



Revista Produção Online
v.10, n.3, set. 2010

ISSN: 1676 - 1901
www.producaoonline.org.br



PROJETO DE EDIFICAÇÕES COM APELO SUSTENTÁVEL: ELEMENTOS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO

SUSTAINABLE CONSTRUCTION DESIGN: SOME ELEMENTS TO BUILD A DECISION SUPPORT SYSTEM

Jeferson Ost Patzlaff* jpatzlaff@brturbo.com.br
Andrea Parisi Kern* apkern@unisinis.br
Marco Aurélio Stumpf González* mgonzalez@unisinis.br
* Universidade do Vale do Rio dos Sinos

Resumo: O desenvolvimento de projetos de edificações com a preocupação da sustentabilidade pode ser entendido como um caminho a ser utilizado para agregar valor aos empreendimentos e reduzir perdas, com diferentes benefícios, tais como a redução de resíduos e custos, melhor desempenho ambiental e aumento na qualidade geral da edificação e da satisfação dos usuários. Tendo em vista a complexidade do processo de projeto de edificações, há múltiplos critérios a serem atendidos, o que torna difícil a tarefa de projetar sustentavelmente. A adoção de ferramentas de tecnologia da informação é importante para ampliar a qualidade do processo de projeto. Neste trabalho, apresentam-se elementos para construir um "Sistema de Apoio à Decisão" para uso dos projetistas na etapa de desenvolvimento do produto imobiliário, baseada em três técnicas: Análise do Ciclo de Vida, Avaliação Pós-Ocupacional e Modelos Hedônicos de Preços, visando à agregação de valor ao produto, sob os pontos de vista ambiental, social e econômico, respectivamente.

Palavras-chave: Construção civil. Sustentabilidade. Tecnologia da informação. Redução de perdas. Agregação de valor.

Abstract: Sustainable building design may be understood as a sound way to aggregate product value and to minimize waste regarding different benefits, such as cost and residual reduction, better environmental performance, a general quality and user' satisfaction improvements. There are several requirements to be attended regarding the inherent complexity of design process and the sustainable design is difficult. It is important to use information technology tools to improve design process quality. This paper presented some elements for the definition of an information system destined to support the decision during the development of real estate enterprises, including life cycle assessment, post-occupancy evaluation, and hedonic price models, in the environmental, social, and economic point of views, respectively.

Key words: Civil construction. Sustainability. Information technology. Waste minimization. Value adding.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável tornou-se um objetivo geral da sociedade nos últimos anos. A sustentabilidade tem sido avaliada a partir de três aspectos básicos,

pensando a questão de forma integrada e coordenada através dos pontos de vista ambiental, social e econômico. O setor da construção tem papel importante, tendo em vista a relevância nos três aspectos apontados (GAUZIN-MÜLLER, 2002).

Os impactos no meio ambiente provocados pela construção podem ser entendidos sob diferentes prismas. As edificações urbanas são responsáveis por uma importante parcela das emissões de gases, bem como por expressiva parte do consumo de energia e água, além da utilização de solo (EDWARDS, 2010; WOOLEY ET AL., 1998). Ademais, a importância social e econômica do setor também é relevante, em termos de atendimento às necessidades de habitação e edificações comerciais por parte da sociedade, geração de emprego e renda através de sua longa cadeia produtiva e participação no PIB nacional, por exemplo. (ABRAMAT E FGV, 2009).

Mesmo que os conceitos ainda estejam em evolução, algumas vantagens da adoção de princípios sustentáveis são evidentes, através da redução do impacto ambiental do setor, ampliação do conforto dos usuários, incremento de produtividade em escritórios e outros ambientes comerciais, e redução dos custos de operação e manutenção (EDWARDS, 1998; KIBERT, 2005; WOOLEY ET AL., 1998).

Entretanto, há alguns problemas a serem enfrentados. O setor tem um viés conservador, sendo resistente às mudanças. O processo de projeto de edificações é complexo, em função da quantidade de intervenientes e o volume de informação que deve circular e ser formalizado. Além disto, o tema da sustentabilidade na construção é amplo, complexo e multidisciplinar. Suas fronteiras ainda não são claras, nem facilmente determináveis. Abrange questões de cunho ambiental, social e econômico e requer o envolvimento de diferentes agentes, incluindo profissionais, cadeia de fornecedores, usuários e poder público. Desta forma, a ampliação do grau de sustentabilidade nas edificações não é uma tarefa fácil para os projetistas.

O objetivo do trabalho é apresentar alguns elementos para embasar a construção de um sistema de apoio à decisão que contribua para a sustentabilidade no projeto de edificações. O trabalho discute alguns elementos da questão e apresenta a proposta da estrutura de um “Sistema de Apoio à Decisão” para uso dos projetistas na etapa de desenvolvimento de produtos de edificação, baseado em três componentes principais: Análise do Ciclo de Vida (ACV), Avaliação Pós-Ocupacional (APO) e Modelos Hedônicos de Preços (MHP).

2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A sustentabilidade tem sido pauta de discussão no setor da construção civil durante as últimas décadas, especialmente na esfera acadêmica. Atualmente encontra-se na literatura alguns trabalhos publicados que versam sobre o tema, tendo em vista o significativo impacto que a construção civil produz no meio ambiente (EDWARDS, 1998; GAUZIN-MÜLLER, 2002; WOOLEY *et al.*, 1998). Entretanto, conforme Kuhn (2006), esses estudos têm sido realizados, na sua grande maioria, por pesquisadores de países desenvolvidos, e não se adaptam diretamente aos países em desenvolvimento, pois envolvem a avaliação de diferentes aspectos, em diferentes etapas do ciclo de vida e em diferentes escalas.

Ainda segundo Kuhn (2006) os limites atuais no conhecimento científico, aliados à complexidade dos mecanismos ambientais decorrentes dos processos de atividades humanas, fazem com que a relação das causas com os impactos ambientais específicos ainda seja incerta. Como conseqüência, não há respostas categóricas quanto ao nível de desempenho global das edificações, embora existam indicadores parciais, tal como a quantidade de energia necessária para produzir um determinado material.

Sendo assim, também não há um modelo único para a construção sustentável. Surgiram esforços para a certificação de edifícios, baseados em critérios e indicadores de desempenho que expressam o consumo de energia ou o impacto ambiental, utilizados nos Estados Unidos, Canadá, alguns países asiáticos e europeus. Dentre os sistemas de avaliação mais conhecidos e com maior credibilidade destacam-se BREEAM, desenvolvido pela Building Research Establishment (Inglaterra) e LEED, desenvolvido pelo United States Green Building Council (Estados Unidos da América). Estes dois sistemas de avaliação foram desenvolvidos no início da década de 90, sendo revistos periodicamente (GONÇALVES; DUARTE, 2006; SILVA, 2003).

Em termos nacionais, esforços para a construção de bases de dados ambientais de produtos disponíveis são oportunos e de extrema importância. Principalmente, para o estabelecimento de desempenhos de referência que orientem a confecção de novos projetos e a definição de políticas e regulamentações específicas para o setor de construção (energia, teor mínimo de resíduos ou de

reciclados, etc.) ou mesmo de esquemas de certificação ambiental de edifícios adequados à realidade local. Além disso, outro desafio nos países em desenvolvimento é a contemplação dos aspectos sociais e econômicos relacionados à produção, operação e modificação do ambiente construído. Por exemplo, o nível de segurança do trabalho e a estabilidade no emprego são problemas importantes nesta realidade que não têm sido considerados nos países desenvolvidos, tendo em vista a evolução destes conceitos naqueles países.

Neste contexto, o desenvolvimento de projetos com a preocupação da sustentabilidade pode ser entendido como um caminho a ser seguido. Os projetos sustentáveis consideram, entre outros elementos, racionalização, modularização, uso de materiais reciclados, reusados ou reintegrados, assim como a redução do consumo de energia e água. Estudos sobre projetos sustentáveis são amplamente discutidos por autores estrangeiros (ANDERSON; WELLS, 1984; CAMOUS; WATSON, 1986; EDWARDS, 1998; HERZOG, 1996; GAUZIN-MÜLLER, 2002; OLGAY, 1998; YEANG, 2001; WOOLEY *et al.*, 1998). No entanto, tendo em vista que no Brasil ainda existem poucos empreendimentos com aspectos de sustentabilidade, projetistas e construtores necessitam de parâmetros, indicadores e informações que auxiliem na etapa de concepção e planejamento dos empreendimentos, de forma ágil e eficiente, o que pode ser proporcionado através de sistemas de apoio à decisão, fundamentado nos três aspectos básicos da sustentabilidade, os quais são explorados em mais detalhe a seguir.

2.1 Dimensão Ambiental

Importante parte do volume total de recursos naturais empregados no setor produtivo é consumida pela construção civil. Segundo Edwards (2010), de 45 a 50% da energia gerada, 50% da água tratada e quase 50% dos materiais produzidos estão vinculadas à construção, operação e manutenção de edificações. Da mesma forma, a geração de resíduos pelo setor é significativa. Cerca de 50% das emissões de poluentes vem das edificações (EDWARDS, 2010). Da mesma forma o conjunto de resíduos sólidos produzido pelo setor da construção é significativo. No Brasil, segundo Pinto e Gonzáles (2005), a geração anual pode alcançar até duas toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) para cada tonelada de

resíduos sólidos domiciliares. Esta relação é comprovada por Loturco (2004) através dos dados sobre a produção diária de resíduos urbanos na cidade de São Paulo. Na pesquisa realizada por este autor, a produção de entulhos da construção civil correspondia a cerca de 17 mil toneladas diárias, enquanto que a produção de lixo doméstico correspondia a 8 mil toneladas, ou seja, em torno de 560 kg/hab/ano e 265 kg/hab/ano, respectivamente.

Sob ponto de vista do aspecto ambiental, a sustentabilidade pode ser abordada com foco nos impactos gerados pelos materiais e sistemas construtivos, utilizando como ferramenta principal a Análise do Ciclo de Vida (ACV). A ACV é um método que permite determinar o impacto ambiental de materiais, produtos ou mesmo da edificação inteira, ao longo de suas vidas úteis. Por este método, são tabulados energia, água e outros recursos consumidos, bem como emissões geradas em todo o ciclo de vida (EDWARDS, 2010; KIBERT, 2005). A ACV está alinhada aos assuntos discutidos na Conferência Rio+10, em termos de quais ações devem ser planejadas para o desenvolvimento de políticas de produção e consumo numa forma de melhorar produtos e serviços oferecidos, reduzindo os impactos ambientais (ONU, 2002).

Assim como contribui para a análise ambiental em outros países, especialmente no continente Europeu, a ACV pode desempenhar este papel na indústria da construção brasileira. O projeto da edificação é determinante em termos de impacto ambiental. Não apenas durante a fase de construção, mas também, e principalmente durante a extensa fase de uso. Assim, a aplicação do “pensamento de ciclo de vida” no processo de projeto pode ser decisivo na preservação do meio ambiente (EDWARDS, 2010). O projeto da edificação é determinante em termos de impacto ambiental. Não apenas durante a fase de construção, mas também, e principalmente durante a extensa fase de uso. Assim, a aplicação do “pensamento de ciclo de vida” no processo de projeto pode ser decisivo na preservação do meio ambiente. ACV examina o produto, processo ou ciclo de vida, incluindo a extração de matérias primas, produção, distribuição, uso, reuso manutenção reciclagem e disposição final. Existem quatro fases iterativas para o desenvolvimento do estudo de avaliação de ciclo de vida, descritas a seguir (ABNT, 2001):

- Planejamento: definição de objetivos e metas do ACV, incluindo os limites de início e fim da investigação;

- Análise: pesquisa quantitativa de recursos e materiais de um produto ou sistema, consistindo na avaliação e medida de energia, matéria primas, emissão de gases, resíduos sólidos e líquidos;
- Avaliação de impacto: avalia como o produto ou sistema afeta o meio ambiente de maneira qualitativa e quantitativa, analisando o consumo de materiais, energia, água e a emissão de poluentes que causam impacto ao meio ambiente;
- Análise de melhorias: envolve o estudo de melhorias para reduzir os impactos associados ao produto ou sistema através de uma visão objetiva do ciclo de vida e da avaliação do impacto que as mudanças podem provocar no meio ambiente.

O uso da ACV no ambiente construído do Brasil ainda é incipiente, se fazendo necessária a construção de uma base de dados que considere a realidade brasileira, tendo em vista que os materiais, técnicas e especificações empregados na construção são diferentes de países nos quais a técnica já é mais utilizada. Diante disso, Silva (2003) afirma que métodos e resultados de ACV utilizados em outros países podem não ser adequados ao Brasil, sendo oportuno o desenvolvimento de técnicas alinhadas às condições e peculiaridades nacionais.

O desenvolvimento de estudos de ACV na construção é complexo, devido às peculiaridades inerentes à indústria construção, tais como a informalidade nos contratos, aspectos de custos, grande número de pequenas e micro empresas, entre outras. Devido a isso, a construção pode ser considerada atrasada em relação a outras indústrias, com relativamente poucos trabalhos publicados, alguns tratando apenas da energia incorporada nos materiais. Podem ser citados os trabalhos de Cybis e Santos (2004) focando o processo de alvenaria, Manfredini e Sattler (2005) em cerâmica vermelha, e Taborianski e Prado (2003) no aquecimento de água.

Estes e outros estudos permitem obter parâmetros mais ajustados à realidade nacional em termos de energia incorporada e emissões. A quantidade de energia e de emissões depende ainda da utilização de composições unitárias coerentes com a realidade de cada empresa e obra. Esse tipo de informação deveria ser disponibilizado aos projetistas, o que dificilmente acontece. Também pode auxiliar construtores em encontrar materiais e fornecedores considerando os aspectos de sustentabilidade. Neste sentido, uma importante questão a ser considerada no Brasil

é o transporte de materiais. Por ser um país de grande extensão, a distância de transporte e seus custos são relevantes. Por exemplo, em algumas regiões não existe areia, em outras o problema é referente à extração de pedra britada e os transportes destes materiais podem chegar a 200 km ou mais. Sob ponto de vista da sustentabilidade o uso de materiais reciclados em substituição a estes materiais pode ser uma boa opção, com dupla vantagem: o emprego de um resíduo reciclado diminui a extração de recursos naturais e não há necessidade do transporte da matéria-prima.

2.2 Dimensão Social

Um dos elementos defendidos pela teoria da construção enxuta é a agregação de valor, através do atendimento aos requisitos dos usuários (KOSKELA, 2000). No Brasil, fenômenos relativamente recentes, como a estabilidade econômica, a edição da legislação do consumidor, a maior disponibilidade de informação e a migração das empresas para faixas de renda mais elevadas modificaram o perfil do cliente: na faixa de classe média, as empresas hoje se relacionam com usuários mais informados e qualificados. Como reação a esta nova realidade, a maioria das empresas buscou ampliar a eficiência, através de ações de gerenciamento da construção (otimização de processos, implantação de programas de qualidade, certificação e terceirização de grande parte das atividades necessárias à produção) e adoção de algumas alternativas tecnológicas, tais como gesso acartonado e alvenaria estrutural. Entretanto, em última análise, ao invés de ampliar a qualidade do produto e conseqüentemente a satisfação do cliente final, os esforços praticados são mais voltados ao enfrentamento da concorrência acirrada e à redução de custos.

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) é uma importante técnica para identificar pontos positivos e negativos sobre decisões tomadas na fase de projetos de empreendimentos, podendo ser utilizada no processo de projeto de novos empreendimentos. É composta por um amplo diagnóstico do ambiente construído, incluindo análise do sistema construtivo, conforto ambiental, funcionalidade, acessibilidade, segurança ao fogo, e as relações entre o ambiente construído e o usuário. Esta análise é geralmente realizada através de um conjunto de método e

técnicas para coleta de dados como entrevistas, pesquisa em campo, medições *in loco*, e os resultados são analisados através de mapeamento e tabulação para identificar as diferenças entre o produto e as necessidades reais dos usuários (KOWALTOWSKI *et al.*, 2006; ROMÉRO; ORNSTEIN, 2003).

Como finalidade principal, os resultados da APO podem ser utilizados por projetista para os projetos de novos empreendimentos considerando os aspectos positivos e negativos apontados pelos usuários, melhorando o processo de projeto e agregando maior valor aos empreendimentos. Para Kowaltowski *et al.* (2006), o emprego desta técnica deve considerar avaliações comportamentais, físicas, indicadores e comentários gerais.

Uma segunda questão é antecipar as necessidades futuras que a edificação deverá atender. As preferências dos usuários são alteradas com base em transformações sociais, econômicas e culturais, enquanto que os imóveis são bens duráveis, sendo utilizados continuamente por dezenas de anos. Quanto mais ajustado às necessidades dos usuários, melhor o conforto proporcionado ou então menor a necessidade de reformar o imóvel. É difícil prever os requisitos futuros, então uma estratégia interessante é proporcionar flexibilidade à edificação, permitindo a alteração para diferentes usos. Porém, esta estratégia exige o gerenciamento de equipes multidisciplinares de projeto (EMMITT, 2007; FOLZ, 2008; KENDALL, 2004).

2.3 Dimensão Econômica

A importância da construção civil na economia brasileira é clara, representando mais de 9% do PIB nacional em 2008 (ABRAMAT; FGV, 2009). Na Europa o impacto econômico é igualmente forte (OECD, 2009). Nos últimos 20 anos (período pós-BNH), as empresas do setor sofreram transformações significativas, incluindo redução de tamanho e de barreiras à entrada no setor, resultando em incremento na competitividade e conseqüente redução de margens de lucro.

Dificuldades de financiamento da produção e a prática reiterada de taxas de juros elevadas no país também provocaram mudanças no setor. Parte dos rendimentos da construção foi transferida para investidores ou instituições financeiras.

A sustentabilidade econômica do setor e, mais especificamente, das empresas, está vinculada ao lançamento de produtos progressivamente mais adequados às exigências do mercado. Por um lado os empreendedores precisam se adaptar ao nível de preços praticado pelo mercado, sendo que a visão tradicional indica que o lucro depende do controle dos custos de produção. Por outro lado, o valor do produto deve ser ampliado através de uma atuação mais consistente na fase de concepção do produto, privilegiando o cliente externo ou usuário.

Algumas falhas nos sistemas de gestão podem ser consideradas como a principal causa do desenvolvimento inadequado da indústria da construção civil. Embora importantes iniciativas tenham sido realizadas, como pré-fabricação e modulação, os reais benefícios dessas práticas ainda são incipientes e pouco claros. De acordo com Koskela (2000), uma das causas da ineficiência dos sistemas de gestão é o fato da produção tradicionalmente ser compreendida como sendo composta por atividades isoladas e transformação. Para este autor, esta visão é simplista e falha na consideração da geração de perdas no processo e na captura de requisitos dos usuários durante o processo de projeto.

A partir da perspectiva do processo de produção, é preciso considerar que, além das atividades de transformação, existem atividades que não agregam valor ao produto e que são responsáveis pela geração de custos e perdas. Baseado em Shingo (1981), a minimização de perdas deve ser um elemento central no desenvolvimento de um processo de produção. Isso requer que diferentes formas de perdas devam ser identificadas a fim de que sejam eliminadas ou reduzidas. Esse autor expõe sete tipos de perdas, geralmente geradas num processo de produção: (a) superprodução; (b) retrabalho; (c) movimentação de material (d) processamento; (e) estoque; (f) espera; (g) transporte.

Através da perspectiva do projeto, Koskela (2000) aponta a importância de manter o foco nos requisitos dos usuários durante todo o processo de desenvolvimento do produto para melhor atender as demandas dos usuários e assim agregar valor ao produto. Em essência, a meta do sistema de produção deve ser a satisfação das necessidades dos usuários. Não é a transformação da material-prima em produto final que agrega valor, mas o fato do resultado corresponder aos requisitos e anseios do usuário. Por exemplo, um produto produzido de maneira correta pode ser inapropriado ao usuário e não terá valor. Neste contexto, Koskela

(2000) propõe cinco princípios a serem considerados por projetistas para criar valor ao produto: (a) assegurar que todos os requisitos dos usuários, tanto explícitos quanto implícitos, sejam capturados; (b) assegurar que as informações sobre os requisitos relevantes estejam disponíveis em todas as fases da produção, para que essas não sejam perdidas ao longo do processo quando são transformadas em soluções de projeto e produção; (c) assegurar que os requisitos dos usuários sejam satisfeitos em diferentes papéis: produto, serviço e entrega; (d) assegurar que o sistema de produção seja capaz de gerar produtos de acordo com os objetivos; (e) assegurar, através de indicadores, que o valor para o usuário seja gerado, sendo necessário captação de informações referentes à satisfação do usuário ao longo do tempo, o que exige um esforço específico.

A análise dos custos no ciclo de vida (ACCV), método que segue linhas similares às da ACV, indicam que os custos de operação e manutenção geralmente atingem o dobro dos custos de projeto e construção (BOUSSABAIN E KIKHAM, 2004; EDWARDS, 2010). Desta forma, a escolha de materiais e diversas outras decisões de projeto são cruciais também do ponto de vista econômico, sendo importante a participação do usuário, e exigindo um diferente processo de projeto (EDWARDS, 2010; EMMITT, 2010).

Entretanto, a informação sobre os requisitos do usuário nem sempre está disponível para o projetista, especialmente durante as primeiras fases do empreendimento. Muitas vezes, os requisitos são considerados de uma forma intuitiva. Porém, nas fases iniciais, envolvendo a concepção e planejamento do empreendimento, é quando as soluções possuem um grande impacto no custo final e no valor agregado (KIBERT, 2005). Desta forma, um sistema de apoio à decisão pode contribuir através de mecanismos de análise que sistematizam a informação disponível, com o objetivo de auxiliar os projetistas no alcance dos requisitos dos usuários, resultando num projeto de um produto com alto valor agregado.

Os requisitos dos usuários podem ser compreendidos através de modelos hedônicos de preços, os quais buscam estabelecer o relacionamento entre o preço praticado e as diversas características dos imóveis. Nos modelos hedônicos, os bens são descritos através de um “pacote de atributos”, reunindo as características que são importantes. Como as parcelas referentes a cada atributo não podem ser isoladas, pois não há mercados específicos para cada uma, os preços são obtidos

indiretamente, em geral através da análise de regressão múltipla. Os preços implícitos de cada um destes atributos, também chamados de preços hedônicos ou “preços-sombra”, são os preços relacionados com cada um dos atributos dos imóveis, tais como área, idade e localização (ROSEN, 1974; SHEPPARD, 1999).

Para construir os modelos de preços, devem ser coletados dados do segmento de interesse e então são gerados os modelos correspondentes. Os modelos hedônicos de preços podem ser entendidos como um meio de avaliar os requisitos e as preferências do cliente final de forma indireta. Podem auxiliar na análise de viabilidade (estimando o preço total) e nas definições de projeto (indicando as opções como maior valor agregado), nos *trade-offs* entre aumento de custos e de valor agregado pelas alternativas estudadas.

3 ORGANIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA O PROJETO SUSTENTÁVEL DE EDIFICAÇÕES

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) pode ser definido como o conjunto de atividades necessárias para o projeto de um produto, da identificação de uma oportunidade de mercado até a entrega do produto ao cliente final ou usuário (TZORTZOPOULOS *et al.*, 1998). O PDP inicia com a definição da estratégia competitiva da empresa, a qual especifica algumas variáveis fundamentais do empreendimento, tais como local de atuação (cidades e bairros) e tipo de imóvel a ser produzido (FONTENELLE; MELHADO, 2000) e análise de viabilidade. As outras etapas consistem do anteprojeto, projeto legal, projetos complementares, projeto executivo e planejamento da execução.

A concepção é uma etapa fundamental do PDP e também é denominada de fase de planejamento, projeto conceitual ou partido. Segundo Almeida (2000), “o projeto conceitual é a fase inicial do processo de projeto de um produto”. Este autor defende a sistematização/informatização desta etapa, viabilizando a integração com as demais fases, visando à redução do período de maturação do empreendimento.

O processo de projeto se constitui numa das mais importantes fases do empreendimento, pois é no projeto que o produto é concebido, necessitando que todos os requisitos, necessidades e expectativas do usuário sejam identificados e traduzidos em linguagem apropriada para a execução (TZORTZOPOULOS *et al.*,

1998). Visto como um todo, o processo de projeto tem influência significativa sobre os demais processos construtivos e sobre o produto final. Segundo Cross (1999), o escopo do projeto pode ser considerado como um “território desconhecido” e cabe aos projetistas explorá-lo. Entretanto, muitas vezes os projetos são iniciados sem informações suficientes, sendo que nesta fase as decisões tomadas têm grande impacto no custo final do produto (HUOVILLA *et al.*, 1994). Assim, é importante utilizar mecanismos que obtenham e aproveitem o conhecimento disponível para aprimorar a fase de concepção. Visto de uma forma ampla, o projeto de um empreendimento imobiliário visa compatibilizar as necessidades e requisitos do cliente final com as condições existentes (de mercado, orçamentárias, legais, de uso do solo e outras). Porém, muitas imprecisões ocorrem neste processo, devido a diferentes motivos, dentre os quais o fato de que os objetivos e preferências dos usuários e requisitos de projetos são dinâmicos, e ainda que existem diferenças entre as visões dos usuários e dos projetistas. No caso de empreendimentos realizados por incorporação, em geral não há contato direto entre eles, pressupondo-se um perfil de usuário, o que dificulta a tarefa de identificação de requisitos.

3.1 Sistemas de Apoio à Decisão

Um caminho para ampliar a sustentabilidade na construção é a adoção de ferramentas de tecnologia da informação, tais como Sistemas de Apoio à Decisão (*Decision Support Systems, DSS*). Estes sistemas são interativos e baseados em software, e têm como função auxiliar os decisores a resolver problemas complexos, pois em geral têm múltiplos atributos, objetivos ou metas (POWER, 2002). Existem basicamente dois tipos de sistemas de apoio à decisão: os Sistemas Especialistas (*Expert Systems, ES*, também conhecidos como *Knowledge-Based Systems* ou *Knowledge-Driven Decision Support Systems*), e os sistemas baseados em conhecimento aberto, utilizando Raciocínio Baseado em Casos (*Case-Based Reasoning*) ou outras ferramentas de descobrimento de conhecimento.

Um Sistema Especialista tem uma base de conhecimento (*knowledge base*) e um mecanismo de inferência (*inference engine*). A base de conhecimento é uma coleção organizada de conhecimento geral, regras e procedimentos aplicáveis ao

tipo de problema que o ES pretende resolver. O componente ativo é o mecanismo de inferência, que aplica regras elicítadas de um ou mais especialistas sobre o conhecimento armazenado na base. Um ES é construído a partir de conhecimento estruturado, explícito, gerando um modelo de solução de problemas (*model-based reasoning*). O sistema é relativamente fechado, tendo em vista que a atualização depende da repetição de parte do processo de construção, incluindo novos contatos com o especialista (POWER, 2002).

Alguns ES foram propostos na área de projeto, com aplicações em renovação predial (FLOURENTZOU; ROULET, 2002; ZAVADSKAS *et al.*, 2006), projeto semi-automatizado de habitação (GONZÁLEZ-URIEL; ROANES-LOZANO, 2004), e avaliação da qualidade da habitação (NATIVIDADE-JESUS *et al.*, 2007). Em geral estes sistemas adotam um mecanismo multi-critério de avaliação baseado em uma árvore de decisão e auxiliam o profissional a gerenciar partes do complexo processo de projeto. Entretanto, existem duas restrições aos ES: a construção do sistema demanda grande esforço para a elicitação do conhecimento, que deve ser razoavelmente bem definido (problema conhecido como “*knowledge elicitation bottleneck*”), e há dificuldades para a manutenção ou atualização do sistema (WATSON, 1997).

Um sistema mais aberto, baseado em conhecimento dinâmico, tem vantagens sobre os *Expert Systems*, especialmente em uma área em que o conhecimento não está estabilizado ou está em desenvolvimento, como a construção sustentável. A tarefa de apoio à decisão no processo de projeto pode ser abordada como um problema de descobrimento de conhecimento em bases de dados (*Knowledge Discovery in Databases, KDD*), técnica pesquisada desde o final da década de 80 (FAYYAD *et al.*, 1996). O descobrimento do conhecimento ocorre através de diferentes fases, com dois estágios principais: pré-processamento e mineração dos dados. A fase do pré-processamento de dados usa diferentes técnicas, tais como estatística descritiva e análise de regressão. No estágio de mineração dos dados o analista escolhe técnicas adequadas para o desenvolvimento das soluções através de ferramentas de estatística ou inteligência artificial (BERRY; LINOFF, 2000; FAYYAD *et al.*, 1996).

Uma das técnicas que podem ser utilizadas com sucesso para ampliar a inteligência do processo de projeto é o Raciocínio Baseado em Casos (RBC). Esta

técnica de solução de problemas é baseada em conhecimento e fundamentada na reutilização de experiências prévias (sintetizadas em "casos"). Ao contrário de outras técnicas baseadas em conhecimento, que resolvem problemas a partir de uma base de conhecimentos gerais, o RBC preocupa-se com experiências específicas (e reais), representadas pelos casos contidos na base de dados. As premissas do RBC são de que (a) problemas similares têm soluções similares, e (b) a reutilização de soluções de casos anteriores é mais adequada do que uma solução baseada na generalização de regras (AAMODT; PLAZA, 1994; KOLODNER, 1993; WATSON, 1997).

Segundo Watson (1997), as vantagens do RBC incluem o fato de que o método não depende de um modelo explícito para a solução do problema, tem flexibilidade para trabalhar com grandes quantidades de dados e tem possibilidade de aprender com novos casos, sendo relativamente fácil manter atualizado o sistema, bastando alimentar a base de dados periodicamente com novas experiências.

A principal parte da construção dos sistemas RBC está no adequado tratamento dos casos conhecidos. A representação dos casos é uma tarefa complexa e importante para o sucesso do sistema. Um caso pode ser entendido como a abstração de uma experiência descrita em termos de seu conteúdo e contexto, podendo assumir diferentes formas de representação, inclusive dentro do mesmo sistema (WATSON, 1997).

Os casos têm três partes a serem descritas: o problema (contextualizado), a solução aplicada e o resultado final. Podem ser representados de várias formas, tais como simples vetores de características ou objetos estruturados, com descrições simbólicas ou com informação multimídia (ALTHOFF; BARTSCH-SPÖRL, 1996).

O Raciocínio Baseado em Casos é um processo cíclico, composto basicamente por quatro fases: (a) recuperação de casos similares, (b) reutilização das informações como proposta de solução, (c) revisão da solução e (d) retenção da experiência para utilização futura (AAMODT; PLAZA, 1994). Este ciclo está representado na Figura 1:

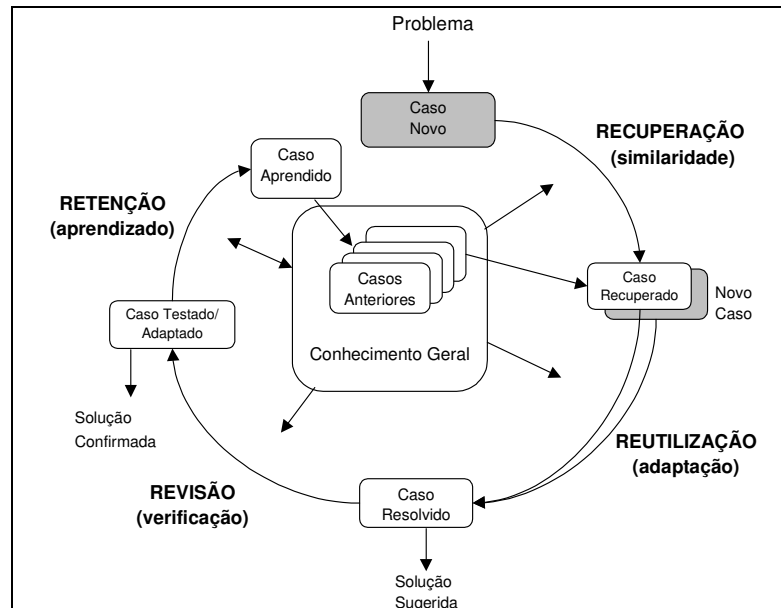


Figura 1: Ciclo do Raciocínio Baseado em Casos
Fonte: Adaptado de Aamodt e Plaza (1994, p. 45)

A tarefa de recuperação inicia com uma descrição parcial do problema, e termina quando um caso similar é encontrado (AAMODT; PLAZA, 1994). A indexação facilita a recuperação dos casos de interesse na solução do problema. Os índices devem ser preditivos, indicando os propósitos do caso, sendo abstratos o suficiente para abranger toda a base e, por outro lado, concretos o bastante para serem reconhecidos no futuro (WATSON, 1997).

A busca também pode ser realizada de várias formas. A mais simples é a seqüencial. Sistemas mais complexos requerem um ou mais índices. Como em geral os casos não coincidem exatamente, deve ser utilizado um mecanismo ou algoritmo flexível de busca que permita esta recuperação. Para cada caso "candidato" encontrado, deve ser determinada uma medida de similaridade em relação ao caso que se pretende resolver, ordenando-se os casos recuperados em ordem decrescente de similaridade (ALTHOFF; BARTSCH-SPÖRL, 1996). O algoritmo de busca mais empregado nos sistemas apresentados na literatura é a vizinhança próxima. Neste mecanismo de busca, a similaridade é indicada por uma soma ponderada das características, em geral associado a um mecanismo de ponderação multicritério (KOLODNER, 1993; POWER, 2002; WATSON, 1997; WATSON, 1999).

Alguns exemplos de sistemas baseados em RBC indicam o potencial deste tipo de solução. Marir e Watson (1995) apresentaram um sistema que emprega

Raciocínio Baseado em Casos com a função de produzir estimativas de custos em projetos de reabilitação predial. Os autores argumentam que a estimativa de custos é uma etapa importante e que existem muitas incertezas e fontes de variações nos custos de construção. O sistema proposto por eles divide a construção em partes relativamente pequenas. O mecanismo de adaptação do RBC é importante para permitir a utilização de dados anteriores, os quais referem-se a projetos com diferentes características. Ng e Smith (1998) apresentaram um sistema para pré-qualificação de empreiteiros usando RBC, considerando os principais requisitos do cliente, tais como cronograma, orçamento e padrão de qualidade. Oliveira et al. (1997) apresentaram um sistema baseado em RBC e realidade virtual de treinamento e aprendizagem para montagem de estruturas provisórias (tais como andaimes para reforma de fachadas). Existem também diversas aplicações no processo de projeto, nas fases de projeto conceitual (RIVARD; FENVES, 2000; SARIDAKIS; DENTSORAS, 2007), projeto estrutural (MAHER; GOMEZ DE SILVA GARZA, 1996), e projeto esquemático (MAHER; GOMEZ DE SILVA GARZA, 2001).

3.2 Proposta de um sistema de apoio à decisão

Para auxiliar o processo da tomada de decisão no desenvolvimento de empreendimentos de construção civil, apresenta-se uma estrutura a ser utilizada para construir um Sistema de Apoio à Decisão. A Figura 2 ilustra a estrutura do sistema proposto, mostrando o foco e as ferramentas de cada um dos três aspectos da sustentabilidade (ambiental, social e econômico). Estas dimensões devem formar uma base de informações para auxiliar projetistas no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). O raciocínio proposto para o sistema de apoio à decisão está descrito a seguir.

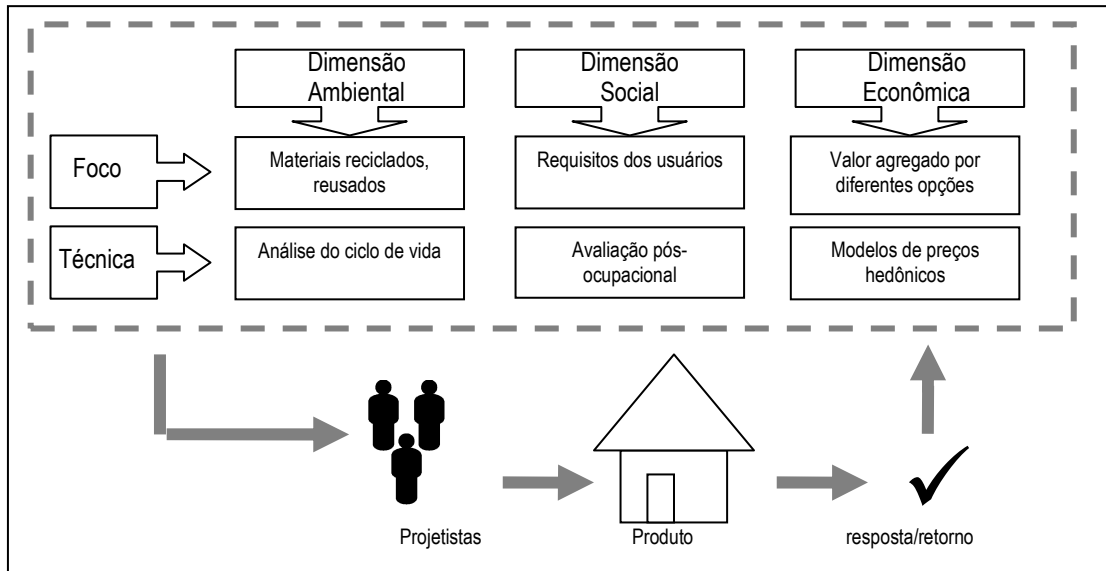


Figura 2: Configuração geral do Sistema de Apoio à Decisão

Tendo em vista a complexidade da questão e que existem poucos exemplos de construções sustentáveis no Brasil, a formação de uma base de casos do ponto de vista da edificação como um todo é difícil e optou-se pelo desenvolvimento de sub-bases para o gerenciamento da informação gerada a partir dos estudos de ACV, APO e MHP. A avaliação é sub-dividida em três parcelas. Estas parcelas podem ser entendidas como a sub-divisão das edificações, tornando parcial o índice de medição de similaridade.

Para a parcela ambiental, utiliza-se uma relação que leva em conta a energia incorporada e as emissões geradas por cada material (Equação 1):

$$\text{Impacto} = \sum(\text{energia para fabricação} + \text{transporte} + \text{aplicação dos materiais}) * k_0 + \sum(\text{emissões}) * k_1 \quad (1)$$

As constantes k_0 e k_1 permitem a equalização das duas parcelas, em função das diferenças de ordem de grandeza dos números. Por exemplo, se a energia é medida em KJ/kg e as emissões em kg/kg de material empregado na construção, há diferenças de escala nas medidas. A energia incorporada para a produção de uma tonelada de cimento é de cerca de 6 GJ de energia (SCHEUER *et al.*, 2003), enquanto que esta produção gera emissões de 1 ton de CO₂, 150 kg de NO_x e 63 kg de SO_x (CYBIS; SANTOS, 2000). As emissões somam cerca de 1,2 ton, e poderiam ser utilizadas constantes de $k_0=0,2$ e $k_1=1,0$ para ajustar as medidas.

Para a parcela social, a informação obtida a partir dos estudos de APO pode ser sintetizada em um único mecanismo, considerando as edificações como um todo, baseada em um conjunto de indicadores. A proposta apresentada no Quadro 1 foi desenvolvida de forma aberta, para que possa ser adaptada ou atualizada facilmente. A avaliação considera a adequação do parâmetro em relação ao empreendimento em análise. Todos os quesitos são apreciados em uma escala de 0 a 3 pontos.

Tema	Sub-tema	Resposta	Fator de Correção (k_{2i})
A) Terrenos Sustentáveis	1	Seleção e otimização das potencialidades do local / integração urbana	0,144
	2	Localização e Orientação Solar	
	3	Vias de Acesso	
	4	Áreas de Estacionamento	
	5	Alternativas de Transporte	
	6	Gerenciamento da água da chuva	
B) Eficiência no uso de água	1	Redução do uso da água	0,119
	2	Novas tecnologias para água residuária	
	3	Dispositivos e sistemas economizadores de água	
	4	Utilização de água da chuva	
	5	Redução na geração de esgotos e águas servidas	
C) Consumo de Recursos Energéticos e Atmosfera	1	Otimização da eficiência energética	0,071
	2	Uso de energia renovável e energia "verde"	
	3	Isolamento térmico	
D) Materiais e Recursos	1	Reutilização da edificação	0,238
	2	Gerenciamento de desperdícios na construção	
	3	Reutilização de recursos, materiais e componentes	
	4	Uso de materiais locais / regionais	
	5	Uso de materiais rapidamente renováveis	
	6	Uso de madeira certificada	
	7	Manutenção e simplicidade de reparo	
	8	Qualidade ambiental dos materiais de construção	
	9	Previsão de vida útil	
	10	Adaptabilidade do layout e flexibilidade de uso	
E) Qualidade do Ambiente Interno	1	Aumento da eficácia da ventilação	0,119
	2	Conforto térmico	
	3	Luz natural e vistas	
	4	Materiais de acabamento e mobiliários adequados	
	5	Controle do ruído	
F) Cargas Ambientais	1	Gestão e disposição dos resíduos	0,071
	2	Custo de medidas ambientalmente responsáveis	
	3	Infiltração de água no solo	
G) Inovação de Processos e Projeto	1	Inovações	0,238
	2	Forma da estrutura da edificação	
	3	Pavimentação do solo	
	4	Integração urbana	
	5	Vegetação no edifício e arredores	
	6	Adaptação das instalações para idosos e/ou PPNE	
	7	Uso de mão de obra local com manutenção dos hábitos e costumes dos operários	
	8	Formalidade no emprego	
	9	Segurança no trabalho	
	10	Presença de discriminação de trabalhadores	

Quadro 1 – Modelo de avaliação pós-ocupação sobre a sustentabilidade da edificação e da região onde está localizada

Desta forma, a indexação das informações de APO utiliza a seguinte relação (Equação 2):

$$\text{Requisitos} = [\sum(A_1 \dots A_6)/k_{2,1} + \dots + \sum(G_1 \dots G_{10})/k_{2,7}] \quad (2)$$

Onde os termos $A_i \dots G_i$ representam os resultados dos indicadores, variando de 0 a 3, e $k_{2,i}$ são fatores de correção para o ajuste matemático do sistema, visando manter o peso de cada categoria no mesmo nível (ver coluna mais a direita no Quadro 1).

Já para as questões econômicas, o indicador toma a forma de um modelo hedônico de preços, ou seja, um modelo tal como o apresentado na Equação 3:

$$\begin{aligned} \text{Valor} = & (1.533 + 34 * \text{Área_Total} + 199 * \text{Fração_Privativa} + 340 * \text{Padrão_Construção} - \\ & 15,6 * \text{Idade} + 22,5 * \text{Bairro} - 34 * \text{Distância_Centro} - 91 * \text{Distância_Comércio} \\ & + 396 * \text{Vista_Panorâmica} - 18 * \text{Mês_da_Venda}) \quad (3) \end{aligned}$$

Este modelo é um exemplo de modelo hedônico de preços para apartamentos na cidade de Porto Alegre. Se o mercado apresentar uma maior complexidade ou for sub-dividido em segmentos, melhores resultados serão obtidos com a segmentação dos modelos, a conjugação de estudos para diferentes parcelas do mercado imobiliário (diferentes tipos de imóveis ou localizações) pode ser realizada com o apoio de lógica difusa, formando um sistema de regras difusas, tal como descrito em González e Formoso (2006).

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do produto no âmbito da construção civil depende da obtenção de informações adequadas sobre os materiais e técnicas e sobre os requisitos dos usuários. Esta tarefa é muitas vezes realizada de forma intuitiva, seguindo os sentimentos dos projetistas e dos empreendedores. É importante dispor de mecanismos de análise que sistematizem a informação disponível, como apoio à tomada de decisão, para atingir um resultado melhor, como uma abordagem sistêmica e baseada em sistemas de informação, a ser utilizada na concepção de novos empreendimentos, ou renovação de empreendimentos existentes, visando agregação de valor ao produto, do ponto de vista do usuário.

Este trabalho apresenta a estrutura de um sistema de apoio à decisão com estas características, baseado em três componentes principais: Análise do Ciclo de Vida (ACV), Avaliação Pós-Ocupacional (APO) e Modelos Hedônicos de Preços (MHP). Tendo sido definida a estrutura básica do sistema, os próximos passos são a coleta de informações (alimentação dos bancos de dados) e o teste em aplicações de projeto, colhendo a percepção dos usuários e identificando as vantagens e desvantagens reais. A opção por um sistema baseado em conhecimento, como o proposto neste trabalho, poderá permitir o incremento contínuo da qualidade de informação inserida no processo de projeto.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam agradecer ao apoio da CAPES (Bolsa Prosup do primeiro autor) e do CNPq (Bolsa de Produtividade do segundo autor).

REFERÊNCIAS

AAMODT, A.; PLAZA, E. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches. **AI Communications**, v.7, n.1, p.39-59, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO. **Perfil da cadeia produtiva da construção e da indústria de materiais**. São Paulo: ABRAMAT/Rio de Janeiro: FGV, 2009.

ALMEIDA, F. J. Estudo e escolha de metodologia para o projeto conceitual. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v.8, n.16, p.31-42, 2000.

ALTHOFF, K.-D.; BARTSCH-SPÖRL, B. Decision support for case-based applications. **Wirtschaftsinformatik**, n.38, v.1, p.6-14, 1996.

ANDERSON, B.; WELLS, M. **Guia facil de la energia solar pasiva**: calor y frio natural. Mexico: Gustavo Gili, 1984.

BERRY, M.J.; LINOFF, G. **Mastering data mining**. New York: Wiley Computer Publishing, 2000.

BOUSSABAIN, H.A.; KIRKHAM, R.J. **Whole Life**: cycle costing, risk and risk responses. Oxford: Blackwell, 2004.

CAMOUS, R.; WATSON, D.S. **El habitat bioclimatico**: de la concepción a la construcción. Mexico: Gustavo Gili, 1986.

CROSS, M. Natural intelligence in design. **Design Studies**, v. 20, n.1, pp. 25-39, 1999.

CYBIS, L.F.; SANTOS, C.V.J. Análise do ciclo de vida (ACV) aplicada à indústria da construção civil - estudo de caso. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Porto Alegre (Brasil): AIDIS-ABES/RS, 2000.

EDWARDS, B. **Green buildings pay**. London: E&FN Spon, 1998.

EDWARDS, B. **Rough guide to sustainability**: a design primer. London: RIBA, 2010.

EMMITT, S. **Managing interdisciplinary projects**: a primer for architecture engineering and construction. Oxon - UK: Spon, 2010.

EMMITT, S. **Design management for architects**. Oxford: Blackwell, 2007.

FAYYAD, U.M. *et al.* From data mining to knowledge discovery: an overview. In: U.M. Fayyad, U.M. *et al.* (Eds.). **Advances in knowledge discovery and data mining**. Menlo Park (CA)/Cambridge (MA): AAAI, 1996.

FLOURENTZOU, F.; ROULET, C.-A. Elaboration of retrofit scenarios. **Energy and Buildings**, v.34, n.2, p.185-192, 2002.

FOLZ, R.R. **Projeto tecnológico para a produção de habitação mínima e seu mobiliário**. Tese (Doutorado em Arquitetura). São Carlos: EESC-USP, 2008.

FONTENELLE, E.C.; MELHADO, S.B. Proposta para sistematização de informações e decisões nas etapas iniciais do processo de projeto de edifícios. In: VIII Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais...** Salvador: ANTAC, v.1, p.666-673, 2000.

GAUZIN-MÜLLER, D. **Arquitectura ecológica**. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

GÓMEZ DE SILVA GARZA, A.; MAHER, M.L. Using evolutionary methods for design case adaptation. In: Jabí, W. (Ed.), Proceedings of the ACADIA 2001 - Reinventing the Discourse, p. 180-191, 2001.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiência de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, v.6, n.4, p. 51-81. out./dez., 2006.

GONZÁLEZ, M. A. S.; FORMOSO, C. T. Mass appraisal with genetic fuzzy rule-based systems. **Property Management**, v. 24, n.1, p.20-30, 2006.

GONZÁLEZ-URIEL, A.; ROANES-LOZANO, E. A knowledge-based system for house layout selection. **Mathematics and Computers in Simulation**, v. 66, n. 1, p. 43-54, 2004.

HERZOG, T. **Solar energy in architecture and urban planning**. Munich: Prestel, 1996.

HUOVILLA, P. *et al.* Fast or concurrent: The art of getting construction improved. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 2nd. **Proceedings...** Santiago, IGLC, 1994.

KENDALL, S. An open building strategy for balancing production efficiency and consumer choice in housing. In: NSF/PATH HOUSING RESEARCH AGENDA WORKSHOP. **Proceedings...** Michigan, Michigan State University, v.1, p.60-71, 2004.

KIBERT, C. J. **Sustainable construction**: green building design and delivery. Hoboken-NJ: Wiley, 2005.

KOLODNER, J. K. **Case-based reasoning**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1993.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Thesis (Doctor of Technology). Technical Research Centre of Finland. Helsinki: VTT, 2000.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K. *et al.* Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, v.6, n.2, p.07-19, abr./jun, 2006.

KUHN, E. A. **Avaliação da sustentabilidade ambiental do protótipo de habitação de interesse social Alvorada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto Alegre: UFRGS – PPGEC, 2006.

LOTURCO, B. A Nova Lei do Lixo. **Téchne**, n.82, p.52-55. Jan, 2004.

MAHER, M. L.; GOMEZ DE SILVA GARZA, A. Developing Case-Based Reasoning for structural design. **IEEE Expert**, v. 11, n.3, p.42-52, 1996.

MANFREDINI, C.; SATTLER, M.A. Estimativa de energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, v.5, n.1, p.23-37, jan./mar., 2005.

MARIR, R.; WATSON, I. Representing and indexing building refurbishment cases for multiple retrieval of adaptable pieces of cases. *In*: VELOSO, M.; AAMODT, A. (Eds.), **Case-Based Reasoning Research and Development — ICCBR '95, LNCS 1010**. Berlin: Springer, p. 55–66, 1995.

NATIVIDADE-JESUS, E., COUTINHO-RODRIGUES, J.; ANTUNES, C.H. A multicriteria decision support system for housing evaluation. **Decision Support Systems**, v. 43, n. 3, p. 779-790, 2007.

NG, T.; SMITH, N.J. Verification and validation of case-based prequalification system. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v.12, n.4, p.215-226, 1998.

OECD (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico). OECD in figures 2009. **OECD Observer**. Paris: OECD, 2009.

OLGYAY, V.W. **Arquitectura y clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

OLIVEIRA, L.R.; RETIK, A.; WATSON, I. The integration of VR and CBR to visually represent past experiences. *In*: M. HEINISUO (Ed.). **Application of artificial intelligence in structural engineering**, v.4, p.105-116, 1997.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Plan of implementation**. *In*: CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (Earth Summit 2002 - Johannesburg). New York: UN, 2002.

PINTO, T.P.; GONZÁLES, J.L.R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. V.1 - manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília: CAIXA, 2005.

POWER, D. J. **Decision support systems**: concepts and resources. Quorum: Westport, 2002.

RIVARD, H.; FENVES, S.J. SEED-Config: A case-based reasoning system for conceptual building design. **AI EDAM**, v. 14, p.415-430, 2000.

ROMERO, M.A.; ORNSTEIN, S.W. (Eds.). **Avaliação pós-ocupação**: métodos e técnicas aplicados à habitação social. Porto Alegre: ANTAC, 2003.

ROSEN, S. Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. **Journal of Political Economy**, n.82, p.34-55, 1974.

SARIDAKIS, K.M.; DENTSORAS, A.J. Case-DeSC: A system for case-based design with soft computing techniques. **Expert Systems with Applications**, v. 32, p. 641-657, 2007.

SHEPPARD, S. Hedonic analysis of housing markets. *In*: CHESHIRE, P. C.; MILLS, E. S. (Eds.) **Handbook of applied urban economics**, v.3. New York: Elsevier, chap.8, 1999.

SCHEUER, C.; KEOLEIAN, G.A.; REPPE, P. Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications. **Energy and Buildings**, v.35, pp.1049-1064, 2003.

SHINGO, S. **A study of toyota production system from an industrial engineering viewpoint**. Toquio, Japan Management Association, 1981.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros**: diretrizes e base metodológica. Tese (Doutorado). São Paulo: USP, 2003.

TABORIANSKI, V.M.; PRADO, R.T.A. **Avaliação da contribuição das tipologias de aquecimento de água residencial para a variação dos balanços de gases de efeito estufa na atmosfera.** São Paulo: EPUSP, 2003.

TZORTZOPOULOS, P. *et al.* Diretrizes para a modelagem do processo de desenvolvimento de projeto de edificações. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 7., 1998. Florianópolis, 1998. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, v.2, p.627-634, 1998.

WATSON, I. **Applying case-base reasoning:** techniques for enterprise systems. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1997.

WATSON, I. Case-based reasoning is a methodology not a technology. **Knowledge-Based Systems**, v.12, n.5-6, p.303-308, Oct 1999.

WOOLEY, T.; KIMMINS, S.; HARRISON, P.; HARRISON, R. **Green building handbook:** a guide to building products and their impact on the environment. London: E & FN Spon, 1998.

YEANG, K. **El rascacielos ecológico.** Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

ZAVADSKAS, E. K., KAKLAUSKAS, A., VAINIUNAS, P., DUBAKIENE, R., GULBINAS, A., KRUTINIS, M., CYRAS, P.; RIMKUS, L. A building's refurbishment knowledge and device based decision support system. *In: LUO, Y. (Ed.) Cooperative design, visualization, and engineering.* Berlin: Springer, p.287-294, 2006.



Artigo recebido em 12/01/2009 e aceito para publicação em 24/08/2010.