

# ANÁLISE DA PARTICIPAÇÃO DE CRITÉRIOS RELACIONADOS À PRODUÇÃO E QUALIDADE DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO EM CERTIFICAÇÕES DE SUSTENTABILIDADE PARA EDIFICAÇÕES

Hugo Sefrian Peinado (UEM) hspeinado@gmail.com

José Luiz Miotto (UEM) hspeinado@gmail.com

Romel Dias Vanderlei (UEM) hspeinado@gmail.com

**Resumo:** No contexto de discussão dos conceitos de sustentabilidade e durabilidade de edificações, principalmente em função da obrigatoriedade dos critérios de desempenho estabelecidos pela ABNT NBR 15575:2013, destaca-se a temática dos sistemas de avaliação de edifícios como mecanismos de avaliação do desempenho ambiental destas edificações. No entanto, mesmo tratando da durabilidade da edificação, observa-se que critérios que envolvem a avaliação da produção e qualidade de estruturas em concreto armado têm participação limitada dentre os critérios das certificações de sustentabilidade para edificações. Deste modo, objetiva-se, neste trabalho, identificar a participação de aspectos relacionados à produção e à qualidade de estruturas em concreto armado de edificações nos critérios de avaliação mínimos de duas certificações de sustentabilidade brasileiras: selo Casa Azul CAIXA na classificação “Bronze” e Processo AQUA na classificação “Bom”. Para tanto, procedeu-se ao levantamento dos critérios de cada certificação, identificação dos critérios relacionados à temática em estudo, classificação destes critérios e análise quanto à obrigatoriedade dos critérios destas certificações que versam sobre a produção e qualidade de estruturas em concreto para obtenção dos níveis mínimos de certificação. Assim, verifica-se que, mesmo a produção da estrutura de concreto caracterizando-se como um item de participação significativa no custo de execução de uma edificação e, ainda, que este custo impacta, inclusive, nas análises dos critérios das certificações, as certificações de sustentabilidade para edificações analisadas não estabelecem esta etapa como significativa entre os critérios de avaliação.

**Palavras-chave:** Certificação de sustentabilidade para edificações. Produção e qualidade de estruturas em concreto armado. Selo Casa Azul CAIXA. Processo AQUA.

## ANALYSIS OF PARTICIPATION CRITERIA RELATED TO PRODUCTION AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES IN SUSTAINABLE BUILDINGS CERTIFICATION

**Abstract:** In the context of discussion of the buildings sustainability and durability concepts, mainly due to the requirement of performance criteria established by the ABNT NBR 15575: 2013, it is highlighted the buildings assessment issues as mechanisms for assessing the environmental performance of these buildings. However, even in the case of the building durability, it is observed that the evaluation criteria involving the production and quality of reinforced concrete structures have limited participation among the criteria of sustainability certifications for buildings. Thus, the objective of this study was to identify the participation of aspects related to the production and quality of reinforced concrete structures in buildings in the minimum criteria for evaluation of two Brazilian sustainability certifications: “Casa Azul” in classification “Bronze” and “AQUA” classification process in “Good”. For that, it was proceeded to the survey of each certification criteria, identification of criteria related to the topic under study, classification and analysis of these criteria as the compulsory criteria of these certifications that address the production and quality of concrete structures to achieve the minimum certification levels. Thus, it appears that even the production of the concrete structure is characterized as an item of significant participation in the cost of building execution and also that this cost impacts, including the analysis of the certifications criteria, buildings sustainability certifications analyzed not establish this as a significant step among the evaluation criteria.

**Keywords:** Sustainability certification for buildings. Production and quality of structures in reinforced concrete. Casa Azul. AQUA.

### 1. INTRODUÇÃO

Já na década de 60, conforme reportam Agopyan e John (2011), começou-se a identificar evidências de que o modelo de desenvolvimento vigente não estava adequado ao conceito

atualmente conhecido como “desenvolvimento sustentável”. Na década de 1970, a crise energética desencadeada pelo embargo do petróleo da Opep motivou o desenvolvimento de alternativas para economia de energia de edifícios em países desenvolvidos, o que resultou na avaliação de materiais pelo conceito de energia incorporada (SILVA, 2003; AGOPYAN, JOHN, 2011).

Portanto, observa-se que, segundo relata a bibliografia, a partir da década de 1960, algumas iniciativas no contexto da busca pelo “desenvolvimento sustentável”, o qual viria a ser conceituado na década de 1980, começaram a discutir a exploração desordenada do ambiente pelo homem, focalizando o desenvolvimento econômico e o crescimento da preocupação global quanto aos objetivos do desenvolvimento e limitações ambientais. A partir desse período, as discussões foram voltadas ao desenvolvimento de diversas iniciativas direcionadas à avaliação e maximização da eficiência energética de edifícios, o que culminou no surgimento e na difusão dos conceitos de projeto ecológico (*green design*) na década de 1990 (SILVA, 2003; AGOPYAN, JOHN, 2011).

Assim, de acordo com Silva (2003), pesquisas estimuladas por agências governamentais, instituições de pesquisa e pelo setor privado de diversos países, as quais objetivavam a redução dos impactos negativos de edifícios ao meio ambiente, passaram a receber, cada vez mais, investimentos, dando enfoque em estratégias para minimização do uso de recursos não-renováveis, economia de energia e redução na geração de resíduos de construção.

Importa enfatizar que, conforme destacam Agopyan e John (2011), mesmo a construção civil sendo uma atividade historicamente considerada como “suja” em função de consumir muitos recursos naturais, gerar grandes quantidades de resíduos, provocar transtornos como poeira e ruídos, além de, segundo Silva (2003), representar a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente, esta foi considerada uma indústria com problemas de sustentabilidade apenas após meados da década de 1990.

Deste modo, é plausível constatar que o setor de construção tem significativa importância no atendimento de metas de desenvolvimento sustentável uma vez que, conforme destaca Silva (2003), edifícios e obras civis modificam a natureza, função e aspecto de áreas urbanas e rurais, além de empregar direta e indiretamente cerca de 15 milhões de trabalhadores. Ainda, segundo a autora, enquanto alguns destes efeitos são passageiros – ruídos e poeira –, outros são mais persistentes e até mesmo permanentes – CO<sub>2</sub> liberado na atmosfera devido à produção de materiais e uso de equipamentos. Na concepção da autora, estes impactos negativos não podem ser reduzidos na mesma proporção dos avanços tecnológicos experimentados pelo setor (SILVA, 2003).

Neste contexto, surge a importância de sistemas de avaliação de edifícios, os quais foram criados a partir da década de 1990, quando vários países desenvolveram mecanismos para a avaliação do desempenho ambiental de edificações (SILVA, 2003; AGOPYAN, JOHN, 2011).

## 1.2. OBJETIVO

Constitui-se como objetivo do presente trabalho a identificação da participação de aspectos relacionados à produção e à qualidade de estruturas em concreto armado de edificações nos critérios de avaliação mínimos de duas certificações de sustentabilidade brasileiras: selo Casa Azul CAIXA na classificação “Bronze” e Processo AQUA na classificação “Bom”.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

Para que se possa proceder à avaliação proposta, faz-se necessário conhecer os conceitos relacionados à durabilidade e vida útil de edificações.

### **2.1. Sustentabilidade e durabilidade em estruturas de concreto armado**

Conforme destacam John, Sjöström e Agopyan (2002) e Mendes (2002), a durabilidade desempenha uma importante função na obtenção de uma construção sustentável, uma vez que há um aumento da vida útil de um conjunto de componentes, o que culmina, dentre outros aspectos, na redução do consumo de materiais e na diminuição da quantidade de resíduos de construção e demolição gerados em função destas atividades.

No contexto da produção de estruturas em concreto armado, Aïtcin (2000) destaca que a expressão “durabilidade do concreto” caracteriza-se pela resistência deste material ao ataque de agentes físicos e químicos. Aïtcin (2000) e Neville e Brooks (2010) ainda enfatizam que os aspectos que impactam na durabilidade do concreto não estão apenas ligados ao controle de permeabilidade do material (baixa relação água/aglomerante conforme destacam as normas brasileiras e internacionais), mas também ao detalhamento construtivo apresentado no projeto e também aos cuidados no processo executivo, principalmente nas etapas de lançamento e cura do concreto.

Neste contexto de entrosamento dos conceitos de sustentabilidade e durabilidade de estruturas em concreto armado, importa avaliar qual a participação de itens relacionados direta/parcialmente com a produção de estruturas em concreto armado nas certificações de sustentabilidade para edificações aplicadas no país, uma vez que, conforme enfatiza Aïtcin (2000), são diversos os itens que implicam na durabilidade da estrutura e, portanto, em sua vida útil.

### **2.2. Vida útil da edificação e as implicações da ABNT NBR 15575:2013**

Segundo a ABNT NBR 15575-1:2013, a vida útil de uma edificação caracteriza-se com o período em que esta e/ou seus sistemas encontram-se em condição para realização das atividades para as quais foram projetados e construídos, atendendo aos níveis de desempenho especificados por esta mesma norma, considerando que haverá a correta execução (no que se refere à periodicidade e qualidade) dos processos de manutenção especificados no Manual de uso, operação e manutenção, conforme estabelecem as normas ABNT NBR 14037:2011 e ABNT NBR 5674:2012. De forma sintetizada, a ABNT NBR 15575-1:2013 define vida útil como uma medida temporal de durabilidade de uma edificação ou de suas partes e, ainda, destaca que os aspectos que implicam na vida útil da edificação compreendem não apenas a vida útil de projeto, como também as características dos materiais e da qualidade da construção em suas diversas etapas.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a elaboração do presente estudo, procederam-se às seguintes etapas metodológicas:

- Levantamento dos custos de produção da estrutura em edificações brasileiras segundo a bibliografia corrente;
- Identificação da quantidade de critérios que compõem todas as categorias avaliadas em duas certificações de sustentabilidade para edificações: selo Casa Azul CAIXA e Processo AQUA;

- Levantamento dos critérios em cada certificação que estão relacionados à produção/qualidade de estruturas em concreto armado;
- Classificação dos critérios relacionados à produção/qualidade de estruturas em concreto armado em: **Diretamente Relacionados (D)**, quando o critério impacta diretamente na produção ou na qualidade da estrutura e; **Parcialmente Relacionados (P)**, quando o critério impacta não apenas a produção de estruturas, como também outros itens da edificação ou impacta indiretamente a produção/qualidade da estrutura;
- Análise dos critérios das certificações de sustentabilidade para edificações que estão relacionados diretamente/parcialmente à produção/qualidade de estruturas em concreto quanto à obrigatoriedade destes nos níveis mínimos das certificações em estudo (classificação “Bronze” no selo Casa Azul CAIXA e classificação “Bom” no Processo AQUA).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Custos da produção de estruturas em concreto armado e relação com a sustentabilidade

A produção de estruturas em concreto armado compreende diversas atividades (envolvendo uma série de materiais e mão de obra), quais sejam: execução de fôrmas e escoramento, montagem e colocação de armaduras, nivelamento (lajes e vigas) e verificação de prumos (pilares) de fôrmas antes da concretagem, lançamento, adensamento e cura do concreto e desforma. Na Tabela 1, sintetiza-se a participação percentual da produção da estrutura em concreto armado de edificações no custo global da obra, sendo este levantamento pautado em obras brasileiras.

Tabela 1 – Participação da produção da estrutura em concreto armado no custo global das edificações.

Tipologia da Edificação	Descrição geral	Cidade	Mês de referência dos custos	Participação da estrutura na composição de custos	Edição do Guia da Construção (PINI)
Residencial médio padrão sem elevador	4 pavimentos; 1.056 m <sup>2</sup>	Belo Horizonte (MG)	Abr/2013	14,40%	n.144
Residencial de alto padrão	10 pavimentos; 7.918 m <sup>2</sup>	Pernambuco	Nov/2012	17,60%	n. 139
Residencial de médio alto padrão	8 pavimentos; 2.205 m <sup>2</sup>	Distrito Federal	Out/2012	13,00%	n. 138
Residencial de médio padrão sem elevador	5 pavimentos; 1.125 m <sup>2</sup>	São Paulo	Set/2012	14,50%	n. 137

Tabela 1 – Participação da produção da estrutura em concreto armado no custo global das edificações (continuação).

Tipologia da Edificação	Descrição geral	Cidade	Mês de referência dos custos	Participação da estrutura na composição de custos	Edição do Guia da Construção (PINI)
Residencial de médio padrão sem elevador	4 pavimentos; 826 m <sup>2</sup>	São Paulo	Julho/2012	12,48%	n. 135
Residencial de médio padrão	6 pavimentos; 2.800 m <sup>2</sup>	São Paulo	Mai/2012	18,30%	n. 133
Residencial de Médio-Alto padrão	10 pavimentos; 2.310 m <sup>2</sup>	Porto Alegre (RS)	Mai/2011	14,44%	n. 131

Fonte: Guia da Construção (PINI).

Dos valores percentuais destacados na Tabela 1, observa-se que o custo da produção da estrutura em concreto armado das edificações analisadas apresentou média de 15,0% em relação aos custos de construção, sendo que o máximo chegou a 18,3%. Estes percentuais de participação da estrutura nos custos da edificação se aproximam daqueles destacados por Mascaró (2010), quais sejam: 18,0% para edifícios residenciais de médio padrão com elevador e 17,45% para edifícios residenciais de padrão simples sem elevador.

No contexto das certificações de sustentabilidade, os custos dos elementos que compõem a edificação apresentam impacto direto nos critérios de avaliação destas certificações. No Processo AQUA, conforme apresenta a Fundação Vanzolini (2013), no item de avaliação referente à escolha de produtos, sistemas e processos construtivos que garantam a durabilidade da construção, uma das exigências estabelece que no mínimo 50% da quantidade dos produtos, em custo global, de cada uma das famílias (estrutura, fachada, coberturas, esquadrias, instalações prediais e revestimentos internos) estejam em conformidade com o Programa Setorial da Qualidade (PSQ) correspondente, sendo este um item obrigatório para todos os níveis da certificação (Bom, Superior e Excelente). Na exigência subsequente, é estabelecido o mesmo critério, no entanto, instituindo que 80% da quantidade de produtos, em custo global, se adeque à especificação (exigência obrigatória para os níveis de certificação Superior e Excelente).

Com base nos detalhes evidenciados, é possível enfatizar que a estrutura possui grande participação nos custos de construção de uma edificação e, por conseguinte, grande importância em alguns critérios adotados para certificações de sustentabilidade para edificações.

#### 4.2 Critérios das certificações de sustentabilidade Casa Azul CAIXA e AQUA a respeito da produção de estruturas em concreto armado

Para a avaliação dos critérios que compõem cada certificação, conforme metodologia proposta, inicialmente procedeu-se ao levantamento destes critérios consultando-se John e Prado (2010) para o selo Casa Azul CAIXA (Tabela 2) e Fundação Vanzolini (2013) para o

Processo AQUA (Tabela 3), sendo a classificação dada por **D** (diretamente relacionados à produção da estrutura) e **P** (parcialmente relacionados).

Tabela 2 – Critérios de avaliação do selo Casa Azul CAIXA e dados de participação da produção de estruturas em concreto armado nos critérios da certificação.

CATEGORIAS	Total de critérios	Classificação		Classificação “Bronze”	D		P	
		D	P		D	P		
Qualidade Urbana	5	-	-	2	-	-	-	-
Projeto e Conforto	11	-	-	5	-	-	-	-
Eficiência Energética	8	-	-	3	-	-	-	-
Conservação de Recursos Materiais	10	3	3	3	1	1	1	1
Gestão da Água	8	-	-	3	-	-	-	-
Práticas Sociais	11	-	-	3	-	-	-	-
<b>Soma total</b>	<b>53</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Participação em relação ao total de itens (%)</b>		5,66%	5,66%		5,26%	5,26%		

Fonte: John e Prado (2010).

Os três critérios do selo Casa Azul CAIXA considerados “Diretamente Relacionados” são: (1) Fôrmas e escoras reutilizáveis, (2) Concreto com dosagem otimizada (com emprego do índice de intensidade de cimento ( $I_c$ ) elaborado por Damineli et al. (2010) o qual avalia o consumo de cimento por  $m^3$  de concreto para adquirir-se 1 MPa de resistência) e (3) Utilização de Cimentos CPIII ou CPIV. Dentre os itens especificados, apenas o emprego de fôrmas e escoras reutilizáveis (1) é obrigatório para que a edificação se enquadre no nível de certificação “Bronze” do selo Casa Azul CAIXA.

Os três critérios do selo Casa Azul CAIXA considerados “Parcialmente Relacionados” são: (1) Coordenação Modular, (2) Emprego de qualidade de materiais e componentes e (3) Uso de madeira plantada ou certificada, dos quais, apenas o critério (2) é obrigatório para obter a certificação “Bronze”.

Conforme se observa nos dados constantes na Tabela 2, na categoria referente à conservação de recursos materiais, os critérios diretamente ou parcialmente relacionados à estrutura em concreto armado correspondem a 60% (resultante da soma das parcelas D e P) dos critérios totais desta categoria, sendo que, para obter a classificação “Bronze”, dos critérios obrigatórios que a edificação deverá contemplar nesta categoria, 66,66% estão relacionados à estrutura em concreto armado.

No entanto, em termos percentuais, analisando-se os critérios que tratam sobre a temática de estruturas em concreto armado em relação a todos os critérios propostos na certificação, verifica-se que os critérios relacionados diretamente ou parcialmente à estrutura em concreto armado correspondem a 11,32% dos critérios totais da certificação, sendo que, para obter a classificação “Bronze”, dos critérios obrigatórios a serem contemplados, 10,52% estão relacionados com o tema em estudo.

Tabela 3 – Critérios de avaliação do Processo AQUA e dados de participação da produção de estruturas em concreto armado nos critérios da certificação.

Categorias de Preocupação	Total de critérios	Nível				
		D	P	“Bom”	D	P
Relação do edifício com o seu entorno	53	-	-	21	-	-
Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos	40	2	11	15	1	4
Canteiro de obras com baixo impacto ambiental	40	-	-	15	-	-
Gestão da energia	73	-	-	15	-	-
Gestão da água	38	-	-	14	-	-
Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício	25	-	-	9	-	-
Manutenção - Permanência do desempenho ambiental	17	-	-	7	-	-
Conforto higrotérmico	13	-	-	6	-	-
Conforto acústico	51	-	-	17	-	-
Conforto visual	29	-	-	10	-	-
Conforto olfativo	17	-	-	11	-	-
Qualidade sanitária dos ambientes	12	-	-	6	-	-
Qualidade sanitária do ar	28	-	-	16	-	-
Qualidade sanitária da água	17	-	-	14	-	-
<b>Soma Total</b>	<b>453</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>176</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
Participação em relação ao total de itens (%)		0,44%	2,43%		0,57%	2,27%

Fonte: Fundação Vanzolini (2013).

Os dois critérios do Processo AQUA considerados “Diretamente Relacionados” são: (1) Emprego de cimento CPIII ou CPIV em peças de concreto moldadas no local, desde que haja viabilidade técnica e econômica e (2) Utilização de CPIII ou CPIV em concretos usinados e peças pré-moldadas, de acordo com a disponibilidade deste cimento no mercado local da obra. De ambos os critérios, apenas o (1) é obrigatório para se adquirir a certificação “Bom” do Processo AQUA.

Os onze critérios do Processo AQUA considerados “Parcialmente Relacionados” versam sobre: (1) Escolha de produtos, sistemas e processos construtivos que garantam a durabilidade da construção (2 critérios, sendo 1 obrigatório para o nível “Bronze” do Processo AQUA), (2) Escolha de produtos, sistemas e processos construtivos a fim de limitar os impactos socioambientais do empreendimento e de sua construção (4 critérios, sendo 2 obrigatórios), (3) Escolhas construtivas adaptadas à vida útil desejada da construção (2 critérios, nenhum obrigatório), (4) Escolha de fabricantes de produtos que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva (2 critérios, sendo 1 obrigatório) e (5) Flexibilidade da unidade habitacional após a entrega (1 critério, nenhum obrigatório).

Já no que se refere ao Processo AQUA, como se observa nos dados constantes na Tabela 3, na categoria referente à escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos, os critérios diretamente ou parcialmente relacionados à estrutura em concreto

armado correspondem a 32,5% dos critérios totais desta categoria (resultante do somatório de D e P), sendo que, para obter a classificação “Bom”, dos critérios obrigatórios que a edificação deverá contemplar nesta categoria, 33,32% estão relacionados à estrutura em concreto armado.

Ainda, analisando-se os critérios que tratam sobre estrutura em concreto armado em relação a todos os critérios propostos nesta certificação, verifica-se que os critérios relacionados diretamente ou parcialmente à estrutura em concreto armado correspondem a 2,87% dos critérios totais da certificação, sendo que, para obter a classificação “Bom”, dos critérios obrigatórios a serem observados, 2,84% estão relacionados à temática em estudo.

Com base nos dados observados nas Tabelas 2 e 3 e nas discussões subsequentes, observa-se que alguns aspectos relacionados à durabilidade de estruturas e à qualidade da produção, apresentados nas certificações, estão relacionados com a utilização de cimentos CPIII e CPIV, os quais resultam em menor nível de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, em função do emprego de maiores teores de resíduos (adições) e menores teores de clínquer no cimento, o que acaba por diminuir o calor de hidratação do cimento. No entanto, outros aspectos diretamente relacionados à durabilidade das edificações – destacados por Aïtcin (2000) e Neville e Brooks (2010), tais como: aspectos relacionados ao material empregado e às condições ambientais a que o concreto estará exposto durante a vida útil da edificação (identificação do meio agressivo, tipo de cimento em função do ambiente agressivo), outros detalhamentos construtivo (especificações em projeto dos aspectos que se deve cuidar na produção da estrutura, tais como: consumo mínimo de cimento/m<sup>3</sup> de concreto, relação água/aglomerante máxima, resistência à compressão mínima em função da aplicação do concreto e cobrimento da armadura) e procedimentos de execução (lançamento, cura e processo de desforma) não constam entre os critérios de avaliação das duas certificações analisadas (nível “Bronze” para o selo Casa Azul CAIXA e “Bom” para o Processo AQUA).

## **5. CONCLUSÕES**

Assim, com base nas análises destacadas, verifica-se que, mesmo a produção da estrutura em concreto armado caracterizando-se como um item de participação significativa no custo de execução de uma edificação e, ainda, que esse custo impacta, inclusive, nas análises dos critérios das certificações, as certificações de sustentabilidade para edificações analisadas não estabelecem esta etapa como significativa entre os critérios de avaliação, o que pode culminar no não aprimoramento dos procedimentos e cuidados ao se produzir a estrutura em concreto armado em função da falta de exigências por parte das certificações analisadas.

Desta forma, incentiva-se a elaboração de estudos que venham a aprimorar os critérios de avaliação destas certificações ou a criação de novas certificações de sustentabilidade que observem, dentre os critérios, a produção, qualidade e durabilidade da estrutura em concreto armado, uma vez que estes aspectos estão diretamente relacionadas à vida útil da edificação.

## **REFERÊNCIAS**

AGOPYAN, V; JOHN, V.M. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. v.5. São Paulo: Blucher, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5674**: Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

AÏTCIN, Pierre-Claude. **Concreto de alto desempenho**. Tradução: Geraldo G. Serra. 1. ed. São Paulo: PINI, 2000.

DAMINELI, B.L.; KEMEID, F.M.; AGUIAR, P.S.; JOHN, V.M. Measuring the eco-efficiency of cement use. **Cemente & Concrete Composites**, v.32, p. 555-562, 2010.

JOHN, V.M.; SJÖSTRÖM, C.; AGOPYAN, V. Durability in the built environment and sustainability in developing countries. In: International Conference on Durability of Building Materials and Components, 9., 2002, Brisbane – 9<sup>th</sup> DBMC. **Proceedings...** Melbourne: CSIRO, 2002. p.1-7

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Referencial Técnico para certificação** – edifícios habitacionais 2013 – versão 2. Disponível em: <<http://www.vanzolini.org.br>>. Acesso em: 03 jul. 2013.

JOHN, V.M.; PRADO, R.T.A. **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

MASCARÓ, J.L. **O custo das decisões arquitetônicas**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010.

MENDES, S.E.D.S. **Estudo experimental de concreto de alto desempenho utilizando agregados graúdos disponíveis na região metropolitana de Curitiba**. 2002. 163p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. **Concrete Technology**. 2.ed. London: Longman Scientific & Technical, 2010.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003. 210p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.