

## CUSTOS DE RECUPERAÇÃO E PREVENÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA

**Gibson Rocha Meira (1); Ivo José Padaratz (2)**

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba, [gibson@netwaybbs.com.br](mailto:gibson@netwaybbs.com.br)

(2) Universidade Federal de Santa Catarina, [ivojp@ecv.ufsc.br](mailto:ivojp@ecv.ufsc.br)

### RESUMO

O estudo de manifestações patológicas tem sido objeto de um crescente número de pesquisas, demonstrando a importância do tema. Contudo, pouco se tem estudado os custos que envolvem esse ambiente. Este trabalho se desenvolve nesse âmbito e busca avaliar a relação entre os custos de recuperação em estruturas de concreto armado e os seus pressupostos custos de prevenção, discutindo, inclusive a sua forma de representação. Para realização dessa análise, tomou-se como referência um estudo de caso, que corresponde a uma obra de cerca de 1800 m<sup>2</sup>, onde foram levantadas todas as informações pertinentes aos custos de recuperação e prevenção da intervenção realizada. Com base nestes dados, fez-se uma comparação com alguns dados publicados a nível nacional e internacional. Os resultados mostram que os custos envolvidos nas atividades de recuperação vão além da intervenção em si, envolvendo custos referentes a atividades pré e pós recuperação que podem assumir percentuais bastante significativos. Por outro lado, há uma extensa variabilidade dos dados quando se compara o estudo de caso com os outros estudos, o que, dentre outros motivos, pode estar relacionado com a metodologia empregada em cada estudo ou, inclusive, com as características específicas de cada intervenção. Contudo, este aspecto dá indicativos da necessidade de uma base comum de comparação que conduza a um comportamento mais uniforme. Os custos de prevenção, seguindo outros estudos, além de representarem a melhor alternativa, apresentaram percentuais relativos aos custos de reposição da estrutura da ordem de 12 %.

**Palavras-chave:** Custos, recuperação, manutenção, estruturas de concreto armado

### 1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, a preocupação com a durabilidade das construções ficou relegada a um segundo plano. Atualmente, percebe-se um crescente número de pesquisas voltadas ao estudo do tema e, em especial, sob o foco das manifestações patológicas, o que demonstra a importância do tema no cenário da construção civil.

As pesquisas, em sua maioria, têm se preocupado com os aspectos técnicos relacionados com o desenvolvimento e/ou correção destas manifestações. Análises sobre os custos que envolvem esse ambiente têm sido conduzidas de forma tímida, havendo, portanto, muito a ser explorado.

Este trabalho se desenvolve nesse âmbito e busca analisar os custos de recuperação de manifestações patológicas frente aos custos de prevenção, através de um estudo de caso. As informações referentes ao estudo de caso foram obtidas quando da realização dos serviços de recuperação, possibilitando a obtenção de dados sobre custos junto à empresa responsável. Estes dados envolveram não só os custos específicos da recuperação em si, mas, também, das atividades que a antecederam (pré-recuperação) e a sucederam (pós-recuperação).

Os dados obtidos nessa fase, juntamente com as informações de projeto e estimativas feitas a partir do mesmo, que serviram de base para a mensuração dos custos de prevenção, possibilitaram a realização das análises aqui apresentadas.

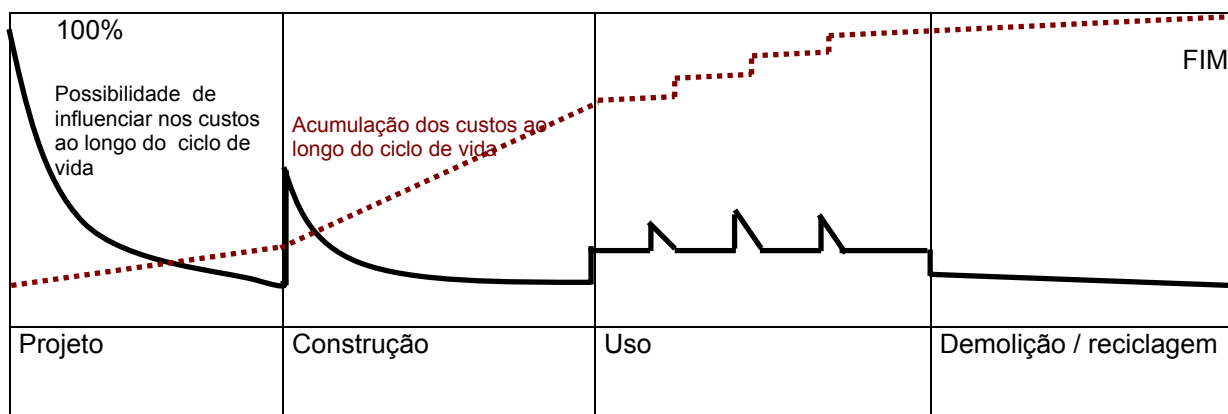
## 2. MANUTENÇÃO E PREVENÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

As etapas iniciais do ciclo da construção (projeto, execução, fabricação de materiais e componentes) concentram a maior parte dos esforços técnicos empreendidos nas construções. No entanto, a etapa de uso e manutenção, sendo aquela que demanda mais tempo, representa um importante instrumento de análise no ciclo de vida das construções e, em especial, dos custos a ela inerentes.

FREEMAN(1993), reconhecendo que existem poucos dados sobre custos de recuperação e, considerando apenas os custos de recuperação provenientes de defeitos nas edificações, estima que os mesmos representam de 2% a 5% dos custos de construção, podendo esta faixa ser ampliada para 5% a 10% se forem somadas as falhas de controle no processo de construção.

SEELEY(1987), com uma visão mais integrada do processo de construção e focalizando-se na manutenção, sugere que, ao se projetar uma obra, se faça uma avaliação do montante a ser gasto nas atividades de manutenção durante a vida útil da obra. Dessa forma, ao se adicionar esses custos aos custos iniciais de construção tem-se uma combinação de todos os custos da edificação, facilitando o julgamento necessário.

Concordando com a visão de Seeley, PULAKKA(1999) destaca que a etapa de projeto, como a etapa que mais influencia os custos ao longo do ciclo de vida<sup>1</sup> da edificação, deve ter nas várias fases do seu desenvolvimento uma análise dos custos que ultrapasse os custos de investimento e estime os custos ao longo do seu ciclo de vida, de forma que o centro dessa análise possa ser a seleção da solução mais apropriada e econômica dentre uma série de alternativas.



**Figura 1 - Custos ao longo do ciclo de vida (Adaptado de PULAKKA, 1999).**

Focalizando-se no tema da manutenção de estruturas em concreto armado, o CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation) realizou, em 1994, um estudo sobre os custos de reparação de estruturas em concreto, destacando a importância da tomada de decisões frente a um procedimento de reparo tendo em conta os custos ao longo do ciclo de vida (life-cycle-costing) e concluindo que nem sempre a opção com menos custo inicial representa a opção mais econômica ao longo do tempo.

No Brasil, dispõe-se de poucas publicações que apresentem dados sobre custos relativos a manutenção e recuperação de construções, especialmente numa visão que envolva o ciclo de vida das edificações.

Em estudo realizado por ARANHA(1994) sobre manifestações patológicas em 97 obras na região Norte, o autor apresenta dados sobre custos de recuperação em diversos tipos de construções, conforme expõe o quadro 1.

<sup>1</sup> Ciclo de vida corresponde às etapas pelas quais passa uma edificação desde a sua concepção até a sua demolição ou reestruturação. Diferencia-se um pouco de vida útil total, já que não pré-supõe um colapso.

De modo semelhante, ANDRADE(1999) realizou estudo similar em estruturas de concreto armado de 146 obras atacadas por diversos fenômenos de degradação no estado de Pernambuco, apresentando os resultados constantes no quadro 2.

**Quadro 1 - Custo / m<sup>2</sup> das intervenções de recuperação realizadas na região Norte**

<b>Tipo de obra</b>	<b>Custo de recuperação total (US\$)</b>	<b>Área total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Custo / m<sup>2</sup> (US\$/m<sup>2</sup>)</b>
Residenciais	111.139,16	2.581,80	43,04
Comerciais / serviços	129.384,08	7.313,00	17,69
Industriais	22.620,93	742,45	30,46
Institucionais	1.025.366,01	18.128,52	56,56
Pontes/ viadutos / trapiches	2.659.689,24	36.819,59	72,23
Praças esportivas	2.471.834,63	62.205,60	39,73
<b>Total</b>	<b>6.420.034,05</b>	<b>127.790,96</b>	<b>50,24</b>

(Fonte: ARANHA, 1994).

**Quadro 2 - Custo / m<sup>2</sup> das intervenções de recuperação realizadas em Pernambuco**

<b>Tipo de obra</b>	<b>Custo de recuperação Total (US\$)</b>	<b>Área total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Custo / m<sup>2</sup> (US\$/m<sup>2</sup>)</b>
Residenciais	988.145,54	11.161,81	88,53
Comerciais / serviços	344.064,72	10.607,92	32,43
Industriais	807.379,65	3.702,62	218,06
Institucionais	674.954,75	30.421,57	22,19
<b>Total</b>	<b>2.814.544,66</b>	<b>55.904,54</b>	<b>50,35</b>

(Fonte: ANDRADE, 1999)

Pode-se observar uma grande variabilidade entre os dados apresentados pelos dois estudos. Todavia, vários fatores podem ter originado esta diferença de comportamento, tais como a natureza das manifestações, procedimentos de intervenção, metodologia empregada na coleta de dados, etc.

Um aspecto que pode contribuir para explicar o alto custo de recuperação (em comparação com os dados apresentados por ARANHA,1994) das obras residenciais, comerciais / serviços e industriais apresentadas por ANDRADE (1999) é o grau de deterioração das obras pesquisadas, como o próprio autor reconhece, em relação às obras industriais. Por outro lado, a variável custo/m<sup>2</sup> deve ser vista como uma referência que tem limites, já que não distingue aspectos mais específicos, como é o caso da densidade de elementos estruturais (por exemplo, mais pilares podem demandar mais custos de recuperação).

Essa variabilidade pode ser ampliada, ainda mais, ao se introduzir dados de outros países, onde suas características específicas conduzem a resultados mais distintos daqueles praticados no Brasil, conforme pode ser visto no quadro 3.

**Quadro 3 - Custos típicos de reparação e proteção do concreto no Canadá**

<b>Procedimento</b>	<b>Custos</b>
Limpeza superficial	US\$ 0,50 - 2,00 / m <sup>2</sup>
Reparos com produtos à base de cimento e profundidades de 25 a 75 mm	US\$ 130,00 - 180,00 / m <sup>2</sup>
Reparos com concreto modificado com látex (profundidade de 25 mm)	US\$ 130,00 / m <sup>2</sup>
Colmatação de fissuras	US\$ 15,00 - 20,00 / m
Injeção de fissuras com epóxi	US\$ 75,00 / m
Aplicação de selantes superficiais	US\$ 8,00 / m <sup>2</sup>
Impermeabilização de pavimentos	US\$ 16,00 - 27,00 / m <sup>2</sup>
Proteção catódica	US\$ 40,00 - 50,00 / m <sup>2</sup>
Reposição de componentes (vigas e lajes)	US\$ 250,00 - 450,00 / m <sup>2</sup>

Fonte: CMHC (1994)

Neste trabalho, através do estudo de caso apresentado, procura-se desenvolver uma análise sobre os custos de recuperação de uma forma mais específica, estabelecendo-se, inclusive, uma comparação com os custos de prevenção, ou seja, aqueles que, incorridos na etapa de concepção do produto, levariam a uma maior durabilidade da edificação frente à agressividade do meio.

Um estudo realizado por GERWICK(1994) identifica o acréscimo percentual dos custos de medidas preventivas em relação ao fenômeno da corrosão de armaduras. Esse trabalho se baseou em medidas

adotadas em pontes, estruturas marinhas e plantas industriais e comparou o acréscimo resultante das medidas preventivas com os custos iniciais das construções.

**Quadro 4 - Medidas de proteção com seus custos em relação aos custos iniciais das obras**

Item	Medidas adotadas	%
1	Adoção de baixas relações a/c através do uso de aditivos superplastificantes	2,0
2	Incorporação de cinza volante como substituição de parte do cimento	0,0
3	Aplicação de um cimento adequado em quantidade apropriada	1,0
4	Uso de agregados impermeáveis e não reativos	2,0
5	Adição de microssilica	3,0
6	Aumento do cobrimento em 1,5 cm	4,0
7	Pré-resfriamento em uma mistura de concreto	3,0
8	Tratamento de fôrmas	10,0
9	Uso de selantes	2,0
10	Emprego de camadas de proteção externa	20
11	Misturas com inibidor de corrosão do tipo nitrato de cálcio	8,0
12	Revestimento epóxi da armadura	8,0
13	Armadura galvanizada	8,0
14	Armadura inoxidável	100
15	Proteção catódica	30
16	Adição de armadura para minimizar a abertura de fissuras	15-30
17	Utilização de armadura inoxidável ou uma malha impregnada com epóxi no cobrimento do concreto, incluindo o concreto adicional necessário para conter a malha	40
18	Utilização de camadas de proteção, como as membranas e concretos modificados com látex	15-20
19	Uso de cobrimento composto por fibra de vidro	40-60

(Fonte: GERWICK, 1994).

### 3. ESTUDO DE CASO

#### 3.1. Descrição geral

O caso estudado corresponde a uma construção residencial em quatro pavimentos (pilotis + 3 pavimentos elevados), com 1.781,30 m<sup>2</sup> de área construída, executada em estrutura de concreto armado e com vedações em alvenaria de blocos cerâmicos, situada a cerca de 1 Km da orla marítima.

Os resultados da inspeção indicaram a corrosão de armaduras como o principal fator de deterioração do edifício, facilitada pela presença de um concreto poroso e de baixos cobrimentos, aliados à agressividade do meio.



Baixos cobrimentos  
(em alguns casos < 1,0 cm)

**Figura 2 - Corrosão e baixos cobrimentos da armadura.**

#### 3.2. Serviços de recuperação

Os serviços envolveram a recuperação de 42 pilares do pilotis que já apresentavam fissuras visíveis, 11 pilares nos demais pavimentos que também se apresentavam da mesma forma e vigas do contorno da edificação que passavam por processo de corrosão avançado.

A recuperação dos pilares envolveu a recomposição de suas seções, ampliando-se em 2 cm as suas dimensões originais. Essa recomposição foi feita com graute, precedida pela limpeza das armaduras existentes, recomposição das armaduras, quando necessário, e aplicação de uma proteção anti-corrosiva nas armaduras atacadas. No caso das vigas, o procedimento foi semelhante ao dos pilares, recompondo-se a seção original, mas sem a necessidade de recomposição das armaduras.



**Figura 3 - Execução de reparos.**

As atividades desenvolvidas nessa intervenção apresentaram a seguinte distribuição de custos.

**Quadro 5 - Distribuição percentual de custos da obra de recuperação estudada**

Natureza das atividades	%
Atividades pré-recuperação (instalações provisórias, legalização, remoção de forros, remoção de revestimentos, etc.)	5,14
Atividades de recuperação	58,55
Atividades pós-recuperação (recomposição de forros, revestimentos, repintura, limpeza, etc.)	36,31
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>

### 3.3. Análise dos custos

De acordo com os dados apresentados, pode-se observar que os serviços de recuperação envolvem atividades pré e pós-recuperação, que podem representar quantias relevantes, como é o caso da obra estudada, onde, embora os serviços pré-recuperação não revelem valores expressivos, os serviços pós-recuperação representam 36,31% do total da obra.

Esse indicador demonstra que os serviços de recuperação vão além da correção da falha em si e o entorno do problema pode assumir proporções significativas. Dessa forma, esse é um aspecto que deve ser ponderado não só na recuperação propriamente dita, mas também na análise da implantação de ações preventivas.

Outra análise que pode ser feita é a correlação com a área construída da obra. Neste caso, os serviços em análise correspondem a US\$ 7,10/m<sup>2</sup>. Se comparado com os valores apresentados por ANDRADE(1999) e ARANHA(1994), o valor obtido está bem abaixo daqueles apresentados pelos autores citados para obras residenciais. Por outro lado, um aspecto que pode ser ponderado é o número de pavimentos das obras recuperadas, já que à medida em que esse número cresce, uma parcela maior da estrutura fica protegida e há uma tendência em se reduzir esse custo /m<sup>2</sup>.

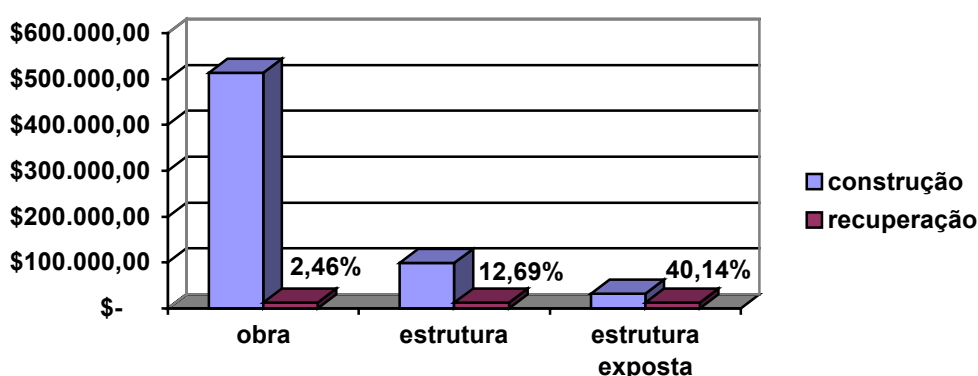
Cabe salientar, também, que esses dados apresentam uma grande variabilidade, o que pode estar relacionado com a própria concepção estrutural de cada projeto. Uma análise a ser feita seria a comparação entre o custo de recuperação e o custo da estrutura, objetivando aproximar as bases de análise. Neste caso, a densidade de elementos estruturais adotada no projeto estaria sendo ponderada.

No caso da obra estudada, os serviços de recuperação representam 12,69% do custo da estrutura. Se considerada apenas a parcela não protegida da estrutura, já que os serviços de recuperação se detiveram a essa parcela, este percentual sobe para 40,14%. Percentuais bastante significativos, principalmente se considerado que eles representam apenas uma intervenção. Assim, ao longo da vida útil da edificação, podem ser realizadas várias intervenções, elevando esses percentuais para valores ainda mais significativos.

Comparando-se o custo da intervenção com o custo de construção, tem-se um percentual de 2,46%, o que, em princípio, estaria dentro da faixa de 2% à 5% proposta por FREEMAN(1993). No entanto, esse percentual representa a contribuição de apenas uma intervenção. Considerando-se uma vida útil de 50 anos e a possibilidade de mais intervenções nesse período, haja vista a precocidade com que esta ocorreu (12 anos) e a sua especificidade, muito provavelmente ter-se-á um percentual relativo à recuperação bem acima do limite de 5%.

**Quadro 6 - Resumo das informações sobre custos**

Custo construção	Área construída	Custo estrutura	Volume estrutura	Custo recuperação
US\$ 513.421,68	1781,30 m <sup>2</sup>	US\$ 99.524,72	258,78 m <sup>3</sup>	US\$ 12.634,81
Custo / m <sup>2</sup> (construção)		Custo estrutura protegida	Custo estrutura exposta	Custo / m <sup>2</sup> (recuperação)
US\$ 288,23 / m <sup>2</sup>		US\$ 68.050,94	US\$ 31.473,78	US\$ 7,10



**Figura 4 - Relação entre recuperação e componentes da construção**

No âmbito da análise aqui apresentada, é necessário questionar a necessidade das intervenções realizadas, ou seja, até que ponto poderiam ter sido adotadas ações precedentes com o objetivo de “evitar” os serviços de recuperação. Nesse sentido, além de ações relativas ao controle de execução (garantia de execução de acordo com o projeto), seriam necessárias definições de projeto que contribuíssem para uma maior vida útil da estrutura.

No que se refere ao projeto, poderiam ter sido adotadas opções por um fck maior (25 MPa, por exemplo) e um cobrimento mínimo de 3,0 cm, que, segundo HELENE (1999), em uma estrutura atacada principalmente pela carbonatação, podem levar a uma vida útil de 50 anos<sup>2</sup>.

Essa opção representa um acréscimo no custo da estrutura da ordem de 11,52% (sem considerar a possível redução de armadura e/ou do volume de concreto em função do aumento do fck, o que pode ser bastante significativo). Esse percentual tem mesma ordem de grandeza dos serviços de recuperação. No entanto, os procedimentos adotados podem conduzir a uma vida útil muito superior. Essa diferença tem uma perspectiva de crescimento à medida em que, dentro do período de vida útil previsto, a condição inicial da estrutura conduza a outras intervenções da mesma natureza. Por outro lado, esse percentual pode ser visto como coerente com os percentuais apresentados por GERWICK (1994).

**Quadro 7 - Custos de prevenção**

Ações Preventivas	Custo (US\$)	% sobre o custo da estrutura
Aumento do cobrimento dos pilares e vigas	6.984,19	7,02%
Aumento do fck do concreto para 25 MPa	4.473,37	4,50%
<b>TOTAL</b>	<b>11.457,56</b>	<b>11,52%</b>

<sup>2</sup> Desde que tenha um adensamento e uma cura perfeitos.

Entendendo o custo decorrente do aumento do fck e do cobrimento da armadura como um custo de prevenção, o mesmo representa US\$ 6,43 / m<sup>2</sup> e um percentual de 2,23% do custo de construção. Um valor abaixo daqueles obtidos no caso estudado e bem abaixo dos demais casos apresentados neste trabalho.

Cabe observar que as comparações feitas entre custos de recuperação e custos de prevenção tiveram, neste último, uma base de comparação ideal, com condições de adensamento e cura perfeitas, o que dificilmente se obtém no processo executivo. Contudo, os valores apresentados representam um cenário até certo ponto conservador quando não considera as economias decorrentes do aumento do fck.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de custos obtidos no estudo de caso, revelam que a magnitude de recursos envolvidos nas atividades de recuperação é significativa, principalmente se observada no âmbito de uma única intervenção que pode se repetir ao longo do ciclo de vida da edificação, bem como se comparada com os custos de prevenção. Neste último caso, os resultados ajustam-se bem às observações de DE ANGELIS (1997), que defende que ainda que se tenha um aumento  $\Delta_1$  de custos na fase de projeto, gerando um incremento de custos  $\Delta_2$  na construção, normalmente são custos inferiores ao incremento  $\Delta_3$ , decorrente de intervenções futuras para recuperação de falhas.

No contexto dos serviços de recuperação, há dois outros aspectos que merecem destaque. O primeiro deles é a grande variabilidade de valores entre o estudo de caso e os estudos de ARANHA(1994) e ANDRADE (1999), o que pode ser um indicador de que a base de comparação empregada não é adequada. Nesse sentido, pode-se, neste caso, pensar em relacionar os custos de recuperação com o volume da estrutura. O segundo se refere aos custos das atividades pós-recuperação, que assumem valores representativos e que, se somados a outros custos decorrentes da intervenção, como por exemplo a remoção de moradores, podem assumir valores que superam a recuperação em si.

Embora focalizando-se em um tipo de manutenção (manutenção corretiva) e avaliando uma única intervenção, este estudo revela a importância da fase de uso da edificação e dos procedimentos de manutenção a ela relacionados sem, contudo, se distanciar de uma visão integrada do ciclo da construção, onde a prevenção de manifestações patológicas é um aspecto que se insere em um contexto maior que é a garantia da qualidade e perpassa cada uma das fases desse ciclo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Jairo J. de Oliveira. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco**, Porto Alegre, 1997. 148 p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ANDRADE, Jairo J. de Oliveira. Interrelação entre qualidade, durabilidade e custos na construção civil. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 5., 1999, Punta Del Este. **Anais...** Punta Del Este:UM, 1999. p.1853 – 1861.

ARANHA, Paulo M. da Silva. **Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica**, Porto Alegre, 1994. 144 p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Canadian Mortgage and Housing Corporation (CMHC). **Cost-effective concrete repair**. Ottawa: CMHC, 1994. 94 p.

DE ANGELIS, Enrico; POLTI, Silvia; TISO, Ângelo. El control del proyecto como instrumento para la prevención de las patologías de la construcción. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 4., 1997, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre:UFRGS, 1997. p.309 – 316.

FREEMAN, I. L., et. al. **Building pathology: a state-of-the-art report**. Netherlands: CIB 86, 1993. 93 p.

GERWICK, B.C. The economic aspects of durability – how much added expense can be justified ? In: P.K. MEHTA SYMPOSIUM ON DURABILITY OF CONCRETE, 1994, Nice. **Proceedings...** Nice: ACI, 1994. p. 3-19.

HELENE, Paulo, R. do Lago. Vida útil das estruturas de concreto. In: HIGH PERFORMANCE CONCRETE: Performance and quality of concrete structures, 2., 1999, Gramado. **Anais...** Gramado: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, American Concrete Institute, 1999. (Keynote paper)

PULLAKA, S. Life-cycle cost design methods and tools. In: DURABILITY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS, 8., 1999, Ottawa. **Anais ...** Ottawa: NRC Research Press, 1999. p. 2710 – 2715.

SEELEY, Ivor H. **Building Maintenance**. 2 ed. London: Macmillan, 1987. 452 p.