

Qualidade das Estruturas de Concreto Armado – Experiências da Cooperação ENCOL/EPUSP



"do Laboratório de Pesquisa ao Canteiro de Obras"

Paulo Helene

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

EGELTE

23 de agosto de 2013

PhD Engenharia
Campo Grande - MS

1

Probabilidade de morte

Colapso da estrutura	→ 10^{-6}
Explosão de gás	→ $10 \cdot 10^{-6}$
Incêndio	→ $20 \cdot 10^{-6}$
Acidente de tráfego	→ $100 \cdot 10^{-6}$
Na construção civil	→ $500 \cdot 10^{-6}$

riscos evitáveis ≠ riscos inevitáveis

PhD Engenharia

2

Qualidade na construção civil

Evolução histórica

- | | |
|--------------------------|--|
| 50 → controle | • produtos |
| 80 → garantia | • produtos
• processos |
| 90 → filosofia gerencial | • produtos
• processos
• entorno |

PhD Engenharia

3

Qualidade

... satisfazer o usuário ...
produto, processo ou serviço estar adequado a
uma finalidade

Controle

... conj. de atividades planejadas para assegurar um
nível ou padrão pré-determinado de qualidade ...
controla-se uma qualidade

PhD Engenharia

4

Garantia

... conj. de atividades planejadas para assegurar uma qualidade levando-se em conta os fatores técnicos e humanos...

treinamento, motivação, documentação

Padrão ou nível

... associado ao custo...

independente da qualidade

PhD Engenharia

5

Sistema de qualidade

→ da Empresa

→ do Produto/Processo

Organização: responsáveis, fluxo, número, arquivos, etc. (ISO 8402 Quality Vocabulary)

PhD Engenharia

6

Intervenientes na qualidade

Papel no processo

Interferência na qualidade

PhD Engenharia

7

Qualidade na construção civil

Evolução histórica

→ até o começo da década de 30:

- teorias deterministas
- qualidade subjetiva

→ Até fins da década de 50:

- evolução e consolidação dos conceitos probabilísticos
- 1905 – EPUSP cimentos, cales, madeiras, metais
- 1933 – ASTM Manual on Presentation of Data
- 1936 – INT – Paulo de Sá – os números representativos das características de um material
- 1939 – INT – Alberto Pastor de Oliveira – o controle de concreto numa construção (600 c.p.)
- 1944 – Stanton Walker, Morgan, Lobo Carneiro – valor característico 1% e 2%

PhD Engenharia

8

- 1951 – ASTM Manual on quality control of materials
- 1954 – CCA Simpósio Internacional – Londres – “Mix Design and Quality Control of Concrete”
THOMAS. Quality control and its effects on structural design
HIMSWORTH. The application of statistics to quality control.
MERCER. Quality control refinements.

→ até fins da década de 70:

- teorias probabilísticas incorporadas à normalização
- qualidade tem fundamento na segurança estrutural
- ACI / NBR / DIN / BS / EH

→ até meados da década de 80:

- ap. e consolidação do conc. de desempenho ISO 6241/70, CI
- ap. e consolidação do conc. de patologia Bureau Securitas
- retomada dos conceitos de qualidade

PhD Engenharia

9

- 1975 – CEB / CIB / FIP / RILEM bulletin 110. Recommended principles for the control of quality and the judgement of acceptability of concrete
- 1976 – 1º Simpósio Europeu de Qualidade na Construção Civil – EOQC / IET Madrid
- 1977 – EPUSP / PCC. Apostila de controle da qualidade
- 1977 – IPT / EPUSP. Proposta de qualidade VS normalização para alvenaria estrutural
- 1983 – CEB bulletin 157. Quality control and quality assurance for concrete structures → fator humano
- 1986 – IPT / EPUSP. Controle de qualidade na indústria da construção civil
- 1988 – CEB bulletin 184. Quality assurance for building
- 1988 – CEB bulletin 191. General principles on reliability for structures → thinking in advance
- 1989 – EPUSP / FAAP. Curso nacional sobre qualidade na indústria da construção civil. SINDUSCON

PhD Engenharia

10

→ A partir do início de 90:

- generalização do conceito de qualidade
- 1990 – ISSO 9000
- 1990 – EPUSP. 1º Simpósio nacional sobre garantia da qualidade na construção civil. ENCOL
- 1990 – EPUSP / DIAS, Sérgio. Formulação de uma proposta para controle do processo e do recebimento de serviços na construção.
- 1991 – EPUSP / PINI. Controle e garantia da qualidade na construção civil. SINDUSCON
- 1991 – CEB bulletin 202. Reliability of concrete structures.
- 1991 – NBR 9000
- 1993 – EPUSP / PICCHI, Flávio. Sistemas de Qualidade: Uso em empresas de construção civil
- 1994 – EPUSP / MELHADO. Qualidade no processo
- 1994 – CTE / SOUZA. Qualidade na construção civil
- 1995 – EPUSP / PCC. 1º Curso de pós-graduação no Brasil.
- 1995 – ISO 14000

PhD Engenharia

11

Referencial de Projeto

CEB-FIP MODEL CODE 1990
Bulletin d'information 213/14

Qualidade:

- CONFIABILIDADE – segurança
- DURABILIDADE

200/100 anos de período de retorno das ações características

PhD Engenharia

12

Qualidade do Projeto

International Association for Bridge and Structural Engineering

- 1981 → IABSE report 35
- 1983 → IABSE workshop RIGI
Classificação dos níveis de qualidade de projeto
- 1984 → IABSE 27-84
Controle exercido sobre cada fase “melhor” controle global
- 1985 → IABSE Surveys S 27-484
3 métodos de verificação/control

PhD Engenharia

13

Qualidade de Execução

- 1992
 - American Concrete Institute ACI
 - American Society for Concrete Construction ASCC

**The Contractor's Guide to
Quality**

PhD Engenharia

14

CONCEITOS

A. Cabe ao comprador atestar a qualidade

- economicamente viável;
- tecnicamente viável

B. Cabe ao Estado ou Entidades atestar a conformidade

- dificuldades econômicas
- dificuldades políticas

PhD Engenharia

15

C. Cabe ao produtor (fabricante e fornecedor) a comprovação da conformidade às normas

D. No recebimento

Cabe ao Proprietário exigir Fabricante ou Fornecedor a comprovação da conformidade

PhD Engenharia

16

Definição da Qualidade dos Materiais e Componentes

A. Enfoque crítico do produto:

- desempenho
- exigências humanas
 - requisitos
 - métodos de ensaio
 - métodos analíticos
 - critérios

PhD Engenharia

17

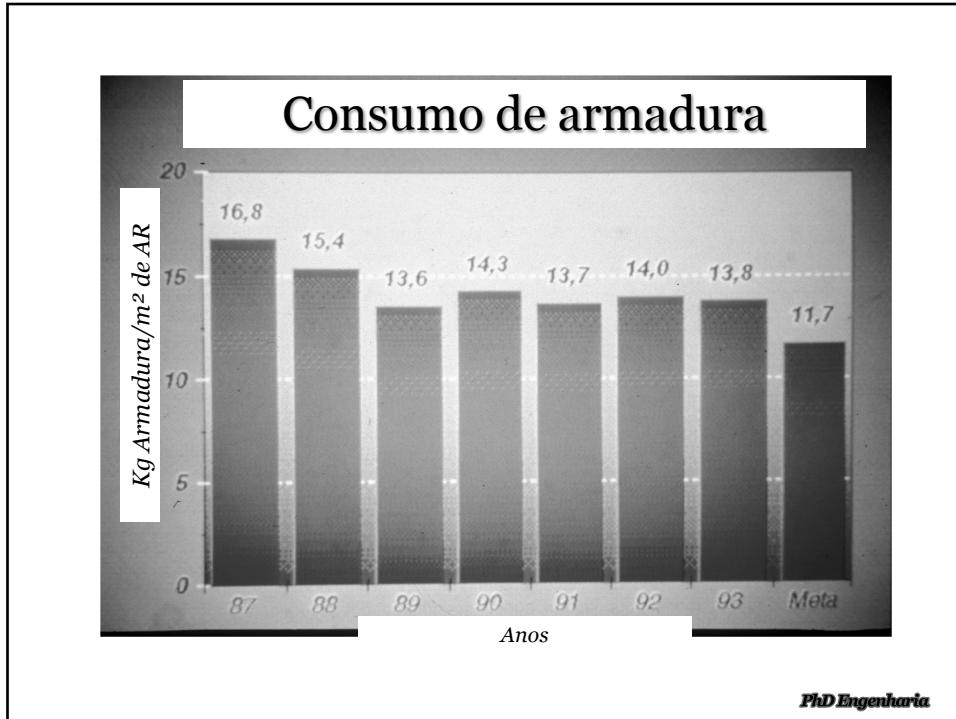
Definição da Qualidade dos Materiais e Componentes

B. Enfoque crítico do processo:

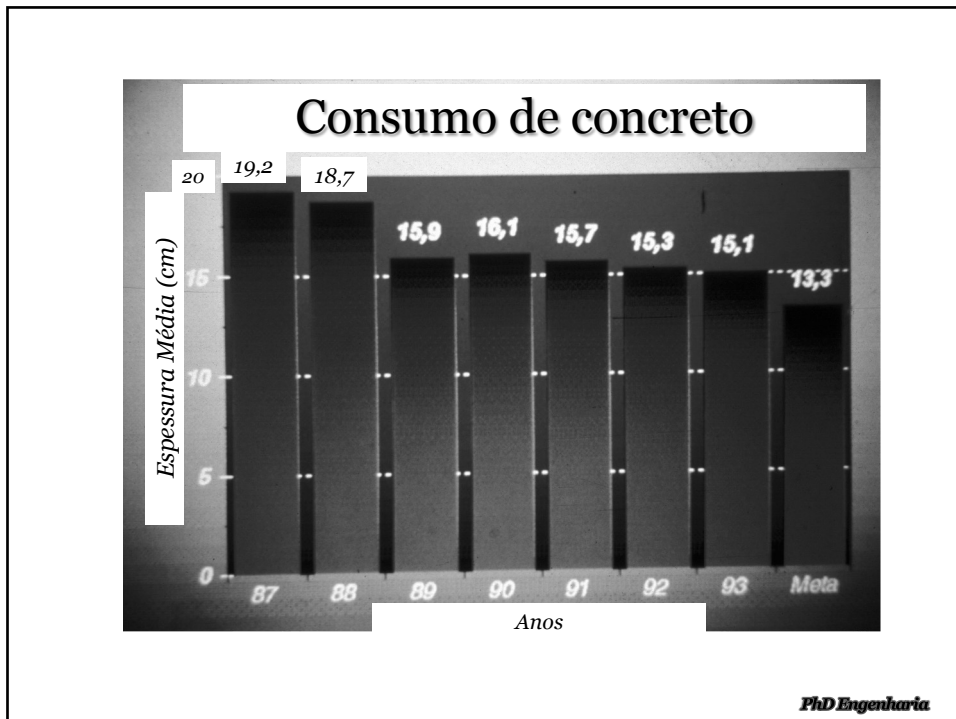
- tecnologia
- conhecimento profundo do processo e do produto
 - identificação dos fatores
 - classificação dos fatores
 - controle dos fatores determinantes

PhD Engenharia

18



19



20

Qualidade na Construção Civil

- Estabilidade
- Resistência mecânica
- Habilidade
- Durabilidade
- Manutibilidade
- Custo acessível

PhD Engenharia

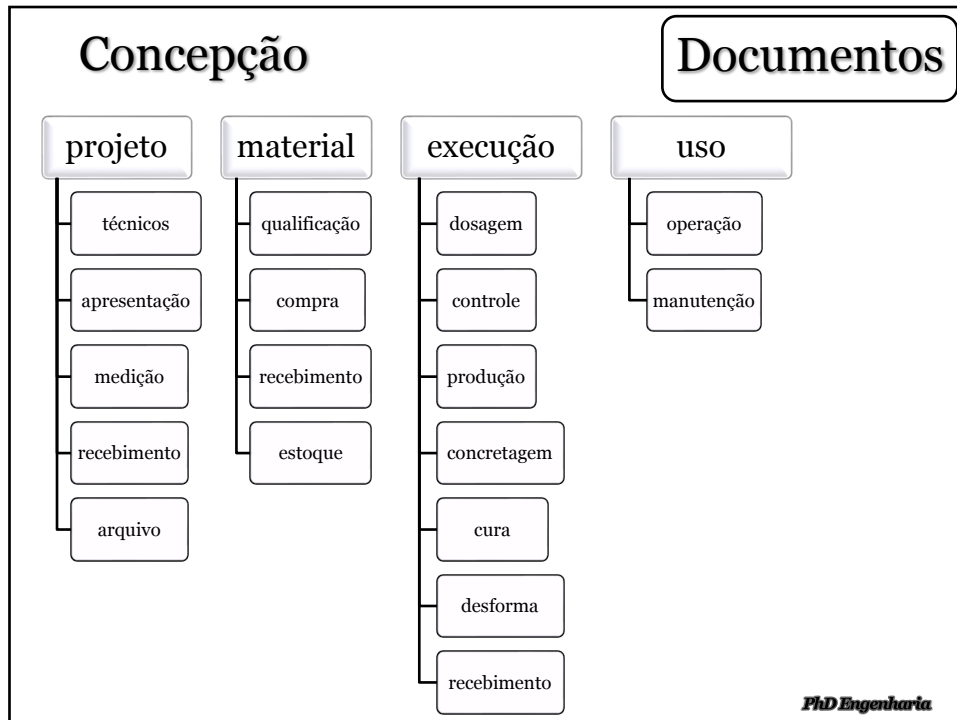
21

Garantia de Qualidade

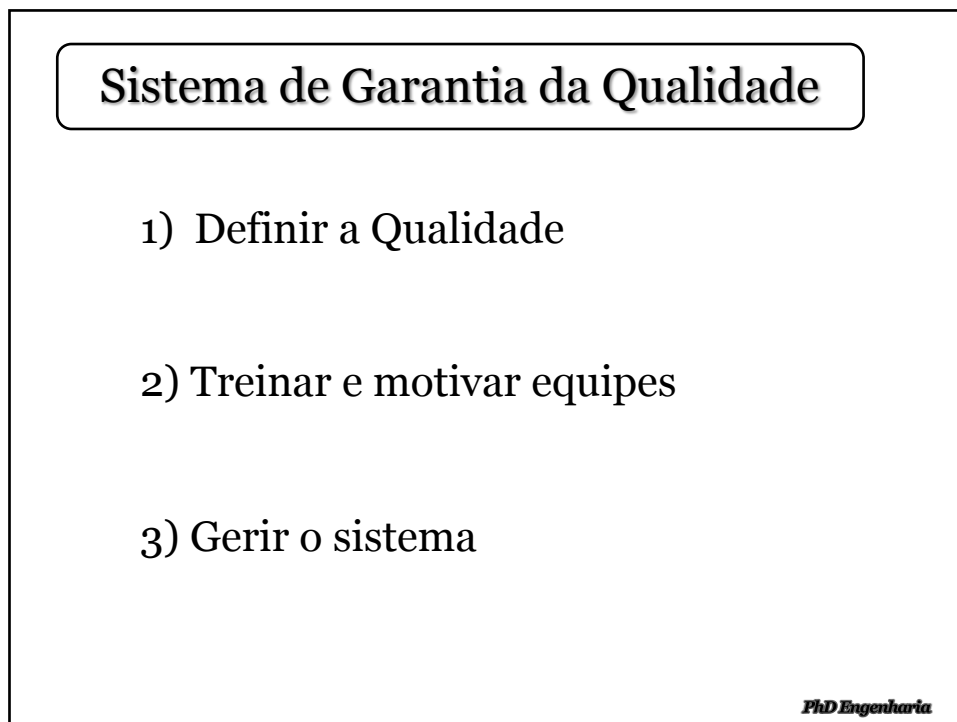
- **Planejamento:**
 - normas de desempenho
 - preservação ambiental
- **Projeto:**
 - normas de desempenho
 - normas prescritivas
- **Materiais e componentes:**
 - bem produzir
 - como receber
- **Execução:**
 - cumprir o especificado
- **Uso:**
 - utilização e manutenção

PhD Engenharia

22



23



24

PROGRAMA

- Concreto
- Formas
- Armaduras
- Laboratórios regionais
- Equipamentos

PhD Engenharia

25

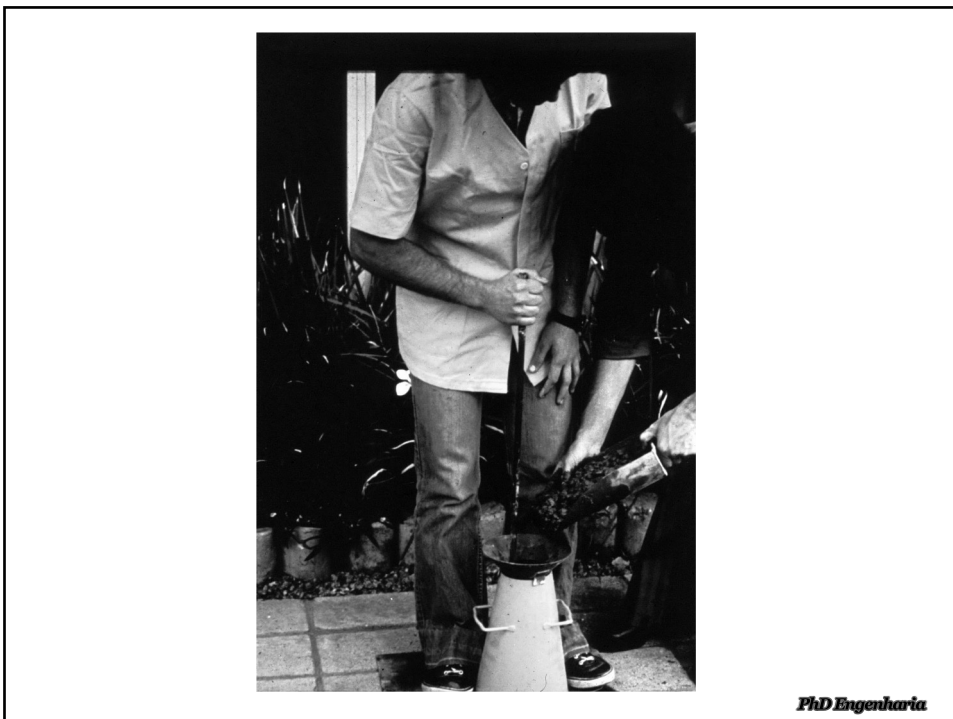


PhD Engenharia

26



27



28

Materiais e componentes de construção civil

Produção → Processo

Recebimento → Produto

PhD Engenharia

29

Metodologia de Controle

- 1) Definição da qualidade
- 2) Definição dos métodos de ensaio
- 3) Fatores que influem na qualidade
- 4) Priorização dos fatores
- 5) Definição do lote a analisar (produção)
ou a julgar (recebimento)

PhD Engenharia

30

Metodologia de Controle

- 6) Procedimento de retirada de exemplares
- 7) Forma de constituição da amostra
- 8) Frequência de constatação da qualidade
- 9) O estimador
- 10) O critério de aceitação e rejeição

PhD Engenharia

31

Controle de qualidade do produto

- Lote, exemplares, amostra, ensaios, critério de aceitação/rejeição

Garantia de qualidade do produto

- Seleção (comprador), treinamento, atestado, controle de recebimento, armazenamento, amostra penhor, ensaios expeditos, retroalimentação

PhD Engenharia

32

CONTROLE

Por atributos:

→ Passa / Não passa

Por Variáveis:

→ Probabilidade

PhD Engenharia

33

Controle por variáveis

Média/desvio padrão/variabilidade

Vale a distribuição de Gauss $\delta \leq 25\%$

$$\delta_{ef}^2 + \delta_e^2 = \delta_{produto}^2$$

PhD Engenharia

34

CONTROLE de PRODUÇÃO

Carta de valores individuais

- 6 consecutivos de um mesmo lado da média -> 98,44%
- Cj. de 6 consecutivos com 2 abaixo do limite -> 97%
- 2 consecutivos abaixo do limite -> 99,75%

PhD Engenharia

35

Carta de desvio padrão

Carta do coeficiente de variação

Carta do coeficiente de variação das operações de ensaio

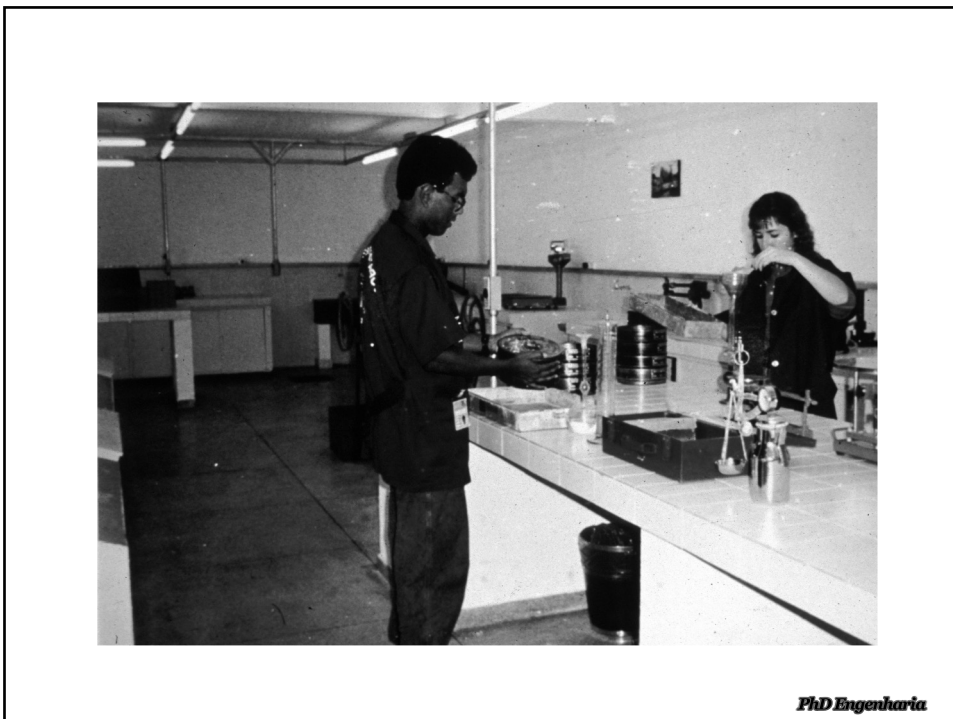
PhD Engenharia

36



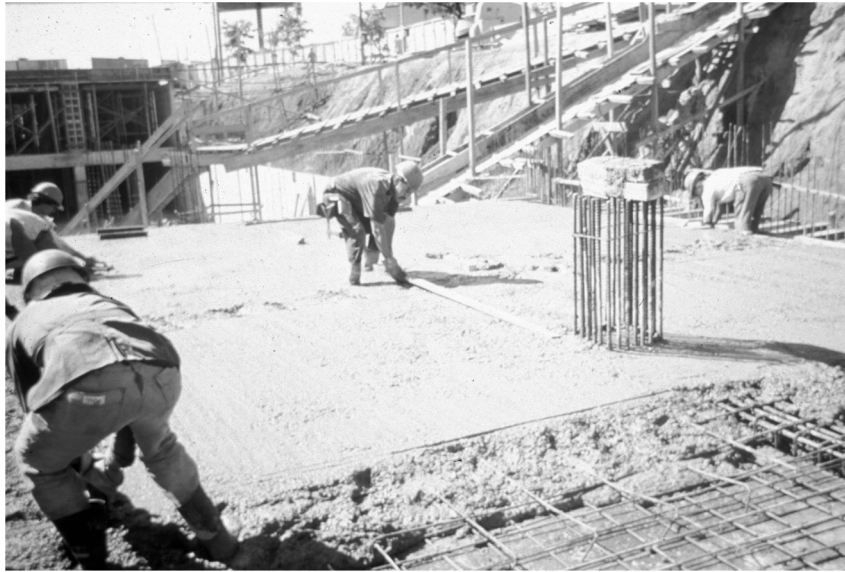
PhD Engenharia

37



PhD Engenharia

38



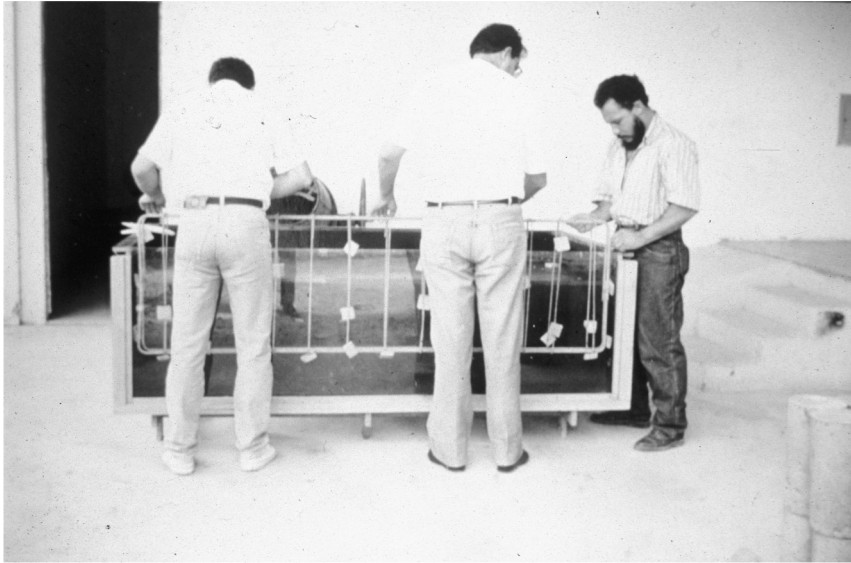
PhD Engenharia

39



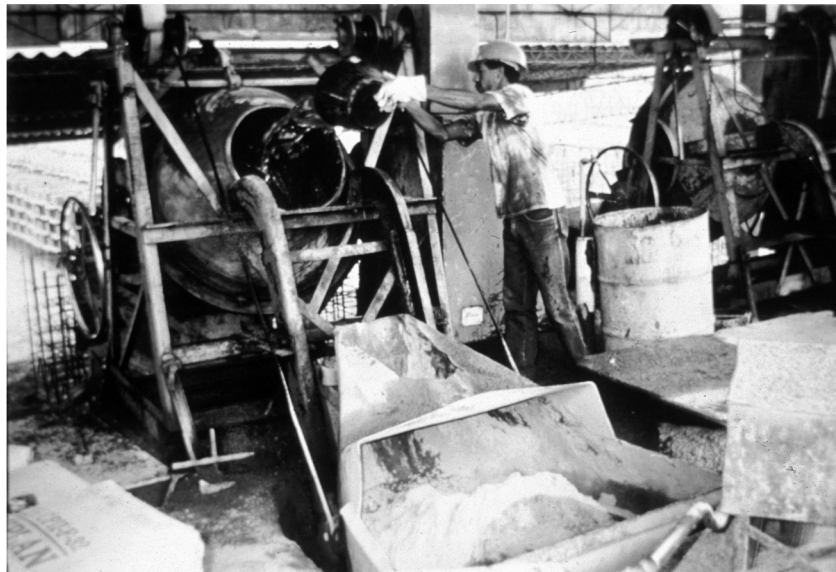
PhD Engenharia

40



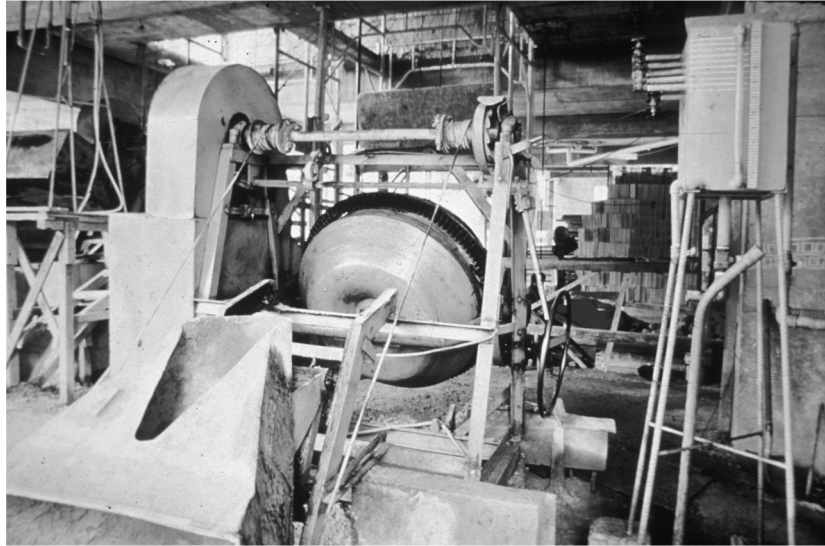
PhD Engenharia

41



PhD Engenharia

42



PhD Engenharia

43



PhD Engenharia

44



PhD Engenharia

45



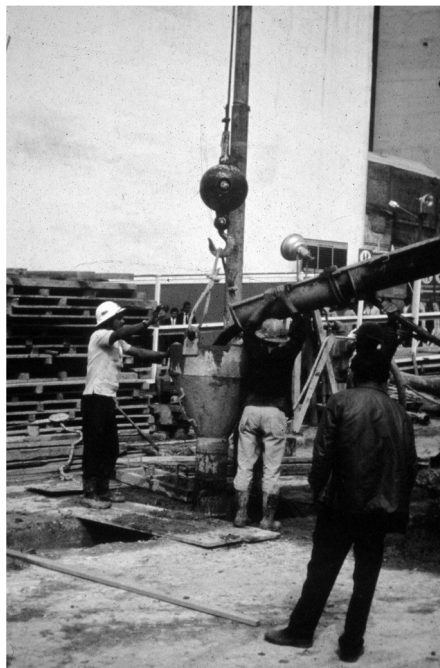
PhD Engenharia

46



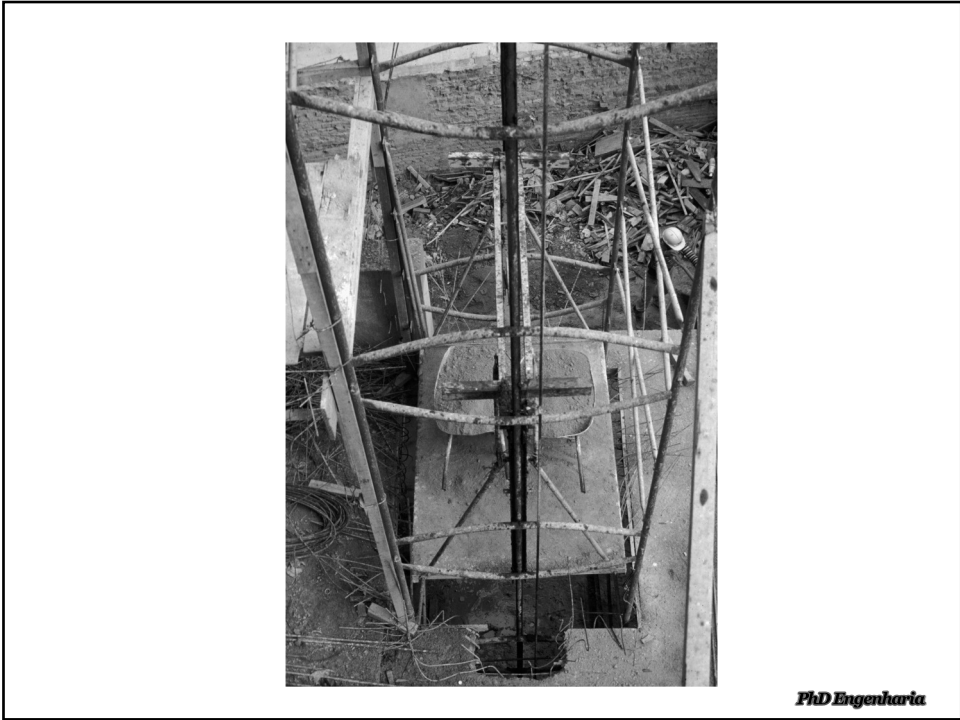
PhD Engenharia

47



PhD Engenharia

48



49



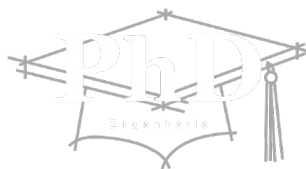
50



PhD Engenharia

51

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

52