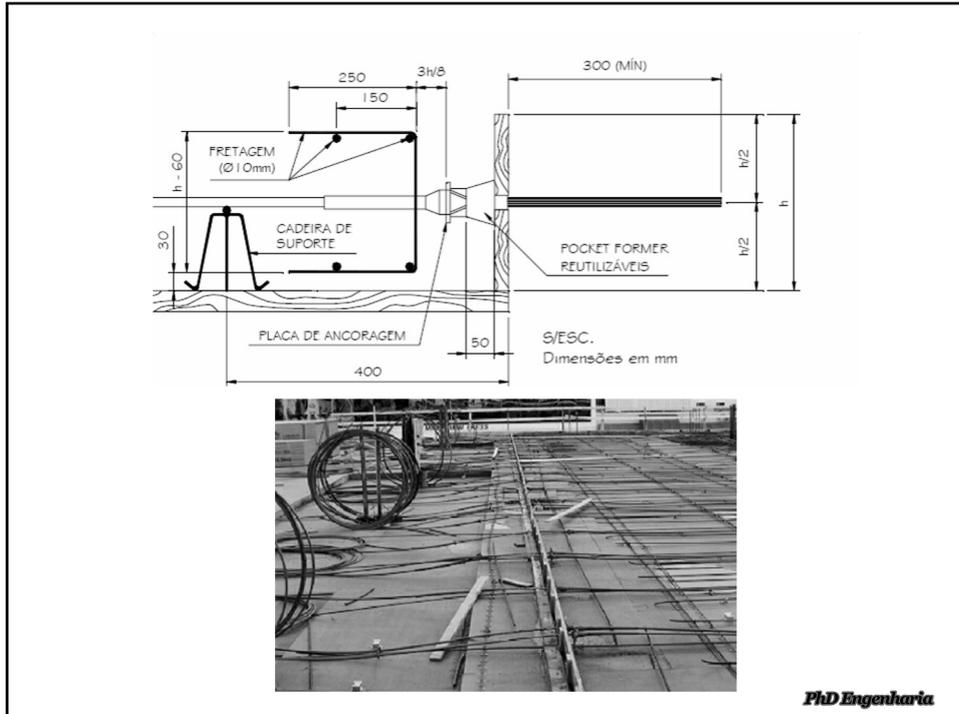
22



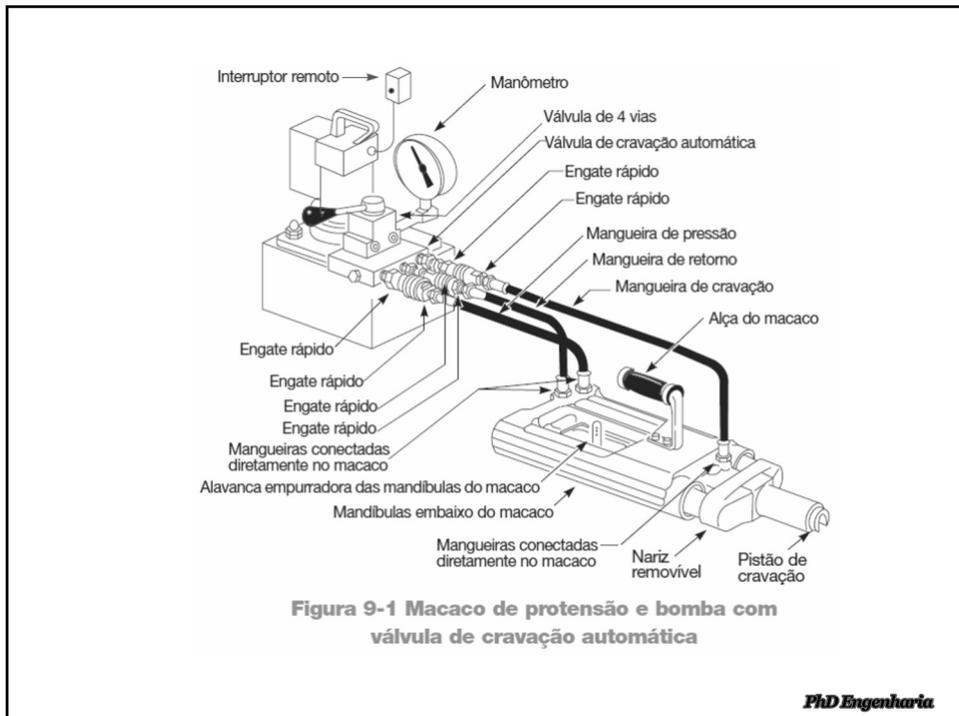
23



24

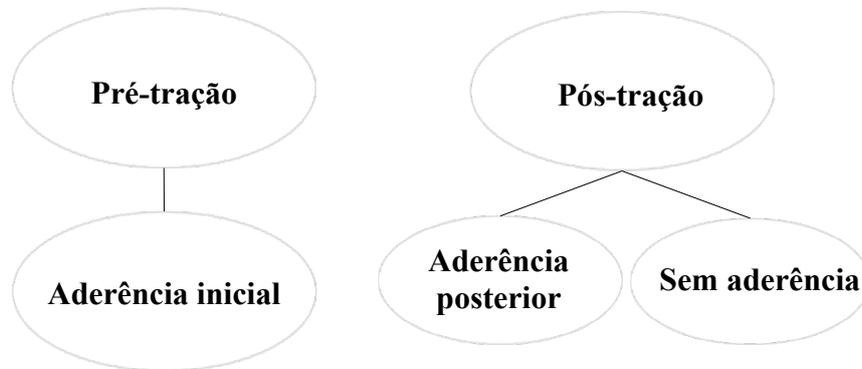


25



26

Tipos de Protensão



PhD Engenharia

27

Pré-tração (com aderência inicial):

-Método utilizado para protensão de pré-moldados

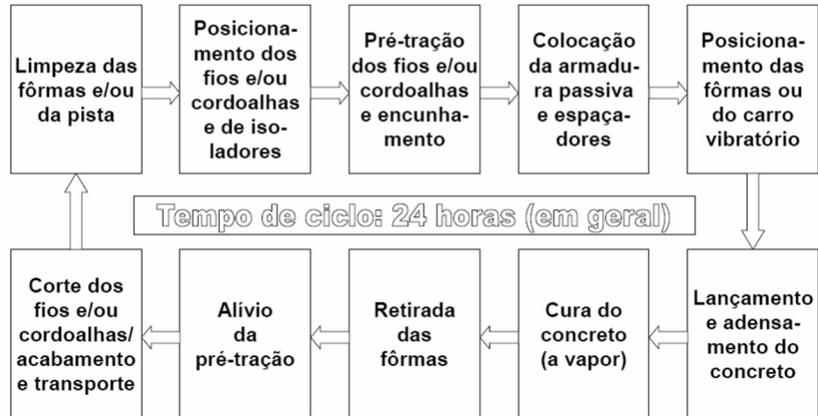
-A armadura ativa é tracionada na pista e ancorada em dispositivos externos antes do lançamento do concreto.

-Após a concretagem da peça, com resistência suficiente já desenvolvida, a cordoalha é cortada, transferindo a força de protensão por aderência.

PhD Engenharia

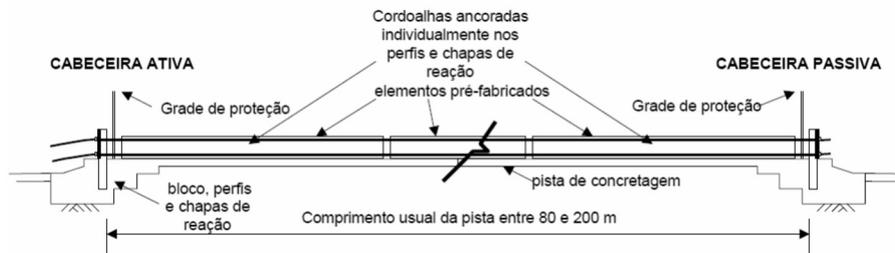
28

Fluxograma típico de operações numa pista



PhD Engenharia

29



PhD Engenharia

30



PhD Engenharia

31

Pós-tração

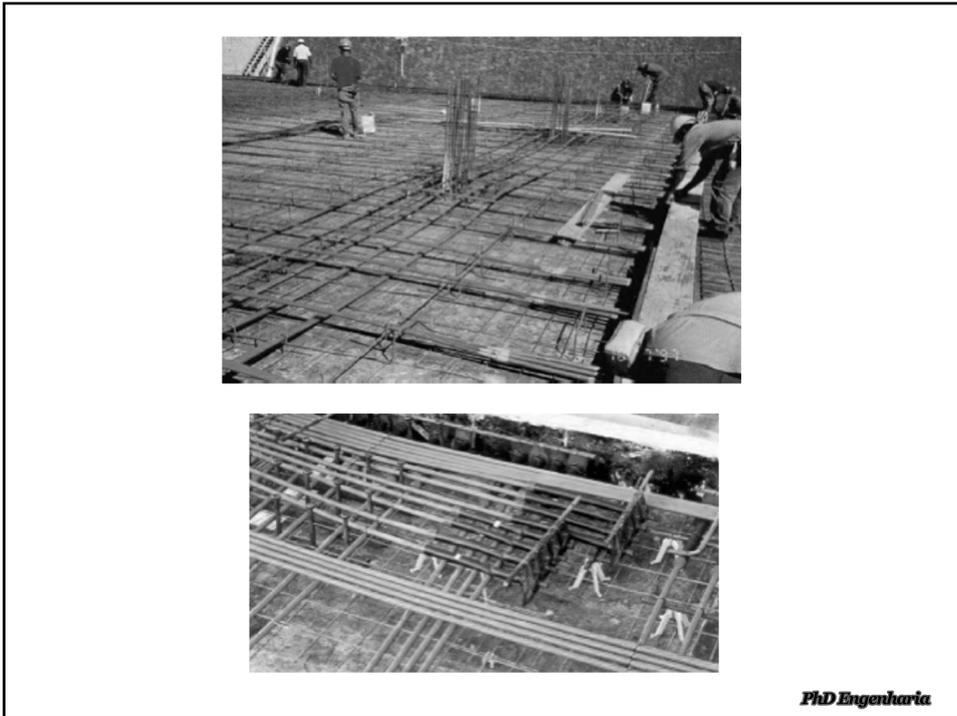
-Método utilizado no próprio canteiro de obras

-*sem aderência*: em geral, com cabos monocordoalha engraxados com bainha de plástico incorporada a serem tracionados com o concreto já moldado.

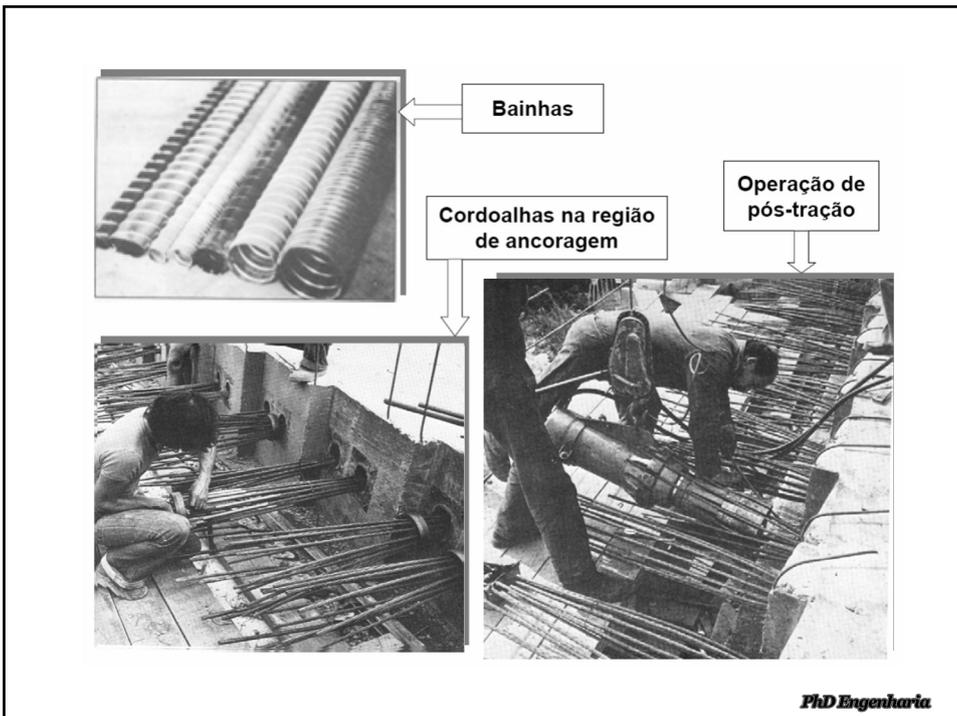
-*com aderência posterior*: os cabos são passados dentro de bainhas de aço e tracionados em concreto endurecido, o qual já deve ter 75% de sua resistência desenvolvida). Em seguida deve ser injetada uma calda de cimento dentro da bainha

PhD Engenharia

32



33



34

Vantagens da pós-tração:

- Uso efetivo e eficiente de materiais de alta resistência
- Redução de seções transversais e de peso em partes do edifício, diminuindo também custos de fundações, de revestimentos e de outros correlacionados
- Redução de fissuras e melhor controle de flechas
- Em lajes protendidas, permite-se *ausência de vigas*; concretagem dos pilares antes da laje resulta em aumento de precisão e qualidade da estrutura
- Custos de manutenção e vida útil reduzidos

PhD Engenharia

35

Qual o melhor tipo de protensão?

PhD Engenharia

36

Vantagens da pós-tração comparada à pré-tração:

- Continuidade estrutural dos componentes (difícil na pré-tração)
- Protensão em campo e *em estágios*
- Perdas de protensão reduzidas*
- Uso de mão-de-obra e materiais locais
- Uso de cabos em catenária*, diminuindo custos de armadura frouxa

PhD Engenharia

37

Perdas de Protensão

PhD Engenharia

38

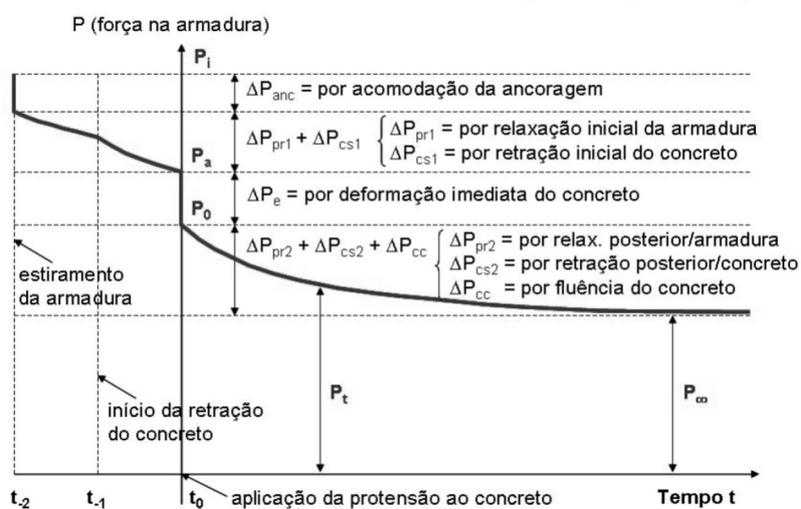
Casos de perdas de protensão

- Perdas por retração e fluência do concreto
- Perdas por relaxação e fluência do aço de protensão
- Perdas de protensão por atrito dos cabos
- Perda de tensão na armadura decorrente da deformação imediata do concreto
- Perda de tensão na armadura decorrente de acomodação das ancoragens

PhD Engenharia

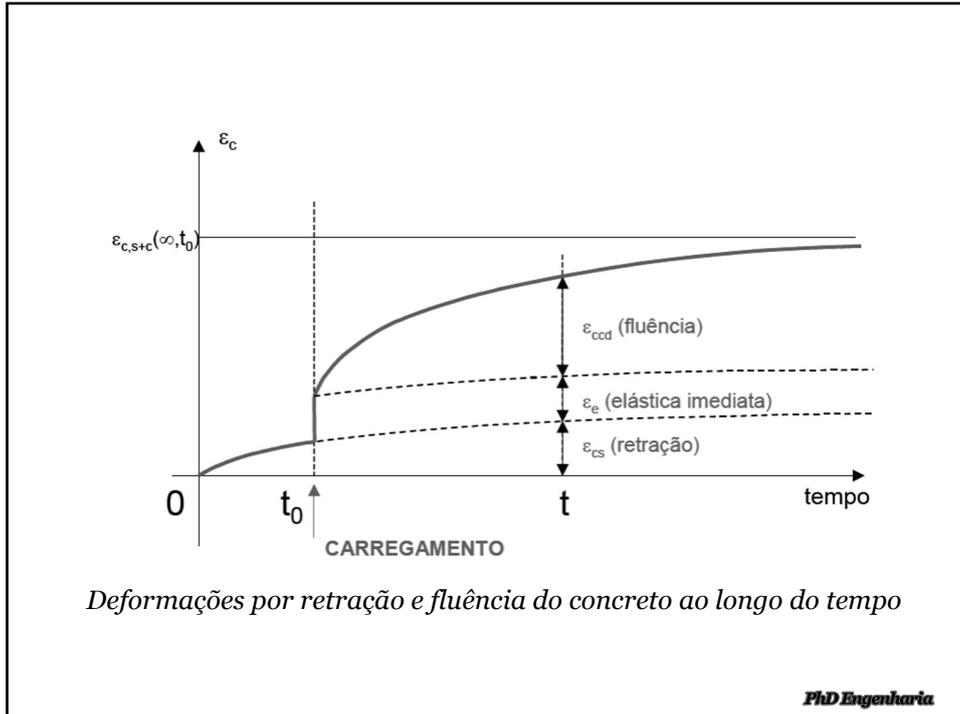
39

Valores representativos da força de protensão (caso de pré-tração)



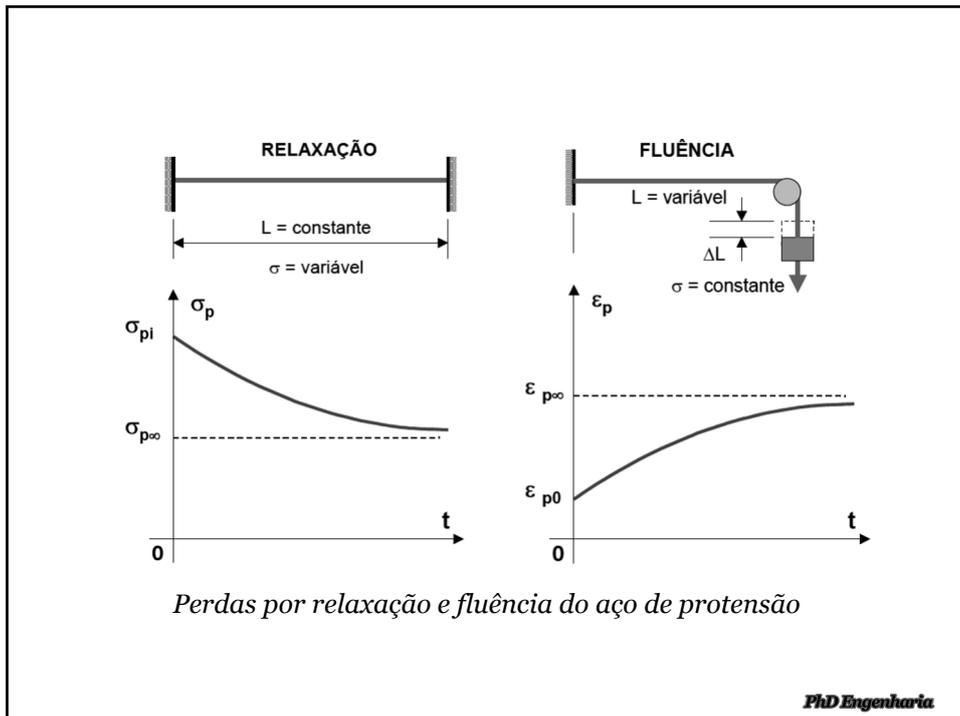
PhD Engenharia

40



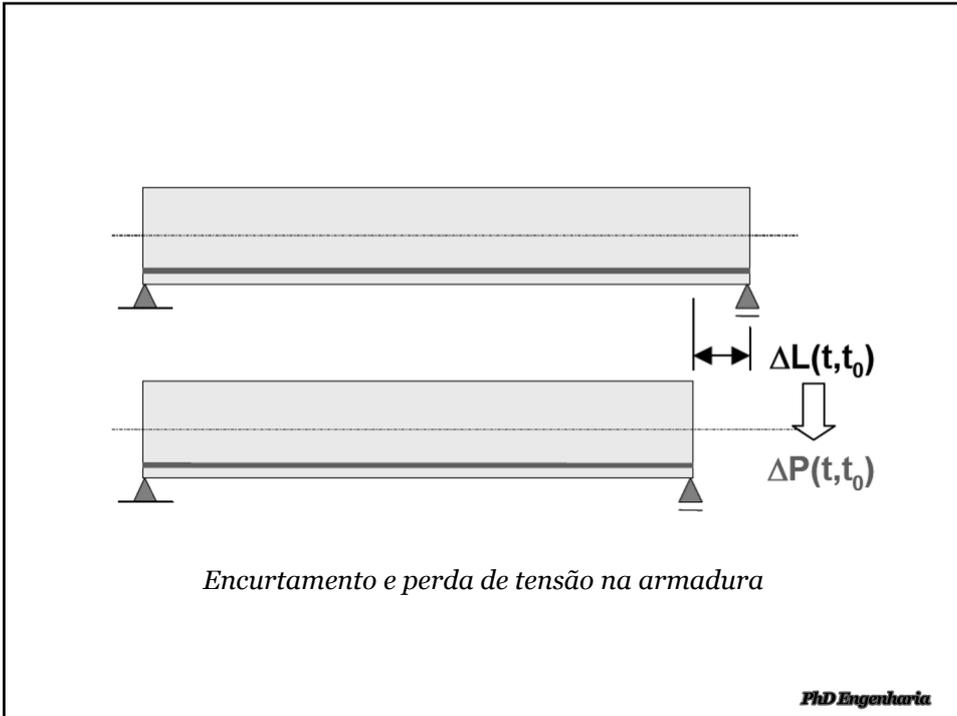
Deformações por retração e fluência do concreto ao longo do tempo

41

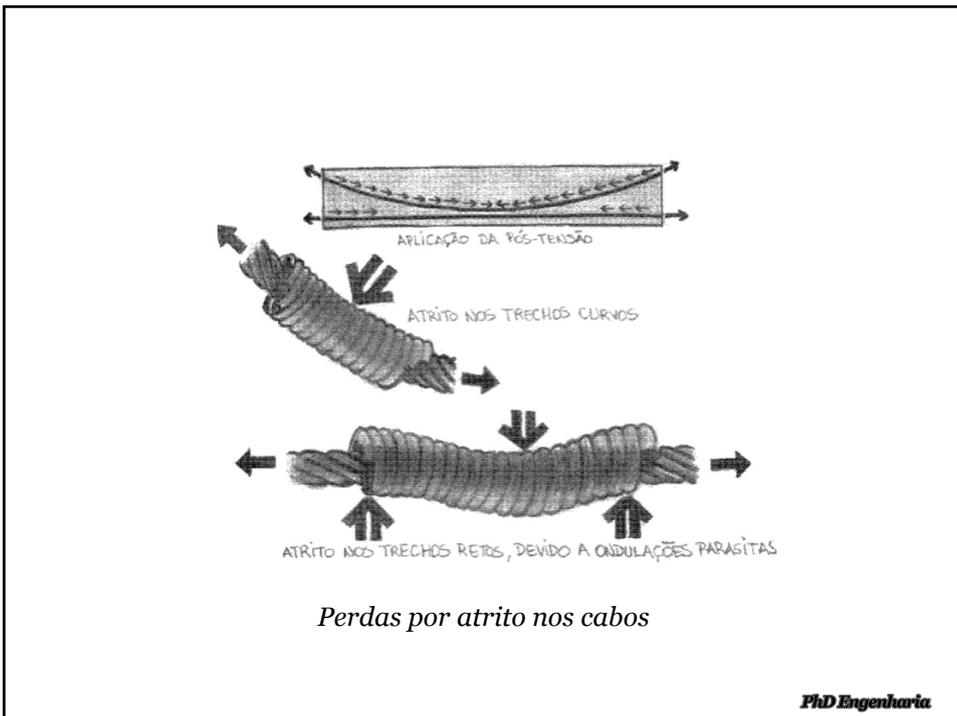


Perdas por relaxação e fluência do aço de protensão

42



43



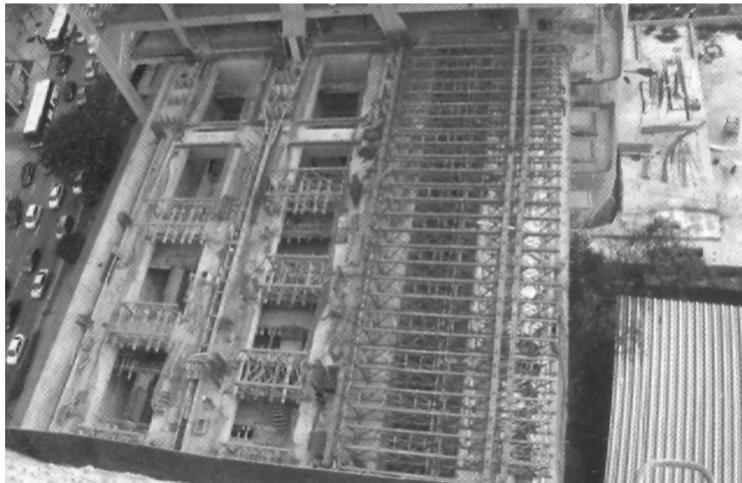
44

Exemplo de aplicação: Super Viga Protendida



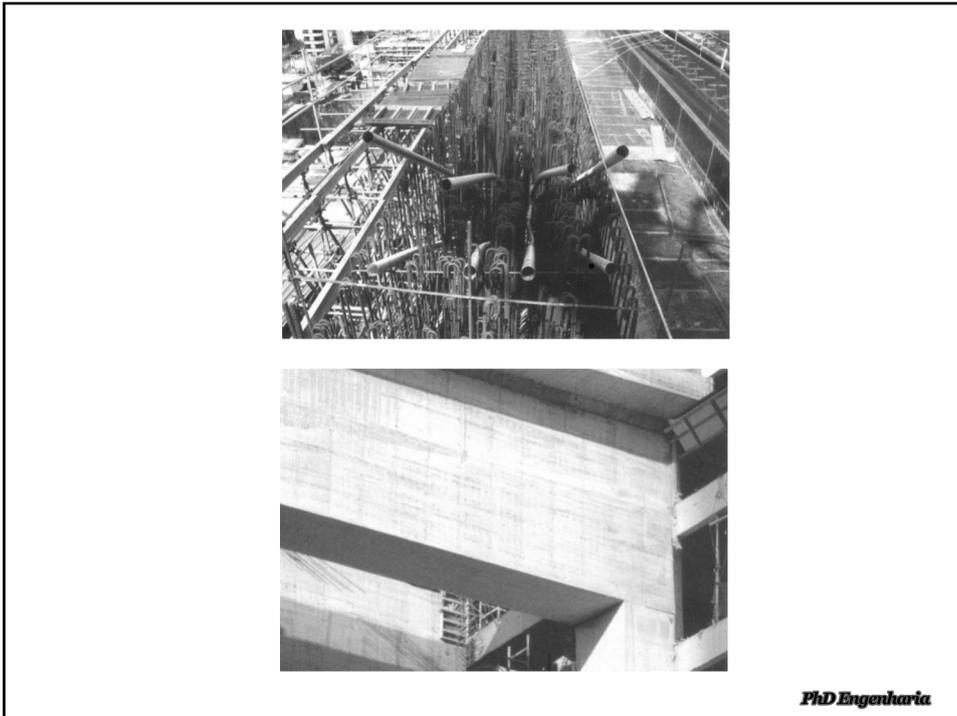
PhD Engenharia

45



PhD Engenharia

46



47

OBRIGADO!



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

www.concretophd.com.br
www.phd.eng.br

11-2501-4822 / 23
11-7881-4014

PhD Engenharia

48