



## **Projeto Indicadores de concreto – Experiência Canteiro Modelo** *Concrete Indicators Project - Construction Site Experience Model*

Michele T M Carvalho (1) Claudio Pereira (1); Dionyzio Klavdianos (2); Marcelo Reguffe (3); Gezeli Mello (4);

(1) *Prof (a). Doutor (a), Departamento de Engenharia Civil e Ambiental/UnB.*

(2) *Presidente COMAT, Sinduscon/DF.*

(3) *Representante das Concreteiras, COMAT, Sinduscon/DF.*

(4) *Coordenadora do Projeto Indicadores do Concreto*

*End.: SIA Trecho 3, Lote 225, Edifício Fibra, Térreo, CEP 71200-030, Brasília, DF*

### **Resumo**

Este trabalho visa descrever e analisar a experiência obtida na segunda etapa do Projeto Indicadores de Concreto, que foi desenvolvida em conjunto com o SINDUSCON-DF, UnB, Construtoras, Concreteiras e os Laboratórios de controle tecnológico do Distrito Federal, conhecida como Canteiro Modelo.

No decorrer da pesquisa da primeira etapa, a partir dos dados obtidos nos canteiros de obras e nas concreteiras, buscou-se evoluir e dar continuidade no conteúdo da pesquisa enveredando para encontrar as causas e soluções que refletia em baixos índices de produtividade e consumo de concreto.

Para tanto foi desenvolvido um padrão para execução de serviços que tivesse como objetivo a melhoria da qualidade e dos índices. Este padrão foi experimentado em uma amostra de cinco canteiros, que voluntariamente se candidataram como modelo.

Como forma de medir o sucesso da empreitada foi adotada dois indicadores principais a serem melhorados. Primeiro o de consumo de concreto, na média até então de 9,8 m<sup>3</sup>/h e o segundo o de atraso no início das concretagens, em torno de 50%. A nova meta traçada para os indicadores foi de consumo de concreto de 20 m<sup>3</sup>/h e pontualidade de 80%.

Os resultados desta iniciativa servirão para testar as premissas escolhidas, aprimorando e criando um modelo padrão que possa ser replicado para todo o mercado, buscando a melhoria da qualidade do serviço em geral; a racionalização do processo construtivo da concretagem com redução do impacto socioeconômico e ambiental provocado e como ferramenta de gestão para análise de resultados.

*Palavra-Chave: Concreto, Canteiro Modelo, Indicadores.*

### **Abstract**

This paper aims to describe and analyze the experience gained in the second stage of the Project Indicators Concrete, which was developed in conjunction with the DF-SINDUSCON, UNB, construction, concrete and laboratory control technology, known as Model Construction Site. During the first stage of research, from data obtained in the construction sites and concrete producers, we attempted to evolve and continue embarking on the content of the research to find causes and solutions that reflected in low productivity and consumption of concrete. For this purpose we developed a standard for implementation of services that had the objective of improving the quality and contents. This pattern was tested on a sample of five beds, which were applying voluntarily as a model.

As a way of measuring the success of the venture was adopted two main indicators to be improved. First, the consumption of concrete, on average 9.8 m<sup>3</sup>/h according to the delay of, around 50%. The new target set for the indicators was the consumption of concrete 20 m<sup>3</sup>/h and punctuality of 80%. The results of this initiative will test the assumptions chosen, improving and creating a standard that can be replicated for the entire market, seeking to improve the quality of service in general; streamlining the construction process of concrete with reduced socioeconomic and environmental impact provoked and as a management tool for analysis of results

*Keywords: Concrete, Construction Site Model, Indicators*

## 1 Introdução

A atividade de concretagem, que compreendem as etapas de lançamento, adensamento e cura do concreto, é a fase final de um processo da elaboração dos elementos de infraestrutura e superestrutura, e em geral a mais importante. Essa etapa, execução da concretagem, para uma construção residencial ou comercial, consome 30% do orçamento e abrange cerca de 50% do período da obra, e os erros cometidos nessa etapa, poderão acarretar grandes prejuízos futuros (KLAVDIANOS et al, 2010).

Há um grande envolvimento de mão de obra, sendo esta própria ou terceirizada para a sua realização, além da necessidade constante de treinamento e a utilização de diversos equipamentos, tudo isso visando aumentar a produtividade e redução de desperdícios.

Como pode ser analisada a atividade de concretagem gera impacto tanto no custo, no tempo e na qualidade das obras, justificando a necessidade de estudar e propor melhoria no processo construtivo, buscando a agregação de valores econômicos, além dos aspectos de racionalização.

Com isso buscou-se dar continuidade no “Projeto Indicadores do Concreto”<sup>1</sup> (PEREIRA et al, 2011), uma parceria dentre o SINDUSCON-DF, UnB, construtoras, concreteiras e os laboratórios de controle tecnológico, iniciado em 2009, com a primeira fase com uma amostra de mais de 20% do concreto utilizado na construção civil imobiliária do DF e que proporcionou a criação de uma série histórica legítima de indicadores logísticos e técnicos relativos ao processo construtivo da concretagem.

As principais conclusões da primeira fase foram: elevado atraso na chegada do concreto à obra e demora no envio dos caminhões subsequentes e baixo valor médio volume de concreto lançado

A partir da boa receptividade da primeira etapa criou-se o subprojeto denominado Canteiro Modelo com o qual se pretende detectar e analisar os fatores e as causas que levam a ocorrência dos índices obtidos no que se refere à produtividade e qualidade técnica da produtividade e com isto propor soluções de melhoria.

Como forma de medir o sucesso da empreitada foi adotada dois indicadores principais a serem melhorados. Primeiro o de consumo de concreto, na média até então de 9,8 m<sup>3</sup>/h e o segundo o de atraso no início das concretagens, em torno de 50%. A nova meta traçada para os indicadores foi de consumo de concreto de 20 m<sup>3</sup>/h e pontualidade de 80%.

A experiência Canteiro Modelo conta com a participação de cinco canteiros (escolhidos por iniciativa própria das empresas) que fornecem informações mais aprofundadas, por meio de um formulário próprio e específico.

---

<sup>1</sup> O Projeto Indicadores de Concreto iniciou em 2009 com um piloto experimental. A primeira etapa do projeto deu-se de julho de 2010 a junho de 2011. A segunda etapa iniciou em julho de 2011 até junho de 2012.

## 2 Metodologia de estudo

Este trabalho foi desenvolvido a partir dos estudos de casos de empreendimento residenciais e comerciais que utilizam estrutura de concreto armado com concreto usinado na região do Distrito Federal.

A escolha dos canteiros participante se deu de forma voluntária de cinco participantes da amostra de cerca 30 canteiros mensais que participaram da primeira etapa do Projeto Indicadores de Concreto.

Para o aprofundamento do estudo e para alcançar o objetivo foi desenvolvido um formulário próprio que engloba os seguintes aspectos: verificação de itens com para serem cumprimentos para os três agentes envolvidos na atividade (canteiro, concreteira e laboratório); informações sobre a concretagem, como por exemplo, programação, reprogramação, horário de início e término, volume, peças concretadas, problemas durante a concretagem, número de pessoas envolvidas na atividade, identificação se a equipe foi terceirizada, número de caminhões, dados do controle tecnológico.

Na Figura 1 é demonstrado o modelo do formulário em duas páginas.

INDICADORES DE CONCRETO		CANTEIRO	
<b>FORMULÁRIO DE PROGRAMAÇÃO/EXECUÇÃO DE CONCRETAGEM</b>			
Empresa: _____ Obra: _____ Eng. responsável: _____ Responsável pelo preenchimento: _____ Fone: _____ E-mail: _____ Concreteira: _____ Laboratório: _____ Mês: _____ Dia: _____			
<b>FVS - Ficha de Verificação de Serviços</b>			
<b>Cumprimento da responsabilidade do canteiro:</b>			
1	sendo o caso, a montagem da tubulação foi efetuada no dia anterior à concretagem?	( ) sim	( ) não
2	há um funcionário da obra designado e adequadamente instruído para executar as moldagens dos CPs?	( ) sim	( ) não
3	foi confirmada com a concreteira, no dia anterior à concretagem o tipo de peça a ser concretada e o volume?	( ) sim	( ) não
4	a peça a ser concretada foi liberada no expediente anterior à concretagem?	( ) sim	( ) não
5	O volume total de concretagem foi solicitado de uma só vez?	( ) sim	( ) não
6	Foi estabelecido com a concreteira horário de início e fim de concretagem, bem como a velocidade de consumo de concreto?	( ) sim	( ) não
7	Houve necessidade de redimensionamento da equipe de concretagem?	( ) sim	( ) não
<b>Cumprimento da responsabilidade da concreteira:</b>			
No dia anterior à concretagem:			
1	Montada tubulação vertical e no nível do piso da laje a ser concretada?	( ) sim	( ) não
2	O acesso à frente de concretagem estava liberado?	( ) sim	( ) não
No dia da concretagem:			
1	A bomba chegou no horário?	( ) sim	( ) não
2	O 1º caminhão betoneira chegou na obra no horário combinado?	( ) sim	( ) não
3	O nº de Cam. Betoneiras enviados pela concreteira foi conforme o acordado, de modo a atender a demanda sem deixar o canteiro espremido? (*)	( ) sim	( ) não
<b>Cumprimento da responsabilidade do laboratório:</b>			
1	Houve planejamento mensal das datas recebidas?	( ) sim	( ) não
2	foi confirmada a concretagem no dia anterior?	( ) sim	( ) não
3	foram disponibilizados os materiais e equipamentos necessários?	( ) sim	( ) não
4	sendo o caso, da obra utilizar o moinhador do laboratório, este técnico chegou no horário?	( ) sim	( ) não
(*) nº CB = consumo/hora X tempo médio do ciclo do CB			
1	Esta data de execução está conforme a programação?	( ) sim	( ) não
2	Esta concretagem é um agendamento de reprogramação?	( ) sim	( ) não
por responsabilidade da construtora: 1ª vez ( ) 2ª vez ( ) 3ª vez ( )			
motivo: _____			
por responsabilidade da concreteira: 1ª vez ( ) 2ª vez ( ) 3ª vez ( )			
motivo: _____			
3	Horário estabelecido pelo canteiro para início da concretagem: _____ h Horário efetivo do início da concretagem (momento em que o concreto começou a cair na peça): _____ h		
Se ocorreu atraso no início das concretagens, a quem coube a responsabilidade? canteiro ( ) concreteira ( ) laboratório ( ) outros ( ) _____			
Horário de término da concretagem: _____ h			
4	Volume utilizado na concretagem _____ m³ volume que foi programado com a concreteira _____ m³		
5	Peças executadas: ( ) Bloco/Cinta ( ) Fundação ( ) Cortina ( ) Pilar ( ) Laje/Viga ( ) Piso ( ) Reservatório/Placina Peças que estavam programadas: ( ) Bloco/Cinta ( ) Fundação ( ) Cortina ( ) Pilar ( ) Laje/Viga ( ) Piso ( ) Reservatório/Placina A peça executada é a mesma que foi programada? ( ) sim ( ) não		
6	Tipo de concreto que foi executado: ( ) convencional ( ) bombeado ( ) Gna ( ) outros		
7	houve problemas durante a concretagem? ( ) sim ( ) não o problema ocorreu: _____ ( ) sim ( ) não casos intermitente temporária da concretagem ( ) sim ( ) não casos cancelamento da concretagem ( ) sim ( ) não foi responsável pelo vencimento e perda do concreto ( ) sim ( ) não		
Listar abaixo o(s) tipo(s) de problema(s) ocorrido(s): ( ) falta de caminhão ( ) indisponibilidade de caminhões Betoneira (CB) ( ) falta de insumos ( ) falta de energia na central ( ) problemas internos ( ) caminhão quebrou ( ) caminhão se perdeu bomba: ( ) atraso ( ) mau funcionamento ( ) quebrou ( ) falta de acessórios para reposição ( ) manuseio quebrou ( ) entupimento ( ) acesso à obra prejudicado ( ) falta de energia na obra ( ) vibrador quebrou ( ) laboratório faltou ( ) não liberação da peça ( ) equipe de concretagem ( ) falta de água no canteiro ( ) chuvas ( ) outro descrição: _____			
8	número de pessoas da equipe de produção presentes nesta concretagem: _____ Equipe terceirizada? ( ) sim ( ) não		
9	Número de caminhões recebidos ( ) _____ Número de caminhões nos quais foi realizado SLUMP TEST ( ) _____ Número de caminhões devolvidos devido ao SLUMP acima do contratado ( ) _____ Número de caminhões em que houve abção de água ( ) _____		
10	Número de caminhões que tiveram CPs moldados ( ) _____ Data em que os CPs serão ensaiados até 28 dias ( ) _____		
11	Quantas séries, que ensaiadas aos 28 dias, apresentaram Fck inferior ao Fck de projeto? ( ) _____		
12	Considerando a pergunta anterior, houve necessidade de aferição do Fck por outro ensaio como extração, esclerometria ou outros (contraprova)? ( ) sim ( ) não Em quantas séries foram realizadas contraprovas? ( ) _____ Nas séries em que foram realizadas contraprovas, quantas tiveram a confirmação do Fck como inferior ao Fck de projeto? ( ) _____ Nas séries em que foram realizadas contraprovas, quantas NÃO tiveram a confirmação do Fck como inferior ao Fck de projeto? ( ) _____		

Figura 1 – Modelo do formulário preenchido pelos canteiros participantes

O período da pesquisa foi de setembro de 2011 a janeiro de 2012, e cada canteiro participante respondeu em média 35 formulários no decorrer do período da pesquisa.

Após o envio dos formulários respondidos, foi realizada a seguinte análise:

- 1- Identificação dos itens de responsabilidade de maior impacto;
- 2- Levantamento e análise as seguintes informações:
  - a. Data da concretagem;
  - b. Peça concretada;
  - c. Volume;
  - d. Cumprimentos dos itens considerados essenciais;
  - e. Pontualidade;
  - f. Hora de início e término;
  - g. Duração;
  - h. Consumo ( $m^3/h$ );
- 3- Quantificação para cada item essencial das respostas positivas e negativas a partir dos seguintes critérios:
  - a. Pontualidade: contagem dos eventos atrasados e contagem dos eventos pontuais;
  - b. Consumo (C): contagem dos eventos para cada intervalo:
    - i.  $C < 15 m^3/h$
    - ii.  $15 m^3/h < C < 20 m^3/h$
    - iii.  $C > 20 m^3/h$
- 4- Para finalizar a análise dos dados foram determinadas as médias aritméticas e ponderadas a partir do volume de concretagem de cada canteiro do consumo para verificar o cumprimento da meta de consumo estabelecida para este estudo;
- 5- Realização de uma reunião presencial com todos os envolvidos no estudo para avaliação, sugestões de melhorias, impactos e realimentação dos canteiros participantes para a continuação do projeto.

Esclarece, porém, que com a disponibilidade de dados informados e coletados, ainda, há vários fatores a serem analisados. Neste primeiro momento preferiu se concentrar nos principais dados que influenciam no cumprimento nas metas estabelecidas no início da pesquisa.

### 3 Apresentação e discussão dos resultados

Os resultados serão apresentados e discutidos conforme a descrição da metodologia proposta para este estudo.

#### 3.1 Identificação dos itens de responsabilidade de maior impacto.

Como critério para a identificação destes itens optou-se por utilizar os seis critérios utilizados no contrato de prestação de serviço com a COOPERCON-DF<sup>2</sup>, que visa à obtenção de serviços de melhor qualidade. A cooperativa ligada ao Sinduscon-DF que promove a contratação de serviços de concretagem vinculada a determinadas premissas a serem executadas por quem contrata o serviço e quem presta o serviço.

Foram selecionados quatro itens a serem cumpridos pelos canteiros de obras e dois itens a serem cumpridos pelas concreteiras, que são:

- Item 1 - Foi confirmado com a Concreteira, no dia anterior à concretagem, o tipo de peça a ser concretada e o volume? A peça a ser concretada foi deliberada no expediente anterior à concretagem? → Responsabilidade do canteiro
- Item 2 - O volume total de concretagem foi solicitado de uma só vez? → Responsabilidade do canteiro
- Item 3 - Foi estabelecido com a concreteira horário de início e fim de concretagem, bem como a velocidade de consumo de concreto? → Responsabilidade do canteiro
- Item 4 - A bomba chegou no horário? → Responsabilidade da concreteira
- Item 5 - O 1º caminhão betoneira chegou à obra no horário combinado? O n.º de caminhão betoneiras enviados pela concreteira foi conforme o acordado, de modo a atender a demandada sem deixar o canteiro esperado? → Responsabilidade da concreteira
- Item 6 - Esta concretagem é um agendamento de reprogramação? → Responsabilidade do canteiro

#### 3.2 Cumprimentos dos itens considerados essenciais;

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos cumprimentos dos itens essenciais dos cinco canteiros participantes.

<sup>2</sup> Participação de quatro construtoras e uma concreteira nos contratos onde preveem multas ou descontos para o atendimento aos critérios estabelecidos. Até o momento os resultados são animadores as construtoras conseguiram atingir o índice de 89% de sucesso, enquanto a concreteira conseguiu atingir a marca de 79% de sucesso. Ambos os lados, no entanto indicaram que houve maior racionalização com consequente melhora na execução dos serviços.

Tabela 1 – Cumprimentos dos itens essenciais

Respostas/ Percentual	Volume (m <sup>3</sup> )	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6
Respostas Positivas	13505	197	151	142	170	142	158
Percentual Positivo		100%	77%	72%	86%	72%	80%
Respostas Negativas		-	46	55	27	55	39
Percentual Negativo		0%	23%	28%	14%	28%	20%

Foram realizadas 197 concretagem no período analisado. O percentual de respostas positivas variou entre 70% a 100%. Os itens 2 e 5 foram os que mais obtiveram respostas negativas.

O item 2 é referente à informação do volume total de concretagem é um requisito que deve ter maior atenção das construtoras, pois conforme informado por elas, o que mais atrapalha a concretagem é a “rebarba”. A falta de atendimento deste item identifica a necessidade de maior planejamento e controle da execução da atividade. O planejamento refere-se o conhecimento real do volume a ser concretado e controle na execução propriamente dita evitando perdas e desperdícios e no controle do volume dos caminhões.

O item cinco é referente à chegada do caminhão da obra é um dos maiores gargalos da atividade, a causa principal apontada pelos participantes é a dificuldade de trânsito na região de Brasília-DF . Fato que as concreteiras e construtoras deverão prever em seus planejamentos os possíveis atrasos por conta do trânsito. O tempo gasto com o deslocamento deve ser incluído na programação de entrega e início da concretagem.

Ambos os itens requer um planejamento mais pró-ativo de todos os envolvidos. A partir do conhecimento das dificuldades de torna mais fácil o gerenciamento e a atuação em busca da maior qualidade e produtividade da atividade.

### 3.3 Análise da Pontualidade

Na Figura 2 são apresentados os dados sobre a pontualidade do serviço de concretagem.



Figura 2 – Pontualidade do serviço de concretagem.

O resultado encontrado justifica a necessidade de uma ação mais efetiva de ambas as partes. Uma solução encontrada é vincular este requisito ao contrato, por meio de multas e descontos a partir de uma percentagem pré-estabelecida no acordo. Esta atitude poderá gerar um planejamento mais efetivo, identificando as retrições para a realização da atividade além de soluções após a sua identificação.

Uma estratégia que deve ser utilizada pelas concreteiras e construtoras é a identificação da real das causas de atrasos, pois só assim é possível encontrar uma ação corretiva. Para tanto deve ser usada ferramentas da qualidade, como 5W2H, diagrama de pareto, espinha de peixe e outras. A partir, desta identificação, por meio de uma análise crítica, é possível traçar metas a serem cumpridas. Assim efetivamente é possível girar o ciclo PDCA e buscar a melhoria contínua nos processos.

### 3.4 Análise do consumo ( $m^3/h$ )

Com o atendimento aos itens de 1 a 6 apenas 12% das concretagens, realizadas no período, atingiram o consumo superior a  $20 m^3/h$ , as demais permaneceram com o consumo inferior a  $15 m^3/h$ .

A média aritmética do consumo ficou em torno de  $11,90 m^3/h$  e a média ponderada do consumo em função do volume de concreto foi  $15,90 m^3/h$ .

O atendimento dos requisitos dos itens estabelecidos, no início da pesquisa, não garantiu o aumento do consumo para  $20 m^3/h$ , conforme a meta definida. O valor encontrado do consumo permaneceu conforme a série histórica da primeira etapa do projeto. Com isso pode concluir que o valor do consumo estagnou-se e para conseguir um incremento neste

valor, há a necessidade de mudanças estruturais no processo, que pode gerar um aumento de custo, que pode depois de apropriado, pode gerar redução de prazos.

A mudança estrutural proposta seria a análise do processo de produção como fluxo, isto é, aplicação da *Lean construction*, idealizada inicialmente por Koskela (1992).

Para tanto, torna-se necessário o mapeamento da geração de valor, onde são identificados os fluxos de materiais e informações, tendo como objetivo a identificação e a eliminação das atividades que não agregam valor ao produto, isto é, por exemplo: desperdícios, tempo excessivo das operações, longas movimentações, retrabalhos e inspeções.

As atividades que agregam valor são as que convertem material e/ou informações naquilo que é requerido pelo cliente. As atividades que não agregam valor são as que consomem tempo, recurso ou espaço, porém não agregam valor para os clientes (KOSKELA, 1992).

Apesar deste princípio ser indispensável, é necessário entender que algumas das atividades, que não agregam valor do ponto de vista do cliente final, agregam valor para o cliente interno. Tais atividades não devem ser eliminadas indiscriminadamente sem considerar se outras atividades que não agregam valor possam surgir em outras partes do processo (KOSKELA, 1992).

Para identificar estas atividades que não agregam valor e devem ser eliminadas do processo de concretagem, torna-se necessário o gasto com este monitoramento e a proposição de alternativas para a sua retirada. As empresas que optarem por esta estratégia empresarial poderão ter uma redução de prazos a partir do aumento do consumo e obterem sucesso, com descrito por Heineck (2009).

Para validar este possível sucesso no processo de concretagem, torna necessário a adoção dos princípios do *Lean construction* em alguma construtora que esteja disposta a experimentar e adotar em seus canteiros.

### 3.5 Reunião presencial com os envolvidos

Foi realizada uma reunião presencial com todos os envolvidos para a apresentação dos resultados até o momento.

Como resultado desta reunião pode se identificar que mesmo não alcançando as metas estabelecidas:

- (1) há a necessidade de utilizar estes resultados uma ferramenta de gestão para cada construtora, de modo a identificar seus pontos fracos e fortes individualmente;
- (2) necessidade e vontade de continuar coletando e analisando os dados, pois os resultados referentes ao aprendizado foram positivos;
- (3) redução do tamanho do formulário e
- (4) estudar a possibilidade de desenvolver o formulário em um software para celular para facilitar o preenchimento.



#### 4. Considerações finais

Apesar da proposta inicial do estudo, que foi a partir do atendimento a diversos critérios pré-estabelecidos, seria possível aumentar o consumo de concreto para 20 m<sup>3</sup>/h e a pontualidade em 80%, porém nenhuma das metas propostas foram alcançadas.

Pode se concluir que as metas foram audaciosas sem que haja alterações estruturais no processo de concretagem. Envolvendo maiores custos com o planejamento, com a execução e com o controle e, também, alterações gerenciais a níveis contratuais que possam efetivamente alterar o pontualidade e conseqüentemente o consumo de concreto.

Resultados estes, que não tiram o mérito da pesquisa, por ser considerada inédita na região do estudo, além de fornecer dados confiáveis para uso como uma ferramenta de gestão para cada empresa que optar pelas mudanças sugeridas neste trabalho.

Conforme sugerido pelos participantes do trabalho é essencial à continuidade da pesquisa para que a partir destas primeiras conclusões, possam identificar, com mais propriedade, outras mudanças pontuais que gerem um incremento no consumo e na pontualidade.

Além da necessidade de continuar a analisar os demais dados coletados no formulário e correlacioná-los com as causas da estagnação do consumo em torno de 12 m<sup>3</sup>/h.

#### Referências

BRANCATELLI, Rodrigo. *Os arranha céus da metrópole, um século depois. O Estado de São Paulo*, São Paulo, 27Nov. 2011. Cidades, Metrópole, p09.

HEINECK et al., *Aplicação dos Conceitos de Lean Construction na Construção Civil*. Sinduscon CE e CBIC, 2009.

KLAVDIANOS, Dionyzio A.M; MOURA, Alonço ; REGUFFE, Marcelo M. Relatório de apresentação dos resultados do projeto piloto do "Projeto Indicadores do Concreto". Brasília, 2010. 31 p.

KOSKELA, L. *Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report, 72*. Stanford: Stanford University, Centre for Integrated Facility Engineering, 1992.

PEREIRA et al. Projeto indicadores do concreto, *In Anais 53º Congresso Brasileiro de Concreto*. Florianópolis, 2011.