

ALGUMAS REFLEXÕES SOBRE A ENGENHARIA CIVIL E O AMBIENTE NO CONTEXTO DO SÉCULO XXI

Guilherme Lanna Reis – Professor da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da FUMEC e-mail: guilhermelr@fumec.br

Rubens José Pedrosa Reis – Professor da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da FUMEC e-mail: rpedrosa@fumec.br

Otávio Luiz do Nascimento – Professor da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da FUMEC e-mail: otavio@consultare.eng.br

RESUMO

Diante do contexto de mudanças climáticas e demanda pelo aprimoramento na gestão de materiais, o objetivo desse trabalho é fazer uma análise da interação entre a construção civil e o meio ambiente. Constataram-se que por meio de modificações na indústria da construção civil é possível conseguir ganhos ambientais consideráveis em relação à redução da emissão de gases causadores do efeito estufa, contaminação da atmosfera, solo e fontes de água, e melhor uso de matérias primas. A sociedade de maneira geral tem se tornado mais exigente em relação a esses aspectos o que se reflete em atitudes da iniciativa privada como a busca por construções mais sustentáveis e por certificações das mesmas.

Palavras-chave: certificação, construção civil, edifícios inteligentes, materiais de construção.

SUMMARY

In the context of climate change and demand for improvement in materials management, the aim of this study is to analyze the interaction between construction and environment. It was found that through changes in the construction industry can achieve significant environmental gains in relation to reducing emissions of greenhouse gases, pollution of air, soil and water sources, and better use of raw materials. Society has become more demanding in these respects is reflected in the attitudes of private enterprise as the search for more sustainable construction and certification of same.

Keywords: certification, construction, intelligent buildings, building materials.

INTRODUÇÃO

A população mundial de aproximadamente seis bilhões de pessoas cresce em média 1,3%, ou 73 milhões de pessoas por ano, atingindo 7,5 bilhões em 2020 e 9,4 bilhões em 2050 (Lal, 2001). Estima-se que, até 2020, 98% deste crescimento ocorrerá nos países em desenvolvimento, principalmente em áreas urbanas (Sanchez, 2000). O PIB per capita global aumentará em média 2,6% ao ano entre 1998 e 2030 (Eickhout *et al.*, 2006), o que refletirá no incremento da demanda habitacional em quantidade e qualidade. Suprir essa demanda pode ser um incentivo à economia. Entretanto, torna-se cada vez mais evidente a necessidade desse crescimento ser sustentável sob os pontos de vista econômico, social e ambiental.

Sobre as questões ambientais há necessidade de atentar-se para a contaminação da atmosfera, água, solos; geração de gases causadores do efeito estufa (GEE); consumo insustentável de matérias primas e geração de resíduos. De acordo com ISAIA (2007), sob o ponto de vista global, o setor de construção civil é o que consome a maior quantidade de materiais no mundo, pois, segundo JOHN e GLEIZE (2007), vivemos em um mundo de materiais de construção.

Diante do contexto de mudanças climáticas e demanda pelo aprimoramento na gestão de materiais, o objetivo desse trabalho é fazer uma análise da interação entre a construção civil e o meio ambiente.

REVISÃO DA LITERATURA

A CONSTRUÇÃO CIVIL E O AMBIENTE

Como as atividades humanas têm resultado em desmatamento, desertificação, degradação do solo, redução da disponibilidade de água potável, extinção de espécies, contribuição para o aquecimento global e para a destruição da camada de ozônio torna-se necessário repensar alguns conceitos vigentes. Os processos relacionados à indústria da construção civil podem comprometer fontes de água e áreas de preservação permanente (APPs) e, conseqüentemente, trazer prejuízos à saúde pública.

No Brasil, o setor de construção civil é responsável por 9% do total de empregos e por 19% do PIB (Nascimento e Santos, 2003). Até recentemente, havia falta de consciência ecológica nessa atividade econômica e conseqüente despreocupação quanto ao esgotamento dos recursos não renováveis utilizados e com os custos e prejuízos causados pelo desperdício de materiais e destino dados aos rejeitos produzidos nesta atividade. Um dos itens contemplados pela “Agenda 21” foi a Construção Sustentável, que visava o aumento das oportunidades ambientais para as gerações futuras e que consistia em uma estratégia ambiental com visão holística. Considerava toda a cadeia produtiva, desde a extração de matérias primas até a saúde dos trabalhadores envolvidos no processo e também dos consumidores finais das edificações. Baseava-se na redução da poluição, na economia de energia e água, na minimização da liberação de materiais perigosos no ambiente, na diminuição da pressão de consumos sobre matérias-primas naturais, no aprimoramento das condições de segurança e saúde dos trabalhadores, e na qualidade e custo das construções para os usuários finais (FRAGA, 2006).

O CONSUMO DE MATÉRIAS PRIMAS E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS

O modelo econômico atual, baseado na geração de novas necessidades de consumo para evitar a estagnação produtiva, parte da premissa de que os recursos são ilimitados. Esse modelo ganhou força com a globalização, pois o comércio entre os países tende a intensificar e incrementar o consumo de matérias primas e fontes de energia. Entretanto, mesmo os recursos renováveis devem ser utilizados respeitando-se os tempos de renovação, o que de certa maneira, limita o uso. Os recursos não renováveis, que são fonte da maioria dos fluxos de energia e de materiais utilizados pelo ser humano, são aqueles que se caracterizam por uma velocidade de utilização extremamente mais rápida que o tempo necessário para sua formação. De acordo com a disponibilidade, esses recursos podem ser classificados como abundantes ou escassos (BERTOLINI, 2010).

A construção civil é uma das atividades que mais geram resíduos e alteram o meio ambiente (Figura 1), em todas as suas fases, desde a extração de matérias-primas, até o final da vida útil da edificação. A média mundial para o volume do entulho da construção e demolição oscila entre 0,7 e 1,0 toneladas por habitante/ano (FRAGA, 2006). As reformas, ampliações e demolições são responsáveis por 59% dos resíduos, ao passo que atribui-se a construção de edificações novas o percentual restante. A quantidade de resíduos a ser removida durante as construções pode ser estimada em 150 kg/m² construído (PINTO e GONZÁLEZ, 2005).



Figura 1: Deposição irregular na Região Oeste de Belo Horizonte – MG Fonte: PINTO e GONZÁLEZ (2005).

No Brasil, estimam-se que são geradas anualmente aproximadamente $68,5 \times 10^6$ toneladas de entulho, que corresponde a mais da metade dos resíduos sólidos urbanos das cidades brasileiras de médio e grande porte, resultando na saturação de espaços disponíveis e em altos custos sócio-econômicos e ambientais em função das deposições irregulares. Na cidade de São Paulo, estes gastos são na ordem de R\$ 45 milhões/ano para coleta-transporte-deposição destes resíduos (FRAGA, 2006). Os custos para descartes de certos resíduos têm aumentado consideravelmente. Na Europa, tem-se preparado concretos com material reciclado como agregados. Foi cogitada a possibilidade de reutilizar a água das instalações de produção de concreto na fabricação do mesmo (BERTOLINI, 2010).

Se esse material fosse reciclado e/ou reutilizado, poderia-se reduzir a extração de agregados naturais, que estão entre os minerais mais consumidos no Brasil ($380,6 \times 10^6$ t/ano) e no mundo (FRAGA, 2006). A reciclagem na construção civil pode gerar outros benefícios como a redução do consumo de energia durante o processo de produção e da poluição. A indústria de cimento serve de exemplo para ambas as situações. Economiza energia ao utilizar resíduos de bom poder calorífico para a obtenção de sua matéria-prima (ÂNGULO *et al.*, 2010). Além disso, a construção civil pode incorporar em seus materiais, além de seus próprios resíduos, rejeitos de outras indústrias (JOHN e GLEIZE, 2007).

A CONSTRUÇÃO CIVIL E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Na superfície terrestre do planeta, em relação à atmosfera, há o triplo de carbono (C) armazenado se somados os 600 Pg (Pg = 10^{15} g ou bilhão de toneladas) encontrados na vegetação com os 1500 Pg da camada de um metro de solo mais superficial (CERRI *et al.*, 2004). A quantidade anual de C emitido é de 3,5 Pg de gases do efeito estufa (GEE), sendo a maior parte

resultante da queima de combustíveis fósseis e da conversão de florestas em área agrícola (ALBRECHT e KANDJI, 2003).

As mudanças climáticas são um fenômeno global que demanda profunda cooperação internacional em relação à criação de um mercado de C e para o desenvolvimento de tecnologias que reduzam as emissões dos gases causadores do efeito estufa (GEE) (STERN...,2006). Alguns motivos para a mitigação da emissão dos gases do efeito estufa seriam a melhora da qualidade do ar e redução dos riscos climáticos de maneira geral (TAYLOR, 2005), como fenômenos extremos.

As conseqüências das ações humanas em relação às mudanças climáticas são percebidas a longo prazo: entre 40 a 50 anos. Assim, as atitudes que forem tomadas nos próximos 10 a 20 anos surtirão efeito na segunda metade do século XXI e no seguinte. O nível atual de GEE é de 430 mg dm⁻³ (miligrama por decímetro cúbico ou partes por milhão) de CO₂, consideravelmente superiores aos 280 mg dm⁻³ antes da revolução industrial. Mesmo os níveis mais reduzidos já provocaram o aquecimento global de 0,5°C e espera-se que nas próximas décadas a temperatura suba mais meio grau Celsius. Se as emissões atuais forem mantidas espera-se que a temperatura do planeta se eleve em 2 a 3 °C, entretanto há perspectivas de que os níveis de CO₂, em 2050 atinja 550 mg dm⁻³ e continue subindo (STERN..., 2006).

Adversidades como o aumento de temperatura, maior frequência de enchentes e secas têm predominado (ALBRECHT e KANDJI, 2003). O aquecimento causará impactos severos, freqüentemente relacionados à água: o derretimento das geleiras aumenta o risco de enchentes em algumas regiões costeiras como algumas ilhas caribenhas, áreas do sudeste asiático e grandes metrópoles como Tóquio, Nova Iorque, Cairo e Londres, ao passo que em outras reduzem o suprimento de água, principalmente onde este recurso já é escasso. Assim, em 2050, 200 milhões de pessoas estariam permanentemente desalojadas devido ao aumento do nível do mar, secas e enchentes intensas. Haveria também redução da produção agrícola, principalmente na África; aumento das mortes causadas por desnutrição e estresse calórico e de doenças como dengue e malária e acidificação dos oceanos pelo aumento da concentração de CO₂ na atmosfera ameaçando os ecossistemas marinhos. Na Amazônia, haveria secas severas e outras perdas irreparáveis. À medida que aumenta o aquecimento, a capacidade do planeta de armazenar C reduziria. Desta forma, torna-se necessário reduzir as emissões futuras o mais depressa possível (STERN..., 2006).

O Brasil é o 4º maior emissor de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera e, até 2030, é também um dos cinco países com maior potencial para reduzir essas emissões (MATZINGER, 2009). Nesse cenário, há necessidade de adotar medidas

mitigatórias, ou seja, que atuam nas causas, e também de adaptativas.

Estima-se que a produção mundial de cimento deve aumentar 5% ao ano. Para produzir 1.000 kg de cimento necessita-se de 1.500 kg de matéria-prima e entre 80 a 140 kg de combustível, na forma principalmente de coque e carvão fóssil. Se contabilizar a energia utilizada para transporte e moagem das matérias-primas, estima-se que, para a produção dessa quantidade de cimento, há emissão de 900 kg de dióxido de carbono (CO₂) (BERTOLINI, 2010).

Em Minas Gerais, no ano de 2005, estima-se que a produção de cimento foi a principal responsável pelas emissões do setor processos industriais e uso de produtos (Figura 2), com 43,9% do total de 7.086 Gg CO₂eq sendo o CO₂ responsável por 89,8% desse total. As produções de cal e alumínio vieram a seguir com 38,2% e 13,0% de participação (INVENTÁRIO..., 2008).

Na média global, o setor industrial (cimento, siderurgia, produtos químicos, petróleo e gás e outras indústrias) representa 26% das emissões esperadas para 2030 e no Brasil, esse percentual é de 13%. O valor mais baixo pode ser atribuído à matriz energética e às características intrínsecas da produção brasileira. O setor de cimento é o que tem perspectivas de maior crescimento das emissões, 1,7 vezes entre 2005 e 2030, devido ao aumento da demanda. Mais de 70% das emissões das cimenteiras brasileiras estão associadas à calcinação do calcário e argila para produção de um produto intermediário na fabricação de cimento, o clínquer. A substituição desse por materiais alternativos, como a escória da produção siderúrgica ou cinzas da produção de energia em termoeletricas a carvão, reduz diretamente as emissões do setor. Uma pequena parcela das emissões é associada, no Brasil, a emissões indiretas pelo uso de eletricidade e pela queima direta de combustíveis (MATZINGER, 2009).



Figura 2: Participação dos setores socioeconômicos nas emissões totais do Setor Processos Industriais e Uso de Produtos.

Fonte: INVENTÁRIO..., (2008).

Os setores de edificações e tratamento de resíduos – são responsáveis por 7% e 2% das emissões globais em 2030,

respectivamente. Esses setores dependem majoritariamente do comportamento do consumidor final. No Brasil, respondem por 3% das emissões. Ressalta-se que nos trópicos, há menor demanda de energia por sistemas de calefação e aquecimento de água. Entretanto, aproximadamente 50% das lâmpadas utilizadas nacionalmente ainda são incandescentes, e a penetração dos equipamentos elétricos e eletrônicos nas habitações tem aumentado recentemente devido a um maior acesso a crédito pelas populações de baixa renda, o que aumenta o consumo de energia elétrica (MATZINGER, 2009).

EDIFÍCIOS INTELIGENTES

Frequentemente, as inovações são motivadas pelas necessidades. De acordo com MANGER (2004), devido à crise do petróleo, surgiram na Inglaterra em 1973 os primeiros edifícios denominados de inteligentes, que, por possuírem controle predial automatizado, possibilitava a economia de energia. O investimento era amortizado ao final de dois anos. Todavia, de acordo com MATZINGER (2009), no momento atual do Brasil, o investimento inicial supera as economias financeiras de curto prazo, o que constitui uma barreira para a população e construtoras em geral adotarem tais medidas.

O sistema de certificação de edifícios verdes chamado LEED (“Leadership in Energy and Environmental Design”) é mundialmente aceito e reconhecido. No Brasil, a entidade “Green Building Council Brasil” é responsável pela adaptação dos critérios do LEED para as condições e realidades brasileiras. As pontuações do LEED são divididas nos seguintes grupos: sustentabilidade da localização; eficiência no uso da água; eficiência energética e os cuidados com as emissões para a atmosfera; otimização dos materiais e recursos naturais utilizados na construção e operação da edificação; qualidade dos ambientes internos da edificação e inovações empregadas no projeto da edificação (MICHELENA, 2004).

Por meio de soluções arquitetônicas e urbanísticas que se adaptam às condições específicas de clima, incidência luminosa, ventos predominantes, temperatura média e hábitos de consumo de cada lugar, têm-se buscado proporcionar conforto térmico, iluminação natural, e conseqüentemente, economia com sistemas de refrigeração de ar e de iluminação. O condicionamento de ar pode representar mais de 50% do consumo de energia e a iluminação em torno de 20%. Podem-se utilizar algumas intervenções como ajustar a espessura das paredes, pintar de cor adequada as fachadas e usar materiais que sejam isolantes. Ressalta-se também a utilização de energia solar para aquecer a água. Pode-se também interceptar a água de chuva antes que ela chegue ao solo para usos não potáveis, como irrigação de jardins e vasos sanitários (MANGER, 2004).

A crescente atuação dos mecanismos de mercado tem sido cada vez mais atuantes serve de estímulo para a busca por edifícios que otimizem o uso de recursos naturais e de energia. De acordo com PIMENTEL e LAURINDO (2008), a manutenção e utilização das obras após a construção também gera impactos ambientais. Estima-se que 80% do custo de energia, água, esgoto e manutenção seja resultado do período de uso e manutenção (Figura 3). Algumas medidas podem resultar tanto em economia quanto na redução de impactos ambientais (Tabela 1).

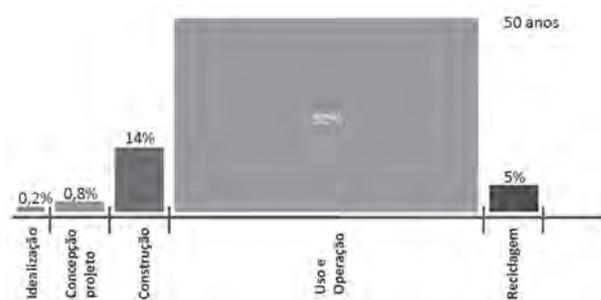


Figura 3: Custos por fase de vida útil do edifício em uma projeção de 50 anos.

Fonte: Pimentel e Laurindo (2008).

Tabela 1 – Impactos ambientais e econômicos da adoção de medidas

		Impacto econômico – Edifícios comerciais		
		Alto	Médio	Baixo
Impacto ambiental	Baixo	- geração local de energia com gás e não óleo diesel	- Metais sanitários de baixo consumo e automáticos - medição individual de ar condicionado - tratamento superficial em pisos de garagens - recuperação de frenagem nos elevadores	- retenção de águas de chuva - bacias sanitárias de fluxo duplo - lâmpadas de alta eficiência - redutores de vazão - automação dos elevadores
	Médio	- Isolação térmica de fachadas	- Automação da irrigação de áreas verdes - Vidro laminado nas fachadas - Automação da iluminação nas áreas comuns	- cobertura vegetal - isolamento térmico das coberturas - separação do lixo para reciclagem
	Baixo	- tratamento total de esgoto - vidro insulado - reciclagem de água para uso em vaso sanitário	- medição individual de água	- revestimento do piso e parede facilmente laváveis

Fonte: Pimentel e Laurindo (2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio de modificações na indústria da construção civil é possível conseguir ganhos ambientais consideráveis em relação à redução da emissão de gases causadores do efeito estufa, contaminação da atmosfera, solo e fontes de água, e melhor uso de matérias primas.

A sociedade de maneira geral tem se tornado mais exigente em relação a esses aspectos o que se reflete em atitudes da iniciativa privada como a busca por construções mais sustentáveis e por certificações das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, A.; KANDJI, S.R. Carbon sequestration in tropical Agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.99, p. 15-27, 2003.

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHN, V. M. Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil, 2010. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>> Acesso em: 10/07/2011.

BERTOLINI, L. *Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção* – São Paulo: Editora Oficina de textos, 414p., 2010.

CERRI, C.E.P.; PAUSTIAN, K.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.L.; MELILLOS, J.M.; CERRI, C.C. Modeling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion with the Century model. *Global Change Biology*, v.10, p. 815-832, 2004.

EICKHOUT, B.; BOUWMAN, A.F.; VAN ZEIJTS, H. The role of nitrogen in world food production and environmental sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 116, p.4-14, 2006.

FRAGA, M. Panorama da Geração de Resíduos da Construção Civil em Belo Horizonte: Medidas de Minimização com base no projeto e Planejamento de obras, 2006. Disponível em: <<http://seumeioambiente.blogspot.com/2008/07/impactos-ambientais-da-construo-civil.html>> Acesso em: 15/07/2011.

INVENTÁRIO de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais. [Belo Horizonte, Brasil]: FEAM / UFRJ - CENTRO CLIMA, 2008. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/inventario_gge%5B1%5D.pdf> Acesso em dezembro 2009.

ISAIA, G. C. Prólogo IN: Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais Ed. ISAIA, G.C. – São Paulo: IBRACON, 2007. 2v. 1712p.

JOHN, V. M.; GLEIZE, P. J. P. Materiais de construção civil: perspectivas e desafios futuros. IN: Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais Ed. ISAIA, G.C. – São Paulo: IBRACON, 2007. 2v. 1712p.

MANGER, D. M. *Conceitos de um Edifício Inteligente*, 2004. Disponível em: <<http://1927364753624353037-a-1802744773732722657-s-sites.googlegroups.com/site/automacaopredialufop/disciplinas-de-graduacao/instalacoes-prediais/Edif%20C3%ADciosInteligentes%28apostila%29.pdf?attachauth>> Acesso em: 16/07/2011.

LAL, R. Managing world soils for food security and environmental quality. *Advances in Agronomy*, v. 74, p. 155-192, 2001.

MATZINGER, S. *Caminhos para uma economia de baixa emissão de carbono no Brasil*, 2009. Disponível em: <http://www.mckinsey.com.br/sao_paulo/carbono.pdf>, acesso em 10/07/2011.

MICHELENA, G.R. “Green buildings” certificação LEED, 2004. Disponível em: <<http://www.construcaoeia.com.br/conteudo.asp?ed=55&cont=570>> Acesso em 10/07/2011.

NASCIMENTO, L.A., SANTOS, E.T. A indústria da construção na era da informação. *Ambiente construído*, v.3, n.1, p.69-81, 2003.

PARIS, P.; PARIS, Q. Agriculture in the twenty-first century: agronomic and economic perspective. *Agricultura mediterranea*, v.126, p.113-148, 1996.

PIMENTEL, L.; LAURINDO, R. Eficiência Energética x Certificações Ambientais: Uma abordagem prática. In: Fórum permanente de energia e ambiente. Limeira: CESET-UNICAMP, 2008. Disponível em: <http://www.ceset.unicamp.br/arquivos/noticias/Lenita_e_Rafael.pdf> Acesso em 16/07/2011.

PINTO, T. P.; GONZÁLEZ, J. L. R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil, 2005. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/manual_res_construc_civil_vol1.pdf> Acesso em: 16/07/2011.

SANCHEZ, P.A. Linking climate change research with food security and poverty reduction in the tropics. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.82, p.371-383, 2000.

STERN REVIEW: The economics of climate change [s.l.]: [s.n.], 2006 Disponível em <http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm> Acesso em 31/10/2006.

TAYLOR, J. M. States act on climate change. *Science*, v.17, n.5, p.5-6, 2005.