



DURABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DAS ESTRUTURAS: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

Bruno Henrique Cardoso¹ (brunohcardoso91@gmail.com), Camila Copello Canazaro¹ (camilacanazaro@gmail.com), Maurício Mancio¹ (mancio@unisinis.br)

1 UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

RESUMO

No início deste trabalho está apresentado um panorama geral da importância que os resíduos sólidos possuem no setor da construção civil, onde demonstra-se uma estimativa do aumento populacional e das consequências que este aumento pode trazer para o meio ambiente. A pesquisa refere-se à relação entre a durabilidade dos materiais e a sustentabilidade do empreendimento e para a realização desta pesquisa, foram analisados os impactos que os materiais geram no meio ambiente e a importância do cimento neste ciclo, como principal material da construção na região. Os sistemas de certificações são responsáveis por inúmeras pesquisas na área e são apresentados como um meio didático de se aplicar suas metodologias no empreendimento.

Palavras-chave: durabilidade, sustentabilidade, construção.

DURABILITY AND SUSTAINABILITY OF STRUCTURES: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

ABSTRACT

An overview of the importance of solid waste in the construction sector is presented at the beginning of this article. It shows an estimate of the population increase and consequences that this increase may bring to the environment. The research refers to the relation between the materials' durability and the project's sustainability and to conduct such research, the effects that the materials cause in the environment were analysed, as well as the importance of the cement in this cycle, due to being the main material of construction in the region. Certification systems are responsible for extensive research in the area and presented as a didactic means to apply its methodologies in the enterprise.

Keywords: durability, sustainability, construction.

1. INTRODUÇÃO

Edwards (2005) salienta que a construção civil possui um papel importante na geração de resíduos sólidos, estima-se que cerca de 50% dos recursos naturais são extraídos para o setor da construção civil. Grande parte são provenientes de recursos não renováveis. Além do amplo uso de energia durante a fase de extração, incluímos grande gasto energético nas fases de transporte dos materiais até o destino final.

Edwards (2005) estima que cerca de 50% da produção de energia é consumido pelas cidades e estas são responsáveis por cerca de 75% da produção de CO₂. Contudo, a sociedade se desenvolveu em ambientes edificados, utilizando das construções para fins habitacionais e de sobrevivência: utilizamos de estradas, passeios e vias para transporte e deslocamento. A sociedade atual depende da construção civil para sua sobrevivência e conforto, porém nossos recursos naturais são limitados o que torna os profissionais da área da construção responsáveis por parcela desta mudança.

Segundo o Relatório "Perspectivas da Urbanização Mundial", do ano de 2014 elaborado pela ONU, 54% da população mundial vive em áreas urbanas. Estamos nos transformando em um planeta urbano. Ainda de acordo com a ONU, a população mundial irá passar de 7,3 bilhões no ano de



2015 para 11,2 bilhões no ano de 2100. Em muitos centros urbanos, a população ainda vive em condições precárias de infraestrutura básica urbana, destruindo mananciais e urbanizando áreas de risco. No Brasil, cerca de 80% da população vive em áreas urbanas. O crescente processo de urbanização aquece o mercado da construção civil, porém eleva o consumo de materiais, consumindo mais energia e produzindo crescente volume de resíduos. A consequência deste modelo de ocupação está interferindo diretamente no clima e no meio ambiente, sendo objeto de análise e estudo em diversos setores. Estamos vivendo uma época com inúmeros desastres ambientais e devemos atentar para a magnitude das consequências que nossas ações podem nos retornar em breve.

Conforme a clássica definição da ONU, no relatório de Brundtland de 1987, desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas necessidades e aspirações.

Edwards (2005) define que de um modo geral a sustentabilidade possui três vertentes principais: ambiental, social e econômica. Estas impulsionam as mudanças na visão da arquitetura e da engenharia civil. Edwards (2005) salienta que na década de 1990 deu-se início a introdução do conceito de arquitetura ecológica nos projetos. Arquitetos como Richard Rogers e Norman Foster utilizaram de seus projetos como mostruários de conceitos ecológicos e incentivaram jovens estudantes a seguirem pesquisas sobre o tema. A indústria da construção civil foi obrigada a absorver as mudanças impostas pelo conceito de desenvolvimento sustentável.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a importância de pesquisas relacionadas na área de durabilidade e sustentabilidade das estruturas. Também visa demonstrar impactos ambientais causados na área da construção civil e o campo de estudo que ainda pode ser abordado profundamente. Visa exemplificar os selos ambientais que estão sendo inseridos no país, com intuito de difundir esta prática didática na construção civil.

3. METODOLOGIA

O método proposto para realização deste trabalho foi dividido em três etapas:

- Pesquisas de referências em dissertações de mestrados e teses de doutorados. Também se utilizou pesquisa em banco de dados como portal de periódicos da CAPES e outros sites de grandes renomes como Science Direct, Scielo, Google Academic e ReserchGate. Foram utilizados os Guias de Referência do selo LEED e Referencial GBC Brasil Casa como método de estudo de práticas eficientes à construção civil.
- Segmentação em tópicos pelos itens que seriam abordados no estudo: Materiais e Resíduos, Cimento e Certificações.
- Discussão sobre a Durabilidade e a Sustentabilidade na Construção Civil através dos dados coletados e pesquisados nos itens anteriores.

4. RESULTADOS

4.1 Materiais e resíduos

O Guia sustentabilidade na arquitetura: diretrizes de escopo para projetistas e contratantes (AsBEA, 2005) expõe que os materiais construtivos geram um grande impacto no meio ambiente e este impacto afeta tanto a biodiversidade quanto a saúde das pessoas. O profissional deve iniciar a escolha dos materiais levando em consideração desde a fase de projeto, a seleção de insumos e componentes construtivos que garantam o conforto térmico da edificação e a redução dos impactos no meio ambiente durante todo seu ciclo de vida. É importante também que a vida útil da edificação deva ser considerada. O projeto sustentável deve considerar o desempenho técnico dos materiais utilizados, sua vida útil e condições a que eles serão submetidos, utilização de recursos naturais renováveis, redução da geração de resíduos através de estruturas modulares e pré-fabricadas, uso de recursos locais, preferência por materiais e mão de obra regionais. Os materiais devem possuir



baixo teor de compostos voláteis, garantindo a qualidade da saúde dos envolvidos na obra e ocupantes. Sendo assim o profissional deve atentar às normas de desempenho vigentes e buscar informações claras e técnicas dos materiais a especificar, pois o mercado está criando uma demanda por informações qualificadas quanto as normas de desempenho.

A construção resulta em grandes volumes de perdas de materiais e uma maior geração de resíduo e com a expansão da construção civil, a destinação desses resíduos tornou-se um problema ambiental expressivo. Por exemplo, no Brasil cerca de 9,7% dos Resíduos da Construção Civil (RCC's) são destinados a aterros especiais. Já os aterros sanitários são o destino de cerca 17% dos RCC's (IBGE, 2000), sendo assim conclui-se que grande parte deste são dispostos indevidamente no país.

Os empreendimentos atuais devem ter domínio sobre o processo de geração, manipulação e destinação final dos resíduos da construção, poupando os aterros da destinação final. A Resolução CONAMA 307 (2002) define as diretrizes para classificação dos resíduos totais da obra. O projeto sustentável deve ter escopo de reduzir o volume de resíduos gerados, identificar e qualificar os agentes de mercado que atuam no recebimento destes, possibilitando a destinação a locais ambientalmente preferíveis.

Apesar da tendência à redução destes resíduos devido as ações atuais de reciclagem, os profissionais da construção têm papel influente nesta redução tomando decisões desde a fase de projeto, planejamento da obra, projeto integrado, planos de geração de resíduos da construção civil e instruções aos usuários da edificação para pós ocupação. O profissional possui papel fundamental na redução do volume de resíduos sólidos dispostos em aterros (rejeitos), deve estimular a reutilização em forma bruta ou mesmo de reciclado, utilizando na própria obra ou no ambiente urbano.

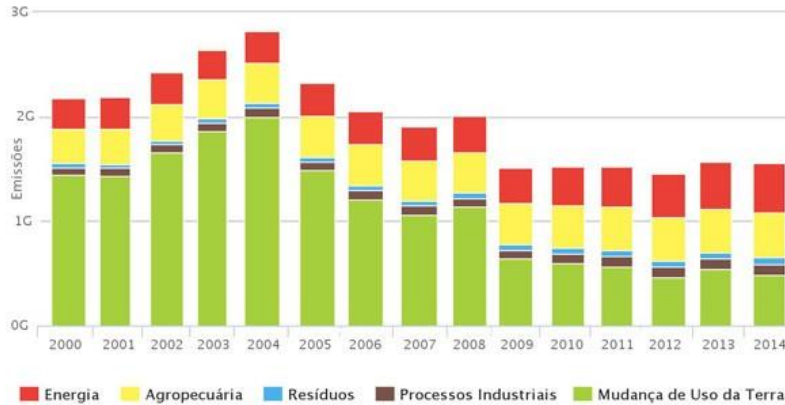
4.2 O Cimento e a sustentabilidade

O cimento é um material favorável ao meio ambiente, pois não é composto por materiais tóxicos e não gera emissões de gases ao efeito estufa. Porém, sua produção causa grandes impactos ambientais. Segundo a *Cement Sustainability Initiative* (CSI, 2002) a indústria cimenteira é responsável por 3% das emissões mundiais de gases de efeito estufa e 5% das emissões de CO₂, isso é possível visualizar pela Figura 1.

A indústria do cimento possui elevado potencial de poluição, durante todas etapas de processo, desde a extração, transporte e disposição final. De acordo com o Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2015), as emissões de CO₂ no país por processos industriais e pela geração de energia, superam as emissões por desmatamento e mudanças de uso na terra.



Figura 1. Emissões de gases do efeito estufa no Brasil
Emissões de gases do efeito estufa do Brasil (bilhões de toneladas de CO₂)

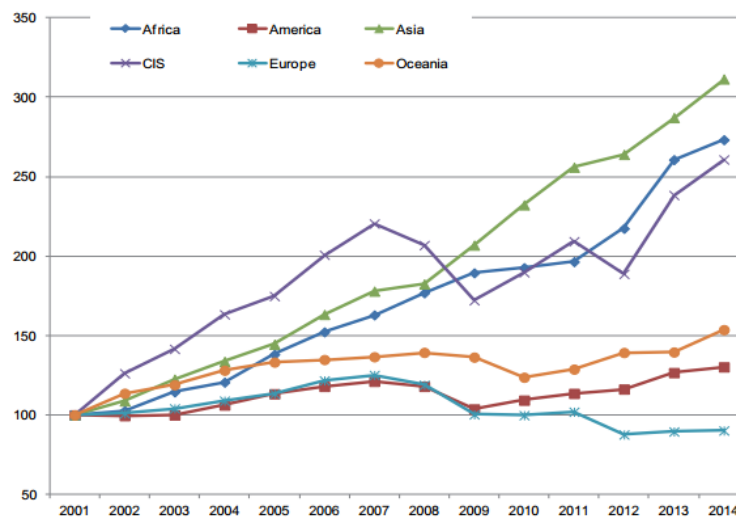


Fonte: SEEG (2015).

Atualmente a indústria do cimento tem investido em inovações tecnológicas para reduzir esses impactos gerados. A indústria tem procurado investir em eficiência energética, através do uso de combustíveis alternativos. Outra alternativa é redução do nível de cimento no concreto, através de cálculos mais refinados, uso de materiais alternativos nas estruturas e até mesmo utilização de concreto com maior durabilidade. Tais medidas reduzem o consumo de cimento no concreto e as emissões de CO₂ sem alterar o custo final do material.

Apesar da crise econômica no país e da queda na produção de cimento no último ano, o material tem apresentado alta na produção nos últimos anos, a nível mundial, conforme demonstrado na Figura 2.

Figura 2. Produção de cimento por região
World cement production by region - Evolution 2001-2014
(2001=100)



Fonte: CEMBUREAU (2014).



4.3 As certificações na construção civil

Os sistemas de certificações vêm sendo inseridos no país como um meio didático para propor estratégias eficientes às edificações. As certificações têm o propósito de promover práticas ambientais no projeto, construção e operação das edificações de forma a reduzir os impactos ambientais gerados pelos mesmos.

Existem diversas instituições que certificam edificações pelo mundo, como o USGBC - LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), Green Star (*Environmental Rating System*) e HQE (*Haute Qualité Environnementale*). O USGBC (*United States Green Building Council*), responsável pelo selo LEED, atua no Brasil através do GBC Brasil (*Green Building Council Brasil*) e demonstra inserção em crescimento no mercado da construção civil do país, principalmente no Sudeste. No âmbito nacional, o GBC Brasil criou recentemente o Referencial GBC Brasil Casa, focado primeiramente em certificações de residências unifamiliares e expandido residências multifamiliares. No ano de 2008, a Fundação Vanzolini desenvolveu em parceria com o *Démarche HQE*, a Certificação AQCUA, propondo uma nova abordagem para a construção civil brasileira.

Segundo o LEED New Construction Reference Guide (2009), o selo analisa o projeto em sete categorias: terrenos sustentáveis, eficiência da água, energia e recursos, materiais e resíduos, qualidade interna do ar, créditos regionais e inovação e design. Dentre essas categorias, existem os créditos, que são analisados para cada projeto, sendo estes pré-requisitos ou pontuáveis. A categoria de materiais e recursos se destaca pela preocupação com os materiais utilizados na obra e seu destino final. Possui os pré-requisitos e créditos pontuáveis conforme a Tabela 1.

Tabela 1. LEED NC v2009 – Créditos Materiais e Recursos

CÓDIGO	NOME
MR P1	Depósito e Coleta de recicláveis
MR C1.1	Manutenção de Paredes, Pisos e Telhados Existentes
MR C1.2	Manutenção de Elemento não Estruturais
MR C2	Gerenciamento de Resíduos da Construção
MR C3	Reuso de Materiais
MR C4	Materiais Regionais
MR C5	Materiais Rapidamente Renováveis
MR C6	Madeira Certificada

Fonte: Adaptado de LEED New Construction (2009).

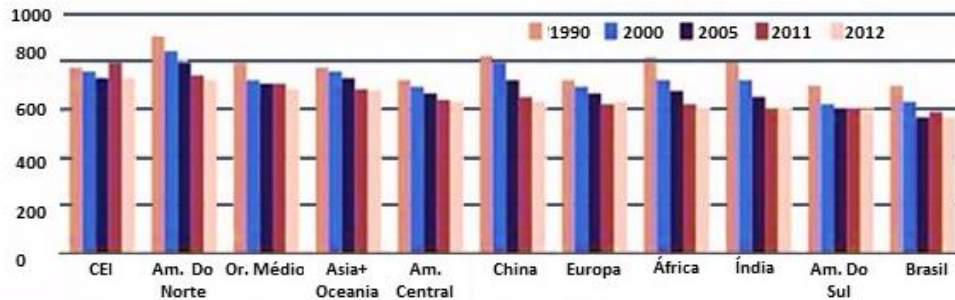
4.4 Discussão: a relação entre durabilidade e sustentabilidade

As construções duráveis e a vida útil dos materiais possuem relação direta com a sustentabilidade. Materiais que possuam vida útil prolongada e ao mesmo tempo garantam conforto aos usuários e não necessitem de manutenções excessivas contribuem para a redução de resíduos e de energia embutida em demolições e reformas.

Estima-se que a produção de cimento no ano de 2013 chegou há 70,2 milhões de toneladas, e o Brasil é o menor emissor de CO₂ por tonelada de cimento do mundo. Conforme demonstrada na Figura 3. A baixa emissão de CO₂ se dá pela implantação de energias alternativas como o uso de biomassa para a fabricação do cimento e também pela adição de escórias de alto forno, cinzas volantes no produto final (SNIC, 2013).



Figura 3. Emissão de CO₂/t de cimento



Fonte: SNIC (2013).

Conforme demonstrado por Isaia e Gastaldini (2009), existem formas de obter uma boa resistência a compressão utilizando boa parte de substituição do cimento como por exemplo, a aplicação de cinza volante em uma fração maior, já que o cimento do tipo CP-IV pode possuir uma substituição de até 35% por este mesmo material.

Uma outra forma para diminuir a emissão de CO₂ é reduzir o consumo de cimento, conforme demonstrado por Rebmann (2011) é possível atingir altas resistências de concreto com baixos consumos de cimento. Em relação a durabilidade também se obteve resultados interessantes, já que para se obter uma melhor resistência precisou-se ter um nível bom de empacotamento, também foi adicionado materiais como filer, sílica ativa, metacaulim e aditivos super plastificantes, desta forma foi possível obter resultantes positivos para a durabilidade das estruturas.

Também para minimizar o volume dos resíduos da construção civil (RCC) existem pesquisas tentando inserir estes materiais em substituição do agregado, estudos de Troian (2010) e de Fedumentti (2013) demonstram os efeitos destes materiais em relação com a penetração de íons cloreto. Frente a outra forma de degradação de estruturas, como a carbonatação, existem estudos similares como de Sartori (2013) mostra que a cinza da casca de arroz auxilia para redução de poros em concretos.

A corrosão causa grandes prejuízos financeiros para a sociedade, mas também para o meio ambiente, já que para efetuar a maioria destes reparos é necessário a utilização de mais materiais. Medeiros, Andrade e Helene (2011) estimam que nos países Europeus os prejuízos podem chegar até 50% do custo total de uma obra, sem contar os impactos ambientais, os valores estão demonstrados na Quadro 1.

Quadro 1. Gastos em reparos das Construções

País	Gastos com construções novas	Gastos com manutenção e reparo	Gastos totais com construção
França	85,6 Bilhões de Euros (52%)	79,6 Bilhões de Euros (48%)	165,2 Bilhões de Euros (100%)
Alemanha	99,7 Bilhões de Euros (50%)	99,0 Bilhões de Euros (50%)	198,7 Bilhões de Euros (100%)
Itália	58,6 Bilhões de Euros (43%)	76,8 Bilhões de Euros (57%)	135,4 Bilhões de Euros (100%)
Reino Unido	60,7 Bilhões de Pounds (50%)	61,2 Bilhões de libras (50%)	121,9 Bilhões de Pounds (100%)

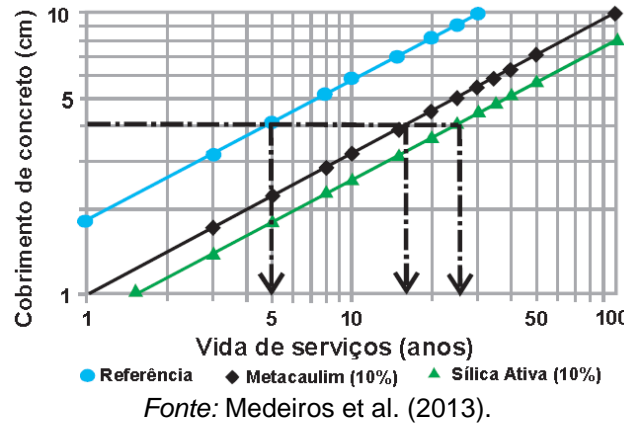
Fonte: Medeiros, Andrade e Helene (2011).

Conforme demonstrado por Medeiros et al (2013) materiais pozolânicos como sílica ativa e metacaulim, podem aumentar a VUP (vida útil de projeto) de uma edificação em torno de 440% em relação a penetração de íons cloreto. Como mostrado na Figura 4 para um mesmo cobertura de



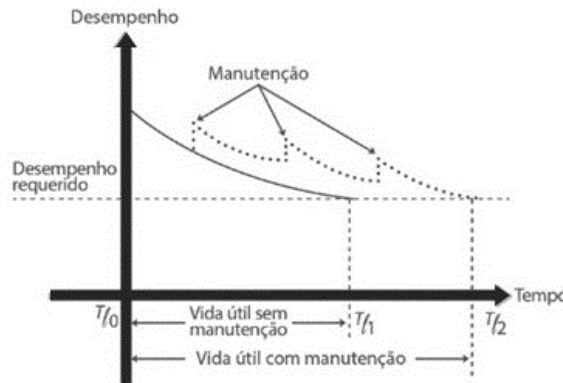
concreto a estimativa em anos de materiais sem adição pozolânica, com metacaulim e com sílica ativa.

Figura 4. Cobrimento do Concreto (cm) x Vida útil (anos).



No momento em que se aumenta a vida útil de projeto, também se contribui para a sustentabilidade, pois quando se adia uma manutenção ou prolonga o tempo de utilização de uma edificação, o consumo de materiais é menor. Conforme a Norma Brasileira de Regulamentação – NBR 15.575 (2013) existe a necessidade de realizar manutenções nas edificações, já que se não são realizadas, podem acabar comprometendo a construção. É possível ver pela Figura 5 como efeito da falta de manutenção em uma estrutura pode encurtar o tempo de utilização. (NBR 15.575, 2013)

Figura 5. Vida útil das estruturas



Por isso, é importante que no momento da elaboração de uma residência ou qualquer outra obra de engenharia, se tenha uma visão sustentável, não seja apenas necessários cuidados como, posicionamento solar, para poupar energia elétrica, ou cisterna para captação de água pluvial, ou ainda melhor posição dos ambientes para garantir uma ventilação natural, entre outros aspectos já bem difundidos. É necessário que se tenha cuidado na escolha dos materiais que serão empregados na edificação.

Porém, apesar de vários estudos relacionados à área de reciclagem, é visto uma dificuldade a inserção de novas tecnologias ambientais no meio da construção civil. Por estes tipos de motivos empresas como Caixa Econômica Federal por meio do certificado Selo Casa Azul, busca promover e incentivar moradias mais sustentáveis (Caixa Econômica Federal, 2015).



CONCLUSÃO

É possível observar a dificuldade de se implementar sistemas sustentáveis em obras através dos assuntos discutidos neste trabalho. Pesquisas são realizadas para este meio a todo momento, tentando encontrar a melhor forma de empregar diversos tipos de materiais. Precisa-se ainda de muito estudo até que se encontre uma melhor forma para utilizar RCD na construção civil em larga escala.

A indústria da construção civil continua sendo um ótimo segmento para incorporar materiais oriundos da construção. Esta indústria continua sendo muito conservadora, e pouco se aceitam novas tecnologias. Existem trabalhos antigos, para a incorporação de resíduos na construção civil, mas nota-se que o campo de pesquisa é grande, e a sociedade ainda pode avançar bastante até que se haja a soluções mais adequadas à geração de resíduos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, Selo Caixa Azul. 2015 Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx> Acesso em: 04 mar 2016.

CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE (CSI). Plano de Acção. 2002. Disponível em: <http://www.wbcscement.org/pdf/agenda_po.pdf> Acesso em 10 abr de 2016.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Nosso futuro comum - Relatório de Brundtland. 2 ed. Rio de Janeiro, 1991.

EDWARDS, B. O Guia Básico para Sustentabilidade. Tradução de Cláudia Ardións Espasandin. 5 ed. Londres, 2005.

FEDUMENTI, M. B. Avaliação da influência da cinza de casca de arroz no comportamento de concretos com agregado reciclado de concreto em relação a propriedades mecânicas e de durabilidade, com ênfase no transporte de íons cloreto. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos, São Leopoldo, 2013.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC Brasil). Site oficial. Disponível em: <www.gbcbrasil.org.br>. Acesso em 30 mar 2016.

ISAIA, G. GASTALDINI, A. L. G. Concrete sustainability with very high amount of fly ash and slag. Revista Ibracon de estruturas e materiais São Paulo v. 2, n. 3 p. 244 – 253 (September, 2009) Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/riem/v2n3/03.pdf>> Acesso em: 3 abr 2016.

MEDEIROS, A.H.F, ANDRADE, J.J.O. HELENE, P. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. In: Isaia, G.C.(Org.) 1. ed. Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011, v.1, p.887-902.

MEDEIROS, M.H.F. GOBBI, A. GROENWOLD, J. A. HELENE, P. Previsão da vida útil de concreto armado de alta resistência com adição de metacaulim e sílica ativa em ambientes marinhos REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 66(1), 59-65, jan. mar. 2013.



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Perspectivas da Urbanização Mundial. Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/>>. Acesso em 10 abr 2016.

PROCESSO ACQUA FUNDAÇÃO VANZOLINI. Site oficial. Disponível em: <vanzolini.org.br/aqua>. Acesso em 07 abr 2016.

REBMANN, M. S. Durabilidade de concretos estruturas com baixo consumo de cimento Portland e alta resistência. 2011. 211 p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2011.

SARTORI, B. R. C. Estudo da carbonatação em concretos com agregado graúdo reciclado de concreto e cinza de casca de arroz. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo. 2013. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/4107/Bruno%20Rommel%20Catani%20Sartori.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 05 Abr 2016.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO, Relatório Anual. 2013. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013final.pdf>> Acesso em: 24 mar 2016.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA (SEEG). Total de Emissões de CO₂ no Brasil. Disponível em <http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission>. Acesso em 06 de abr de 2016.

TROIAN, A. Avaliação da durabilidade de concretos produzidos com agregado reciclado de concreto frente à penetração de íons cloreto. 2010. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Gestão de Resíduos. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2010.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL (USGBC). Site oficial. Disponível em: <www.usgbc.org>. Acesso em 05 abr 2016.