

CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL DE HABITAÇÕES: COMPARAÇÃO ENTRE LEED FOR HOMES, PROCESSO AQUA E SELO CASA AZUL

PAULA REGINA MENDES GRÜNBERG¹,
MARCELO HENRIQUE FARIAS DE MEDEIROS²,
SERGIO FERNANDO TAVARES³

Introdução

Com a necessidade de mudanças no setor da construção civil, para adequação às agendas de sustentabilidade, foram desenvolvidos métodos avaliativos dos impactos ambientais das edificações. Estes métodos são importantes porque sem a determinação de parâmetros e metas não há como verificar o atendimento às questões de sustentabilidade a que os países estão sujeitos.

Muitos países já desenvolveram metodologias para avaliação e certificação ambiental das edificações, também conhecidos como selos verdes. Dentre essas se destacam: Método de Avaliação Ambiental do *Building Research Establishment* (BRE) da Inglaterra, Liderança em Design de Energia e Meio Ambiente (LEED) dos Estados Unidos, Desafio da Construção Sustentável (GBC) que pertence a um consórcio de vários países, Alta Qualidade Ambiental (HQE) da França e o Sistema de Avaliação de Eficiência Ambiental para Construção (CASBEE) do Japão.

Constatada que a realidade dos países citados é bastante distinta da brasileira, é necessário basear-se em estudos que comprovem a empregabilidade destas ferramentas no Brasil. Azevedo (2008) concluiu que os mecanismos estabelecidos por países em desenvolvimento necessitam de uma estrutura evolutiva. Bueno (2010) propõe que adaptações devem ser feitas com relação às questões geográficas, climáticas, culturais e normativas, mas também afirma "(...) que as ferramentas estudadas demonstram uma série de itens avaliativos plenamente aplicáveis a edifícios residenciais situados no cenário brasileiro e outros que ainda necessitam de adaptações".

Segundo Costa e Moraes (2012), o Brasil está experimentando um ciclo de forte expansão na indústria da construção, e as grandes construtoras perceberam que a aplicação de métodos de gestão sustentável é a única maneira de garantir que ganhos deste

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil. Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail: arqpaula@yahoo.com.br

² Departamento de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail: medeiros.ufpr@gmail.com

³ Departamento de Arquitetura da Universidade Federal do Paraná (UFPR). E-mail: sergioftavares@gmail.com.

ciclo possam se manter, e haverá busca incessante por melhorar o desempenho ambiental das edificações. Mas aplicar estes conceitos gera um custo que só poderá ser recuperado se houver comunicação ao usuário dos ganhos ambientais, sociais e econômicos destas soluções. A certificação é, acima de tudo, um atestado deste melhor desempenho, e os empreendimentos já enxergam nela uma ferramenta com duas grandes vantagens:

1. A certificação impulsiona o desenvolvimento da construção civil em busca de práticas mais sustentáveis, o que leva à melhora na gestão da obra, redução de consumo e de perda de materiais;
2. A certificação é um importante fator de comunicação com o usuário, pois atesta o melhor desempenho ambiental.

De acordo com Barros (2012), para a potencialização da certificação em edifícios e promoção das construções sustentáveis são necessárias algumas ações por parte das autoridades governamentais, como segue:

- Valorizar as edificações e projetos sustentáveis nos critérios de apreciação das propostas apresentadas em obras públicas;
- Criar legislações locais que por meio de incentivos (créditos fiscais e consultores patrocinados pelo governo) e exigências de requisitos mínimos de sustentabilidade para edificações, insumos e componentes, movimente toda a cadeia produtiva da construção e torne mais familiar o processo de certificação;
- Criar prêmios que possam promover e divulgar a adoção das certificações e Green buildings, melhorando a conscientização pública sobre a temática;
- Criar Institutos verdes ou redes de cooperação, para dar suporte à disseminação das edificações sustentáveis e à criação de sinergias organizacionais que objetivem a criação de redes locais de empresas da construção civil e a criação de programas de capacitação em escolas técnicas e universidades e programas de geração e difusão de novos conhecimentos.

Verifica-se então a importância do selo ambiental para melhoria da qualidade dos ambientes construídos e, principalmente, como forma de minimizar os impactos ao meio ambiente. Sendo assim, este artigo tem o objetivo de eleger o sistema de certificação ambiental mais adequado às edificações habitacionais brasileiras, dentre três pré-selecionados. A hipótese levantada é que um selo verde desenvolvido para uma realidade e localidade específicas tem melhor desempenho. Os sistemas aqui analisados e comparados estão entre os mais conhecidos e utilizados no país, sendo: (a) um método estrangeiro, LEED *for Homes*; (b) uma adaptação do sistema francês, Processo AQUA; (c) primeira metodologia brasileira, Selo Casa Azul.

O Brasil mantém a 4ª posição no ranking mundial de empreendimentos LEED, atrás apenas dos Estados Unidos, China e Emirados Árabes Unidos (GBC Brasil, 2012). Já o Processo AQUA certificou, até novembro de 2012, sessenta e três edificações (FCAV, 2012) e o Selo Casa Azul foi concedido à grandes obras de habitação de interesse

social, como o Complexo de Paraisópolis e Complexo Chapéu Mangueira e Babilônia (CEF, 2012).

Para análise comparativa dos três selos verdes citados, utilizou-se a técnica denominada Análise Hierárquica, método que auxilia no processo decisivo através de uma matriz de decisão, com a determinação de pesos para os critérios de avaliação.

No campo da engenharia civil, o potencial da análise hierárquica tem sido pouco explorado, porém pode-se citar exemplos de estudos que usaram esta ferramenta como instrumento de decisão, tais como: 1 – Marchezetti *et al.* (2011), no tratamento de resíduos domiciliares; 2 – Silva e Souza (2011), na seleção de caminhões coletores-compactadores de resíduos sólidos; 3 – Lisboa e Waisman (2006) e Zayed *et al.* (2008) nas decisões relacionadas a área de projeto de rodovias; 4 – Pan (2008), na seleção de métodos de construção de pontes; 5 – Lai *et al.* (2008), no projeto de obras públicas; 6 – Pereira, Medeiros e Levy (2012) e Mattana *et al.* (2012) em estudos na área de reciclagem de resíduos de construção para confecção de concretos e argamassas.

O impacto ambiental das construções

Muitas são as implicações e impactos gerados pelos edifícios no mundo todo. Na construção e operação de edificações no Brasil, tem-se no mínimo uma quarta parte da parcela de emissão de CO₂, excetuando-se a parcela relativa às queimadas. O CO₂ é o mais importante subproduto da fabricação de materiais de construção, incluindo os recursos utilizados, os efeitos causados pela extração de matéria prima e o seu processo de beneficiamento. É relevante saber que edifícios construídos em estrutura de concreto armado ou aço estrutural requerem quantidades semelhantes de energia e resultam em níveis semelhantes de emissões de CO₂ (TAVARES, 2006).

Considerar o desempenho das edificações e até mesmo das cidades é relevante considerando-se sua vida útil. Os edifícios tendem a durar mais de cinquenta anos e as infraestruturas viárias e ferroviárias até mais de cem anos. Além disso, é preciso lembrar que são grandes consumidoras de recursos. De acordo com Edwards (2008), a maior parte do melhor solo cultivável do mundo, 80%, é utilizado na construção ao invés de na agricultura. Além disso, a construção de edificações duráveis pode significar menor necessidade de investimento com sua recuperação ao longo dos anos assim como uma elevada vida útil, poupando os recursos naturais destinados ao processo de demolição e reconstrução de uma dada edificação ao final do seu tempo de serviço (MEDEIROS *et al.*, 2011). No Brasil, o imóvel tem alto valor agregado e chega a ocupar quase 70% da renda familiar para sua aquisição (IPEA, 2008). Considerando que a função da moradia é prover abrigo e conforto para o homem, é certo que aquelas que cumprem melhor seu papel serão mais valorizadas pelo mercado imobiliário. Além disso, Olgyay (2006) destaca a importância de a edificação proporcionar conforto ao usuário associado com baixo custo de manutenção, reduzindo a necessidade de condicionamento mecânico através do aproveitamento dos recursos naturais. Neste sentido é importante ressaltar que, na avaliação de uma edificação em um período de cinquenta anos, os custos operacionais são cinco vezes maiores que o de projeto e construção (EDWARDS, 2008). Neste sentido, a

Tabela 1 ilustra o impacto econômico que os serviços de manutenção e reparo podem ter na economia de um país, onde verifica-se que alguns países europeus gastam por volta de 50% do que investem em construções e serviços de manutenção e reparo (UEDA e TAKEWAKA, 2007). No Brasil, dados estatísticos como estes não existem, mas os dados da Tabela 1 servem como uma indicação do quanto pode custar a manutenção e reparo de edificações para uma nação.

Tabela 1: Gastos com manutenção e reparo em países desenvolvidos (UEDA e TAKEWAKA, 2007)

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%)
Alemanhã	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 Pounds (50%)	121,9 Bilhões de Pounds (100%)

Observação: Todos os dados se referem ao ano de 2004, exceto no caso da Itália que se refere ao ano de 2002.

Voltando à questão da sustentabilidade das edificações, além das adaptações dos sistemas de avaliação internacionais, existem iniciativas nacionais de normatização, como a série NBR ISO 14000, e muitos materiais e tecnologias sustentáveis de eficácia comprovada. Exemplo disso é a consolidação do projeto da Casa Eficiente, “(...) vitrine de tecnologias de ponta de eficiência energética e conforto ambiental para edificações residenciais” (ELETROSUL, 2004).

A intenção dos selos de certificação ambiental é que o mercado em si impulse o melhoramento ambiental, seja por seu comprometimento com o tema, seja por questões mercadológicas como competitividade. Em alguns países, a certificação “(...) deixou de ser meramente estratégia de mercado e passou a ser condição para legalização do edifício.” (PICCOLI *et al.*, 2010).

Os já referidos autores expõem que, em 2007, foi criado no país, o primeiro sistema de certificação ambiental, o Referencial Técnico de Certificação: edifícios do setor de serviços, sistema Alta Qualidade Ambiental (AQUA), baseado no sistema francês NF Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE®. Ressaltam-se aqui também as iniciativas do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA) e do Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal.

Piccoli *et al.* (2010) criticam as normalizações técnicas brasileiras referentes à construção civil, que tem como preocupação a forma (meio) como o produto é construído e não quanto ao seu desempenho. O efeito negativo desta característica da grande maioria das normas nacionais é a dificuldade de certificação de novos sistemas construtivos que, por serem inovadores, não tenham uma norma específica. As normas baseadas em critérios de desempenho fixam valores mínimos de eficiência do sistema construtivo, sendo plenamente possível a criação de novos sistemas de construção, desde que os limites estabelecidos como mínimos para a satisfação do usuário sejam atendidos.

No sentido de agregar o conceito de desempenho ao conjunto de normas nacionais relacionado à construção civil, foi desenvolvida a norma técnica NBR 15575, “Edifícios habitacionais até cinco pavimentos: desempenho”. Essa norma objetiva garantir aos usuários o desempenho dos sistemas construtivos e não determinar como devem ser construídos, de modo que diversos sistemas construtivos, tradicionais ou novos, podem concorrer como opções de utilização nas edificações sem que as construtoras estejam fora de norma. Para isso, cada novo sistema construtivo terá que passar por uma bateria de ensaios para serem certificados e aprovados para uso corrente. Esta norma foi publicada em maio de 2008, porém, passou por um processo de adaptação das construtoras e de revisões do seu texto e entrou em vigor a partir de março de 2013 (ABNT, 2008).

Uma das iniciativas governamentais para agenda da sustentabilidade foi a criação da 1ª Lei de Eficiência Energética, Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Esta, regulamentada pelo Decreto nº 4.059 de outubro de 2001, estabelece a criação de “níveis máximos de consumo de energia e mínimos de eficiência energética” e a necessidade de “indicadores técnicos e regulamentação específica” também para as edificações (CARLO; LAMBERTS, 2010).

O fato é que, a importância da redução do impacto ambiental das construções é uma tendência mundial, impulsionada pelas exigências governamentais ou até por estratégias de mercado. Por um motivo ou por outro, a certificação, usando os sistemas de selos verdes, está cada vez mais em evidência e precisa ser comparada de forma criteriosa para produzir o conhecimento necessário em termos de decidir qual a opção é mais apropriada para uso no Brasil.

LEED for Homes

O sistema de certificação LEED foi criado pelo United States Green Building Council (USGBC), em 1998. É um método de classificação baseado na harmonização, ponderação de créditos (em função do impacto ambiental e da saúde humana) e regionalização. A eficiência energética e redução da emissão de CO₂ são itens considerados de maior importância neste sistema de avaliação. O selo certifica edifícios a partir de uma lista de pré-requisitos e créditos, e possui quatro níveis: Certificado, Prata, Ouro e Platina (USGBC, 2012).

O LEED for Homes, criado em 2008 especificamente para edificações residenciais, objetiva a economia de energia, água e, em consequência, a economia de recursos finan-

ceiros. Além disso, preconiza que a casa certificada tenha um ambiente mais saudável. O United States Green Building Council (USGBC) afirma que edifícios “verdes” e eficientes vendem mais e mais rapidamente que aqueles sem estes conceitos. O diferencial do LEED for Homes está no fato da quantidade final de créditos estabelecer-se de uma relação entre a área e o número de quartos. Isto porque esta analogia indica a quantidade de ocupantes da unidade habitacional. As categorias deste selo podem ser visualizadas no Quadro 1 (USGBC, 2012).

Quadro 1: Categorias LEED for Homes

Categorias LEED for Homes
1. Inovação e processo de projeto (<i>Innovation & Design Process</i>)
2. Localização e ligações (<i>Location & Linkages</i>)
3. Sítios sustentáveis (<i>Sustainable Sites</i>)
4. Eficiência de água (<i>Water Efficiency</i>)
5. Energia e atmosfera (<i>Energy & Atmosphere</i>)
6. Materiais e recursos (<i>Materials & Resources</i>)
7. Qualidade do ambiente interno (<i>Indoor Environmental Quality</i>)
8. Conscientização e educação (<i>Awareness & Education</i>)

Fonte: Adaptado de USGBC, 2012.

O *Green Building Council* Brasil está desenvolvendo um selo para Casas Sustentáveis, o Referencial GBC Brasil Casa®, voltado especificamente para o mercado residencial imobiliário brasileiro. Um dos objetivos é disseminar os parâmetros sustentáveis em habitações e “(...) que buscam viabilidade econômica, criação de ambientes mais saudáveis, redução da extração de recursos naturais do ambiente e conscientização da demanda do setor residencial” (GBC Brasil, 2012).

Processo AQUA

O Referencial Técnico de Certificação francês Bâtiments Tertiaires– Démarche HQE®, elaborado por Certivéa, foi adequado para o contexto brasileiro através de um convênio de cooperação com a Fundação Vanzolini, em 2007. “A Alta Qualidade Ambiental (AQUA) é definida como sendo um processo de gestão de projeto visando obter a qualidade ambiental de um empreendimento novo ou envolvendo uma reabilitação” (FCAV, 2007).

O Processo AQUA avalia o desempenho ambiental de uma construção por sua natureza arquitetônica e técnica, bem como pela gestão. Estrutura-se em dois instrumentos principais: o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) e o referencial de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE). Na visão deste selo verde, a gestão da edificação, permite definir as vertentes de projeto que irão atingir e manter os níveis de qualidade ambiental (FCAV, 2007).

Na metodologia do AQUA verifica-se catorze categorias, ou conjuntos de preocupações, que são agrupadas em quatro famílias (Quadro 2). Este escopo permite avaliar edifícios majoritariamente destinados ao uso para escritórios ou escolas. As fases analisadas são a do programa de necessidades, a de projeto e a de construção. Apesar da fase de uso e operação da edificação não ser contemplada pela certificação, o Processo AQUA incorpora elementos que facilitam o desempenho ambiental após a entrega da obra (FCAV, 2007).

Quadro 2 – Categorias Processo AQUA

Categorias Processo AQUA	
Eco- construção	Relação do edifício com o entorno
	Escolha integrada de produtos, sistemas e processos
	Cateiro de obra com baixo impacto ambiental
Gestão	Gestão de energia
	Gestão de água
	Gestão dos resíduos de uso e ocupação do edifício
	Manutenção – permanência do desempenho ambiental do
Conforto	Conforto higrotérmico
	Conforto acústico
	Conforto visual
	Conforto olfativo
Saúde	Qualidade sanitária dos ambientes
	Qualidade sanitária do ar
	Qualidade sanitária da água

Fonte: Adaptado de FCAV, 2007.

Os níveis que uma edificação pode obter pelo Processo AQUA são relacionados à Qualidade Ambiental do Edifício. O desempenho associado pode ser *Bom*, *Superior* ou *Excelente* (FCAV, 2007).

Selo Casa Azul

O Selo Casa Azul é uma classificação socioambiental de empreendimentos residenciais da Caixa Econômica Federal. É o primeiro sistema de certificação criado para a realidade da construção habitacional brasileira. Foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar em parceria com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Estadual de Campinas.

O intuito é incentivar o uso racional de recursos naturais, reduzir o custo de manutenção dos edifícios e as despesas mensais dos usuários, além da conscientização das vantagens das construções sustentáveis. O selo aplica-se a empreendimentos habitacionais financiados pela Caixa Econômica Federal e sua adesão é voluntária.

São avaliadas na metodologia deste selo verde as “soluções eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações” (CEF, 2010). A verificação é feita no momento da análise de viabilidade técnica do empreendimento e os níveis de gradação que podem ser conquistados são: *Bronze*, *Prata* e *Ouro*.

Para ter direito ao Selo Casa Azul, são avaliados cinquenta e três critérios, divididos em seis categorias, como apresenta o Quadro 3.

Quadro 3 – Categorias Selo Casa Azul

Categorias Selo Casa Azul
1. Qualidade urbana
2. Projeto e conforto
3. Eficiência energética
4. Conservação de recursos materiais
5. Gestão da água
6. Práticas sociais

Fonte: Adaptado de FCAV, 2007.

Análise Hierárquica

A Análise Hierárquica (Analytic Hierarchy Process, AHP) é um método multicritério de auxílio à decisão, proposto por Saaty nos anos 1970. Esta metodologia cuida de problemas complexos de forma simplificada e permite utilizar critérios quantitativos e qualitativos em uma mesma análise. Este método baseia-se em uma unidade responsável pela tomada de decisão, que pode ser composta por um único indivíduo ou por um grupo deles, chamado de decisor (COSTA, 2002).

Para a compreensão do problema, os elementos envolvidos são organizados em níveis hierárquicos, agrupados em camadas específicas. A análise é construída em forma de esquema que relaciona objetivo, critérios e alternativas. As alternativas são as opções de solução que podem ser adotadas para o problema e são avaliadas por um conjunto de critérios. Os critérios são propriedades ou variáveis das alternativas, usados para determinar qual é a mais indicada para alcançar o objetivo (COSTA, 2002).

O resumo apresentado no Quadro 4 fornece uma visão geral do processo da AHP.

Quadro 4: Resumo do método AHP

RESUMO DO MÉTODO DE AHP	1ª etapa Seleção das alternativas	Processo As alternativas são as opções de solução para alcançar o objetivo e que serão comparadas no método da AHP.		
	2ª etapa Definição dos critérios e subcritérios	Processo Para escolha das alternativas, as mesmas são comparadas por fatores relevantes ao seu desempenho. Estes critérios são escolhidos pelo decisor. Quando algum dos fatores for muito abrangente, podem ser analisados por subcritérios, para uma avaliação mais detalhada.		
	3ª etapa Coleta de dados	Processo Nesta etapa são coletados os dados de cada alternativa referentes aos critérios estabelecidos. Estas informações geralmente são obtidas através de uma revisão bibliográfica.		
	4ª etapa Atribuição de pesos	Processo Neste momento, o decisor irá avaliar quais dos critérios e subcritérios tem uma interferência maior no desempenho das alternativas. Este procedimento é realizado comparando-se as variáveis umas com as outras e assim verificando qual delas é mais importante no resultado. Para este fim, utiliza-se escalas como a deste artigo.	Exemplo	
			X é igualmente importante que Y	1
			X é igual a moderadamente importante que Y	2
		X é moderadamente importante que Y	3	
		X é moderada a fortemente importante que Y	4	
		X é fortemente importante que Y	5	
		X é forte a muito fortemente importante que Y	6	
		X é muito fortemente importante que Y	7	
		X é muito forte a extremamente fortemente importante que Y	8	
		X é extremamente fortemente importante que Y	9	
		Exemplo		
		Excelente	4	
		Ótimo	3	
		Bom	2	
		Aceitável	1	
		Ruim	0	
5ª etapa Definição da escala de pontos	Processo De posse de todos os dados citados, o decisor estabelecerá uma escala de pontuação. No caso de existirem critérios ou subcritérios qualitativos, estes receberão valores numéricos (por exemplo). As variáveis medidas quantitativamente têm seus valores comparados de forma direta.			
6ª etapa Matriz de decisão	Processo A comparação das alternativas é realizada em uma matriz de decisão. Nessa matriz são atribuídos os valores das variáveis de cada alternativa. No caso de existirem valores em diferentes escalas decimais, estes devem ser normalizados. Este procedimento é feito dividindo-se o valor de cada peso pelo maior número, resultando em uma escala de 0 a 1. Os dados normalizados são multiplicados pelo peso relativo, resultando na sua participação no desempenho. No método da AHP inicia-se pela matriz de decisão dos subcritérios (quando existirem). Os valores que constarão na matriz dos critérios, que seguirá a mesma lógica mencionada.			

Fonte: Adaptado de Costa, 2010.

A análise comparativa que foi realizada neste estudo faz uso desta metodologia para comparar três sistemas de certificação ambiental, que são as alternativas do processo. Os critérios avaliados neste trabalho foram baseados em investigações realizadas, principalmente por Bueno (2010), e pesquisas nos referenciais de cada selo. Destas mesmas fontes foram retirados os dados das variáveis.

Metodologia

Para avaliação das alternativas de sistema de certificação ambiental pré-selecionados (LEED for Homes, AQUA e Selo Casa Azul) utilizou-se o método da AHP. Para este estudo foram estabelecidos dois critérios: (a) Balizamento e (b) Categorias e itens.

O *Balizamento* baseia-se no estudo de Bueno (2010). A citada autora faz um estudo detalhado do Sistema LEED for Homes e AQUA. Nesta investigação, Bueno (2010) avalia os seguintes fatores: (a) aplicabilidade no contexto brasileiro; (b) pertinência para determinação de desempenho ambiental. Sendo assim, o *Balizamento* representa a porcentagem de itens de cada selo em concordância com fatores citados, conforme investigação da citada autora.

O critério *Categorias e Itens* divide-se em dois subcritérios e se referem à divisão em categorias de cada selo verde, conforme apresentado nos Quadros 1, 2 e 3, e aos itens de avaliação dos mesmos. As categorias foram avaliadas qualitativamente, pela verificação da pertinência das mesmas para avaliação de desempenho ambiental das edificações, em uma escala de excelente a ruim. Os itens foram avaliados de forma quantitativa, considerado o número dos mesmos para avaliação de uma edificação proposto em cada selo. O esquema da análise hierárquica montada detalhando os critérios, subcritérios e opções de escolha para o presente estudo é apresentado na Figura 1.

Conforme determina o método da AHP, inicia-se com a fixação de pesos para cada critério a ser avaliado. Para definição da importância entre *Balizamento* e *Categorias e Itens*, foi realizada uma pesquisa com três professores e onze mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Este grupo de indivíduos definiu os pesos para os critérios. Este procedimento foi realizado em forma de entrevista, primeiramente com uma explanação sobre o estudo e sobre os itens da avaliação. Os conceitos para cada critério podiam variar de um a nove, sendo que a soma dos dois resultava dez, ou seja, se o grau de importância dos critérios *Balizamento* e *Categorias e itens* for o mesmo, a nota seria cinco para cada um. As catorze respostas foram tabuladas, somadas e geraram as importâncias relativas conforme a Tabela 1.

Figura 1: Esquema da análise hierárquica

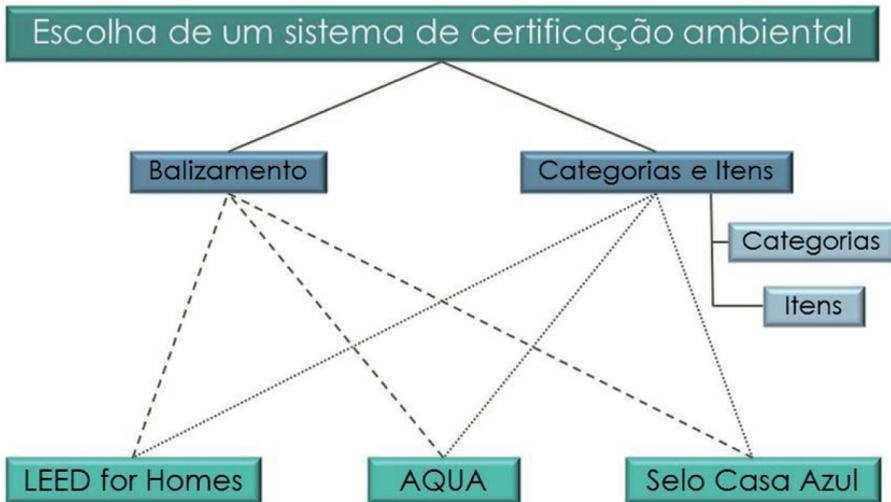


Tabela 1: Pesos dos critérios

	Indivíduo 01	Indivíduo 02	Indivíduo 03	Indivíduo 04	Indivíduo 05	Indivíduo 06	Indivíduo 07	Indivíduo 08	Indivíduo 09	Indivíduo 10	Indivíduo 11	Indivíduo 12	Indivíduo 13	Indivíduo 14	Total da Linha	Importância Relativa
Balizamento	5	7	5	6	5	7	6	2	3	2	3	2	6	5	64	0,457
Categorias e Itens	5	3	5	4	5	3	4	8	7	8	7	8	4	5	76	0,543
															Total Geral	140
																1,000

Observação 1: importância relativa é o total da linha dividido pelo total geral.

Observação 2: Pesos definidos em pesquisa junto à mestrandos e professores do PPGCEC da UFPR.

Os pesos dos subcritérios (Categorias e Itens) foram definidos utilizando uma escala de importância deliberada inicialmente por Saaty (1991) e empregada por Marchezetti *et al.* (2011). Esta escala atualmente está incorporada na ASTM E 1765/2011, que é uma norma que trata da aplicação da AHP para tomada de decisões em investimentos relacionados a construções e sistemas construtivos. A escala e a matriz de cálculo das importâncias relativas constam na Tabela 2. A avaliação é feita comparando-se um critério com o outro, pela escala indicada na Tabela 2, para definir qual tem a maior importância relativa na definição do desempenho das alternativas.

Tabela 2: Pesos dos subcritérios

Escala de julgamento				
X é igualmente importante que Y	1	Categorias	Itens	Total da linha
X é igual a moderadamente importante que Y	2			
X é moderadamente importante que Y	3			
X é moderada a fortemente importante que Y	4			
X é fortemente importante que Y	5			
X é forte a muito fortemente importante que Y	6			
X é muito fortemente importante que Y	7			
X é muito forte a extremamente fortemente importante que Y	8			
X é extremamente fortemente importante que Y	9			
Categorias	1,0			
Itens	0,5	1,0	1,5	0,333
Total Geral			4,5	1,000

Para avaliar a consistência de uma dada matriz de decisão de AHP, Costa (2006) relata que Saaty propôs o uso de uma operação matemática na Tabela 2. A operação consiste em dividir cada elemento de uma coluna pelo total geral desta mesma coluna. Isso gera uma nova matriz e se esta matriz for formada por colunas iguais, considera-se que a matriz é perfeitamente consistente. Foi o que ocorreu no caso da matriz de decisão da Tabela 2, de modo que pode-se considerar que ela é perfeitamente consistente.

Resultados

Com as matrizes das importâncias relativas definidas, procedeu-se à elaboração da matriz de decisão para avaliação das alternativas. Conforme a sequência do método de Saaty, primeiramente mediu-se os subcritérios. Como citado, *Categorias* refere-se às mesmas que cada selo verde avalia no processo de certificação. A escala utilizada diz respeito a valores qualitativos, de excelente a ruim, conforme indicado na Tabela 3. As notas para o conjunto de categorias usadas por cada sistema foram dadas com base na aplicabilidade e pertinência.

A avaliação dos *Itens* usados para a certificação procedeu-se de forma quantitativa. Os valores constantes na Tabela 3 para este subcritério referem-se ao número de itens que podem ser pontuados em cada selo. No método da análise hierárquica, no caso de existirem valores em escalas diferentes, estes devem ser normalizados, de modo a se obterem os resultados na escala de 0 a 1 para todos os parâmetros em avaliação. Isso viabiliza a comparação dos resultados de *Categorias* com *Itens* na matriz de decisão. Matematicamente

a normalização consiste em dividir os valores de cada linha do bloco *Valores atribuídos* da Tabela 3 pelo seu maior valor, como representado no bloco *Valores normalizados* na Tabela 3. O bloco *Nota nos subcritérios* foi obtido pela multiplicação do peso da variável (definido na Tabela 2) pelos respectivos valores normalizados. Finalmente, a linha *Total* da Tabela 3 é a soma dos valores das colunas que constam no bloco *Notas nos subcritérios*.

Tabela 3: Matriz de decisão dos subcritérios

		Valores atribuídos			Valores normalizados			Nota nos critérios			
Escala de categorias		Selo Casa Azul	AQUA	LEED for Holmes	Selo Casa Azul	AQUA	LEED for Holmes	Peso da variável (%)	Selo Casa Azul	AQUA	LEED for Holmes
Excelente	4										
Ótimo	3										
Bom	2										
Aceitável	1										
Ruim	0										
Categorias		2	3	2	0,67	1,00	0,67	66,7	44,5	66,7	44,5
Itens		53	35	36	1,00	0,66	0,68	33,3	33,3	22,0	22,6
					Total			100	77,8	88,7	67,1

O resultado da matriz de decisão dos subcritérios (Tabela 3) mostra uma pontuação de 88,7 para o Processo AQUA, seguido de 77,8 para o Selo Casa Azul e 67,1 para o LEED for Holmes. Demonstra-se, portanto, que o Processo AQUA tem melhor desempenho que os demais considerando apenas seu conjunto de categorias e itens. É importante destacar que todas as classificações geradas neste trabalho de modo a considerar uma alternativa melhor ou pior do que outras estão vinculadas aos decisores participantes deste trabalho, ou seja, são ilustrativas do processo de escolha. Isso significa que o intuito do trabalho não é exatamente chegar a um resultado final universal, pois o produto deste trabalho é a proposição da técnica de AHP para decidir qual o melhor sistema de selo verde, podendo a escolha inclusive variar de uma empresa para outra, pois são as convicções e conhecimentos dos decisores que acabam por definir a escolha final para cada caso.

O próximo passo foi a elaboração da matriz de decisão dos critérios. Na Tabela 4 consta os resultados dos subcritérios (Tabela 3) e a avaliação do *Balizamento*. Para definição das notas deste critério baseou-se na pesquisa de Bueno (2010). A autora identificou quais dos critérios constantes no Processo AQUA e no LEED for Holmes não atendem aos quesitos citados. A mesma avaliação foi feita para o Selo Casa Azul pelos autores deste artigo. O cálculo foi realizado dividindo-se o número de critérios reprovados, ou seja, que não atendem aos quesitos, pelo total de critérios.

Conforme Bueno (2010), dos trinta e cinco itens do Processo AQUA, quatro foram reprovados (11,4%) e dos trinta e seis do LEED for Holmes, quinze não atenderam aos quesitos (41,7%). O Selo Casa Azul, que possui cinquenta e três itens, teve cinco repro-

vações (9,4%). Na Tabela 4 aparecem os valores das variáveis *Balizamento* e *Categorias e Itens*. Estes valores estão representados no bloco *Valores atribuídos* da Tabela 4, após serem submetidos a um processo de padronização, que consiste em inverter os valores, ou seja, fazer a divisão de 1 pelo respectivo número. Como exemplo, dividir 1 por 9,4 para o caso do selo Casa Azul resultando no valor de 0,106. O motivo desta manobra reside no fato de que a análise hierárquica só funciona se todos os dados apresentarem a tendência de quanto maior o valor, melhor.

Na Tabela 4 também constam os valores normalizados, os pesos relativos e o resultado da análise hierárquica, seguindo o mesmo procedimento usado nos cálculos da Tabela 3.

Na comparação dos sistemas de certificação ambiental usando o método de Análise Hierárquica, o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal teve a maior pontuação, 93,3 em uma escala de 0 a 100. Em seguida, tem-se o Processo AQUA com 92,0 e, com menor pontuação, o LEED for Homes com 51,4.

Tabela 4: Matriz de decisão dos critérios

Escala de balizamento	Valores atribuídos			Valores normalizados			Peso da variável (%)	Nota nos critérios		
	Selo Casa Azul	AQUA	LEED for Holmes	Selo Casa Azul	AQUA	LEED for Holmes		Selo Casa Azul	AQUA	LEED for Holmes
Porcentagem de critérios reprovados, conforme Bueno (2010), sendo o maior percentual a pior pontuação										
Balizamento	0,106	0,088	0,024	1,00	0,83	0,23	45,7	45,7	37,7	10,3
Categorias e itens	77,8	88,7	67,1	0,88	1,00	0,76	54,3	47,6	54,3	41,1
Total (Índice de desempenho)							100	93,3	92,0	51,4

O resultado evidencia que o sistema LEED for Holmes não é o mais apropriado para as condições do Brasil, principalmente pelo fato de ser um sistema de avaliação idealizado para outro país e implantado no Brasil sem ter sofrido adaptações para a realidade nacional.

Conclusão

O resultado da comparação entre os selos verdes analisados neste artigo confirma a hipótese na qual, o sistema desenvolvido para uma realidade e localidade específicas tem melhor desempenho. O sistema de certificação ambiental Selo Casa Azul teve maior nota final, sendo o mesmo desenvolvido para ser aplicado no Brasil. Em segundo lugar, com uma diferença quase irrelevante, tem-se o AQUA, adaptação de um sistema estrangeiro para a realidade brasileira. O selo LEED for Homes, que é utilizado conforme foi concebido para o contexto norte-americano, aparece com menor índice de desempenho. O resultado parece coerente e indica que a adaptação do selo AQUA para a realidade brasileira foi

feita de forma adequada e que a transferência de um sistema de certificação apropriado para o cenário de um país para outro com características diferentes (sem adaptações) não é o caminho mais aconselhável, sendo imprescindível sua adaptação.

A técnica de análise hierárquica mostrou-se apropriada para refinar a escolha de um sistema de certificação ambiental de edificações. O ponto positivo é que a metodologia é totalmente aberta para a inclusão de outros critérios, de modo que a matriz de decisão pode ser aprimorada com a evolução do conhecimento teórico e prático. Desse modo, o refinamento do processo de AHP apresentado neste trabalho é plenamente possível, e desejável, com a evolução do conhecimento.

A contribuição deste trabalho enfatiza a importância dos selos verdes de edificações, pois estes tendem a estimular ações sustentáveis na construção civil. Porém, à medida que o mercado vai sendo suprido com várias opções de certificações ambientais, torna-se necessário idealizar meios de efetuar comparações sistêmicas para a escolha entre as opções disponíveis. A AHP se mostrou como uma ferramenta útil para avaliar e decidir qual a mais adequada.

Como aprimoramento do trabalho aqui proposto, sugere-se o acréscimo dos seguintes critérios: custo do selo, economia de recursos alcançada em edifícios certificados e aplicabilidade (facilidade/dificuldade de obter o selo). Estes dados poderiam ser obtidos através de pesquisas com os envolvidos no processo de certificação e uma Avaliação Pós-Ocupação das edificações certificadas.

Referências Bibliográficas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM E-1765-11-Standard Practice for Applying Analytical Hierarchy Process (AHP) to Multiattribute Decision Analysis of Investments Related to Buildings and Building Systems. West Conshohocken, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15575 – Edifícios Habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2008.

AZEVEDO, N. D. Sustentabilidade do ambiente construído: aplicação à habitação de interesse social na região metropolitana do Recife. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

IPEA -Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais. Boletim regional, urbano e ambiental. n.1. Brasília: Ipea. Dirur, 2008.

BARROS, A. D. M. A adoção de sistemas de avaliação ambiental de edifícios (LEED e Processo AQUA) no Brasil: Motivações, benefícios e dificuldades. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

BUENO, C. Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro. Dissertação (Mestrado

em Arquitetura e Urbanismo) Escola de Engenharia da São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável. São Paulo: Páginas e Letras – Editora e Gráfica, 2010. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/manual-selo-casa-azul-caixa>> Acesso em 26 de novembro de 2012.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF), 2012. Imprensa, *release*. Disponível em <http://www1.caixa.gov.br/imprensa/imprensa_release.asp?codigo=6911973&tipo_noticia=53> Acesso em 26 de novembro de 2012.

CARLO, J., LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios - parte 1: método prescritivo. Revista Ambiente Construído, v.10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010.

COSTA, H. G. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. Niteroi, RJ: H. G. Costa, 2002.

COSTA, H. G. Auxílio Multicritério à Decisão: método AHP. ABEPRO, 2006.

DALLA COSTA, E., MORAES, C. S. B. Construção Civil e a Certificação Ambiental: Análise comparativa das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental). In: XIV ENGEMA Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2012, São Paulo/ SP. Anais. São Paulo: FEA/USP - FGV, 2012.

EDWARDS, B. O guia básico para sustentabilidade. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

ELETROSUL - Centrais Elétricas S.A., 2004. Casa Eficiente. Disponível em <<http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/index.php>>. Acesso em 13 de outubro de 2011.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI (FCAV). Referencial Técnico de Certificação: Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA. 2007. Disponível em <<http://pga.pgr.mpf.gov.br/licitacoes-verdes/sustentabilidade-e-compras-publicas/certificacao%20Aqua.pdf/view>> Acesso em 3 de dezembro de 2012.

GREEN BUILDING CONCIL BRASIL (GBCBrasil). Disponível em <<http://www.gbcbrazil.org.br>> Acesso em 30 de novembro de 2012.

LAI, Y., WANG, W., WANG, H. AHP and simulation-based budget determination procedure for public building construction projects. Automation in Construction, v. 17, n. 5, p. 623-632, 2008.

LISBOA, M. V., WAISMAN, J. Multicriteria analysis in the selection of urban highway alignment alternatives with application of the Analytic Process. An environmentally sustainable approach. In: URBAIN TRANSPORT, XII, 2006, Praga. Anais. Praga: ANTAC, 2006.

MARCHEZETTI, A. L., KAVISKI, E., BRAGA, M. C. B. Aplicação do método de AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. Ambiente Construído, v. 11, n. 2, p. 173-187, 2011.

- MATTANA, A. J., MEDEIROS, M. H. F., SILVA, N. G., COSTA, M. R. M. M. C. Análise hierárquica para escolha entre agregado natural e areia de britagem de rocha para confecção de argamassas de revestimento. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 63-79, out./dez. 2012.
- MEDEIROS, M. H. F., ANDRADE, J. J. O., HELENE, P. Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto. In: Geraldo C. Isaia. (Org.). *Concreto: Ciência e Tecnologia*. 1ed. São Paulo: IBRACON, 2011, v. I, p. 773-808.
- OLGYAY, V. *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos e urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili, 2006.
- PAN, N. Fuzzy AHP approach for selecting the suitable bridge construction method. *Automation in Construction*, v. 17, n. 8, p. 958-965, 2008.
- PEREIRA, E., MEDEIROS, M. H. F., LEVY, S. M. Durabilidade de concretos com agregados reciclados: um aplicação de análise hierárquica. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p. 125-134, jul./set. 2012.
- PICCOLI, R., KERN, A., GONZÁLEZ, M., & HIROTA, E. A certificação ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. *Revista Ambiente Construído*, v.10, n.3, p. 69-79, jul./set. 2010.
- SAATY, T. L. Some mathematical concepts of the analytic hierarchy Process. *Behaviormetrika*, v. 29, p. 1-9, 1991.
- SILVA, F. J. A., SOUZA, R. O. AHP na seleção de caminhões coletores-compactadores de resíduos sólidos. *Acta Scientiarum Technology*, v. 33, n. 3, p. 259-264, 2011.
- TAVARES, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.
- UEDA, T., TAKEWAKA, K. Performance-based Standard Specifications for Maintenance and Repair of Concrete Structures in Japan. *Structural Engineering International*, v. 4, p. 359-366, 2007.
- UNITED STATES GREEN BUILDING CONCIL (USGBC), 2012. Disponível em <<http://www.usgbc.org>> Acesso em 30 de novembro de 2012.
- ZAYED, T., AMER, M., PAN, J. Assessing risk and uncertainty inherent in Chinese highway projects using AHP. *International Journal of Project Management*, v. 26, n. 4, p. 408-419, 2008.

Submetido em: 16/06/13.

Aceito em: 01/11/13.

CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL DE HABITAÇÕES: COMPARAÇÃO ENTRE LEED FOR HOMES, PROCESSO AQUA E SELO CASA AZUL

PAULA REGINA MENDES GRÜNBERG,
MARCELO HENRIQUE FARIAS DE MEDEIROS,
SERGIO FERNANDO TAVARES

Resumo: Visando incentivar mudanças no setor da construção civil para adequação às agendas de sustentabilidade, foram desenvolvidos, em vários países, sistemas de certificação ambiental de edificações. Voltadas principalmente para questões relativas ao consumo de recursos naturais e impactos ao meio ambiente; essas ferramentas também são denominadas selos verdes para edifícios. Com o intuito de identificar a certificação de melhor desempenho a ser utilizada para edificações residenciais no Brasil, usou-se uma análise comparativa. Foram selecionados três sistemas de certificação, por se tratarem dos mais usuais no país, sendo eles o LEED *for Homes*, o Processo AQUA e o Selo Casa Azul. Para a investigação utilizou-se da ferramenta Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchic Process*, AHP), que permite a avaliação de múltiplos critérios, com dados que podem ser tanto qualitativos como quantitativos. Este estudo demonstrou que o selo desenvolvido para a realidade brasileira, Selo Casa Azul, tem melhor desempenho para avaliar as edificações habitacionais do país.

Palavras-chave: Certificação ambiental; Análise comparativa; LEED *for Homes*; Processo AQUA; Selo Casa Azul.

Abstract: In order to encourage changes in the construction industry for adequation to sustainability schedule, green certification systems for buildings were developed in several countries. Mainly focused on issues related to natural resource consumption and environmental impacts, these tools are also called green stamps for buildings. To identify the best performing certification for residential buildings in Brazil, this paper shows a comparative analysis. The three most used certification systems in Brazil were selected: LEED for Homes, AQUA Process and Selo Casa Azul. For the investigation it was used the decision assistance tool Analytic Hierarchic Process (AHP). The AHP allows evaluation of multiple criteria, with data that can be both qualitative and quantitative. This study demonstrated that the stamp developed for Brazilian reality, Selo Casa Azul, has better performance to assess the habitations in Brazil.

Keywords: Green building program; Comparative analysis; LEED for Homes; Case AQUA Process; Selo Casa Azul.

Resumen: Para incentivar cambios en la industria de la construcción para adaptarse a las agendas de sustentabilidad, fueron desarrollados sistemas de certificación ambiental para edificaciones. Direccionados para asuntos relacionados al consumo de recursos naturales e impactos al medio, estas herramientas son denominadas sellos verdes. Para identificar la certificación de mejor desempeño a ser utilizada en edificaciones residenciales en Brasil, se procedió a realizar un análisis comparativo. Fueron seleccionados tres sistemas de certificación bajo el criterio de ser los más usados en el país, siendo estos el LEED for Homes, el Proceso AQUA y el Sello Casa Azul. Se utilizó la herramienta denominado Analytic Hierarchic Process (AHP). El AHP permite la evaluación de criterios múltiples, donde los datos pueden ser tanto cualitativos como cuantitativos. Este estudio demostró que el sistema de certificación desarrollado para la realidad brasileña, Sello Casa Azul, tiene mejor desempeño para evaluar los edificios de vivienda del país.

Palabra clave: Certificación Ambiental; Análisis comparativo; LEED for Homes. Proceso de AQUA; Sello Casa Azul.
