

CINTIA ATALIBA DOMINGOS

**PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE
SOLUÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES E SUSTENTÁVEIS
EM EDIFÍCIOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA/MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

CINTIA ATALIBA DOMINGOS

**PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE
SOLUÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES E SUSTENTÁVEIS
EM EDIFÍCIOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA/MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 30 de setembro de 2010.

Prof. José Luiz Rangel Paes

Prof. Rolf Jentzsch

Prof.^a Regina Esteves Lustoza
(Coorientadora)

Prof. Wantuelfer Gonçalves
(Coorientador)

Prof. Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá
(Orientador)

**A todos os que
acreditam na educação
como base para as
transformações sociais do
mundo, faço um apelo para
que continuem acreditando!**

DEDICO:

A minha filha SOPHIA.

AGRADECIMENTOS

A Deus, silencioso companheiro, por me dar forças e saúde para realizar as minhas tarefas.

Aos meus pais, Cléa e José Estevão, por depositarem em mim todos os seus investimentos e confiança, enriquecendo o meu legado acadêmico e de valores.

Aos meus irmãos Jaqueline, Juliene e Júlio Anderson e ao meu sobrinho Lucas, “amigos de sangue”, pela torcida e vibração a cada etapa vencida!

Ao meu amor, Jorge Júnior (Juninho), pelo colo, companheirismo, incentivo e compreensão em todas as horas.

A todos os meus amigos e colegas de trabalho, “irmãos de coração”, pelo ombro nas horas de aperto e pela alegria nos momentos de descontração.

Especialmente a amiga Gislaine Fernandes (Laninha) pela amizade sincera e disposição em colaborar sempre que preciso.

Ao Professor Tibiriçá, a quem admiro pessoal e profissionalmente, pelos ensinamentos e lições e por me orientar nesta pesquisa com grande generosidade e sabedoria.

Aos coorientadores pela colaboração para com o trabalho.

Ao Professor José Luiz Rangel Paes pelo grande incentivo dado no desenvolvimento do mestrado e principalmente na conclusão da dissertação.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Departamento de Engenharia Civil (DEC) e ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU) pela oportunidade de realizar o mestrado, prolongando, com muito orgulho, minha história na instituição.

A todos que contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos!

BIOGRAFIA

CINTIA ATALIBA DOMINGOS, filha de Cléa Venceslau Ataliba Domingos e José Estevão Domingos, nasceu no município de Viçosa, Minas Gerais, em 14 de agosto de 1982.

Em 1998, ingressou no COLUNI - Colégio Universitário de Viçosa, concluindo o segundo grau no segundo semestre de 2000.

Em 2001, ingressou no Curso de Arquitetura e Urbanismo, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), graduando-se em maio de 2006.

No segundo semestre de 2007, ingressou no Curso de Mestrado em Engenharia Civil do Departamento de Engenharia Civil da UFV, defendendo a Dissertação em setembro de 2010.

Em agosto de 2008, entrou para o quadro técnico efetivo da UFV, onde atualmente exerce o cargo de Arquiteta do Campus UFV/Viçosa.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações iniciais	1
1.2. Justificativa	2
1.3. Objetivos	5
1.4. Organização do trabalho	6
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1. Programas Mundiais de Classificação da Eficiência Energética de Edifícios	7
2.2. O Programa Brasileiro de Etiquetagem e Classificação da Eficiência Energética de Edifícios	16
2.3. Obras públicas sustentáveis no Brasil	24
2.4. Breve histórico sobre a infra-estrutura dos Campi da UFV	26
3. METODOLOGIA	31
3.1. Área e objeto de estudo	31
3.2. Metodologia de Classificação	36
4. ESTUDO DE CASO	41
5. DIRETRIZES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES E SUSTENTÁVEIS EM EDIFÍCIOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA/MG	46
5.1. Diretrizes de ordem geral, administrativas e estruturais	46
5.2. Diretrizes relacionadas com a elaboração de projetos de edificações a serem realizadas no ambiente da Universidade Federal de Viçosa	49
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	53
6.1. Conclusões	53
6.2. Sugestões para trabalhos futuros	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
SITES CONSULTADOS	58

RESUMO

DOMINGOS, Cintia Ataliba, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2010. **Proposição de diretrizes para a implementação de soluções energeticamente eficientes e sustentáveis em edifícios da Universidade Federal de Viçosa/MG.** Orientador: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá. Coorientadores: Regina Esteves Lustoza e Wantuelfer Gonçalves.

Os novos edifícios, decorrentes da expansão física da UFV podem ocasionar impactos, principalmente quanto à demanda energética. Considerando-se essa perspectiva, é importante para a UFV adequar os projetos para que os edifícios sejam energeticamente eficientes quando postos em uso. Para tanto, é necessário avaliar e classificar a eficiência energética dos edifícios ainda na etapa de projeto, para que as adequações necessárias sejam feitas antes da execução do edifício. Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho é propor diretrizes para a implementação de soluções energeticamente eficientes e sustentáveis em edifícios do Campus da UFV/Viçosa. Como objeto de estudo tomou-se o Edifício da Saúde, que faz parte das obras do REUNI/UFV que se encontra em processo de execução no Campus UFV/Viçosa desde setembro de 2009. A avaliação e classificação deste edifício foram realizadas utilizando-se o *Método Prescritivo de Etiquetagem*, que consiste em uma classificação dos requisitos relativos ao desempenho de três partes do edifício: a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento do ar. Por meio deste trabalho pode-se observar que a Etiquetagem e Classificação de Edifícios é uma eficiente técnica para avaliar consumo energético de edificações e, se incorporada à rotina de elaboração de projetos de obras para os campi da UFV, contribuirá para a minimização dos custos de energia e para um desempenho mais sustentável da infra-estrutura desta instituição, além de se constituir num importante referencial para a sociedade.

ABSTRACT

DOMINGOS, Cintia Ataliba, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2010. **Proposing guidelines for the implementation of sustainable and energy efficient solutions in buildings of the Federal University of Viçosa/ MG.** Advisor: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá. Co Advisors: Regina Esteves Lustoza and Wantuelfer Gonçalves.

The new buildings, resulting from physical expansion of the UFV can cause impacts, particularly regarding energy demand. Seen from this perspective it is important to tailor projects to UFV that buildings are energy efficient when put into use. Therefore, it is necessary to evaluate and rate the energy efficiency of buildings still in design stage so that necessary adjustments are made before the execution of the building. Thus, the aim of this paper is to propose guidelines for the implementation of sustainable and energy efficient solutions in buildings in the Campus of UFV/Viçosa. As the object of study has become the Building Health, part of the works of REUNI/UFV that is in the process of implementing the Campus UFV/Viçosa since September 2009. The evaluation and classification of this building were performed using the *Prescribed Method* of tagging, which is a classification of performance requirements of the building of the three parts: the envelope, the lighting system and air conditioning system. Though this work can be seen that the Classification and Labelling of Buildings is an efficient technique to evaluate energy consumption of building and, if incorporated into the routine of preparing for construction work for the Campus UFV/Viçosa, contribute to the minimization of costs energy and performance for a more sustainable infrastructure of this institution, and constitute an important benchmark for society.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações iniciais

A energia é o pilar do desenvolvimento da sociedade moderna. A sua utilização, nas mais diversas formas, tem propiciado ao homem o acesso a uma melhor qualidade de vida ao longo dos dois últimos séculos. Com a escassez de fontes tradicionais de energia e a degradação do meio ambiente, a tendência é que a energia passe a representar um custo muito alto a ser pago pelas futuras gerações.

Após o primeiro choque do petróleo, em 1973, os governos de vários países conscientizaram-se da necessidade de utilização da energia de forma racional e lançaram o desafio de aumentar a eficiência energética de máquinas, equipamentos e edificações. Como instrumento dessa política, os governos, entidades não governamentais e associações de classe elaboraram leis, códigos e regulamentações sobre o uso racional de energia.

Mundialmente, alguns sistemas de avaliação ambiental de edificações se destacam, como: *LEED* e *Energy Star* (EUA), *BREEAM* e *ECOHOMES* (Reino Unido), *CASBEE* (Japão), *HQE* (França), *GREEN STAR* (Austrália). Todos esses sistemas de avaliação são membros do *World GBC _ World Green Building Council*. Além desses, muitos outros países estão em vias de formar seu próprio conselho e estabelecer um sistema de certificação ambiental.

No Brasil, as primeiras medidas consistentes em busca de construções mais sustentáveis, com estudos e resultados sistemáticos sobre a redução de gastos energéticos se iniciam na década de 90 (AGOPYAN, 2000 apud LAMBERTS; TRIANA; FOSSATI e BATISTA, 2009).

Em 2001, com a crise energética brasileira, foi criada a Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia no Brasil, regulamentada pelo decreto nº 4.059 de 19 de

dezembro de 2001. Esta Lei estabelece que os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como as edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica coordenados pelo Ministério de Minas e Energia. Nesse processo, surge a Etiquetagem de Edifícios que se define como um mecanismo de avaliação da conformidade para classificação do nível de eficiência energética de edifícios (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2001).

A etiquetagem e classificação da eficiência energética de edifícios ainda possui caráter voluntário no Brasil, embora edifícios como o Centro de Tecnologias Sociais para Gestão da Água –CETRAGUA–, a sede da Caixa Econômica Federal de Belém, a agência da Caixa Econômica Federal de Curitiba, a Faculdade de Tecnologia de Nova Palhoça –FATENP– e os Edifícios 1 e 2 do Centro Tecnológico do Carvão Limpo –CTCL/SATC–, já tenham sido submetidos ao Programa Brasileiro de Etiquetagem.

1.2. Justificativa

O Campus UFV/Viçosa é reconhecido pela qualidade de sua infra-estrutura e pela arquitetura dos seus edifícios (Figura 1).



Figura 1: Campus UFV/Viçosa.

Fonte: http://br.olhares.com/campus_ufv_foto2525713.html.

Ao longo dos últimos anos, a instituição tem se expandido em diversos setores de atividades, fato que implica na necessidade de aumento dos espaços construídos. Na figura 2 mostra-se a evolução da área construída no Campus UFV/Viçosa. Deve-se destacar que num curto período de tempo (2009 a 2011) apenas no Campus UFV/Viçosa a área construída aumentará consideravelmente, com base em recursos próprios ou em recursos da União. Grande parte dos recursos atuais da União decorre do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais _ REUNI, instituído pelo Governo Federal por meio do Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007.

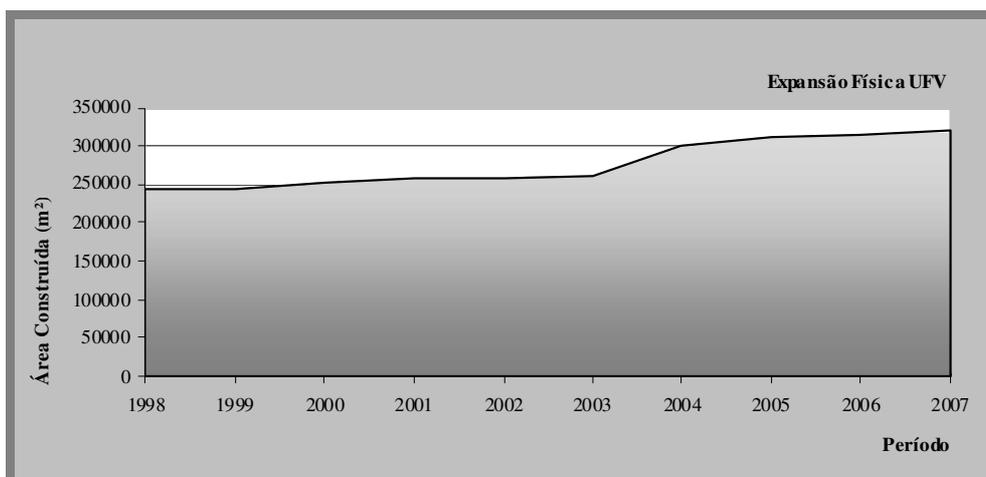


Figura 2: Expansão física do Campus UFV/Viçosa de 1998 a 2007.

Fonte: Relatório Anual da UFV

Concomitantemente com a expansão física, também ocorre o aumento do consumo de água e de energia elétrica no Campus UFV/Viçosa (Figura 3), o que requer atenção com o desenvolvimento sustentável e a eficiência das construções.

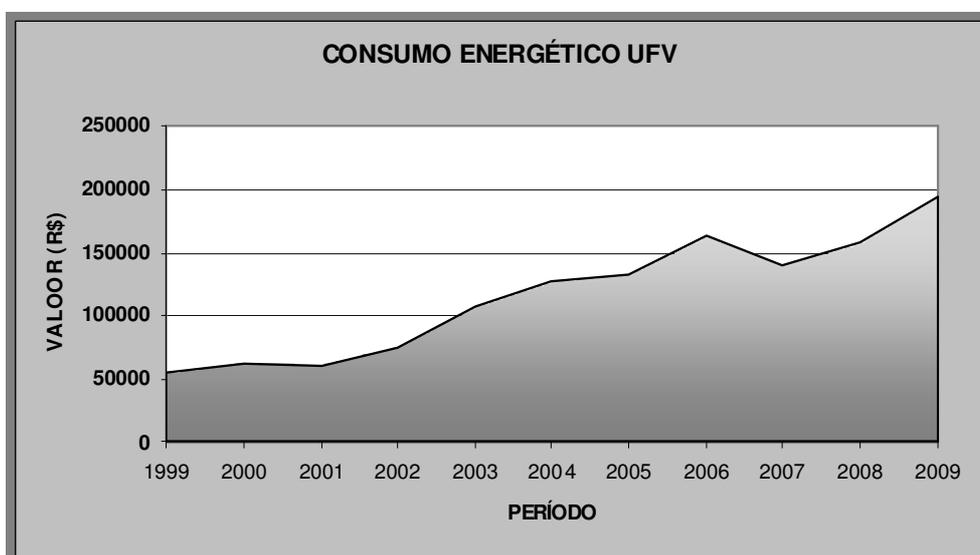


Figura 3: Consumo de energia elétrica do Campus UFV/Viçosa de 1998 a 2009.

Fonte: Faturas de energia elétrica (CEMIG) do Campus UFV/Viçosa.

Questões dessa magnitude sugerem a oportunidade de apontar diretrizes para que a UFV possa se integrar ao Programa Brasileiro de Etiquetagem e Classificação da Eficiência Energética de Edifícios, pelos seguintes motivos:

- Mostrar a operacionalização da metodologia de avaliação da eficiência energética de edifícios.
- Contribuir com o controle da eficiência energética dos edifícios dos campi da UFV.
- Expandir a base referencial sobre edifícios etiquetados no Brasil.
- Contribuir para a difusão da metodologia do Programa Brasileiro de Etiquetagem para a avaliação da eficiência energética de edifícios.

1.3. Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é propor diretrizes para a implementação do Programa Brasileiro de Etiquetagem e Classificação da Eficiência Energética de Edifícios dos Campi da UFV.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar o Edifício da Saúde, sob o ponto de vista do seu sistema envoltório, com base no Programa Brasileiro de Etiquetagem e Classificação da Eficiência Energética de Edifícios;
- Definir diretrizes para implantar o Programa Brasileiro de Etiquetagem e Classificação da Eficiência Energética em Edifícios nos Campi UFV;
- Definir estratégias para que o Programa Brasileiro de Etiquetagem e Classificação da Eficiência Energética de Edifícios se integre à rotina dos setores responsáveis pelos projetos e possa conduzir à elaboração de projetos de edifícios energeticamente eficientes para a UFV;
- Identificar meios para promover a redução e o controle do consumo de energia elétrica nas edificações novas e existentes da UFV.

1.4. Organização do trabalho

Para alcançar os objetivos propostos, o desenvolvimento do trabalho foi estruturado em capítulos.

No Capítulo 1 - Introdução apresenta-se as considerações iniciais sobre o tema, justificativas do tema e do objeto de estudos e objetivos gerais e específicos do trabalho.

No Capítulo 2 - Revisão de Literatura discorre-se sobre os programas mundiais de classificação da eficiência energética de edifícios, o Programa Brasileiro de Etiquetagem e Classificação da Eficiência Energética de Edifícios e o processo de edificação no Campus UFV/Viçosa.

O Capítulo 3 - Metodologia discorre-se sobre a área e o objeto de estudo e sobre os procedimentos utilizados.

No Capítulo 4 - Estudo de Caso apresenta-se o estudo do caso do Edifício da Saúde, situado no Campus da UFV/Viçosa, cujos resultados servem como referência para o delineamento de diretrizes para implementação de soluções energeticamente eficientes e sustentáveis em edifícios em edifícios dos campi da UFV.

No Capítulo 5 - Proposição de Diretrizes apresenta-se estratégias para nortear a elaboração de projetos de edificações que possam, já nesta fase, ser classificadas como eficientes energeticamente, de acordo com o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edifícios.

No Capítulo 6 – Conclusões apresentam-se as conclusões do trabalho e recomendações que levam a pensar e conscientizar sobre importância da implementação de recursos de eficiência energética em edifícios, principalmente aqueles situados no Campus UFV/Viçosa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Programas Mundiais de Classificação da Eficiência Energética de Edifícios

A promoção da sustentabilidade é um grande desafio a ser enfrentado pela humanidade. A indústria da construção civil começou a se mover em direção à promoção da construção sustentável na segunda metade da década de 1980, a partir do que diversas técnicas para avaliar o desempenho ambiental dos edifícios têm sido desenvolvidas (CASBEE, 2010).

Na construção civil internacional, atualmente a tendência de considerar o meio ambiente já está presente não só pelas leis e normas a serem seguidas, mas também pela escassez de recursos que exige melhor controle e uso racional dos materiais. Além disso, incentivos fiscais são concedidos a empresas que incluem entre as suas estratégias a preocupação com o meio ambiente.

No mundo, vários países têm ou estão produzindo leis e incentivos para edificações que sejam projetadas de forma ambientalmente responsável e com alto desempenho. Em muitos deles existem sistemas de certificação ambiental para edificações nos quais se reconhece os melhores desempenhos das edificações em relação a usarem mais critérios de sustentabilidade. Os sistemas de certificação começaram na Europa e essa forma de incentivo difundiu-se em outros países da América (principalmente no Canadá e nos USA) e hoje outros países como Japão, Austrália, México, entre outros, também têm seu próprio sistema de certificação (www.labeee.ufsc.br, 2010).

Entre os principais sistemas de avaliação ambiental de edificações, sete se destacam:

- LEED (Estados Unidos da América);
- BREEAM e ECOHOMES (Reino Unido);

- CASBEE (Japão);
- HQE (França);
- GREEN STAR (Austrália) e
- ENERGY STAR (Estados Unidos da América).

2.1.1. Leadership in Energy and Environmental Design – LEED

O LEED é um sistema norte-americano (EUA) de avaliação de edifícios criado em 1998 e atualmente muito conhecido e recorrido no Brasil. A sigla LEED pode ser entendida como ‘Liderança em Energia e Projeto Ambiental’. Essa certificação foi concebida e é concedida pela U.S. Green Building Council (USGBC), uma organização não-governamental norte-americana.

O sistema LEED avalia sete aspectos do edifício, entre eles: Sustainable Sites (SS), que considera a sustentabilidade do lugar; Locations & Linkages (LL), que considera a implantação sustentável; Water Efficiency (WE), que consiste no uso racional da água; Energy & Atmosphere (EA), que considera os níveis de eficiência energética; Awareness & Education (AE), que consiste na consciência ambiental; Materials & Resources (MR), que considera os materiais e recursos utilizados e Indoor Environmental Quality (EQ), que considera a qualidade ambiental interna do edifício. Estes aspectos se interagem conforme pode ser visto no diagrama que se apresenta na figura 4.

Os principais objetivos do LEED são, além de certificar o desempenho energético dos edifícios, assegurar que os objetivos de estratégias dos edifícios sejam seguidos e controlar as mudanças no desempenho dos edifícios avaliados.

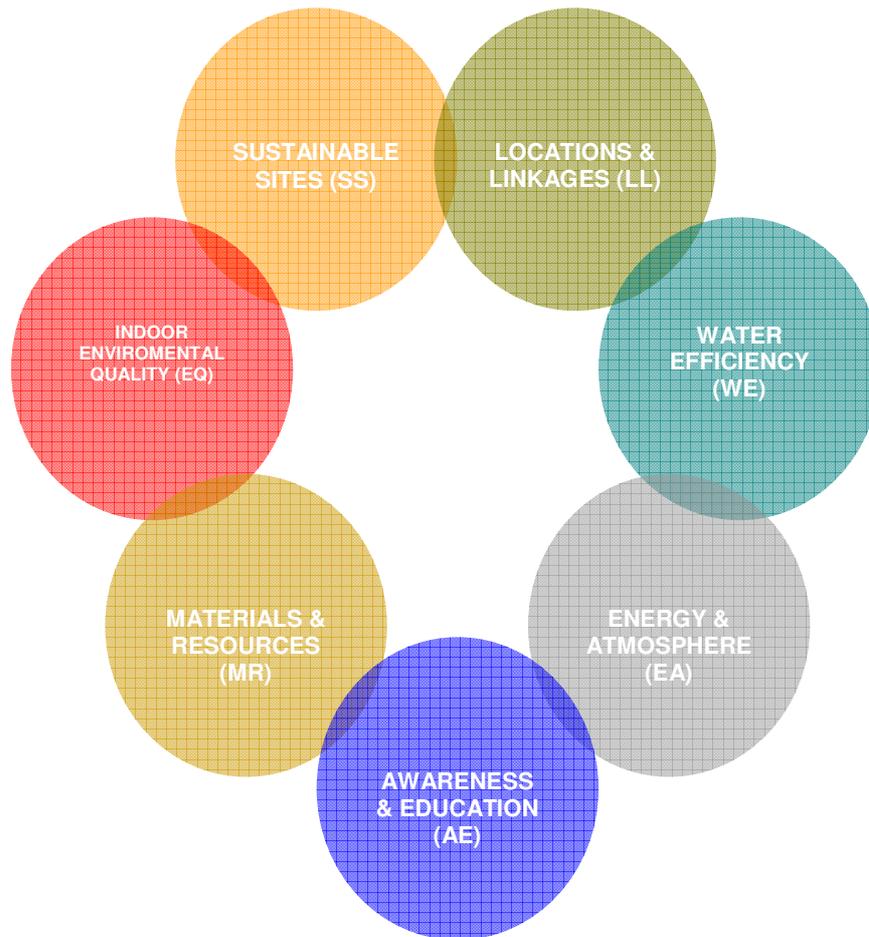


Figura 4: Interação entre os sete aspectos avaliados pelo sistema LEED.

Fonte: Elaborado pela autora.

2.1.2. BRE Environmental Assessment Method – BREEAM

O BREEAM, criado em 1990 para inicialmente avaliar escritórios e residências, é o principal e mais utilizado método de avaliação ambiental de edifícios do Reino Unido, sendo regulamentado pelo United Kingdom Building Regulations. Esse sistema considera, para fins de avaliação, os seguintes aspectos relacionados ao edifício:

1. gestão;
2. saúde e bem-estar;
3. energia;
4. transporte;
5. água;
6. material e resíduos;
7. uso do solo e da ecologia;
8. poluição.

Para cada aspecto atribuem-se créditos de acordo com o desempenho que cada um obtém dentro do empreendimento, sendo, então, emitido um certificado para o edifício, segundo uma escala de ruim a excelente.

O objetivo do BREEAM é incentivar clientes, construtores e projetistas a implantar melhores práticas ambientais no edifício, com soluções inovadoras, custos reduzidos, qualidade de vida e de trabalho, criando um padrão que demonstra a evolução dos objetivos ambientais e organizacionais das empresas de construção civil britânicas.

2.1.3. ECOHOMES

O ECOHOMES é uma versão do BREEAM para residências. Ele fornece classificação para edifícios novos ou reformados e abrange casas, flats e apartamentos, podendo ser realizado na fase de projeto ou de construção (www.breeam.org, 2010).

2.1.4. Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency – CASBEE

O CASBEE é uma ferramenta de avaliação do desempenho ambiental dos edifícios utilizada no Japão. A sigla CASBEE pode ser entendida como Sistema Integral de Avaliação para a Eficiência Ambiental da Construção. Trata-se de uma ação conjunta entre governo, equipe de projeto e academia, iniciada com o apoio da Secretaria da Habitação, do Ministério da Terra, Infraestruturas, dos Transportes e do Turismo (MLIT), em abril de 2001, levando à criação de duas novas organizações, o JaGBC (Japan GreenBuild Council) e o JSBC (Japan Sustainable Building Consortium), que são administrados pelo Instituto do Ambiente Construído e Conservação da Energia (IBEC). JaGBC, JSBC e subcomissões trabalham juntos com o CASBEE. Desde 2001, o JaGBC e o JSBC vêm, continuamente, desenvolvendo e atualizando o sistema CASBEE; desde então, foram reunidas as ferramentas CASBEE para novas construções, para edifícios existentes, para edifícios reformados, para desenvolvimento urbano, para casas residenciais e para avaliação de imóveis.

O CASBEE fornece ao edifício uma rotulagem ambiental utilizando o indicador dado pela Equação 2.1.

$$BEE = Q/L \quad \text{(Equação 2.1)}$$

Onde:

BEE = eficiência ambiental do edifício (building environmental efficiency),

Q = qualidade e desempenho ambiental do edifício (building environmental quality and performance) e

L = cargas ambientais do edifício (building environmental loadings)

Quanto maior o valor Q e menor o de L, mais acentuado o gradiente e mais sustentável será o edifício. Usando essa abordagem, tornam-se possível construir graficamente os resultados das avaliações ambientais dos edifícios, utilizando zonas delimitadas por esses gradientes (Eco-rotulagem). A figura 5 mostra como os resultados da avaliação para os edifícios podem ser rotulados em um diagrama de classe C (fraco), classe B, classe B +, classe A e classe S (excelente), em ordem crescente de valor BEE.

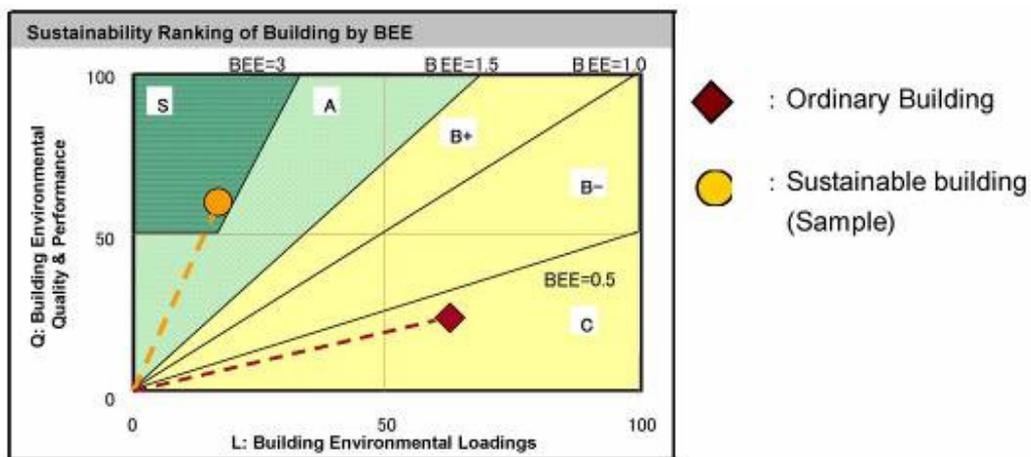


Figura 5: Diagrama da avaliação ambiental de edifícios segundo o valor BEE

Fonte: www.ibec.or.jp/CASBEE, 2010

As pontuações são dadas com base nos critérios estabelecidos para cada item de avaliação que envolve os seguintes campos (www.ibec.or.jp/CASBEE, 2010):

1. Eficiência energética
2. Recursos;
3. Meio ambiente e
4. Ambiente interior.

2.1.5. *Haute Qualité Environnementale – HQE*

O HQE é um sistema francês de avaliação de edifícios baseado nos princípios de sustentabilidade desenvolvidos em 1992. A sigla pode ser entendida como ‘Alto Padrão de Qualidade dos Edifícios’, e em inglês é traduzida como *High Quality Environmental Standard*. O sistema estabelece exigências e indicadores para quatorze metas, distribuídas em dois domínios com dois grupos cada, cujo atendimento qualifica uma edificação como de alto padrão. Essas metas são organizadas da seguinte forma:

Domínio A: metas dos impactos no ambiente externo

Grupo A.1: metas de eco-construção

- a. relação harmoniosa da edificação com o seu entorno
- b. escolha integrada dos materiais, processos e sistemas de construção
- c. canteiro de obras com reduzido nível de impactos

Grupo A.2: metas de eco-gestão

- d. gestão da energia
- e. gestão da água
- f. gestão de resíduos de uso e operação do edifício
- g. gestão da manutenção – permanência do desempenho ambiental

Domínio B: metas de criação de um ambiente interior satisfatório

Grupo B.1: metas de conforto

- h. conforto higrotérmico
- i. conforto auditivo
- j. conforto visual
- k. conforto olfativo

Grupo B.2: metas de salubridade

- l. higiene e limpeza dos espaços internos
- m. controle da qualidade do ar
- n. controle da qualidade da água

O HQE é controlado pela Association pour la Haute Qualité Environnementale (ASSOHQE), localizada em Paris. Em 2009, o CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) e sua assessora CertiVéA assinaram um memorando acordando o trabalho conjunto entre o HQE e o Building Research Establishment (BRE) do Reino Unido. O objetivo dessa união é desenvolver um método pan-europeu de avaliação ambiental da construção, uma vez que o sistema BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) possui semelhanças com o sistema francês HQE.

2.1.6. Green Star

O GREEN STAR é um sistema voluntário de avaliação ambiental da Austrália que avalia o projeto e a construção de edifícios. Atualmente, 11% dos edifícios de escritórios comerciais australianos já receberam a certificação.

Os objetivos desse sistema de avaliação compreendem o estabelecimento de uma linguagem comum, a definição de um padrão de medidas para edifícios verdes, promoção da integração entre projeto e construção de edificações, identificação dos impactos do ciclo de vida e aumento da conscientização dos benefícios do edifício verde. Para tanto, o sistema considera nove aspectos sob os quais os edifícios são avaliados:

1. Gestão;
2. Qualidade do ambiente interior;
3. Energia;
4. Transporte;
5. Água;
6. Materiais;
7. uso da terra e ecologia;
8. emissões;
9. inovação.

A avaliação GREEN STAR disponibiliza três tipos de certificação de acordo com a pontuação recebida pelo edifício, distribuídas da seguinte forma:

- pontuação 45-59: significa "Melhores Práticas" de projeto e/ou construção ambientalmente sustentável;
- pontuação 60-74: significa "Excelência Australiana" de projeto e/ou construção ambientalmente sustentável;
- pontuação 75-100: significa "Liderança Mundial" de projeto e/ou construção ambientalmente sustentável.

Os benefícios do sistema de avaliação GREEN STAR incluem:

- redução de custos operacionais;
- maior retorno sobre o investimento;
- maior valor comercial e vantagem competitiva;
- maior desempenho e produtividade;
- redução de riscos;
- qualidade de vida e de trabalho;
- emprego e demonstração da responsabilidade social.

Nesse sentido, embora a certificação GREEN STAR exija um processo formal, qualquer projeto pode utilizar livremente as ferramentas GREEN STAR como guias para monitorar e melhorar seus atributos ambientais (www.gbcaus.org, 2010).

2.1.7. Energy Star

O ENERGY STAR, criado em 1992, é um programa conjunto da Agência de Proteção Ambiental –EPA– e do Departamento de Energia –DOE– dos EUA para ser um programa voluntário de rotulagem destinado a identificar e promover produtos energeticamente eficientes para reduzir as emissões de gases com ‘efeito estufa’. Computadores e monitores foram os primeiros produtos rotulados.

Até 1995, a EPA ampliou o rótulo para produtos de escritório e equipamentos residenciais de aquecimento e de refrigeração. O rótulo *Energy Star* está agora em grandes eletrodomésticos, equipamentos de escritório, iluminação, eletrodomésticos, além de também alcançar edifícios residências novos, prédios comerciais e industriais. Através de suas parcerias com mais de 17.000 organizações do setor público e privado, o ENERGY STAR fornece as informações técnicas e ferramentas que as organizações e os consumidores devem optar para obter soluções energeticamente eficientes e melhores práticas de gestão. Só em 2009, o ENERGY STAR foi entregue com êxito de redução de energia e de custos em todo o país, gerando economias para empresas, organizações e consumidores da ordem de 17 bilhões de dólares americanos (www.energystar.gov, 2010).

Todos os sistemas de avaliação mencionados são membros do *World GBC – World Green Building Council*. Muitos outros países estão em vias de formar seu próprio conselho e estabelecer um sistema de certificação ambiental (www.worldgbc.com, 2010).

Em alguns países, esta busca também tem partido de incentivos governamentais, como prêmios ou regulamentações. Nos Estados Unidos, por exemplo, estados como Washington exigem que todos os seus edifícios públicos tenham o selo verde do LEED na categoria *Gold* (Ouro).

2.2. O Programa Brasileiro de Etiquetagem e Classificação da Eficiência Energética de Edifícios

2.2.1. Histórico

A partir de 2001 com a promulgação da Lei n°. 10.295 de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, inicia-se no Brasil um processo no qual a etiquetagem e a inspeção foram definidas como mecanismos de avaliação da conformidade para

classificação do nível de eficiência energética de edifícios. O Decreto nº 4059, de 19 de dezembro de 2001, regulamentou a Lei supracitada estabelecendo ‘níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como das edificações construídas’.

O Decreto também apontou a necessidade de ‘indicadores técnicos e regulamentação específica’ para níveis de eficiência energética no país, e criou o ‘Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética –CGIEE–’ e, especificamente para edificações, o ‘Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País’ –GT-Edificações– para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil visando ao uso racional da energia elétrica.

No final de 2005, o GT-Edificações criou a Secretaria Técnica de Edificações –ST Edificações– com competência para discutir as questões técnicas envolvendo os indicadores de eficiência energética.

Quando da criação da ST, a Eletrobrás/Procel já havia lançado o Programa Procel Edifica, que foi então nomeado coordenador da ST-Edificações. Desde 2003, através dele, já vinha sendo organizada a estrutura necessária para viabilizar as exigências do Decreto. Em 2005, o INMETRO foi incluído no processo através da criação da Comissão Técnica –CT Edificações–, a onde é discutido e definido o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE).

O Procel Edifica, que é o Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações, visa a construir as bases necessárias para racionalizar o consumo de energia nas edificações no Brasil. A determinação de parâmetros referenciais para verificação do nível de eficiência energética de edificações está entre suas vertentes de ação, que vão de subsídios à regulamentação.

Nessa vertente desenvolveu-se o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e seus documentos complementares, como o Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C), ambos publicados pelo INMETRO, e o Manual para aplicação do RTQ-C.

O RTQ-C contém os quesitos necessários para a classificação do nível de eficiência energética do edifício. O RAC-C apresenta o processo de avaliação das características do edifício para etiquetagem junto ao Laboratório de Inspeção acreditado pelo INMETRO. É o documento que permite ao edifício obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do INMETRO. É formado por duas etapas de avaliação: etapa de projeto e etapa de inspeção do edifício construído, onde se obtém a autorização para uso da etiqueta do INMETRO. O Manual contém detalhamento e interpretações do RTQ-C e esclarece algumas questões referentes ao RAC-C.

2.2.2. O Processo de Etiquetagem e Classificação de Edifícios

A partir da avaliação dos requisitos contidos no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) para o edifício, e usando o método descrito no Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C), a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é concedida ao edifício submetido à classificação pelo processo brasileiro de etiquetagem (Figura 6).

A etiquetagem do edifício é voluntária e aplicável a edifícios com área útil superior a 500 m² ou atendidos por alta tensão, podendo a etiqueta ser fornecida para o edifício completo ou para parte deste. A ENCE é dita parcial quando referente à envoltória do edifício ou combinando a envoltória com um dos outros dois sistemas: iluminação ou condicionamento de ar.

Os critérios para classificação completa do nível de eficiência energética do edifício através de classificações parciais da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar são apresentados no RTQ-C. Esses sistemas são ponderados através de pesos estabelecidos no regulamento e permite somar à pontuação final bonificações que podem ser adquiridas com inovações tecnológicas, uso de energias renováveis, cogeração ou com a racionalização no consumo de água. Dessa forma, o cálculo da pontuação obtida para a classificação completa do nível de eficiência energética do edifício é realizado por meio da Equação 2.2 mostrada a seguir, que define a pontuação para classificação completa do nível de eficiência energética do edifício (PT):

$$PT = 0,30 \cdot \left\{ \left(\text{EqNumEnv} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + 0,30 \cdot (\text{EqNumDPI}) + 0,40 \cdot \left\{ \left(\text{EqNumCA} \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 0,5 + \frac{ANC}{AU} \cdot \text{EqNumV} \right) \right\} + b_0^1$$

(Equação 2.2)

Onde:

PT é a pontuação para classificação completa do nível de eficiência energética do edifício;

EqNumEnv é o equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI é o equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;

EqNumCA é o equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV é o equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;

APT é a área de piso dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC é a área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada;

AC é a área de piso dos ambientes condicionados;

AU é a área útil;

b é a pontuação obtida pelas bonificações, que varia de 0 a 1.

A relação AC/AU indica a fração de área de piso de ambientes condicionados da edificação, pavimento ou conjunto de salas. Assim, a área útil deve ser a área útil do edifício ou a área útil da parcela que está sendo submetida à etiquetagem, independentemente da existência de condicionamento do ar.

Para definição do nível de eficiência de um edifício, por intermédio do Programa Brasileiro de Etiquetagem, dois métodos podem ser utilizados:

- ✓ o método prescritivo e
- ✓ o método de simulação.

O método prescritivo contém equações e tabelas que limitam parâmetros da envoltória, iluminação e condicionamento de ar separadamente, de acordo com o nível de eficiência energética.

O método de simulação se baseia na simulação termoenergética de dois modelos computacionais representando dois edifícios: um modelo do edifício real (edifício proposto em projeto) e um modelo de referência, este último baseado no método prescritivo.

A classificação é obtida comparando-se o consumo anual de energia elétrica dos dois modelos, sendo que o consumo do modelo do edifício real deve ser menor que do modelo de referência para o nível de eficiência pretendido.

Para avaliar as exigências contidas no RTQ-C, um laboratório de inspeção deve ser designado ou acreditado pelo INMETRO, para verificar as características projetadas e construídas do edifício e indicar qual o nível de

eficiência alcançado por ele. O documento que baliza esse processo é o RAC-C: nele estão contidos os métodos de avaliação, os procedimentos para submissão para avaliação, direitos e deveres dos envolvidos, o modelo da ENCE, a lista de documentos que devem ser encaminhados, modelos de formulários para preenchimento, dentre outros.

O Laboratório de Eficiência Energética (LabEEE) da UFSC desenvolveu a metodologia de avaliação dos edifícios e foi designado pelo INMETRO, juntamente com o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) do Sistema Eletrobrás, para realizar as primeiras avaliações, enquanto trabalha paralelamente na capacitação de outros laboratórios distribuídos no Brasil.

Ao iniciar o processo de etiquetagem, o proprietário ou empreendedor do edifício deve encaminhar ao laboratório de inspeção o pedido de avaliação, juntamente com os documentos exigidos, como projetos e memoriais. Essa etapa é obrigatória, mesmo para edifícios já construídos, pois é na etapa de avaliação de projeto que é identificado o nível de eficiência energética através do método prescritivo ou do método de simulação. Cumpridos esses requisitos, o proprietário obtém uma autorização para uso da ENCE relacionada ao seu projeto.

Depois de construído e fornecido o alvará de ocupação, é solicitada a inspeção no edifício, aonde é verificado se as características que constaram no projeto foram corretamente atendidas. Uma atualização do projeto, de acordo com o que foi construído (as built), pode ser realizada antes da inspeção, durante a entrega dos documentos. A inspeção é realizada através de amostragem dos ambientes e componentes, inclui medições in situ de dimensões (como janelas e os próprios ambientes) e de propriedades (como absorvância das fachadas, quando amostras não tiverem sido fornecidas na etapa de avaliação de projeto). Nela também serão verificados os materiais e equipamentos utilizados, como conferência do tipo de vidro e das lâmpadas/reatores/luminárias especificados na etapa de avaliação de projeto.

No caso de encontrar diferenças construtivas entre o projeto avaliado e o edifício pronto que não impactem o nível alcançado, a avaliação pode ser atualizada na etapa de inspeção, durante a entrega de documentos. Caso essas diferenças impactem o nível anteriormente alcançado, deverá ser feita uma nova avaliação de projeto, que, por ser corretiva, tende a ser mais rápida.

Cerca de vinte laboratórios do país estão em processo de capacitação para avaliação dos parâmetros do RTQ-C e aplicação do RAC-C. O primeiro curso de avaliação pelo método prescritivo do RTQ-C foi ministrado em maio de 2009 na Eletrobrás e prevê-se que, até o final de 2010, outros cursos de capacitação serão ministrados. Além deste, devem ser oferecidos cursos de capacitação no método de simulação e de aplicação do RAC-C.

Embora bastante divulgado entre os profissionais do ramo, ainda existe uma necessidade de divulgação do conhecimento do Programa Brasileiro de Etiquetagem para setores da construção civil. Em 2010, alguns cursos de capacitação estão sendo ministrados no Brasil, com o objetivo de que os membros dos laboratórios das universidades que participaram desses cursos venham a ser multiplicadores dos conhecimentos adquiridos em suas regiões de atuação, difundindo ainda mais o programa no cenário nacional.

2.3. Obras públicas sustentáveis no Brasil

Especificamente no campo das obras públicas, destaca-se a IN SLTI/MPOG nº 01, de 19/01/2010, que dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Essa IN contém alguns aspectos importantes como:

- ✓ a definição de critérios objetivos de sustentabilidade ambiental relativamente ao fator técnica no julgamento das propostas (art. 3º);
- ✓ rol exemplificativo de medidas para que se obtenha a economia no consumo de energia e água, além da utilização de tecnologias que contribuam para a redução do impacto ambiental (art. 4º);
- ✓ obrigatoriedade na divulgação de materiais ociosos para doação a outros órgãos e entidades da Administração Pública (art. 9º); e,
- ✓ aplicabilidade das providências relativas às medidas de caráter sustentável aos convênios e ajustes (art. 10).

A seguir reproduz-se o seu capítulo II, que se refere a licitações sustentáveis de obras públicas:

Art. 4º. Nos termos do art. 12 da Lei nº 8.666, de 1993, as especificações e demais exigências do projeto básico ou executivo, para contratação de obras e serviços de engenharia, devem ser elaborados visando à economia da manutenção e operacionalização da edificação, a redução do consumo de energia e água, bem como a utilização de tecnologias e materiais que reduzam o impacto ambiental, tais como:

I - uso de equipamentos de climatização mecânica, ou de novas tecnologias de resfriamento do ar, que utilizem energia elétrica, apenas nos ambientes aonde for indispensável;

II - automação da iluminação do prédio, projeto de iluminação, interruptores, iluminação ambiental, iluminação tarefa, uso de sensores de presença;

III - uso exclusivo de lâmpadas fluorescentes compactas ou tubulares de alto rendimento e de luminárias eficientes;

IV - energia solar, ou outra energia limpa para aquecimento de água;

V - sistema de medição individualizado de consumo de água e energia;

VI - sistema de reuso de água e de tratamento de efluentes gerados;

VII - aproveitamento da água da chuva, agregando ao sistema hidráulico elementos que possibilitem a captação, transporte, armazenamento e seu aproveitamento;

VIII - utilização de materiais que sejam reciclados, reutilizados e biodegradáveis, e que reduzam a necessidade de manutenção; e

IX - comprovação da origem da madeira a ser utilizada na execução da obra ou serviço.

§ 1º Deve ser priorizado o emprego de mão-de-obra, materiais, tecnologias e matérias-primas de origem local para execução, conservação e operação das obras públicas.

§ 2º. O Projeto de Gerenciamento de Resíduo de Construção Civil – PGRCC–, nas condições determinadas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente –CONAMA–, através da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, deverá ser estruturado em conformidade com o modelo especificado pelos órgãos competentes.

§ 3º. Os instrumentos convocatórios e contratos de obras e serviços de engenharia deverão exigir o uso obrigatório de agregados reciclados nas obras contratadas, sempre que existir a oferta de agregados reciclados, capacidade de suprimento e custo inferior em relação aos agregados naturais, bem como o fiel cumprimento do PGRCC, sob pena de multa, estabelecendo, para efeitos de fiscalização, que todos os resíduos removidos deverão estar acompanhados de Controle de Transporte de Resíduos, em conformidade com as normas da Agência

Brasileira de Normas Técnicas –ABNT–, ABNT NBR nº 15112, 15113, 15114, 15115 e 15116, de 2004, disponibilizando campo específico na planilha de composição dos custos.

§ 4º. No projeto básico ou executivo para contratação de obras e serviços de engenharia, devem ser observadas as normas do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO– e as normas ISO nº 14000 da Organização Internacional para a Padronização (*International Organization for Standardization*).

§ 5º. Quando a contratação envolver a utilização de bens e a empresa for detentora da norma ISO 14000, o instrumento convocatório, além de estabelecer diretrizes sobre a área de gestão ambiental dentro de empresas de bens, deverá exigir a comprovação de que o licitante adota práticas de desfazimento sustentável ou reciclagem dos bens que forem inservíveis para o processo de reutilização.

2.4. Breve histórico sobre a infra-estrutura dos Campi da UFV

A atual Universidade Federal de Viçosa, com 1601 ha, foi formalmente criada em 1922 como Escola Superior de Agricultura e Veterinária (ESAV) e já buscava atuação fundamentada no ensino, pesquisa e extensão. Teve seus planos e plantas aprovados em 1921 e o dia 28 de agosto de 1926 marca a inauguração do prédio principal, hoje Edifício Arthur da Silva Bernardes (Figura 7).

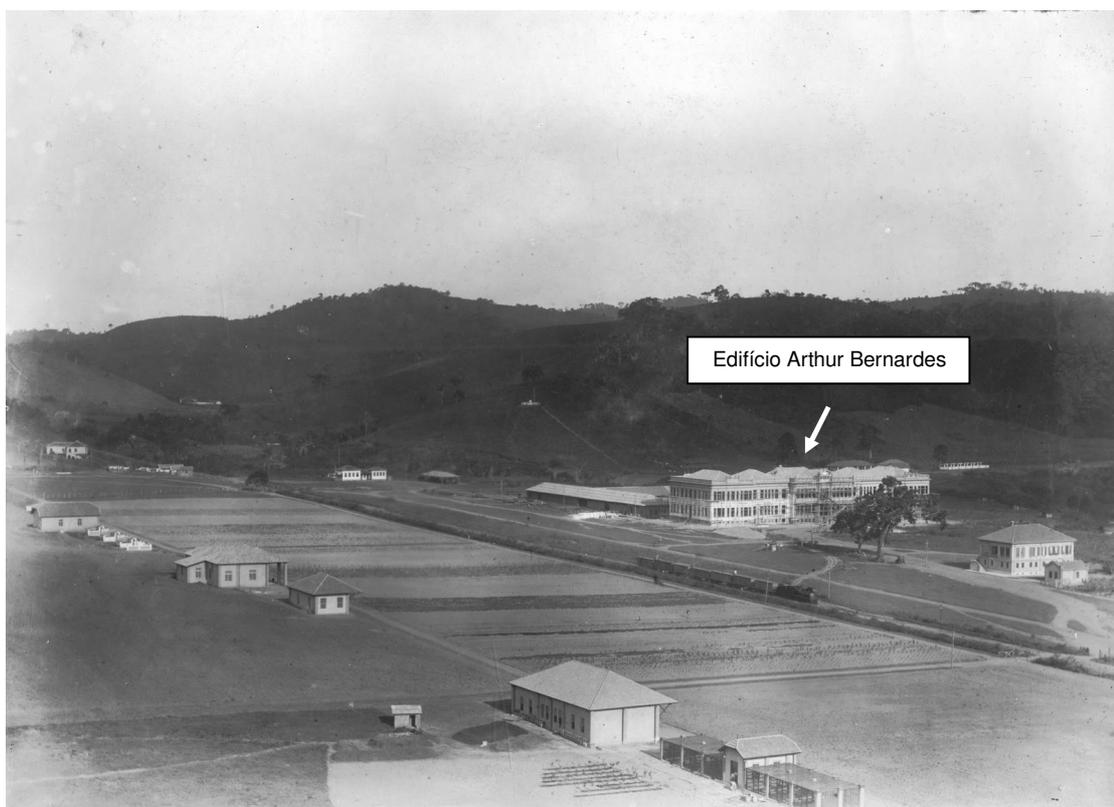


Figura 7: Campus UFV/Viçosa e Edifício Arthur Bernardes ainda em construção.

Fonte: Acervo Museu Histórico da UFV

Em 1948, o governo do Estado transformou a ESAV em Universidade Rural do Estado de Minas Gerais – UREMG –, que reunia a Escola Superior de Agricultura, a Escola Superior de Veterinária, a Escola Superior de Ciências Domésticas, a Escola de Especialização (Pós-Graduação), o Serviço de Experimentação e Pesquisa e o Serviço de Extensão.

Em 1955, a Escola Média de Agricultura de Florestal foi incorporada à UREMG, sendo posteriormente transformada em Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário e Florestal (CEDAF). Em 1965, por decisão do Conselho Universitário da UREMG, foi criado o Colégio Universitário – COLUNI–, transformado em Colégio de Aplicação em 2001.

Por seu desenvolvimento sólido e de qualidade ao longo do tempo, a Universidade foi federalizada em 15/07/1969 com o nome de Universidade Federal de Viçosa – UFV –, pelo então presidente Arthur da Costa e Silva.

Em 2006, o Conselho Universitário – CONSU – aprovou a criação de dois campi: o de Florestal – CAF –, com 1674 ha, abrange toda a área da Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal – CEDAF –, e dista 300 km de Viçosa (Figura 8); o de Rio Paranaíba – CRP –, com uma área de 45 ha e outra de 200 ha (Figura 9), dista 550km de Viçosa. Com a criação do campus em Rio Paranaíba, esta se tornou a menor cidade do País a abrigar um campus de uma universidade federal.

A diversificação na estrutura acadêmica da UFV leva a uma conseqüente expansão física, já que cada curso precisa de espaços com características específicas para poder ser implantado na sua totalidade. Essa diversificação configura-se como fator dinamizador do desenvolvimento institucional, através da abertura de novos cursos, do aumento do número de vagas, da liberação de recursos para construção de novos prédios e também da criação de novos campi.

Em Viçosa, a área do campus é de 1601 ha. Em 1998 a área construída da UFV era de 242.688,27 m² e em 2007 chegou a 318.385,38 m². Somente com os recursos alocados pelo Programa Reuni instituído pelo Governo Federal, neste campus, até 2011, a área em construções terá um incremento da ordem de 32.000m² (REUNI), dentre eles o Edifício da Saúde, que abrigará o recém-aprovado curso de Medicina (Figura 10); até 2012, preveem-se, com outras fontes de recursos, mais 31000m² construídos. Ou seja, cerca de 63.000m² construídos de 2009 a 2012.



Figura 8: Vista aérea da área do Campus da UFV/Florestal

Fonte: Disponível em: <http://www.cedaf.ufv.br/paginas/fotos_campus/album2>.

Acesso em: 21 de janeiro 2010.

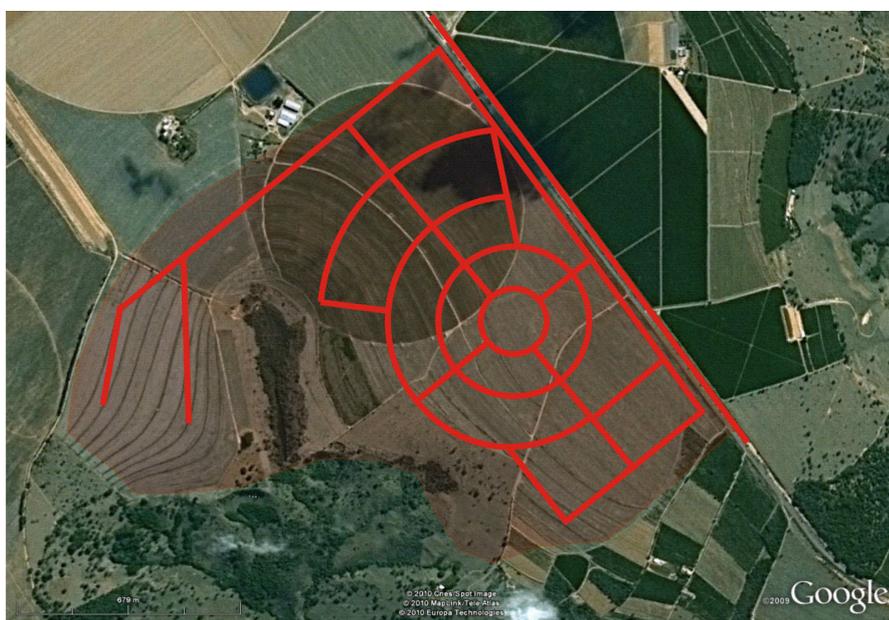


Figura 9: Vista aérea da área do Campus da UFV/Rio Paranaíba

Fonte: Adaptação de imagem extraída Google Earth, 2010.



Figura 10: Vista do Edifício da Saúde no Campus UFV/ Viçosa, em 2010.

Fonte: Disponível em: <<http://vicosacidadeaberta.blogspot.com>>. Acesso em: 04 abril 2011.

Da mesma forma, entre os anos de 1998 e 2007 ocorreu o aumento do consumo de energia elétrica no campus, tanto em função da expansão de cursos e da área construída, como também pelo aumento das atividades de projetos de pesquisa e extensão. Essencialmente, o consumo de energia elétrica está diretamente relacionado ao aumento de áreas edificadas no campus (Figura 2 e Figura 3). Esta constatação, constatada ao longo do processo de expansão da UFV, comprova-se com a identificação de diversos registros de propostas e projetos relacionados à redução do consumo de energia nos edifícios do Campus Viçosa, principalmente entre os anos de 1991 e 2002.

Ou seja, o ritmo e a tendência de crescimento da Universidade, em particular com a implantação de novas edificações, e os desembolsos anuais da Instituição com energia elétrica, reforçam a necessidade do estabelecimento de

diretrizes projetuais, operacionais e de manutenção para resolver as questões de eficiência energética, para que o desenvolvimento da universidade não se torne insustentável, fato que seria incoerente com os conceitos por ela difundidos.

Também, especial atenção deve ser dada na UFV para que as diretrizes sejam amplamente observadas e praticadas em todos os campus, haja vista que de 2009 a 2012 preveem-se: em Florestal mais 12.000 m² em novas edificações e 10.000 m² em urbanização; em Rio Paranaíba mais 15.000 m² em novas edificações e 18.000 m² em urbanização.

3. METODOLOGIA

3.1. Área e objeto de estudo

O local objeto de estudo, neste trabalho, foi a Universidade Federal de Viçosa, localizada no Município de Viçosa/MG.

O Município de Viçosa possui área territorial de 299,39 km² e cerca de 74 mil habitantes (IBGE, 2008), localiza-se na região sudeste do Estado de Minas Gerais, mais precisamente na Mesorregião da Zona da Mata mineira, a uma latitude 20°45'14" sul e a uma longitude 42°52'55" oeste.

Viçosa está situada entre as Serras da Mantiqueira, do Caparaó e da Piedade, sendo de 649m a altitude de referência. Limita-se ao norte com os municípios de Teixeiras e Guaraciaba, ao sul com Paula Cândido e Coimbra, a leste com Cajuri e São Miguel do Anta e a oeste com Porto Firme. O município é servido pelas rodovias BR-120, MG-280 e MG-356.



Figura 11: Localização do município de Viçosa.

Fonte: Disponível em: <<http://www.ufv.br/dfp/labprotecao/curso/Cidade.htm>>

Acesso em 23 janeiro 2010.

O clima da região é, segundo a classificação de Köppen, do tipo Cwb - clima tropical de altitude com verão chuvoso e temperaturas amenas. Pertence a Zona Bioclimática 31 e sua característica mais marcante é a brusca oscilação diária. Em algumas épocas do ano pode-se experimentar a sensação térmica das quatro estações num mesmo dia.

A Zona Bioclimática tem por objetivo determinar as estratégias que um edifício deve seguir para obter o conforto térmico dos seus ocupantes. Desta forma, uma Zona Bioclimática é o resultado geográfico do cruzamento de três tipos diferentes de dados: zonas de conforto térmico humano, dados objetivos climáticos e estratégias de projeto e construção para atingir o conforto térmico.

¹ Zona Bioclimática: região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano.

Há oito zonas bioclimáticas no Brasil, definidas segundo dados climáticos (de temperatura e umidade) para a determinação de estratégias de projeto necessárias para atingir o conforto térmico de moradias de interesse social. Além do método de definição do zoneamento pelas normais climatologias brasileiras, a norma “NBR 15.220-3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro” apresenta a lista de 330 cidades brasileiras pertencentes à sua Zona Bioclimática. Além destas, outras cidades tiveram suas zonas definidas por interpolação e estão disponíveis em www.labeee.ufsc.br. A Figura 12 apresenta um mapa com o zoneamento bioclimático brasileiro.

Determinadas as estratégias adequadas para cada cidade ou localidade geográfica, as mesmas são agrupadas por uso de estratégias comuns criando assim uma Zona Bioclimática. (Fonte: Manual para aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C, 2010).

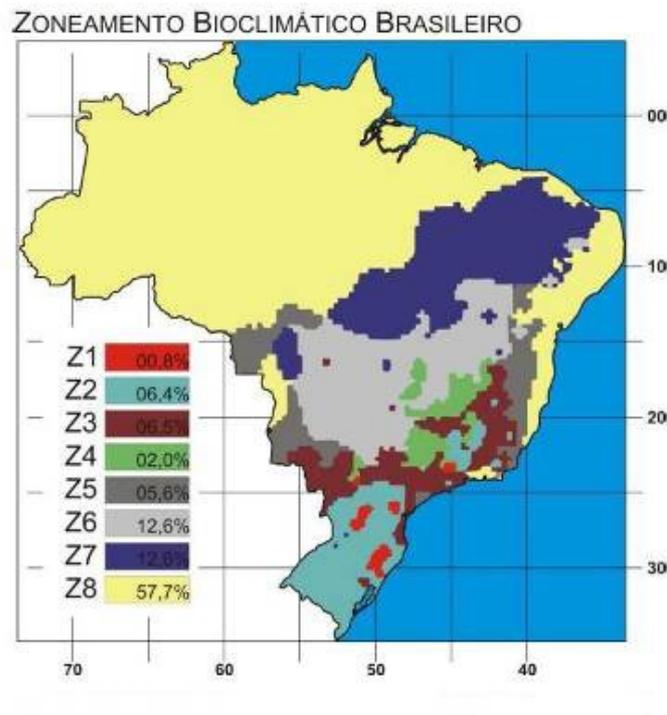


Figura 12: Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

Fonte: NBR 15.220-3 apud Manual para aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C, 2010.

O Campus UFV/Viçosa possui como principal característica a arborização intensa e planejada que, juntamente com as lagoas que compõem a paisagem, delega ao espaço uma sensação climática diferente da encontrada no centro da cidade.

Para estabelecer diretrizes para a UFV, um objeto de estudo da pesquisa é o Edifício da Saúde (Figura 13), sendo sua área total construída de 4645m², com infra e superestrutura em concreto armado, com vedação em alvenaria de blocos cerâmicos e acabamento que varia de placas de pedra assentadas, no pavimento térreo, ao emboço pintado com sobreposição de brises metálicos, nos demais pavimentos. As divisões internas são compostas, fundamentalmente, por paredes pintadas, algumas em alvenaria, outras em gesso acartonado.

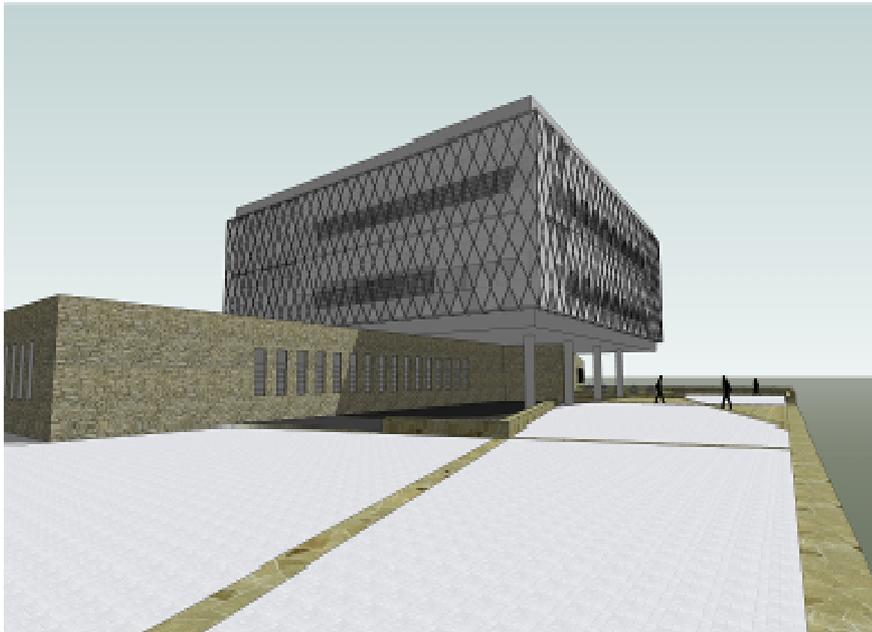


Figura 13: Edifício principal do complexo da Saúde/UFV.

Fonte: UFV/PAD/DPC (2010).

O edifício é composto por quatro pavimentos. O térreo, concebido como um volume irregular abriga numa das alas os setores administrativos e noutra ala os laboratórios de anatomia e salas de aulas; este pavimento se distribui e se conforma em função das características originais do terreno. A distribuição funcional do térreo ainda toma partido do declive original do terreno para proporcionar isolamento visual, requisito do cliente institucional, entre as áreas administrativas e comuns e os laboratórios de anatomia. Esses laboratórios ficaram implantados um nível abaixo do acesso principal, tendo acesso independente pelo nível inferior, podendo, contudo, também ser acessado por meio do sistema geral de circulação vertical.

Acima do térreo, o edifício é composto por mais três pavimentos que abrigam gabinetes, laboratórios e salas de aulas. Esses pavimentos caracterizam-se pela planta e volumetria regulares, assumindo independência formal em relação ao térreo, divisão que também se evidencia nos acabamentos das paredes e estratégia de proteção das aberturas.

Como estratégias bioclimáticas, destacam-se o uso, ora da massa das paredes e menor proporção de aberturas (no térreo), ora de brises em chapa perfurada (demais pavimentos) como elementos para proteger as aberturas da radiação solar direta. A orientação dos setores e principais aberturas também foram pensadas de forma a proporcionar proteção aos ambientes mais utilizados da incidência solar mais intensa. Sobre a laje do térreo, foi proposta cobertura verde, que atua tanto no sentido de proporcionar maior conforto térmico, quanto no de proporcionar conforto visual para os pavimentos superiores, evitando a inconveniente visão do telhado e o ofuscamento pela reflexão da luz solar nele (Figura 14).

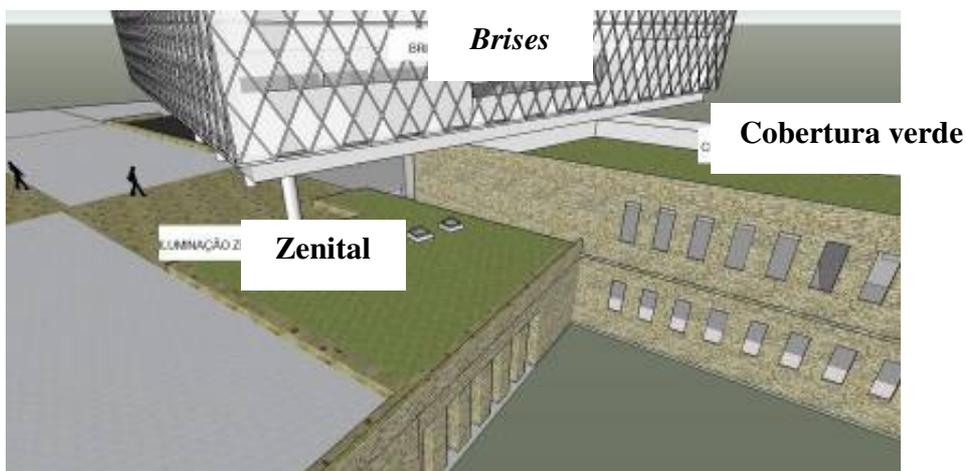


Figura 14: Edifício da Saúde/UFV _ Estratégias Bioclimáticas adotadas no projeto. Fonte: UFV/PAD/DPC (2010).

3.2. Metodologia de Classificação

A metodologia adotada para a classificação do Nível de Eficiência Energética do edifício principal do complexo da Saúde da UFV teve como referencial o Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-C) do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Público.

Do projeto executivo do edifício foram extraídos dados relativos ao sistema envoltória (fachadas e cobertura). O requisito envoltória foi avaliado separadamente, através do preenchimento de planilhas, resultando numa pontuação que indicou o nível de eficiência do sistema envoltório da edificação através do valor ICenv (Indicador de Consumo da Envoltória), obtido através da equação 3.1:

$$IC_{env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAFT + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS - (35,75/F) - 0,54.PAFT.AHS + 277,98$$

(Equação 3.1)

Há cinco níveis de eficiência, tanto para classificações parciais como para totais, que são: A (mais eficiente), B, C, D e E (menos eficiente). Os dados com os quais foram preenchidas as planilhas referentes ao Edifício da Saúde, constam no RTQ-C e estão definidos a seguir:

- **Abertura:** todas as áreas da envoltória do edifício, com fechamento translúcido ou transparente (que permite a entrada da luz), incluindo janelas, painéis plásticos, claraboias, portas de vidro (com mais da metade da área de vidro) e paredes de blocos de vidro. Excluem-se vãos sem fechamentos e elementos vazados como cobogós;
- **APT:** Área de Permanência Transitória (m^2): área de piso dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
- **Apcob:** área de projeção da cobertura (m^2): área da projeção horizontal da cobertura, incluindo terraços cobertos ou descobertos e excluindo beirais, marquises e coberturas sobre varandas – esta última, desde que fora do alinhamento do edifício;
- **Ape:** Área de projeção do edifício (m^2): área da projeção horizontal do edifício (quando os edifícios são de formato uniforme) ou área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos (no caso de edifícios com formato irregular);
- **AU:** Área Útil (m^2): para uso neste regulamento, a área útil é a área realmente disponível para ocupação, medida entre os paramentos internos das paredes que delimitam o ambiente, excluindo garagens;
- **Atot:** Área total de piso (m^2): soma das áreas de piso fechadas da construção, medidas externamente;
- **Aenv:** Área da envoltória (m^2): soma das áreas das fachadas e empenas e da área de cobertura, incluindo a área das aberturas;
- **Ângulos de sombreamento:** ângulos que determinam a obstrução à radiação solar direta gerada pela proteção solar nas aberturas. No regulamento são usados dois ângulos: ângulo vertical de sombreamento (referente a proteções horizontais) e ângulo horizontal de sombreamento (referente a proteções

verticais). O autossombreamento (sombreamento ocasionado pelo edifício sobre si mesmo) deve ser usado para cálculo dos ângulos de sombreamento. Já sombreamento proveniente do entorno (edifícios vizinhos e/ou acidentes geográficos) não pode ser usado no cálculo dos ângulos de sombreamento do método prescritivo. Entretanto, o sombreamento proveniente do entorno pode fazer parte do método de simulação (uso opcional) e, quando usado, deve ser incluído somente no modelo do edifício real;

- **AVS:** Ângulo Vertical de Sombreamento: ângulo formado entre 2 planos que contêm a base da abertura: o primeiro é o plano vertical na base da folha de vidro (ou material translúcido), o segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar horizontal até a base da folha de vidro (ou material translúcido);
- **AHS:** Ângulo Horizontal de Sombreamento: ângulo formado entre 2 planos verticais: o primeiro plano é o que contém a base da folha de vidro (ou material translúcido), o segundo plano é formado pela extremidade mais distante da proteção solar vertical e a extremidade oposta da base da folha de vidro (ou material translúcido);
- **Coberturas não aparentes:** coberturas sem possibilidade de visualização por pedestres situados na calçada do logradouro do edifício. No caso do edifício ter acesso a mais de uma rua ou avenida, deve-se considerar o logradouro principal.
- **Env:** Envoltória: planos externos da edificação, compostos por fachadas, empenas, cobertura, brises, marquises, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem;
- **FA:** Fator Altura: razão entre a área de projeção da cobertura e a área de piso (A_{pcob}/A_{tot});
- **FF:** Fator de Forma: razão entre a área da envoltória e o volume do edifício (A_{env}/V_{tot});

- **Fachada:** superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60° em relação à horizontal. Inclui as superfícies opacas, paredes, translúcidas, transparentes e vazadas, como cobogós e vãos de entrada.
- **Fachada oeste:** fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 270° em sentido horário a partir do norte geográfico. Fachadas cuja orientação variar de +45° ou -45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas oeste.
- **FS:** Fator Solar: razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. O fator solar considerado será relativo a uma incidência de radiação solar ortogonal à abertura. A ISO 15099: 2003 e a ISO 9050: 2003 apresentam procedimentos de cálculos normalizados para o FS e outros índices de desempenho energético de vidros e janelas com panos envidraçados simples ou múltiplos e também algumas tipologias de proteções solares internas (ex. venezianas). A NFRC 201:2004 apresenta procedimentos e especificações técnicas normalizadas para aplicação de um método calorimétrico de medição de ganho de calor solar em janelas.
- **ICenv:** Indicador de Consumo da envoltória;
- **PAFO:** Percentual de Área de Abertura na Fachada oeste (%);
- **PAFT:** Percentual de Área de Abertura na Fachada total (%): É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação. Refere-se exclusivamente a aberturas em paredes verticais com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal, tais como janelas tradicionais, portas de vidro ou sheds, mesmo sendo estes últimos localizados na cobertura. Exclui área externa de caixa d'água no cômputo da área de fachada, mas inclui a área da caixa de escada até o ponto mais alto da

cobertura (cumeeira). Neste regulamento, sua inserção nas equações 3.1 a 3.10 deve ser sob forma de fração (0 a 1).

- **Paredes externas:** superfícies opacas que delimitam o interior do exterior da edificação; esta definição exclui as aberturas;
- **PAZ:** Percentual de Abertura Zenital (%): Percentual de área de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60° em relação ao plano horizontal. Deve-se calcular a projeção horizontal da abertura. Acima desta inclinação, ver PAFT ;
- **PT:** Pontuação Total;
- **Transmitância térmica (W/(m²K)):** transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da NBR 15220-2 (ABNT, 2005) ou determinada pelo método da caixa quente protegida da NBR 6488 (ABNT, 1980).
- **Ucob:** Transmitância Térmica da Cobertura (W/(m²K));
- **Upar:** Transmitância Térmica das Paredes (W/(m²K)): neste regulamento, refere-se à transmitância de paredes externas somente;
- **Vtot:** Volume Total da Edificação (m³): volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos;
- **Zona Térmica:** espaço ou grupo de espaços dentro de um edifício condicionado que são suficientemente similares, onde as condições desejadas (temperatura) podem ser mantidas usando um único sensor (termostato ou sensor de temperatura);
- **Zona de Conforto:** zona onde existe satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente. Para especificar a hipótese

de conforto adotada, utilizar uma das seguintes normas: ASHRAE Standard 55/2004 ou ISO 7730/2005.

- **Zona Bioclimática:** região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano.

4. ESTUDO DE CASO

A classificação energética de edifícios pode ser apurada através da determinação da eficiência de três sistemas:

Envoltória;

Iluminação;

Condicionamento de ar.

Os três itens, mais bonificações, são reunidos em uma equação geral de classificação do nível de eficiência do edifício (Equação 2.2). Entretanto, é possível também obter a classificação de apenas um sistema, deixando os demais em aberto. Neste caso, no entanto, não é fornecida uma classificação geral do edifício, mas apenas do sistema analisado.

Neste trabalho, foi classificado apenas o sistema “Envoltória” do Edifício da Saúde. Para isto, determinou-se um conjunto de índices referentes às características físicas do edifício. Componentes opacos e dispositivos de iluminação zenital foram definidos em pré-requisitos, enquanto as aberturas verticais foram avaliadas através de equações. A classificação final do edifício se deu através da seguinte estratégia, estabelecida de acordo com o RTQ-C:

- determinação da Zona Bioclimática em que se localiza a edificação;
- determinação da equação de IC (Índice de Consumo) para a determinada Zona Bioclimática;

- determinação da área de projeção (A_{pe}) do edifício avaliado e se a $A_{pe} > 500m^2$, que é o caso do Edifício da Saúde;
- determinação do Fator de Forma (FF).

A Figura 15 sintetiza a estratégia adotada para o cálculo do Indicador de Consumo da envoltória (IC_{env}) do Edifício da Saúde.

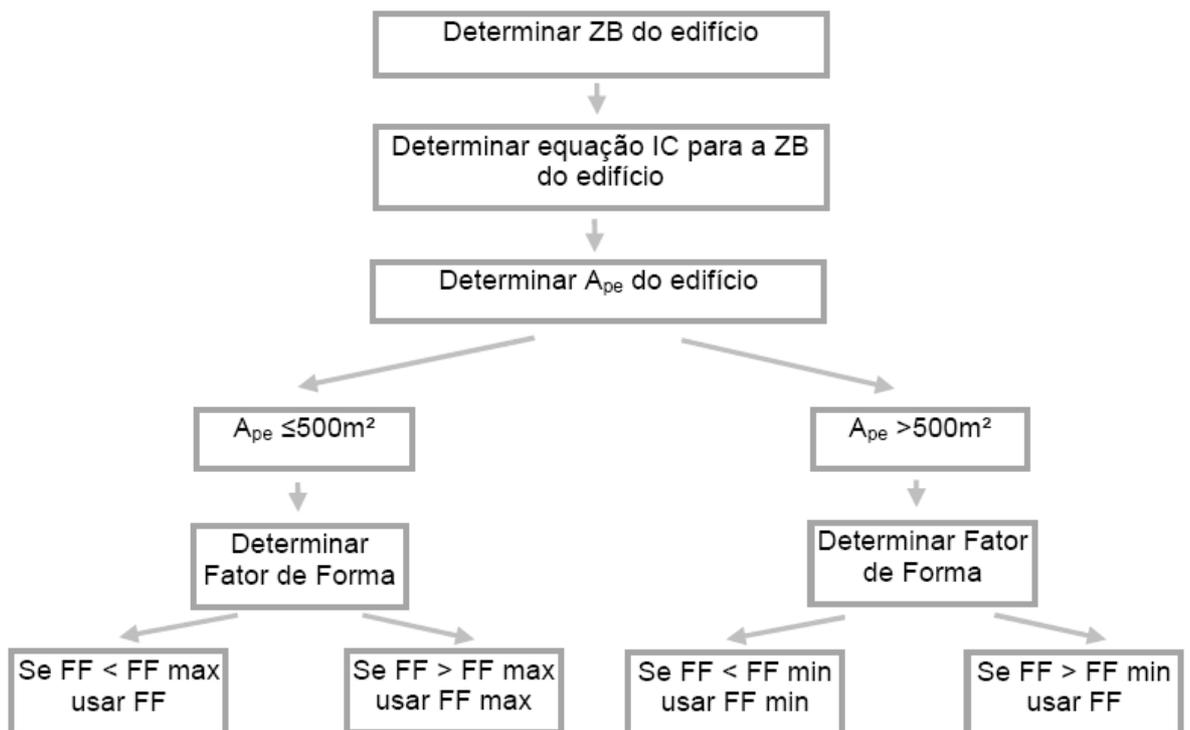


Figura 15: Fluxograma de estratégia de cálculo do IC para avaliação de envoltória. Fonte: Manual para aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C, 2010.

Sequencialmente, foi desenvolvido o cálculo do IC_{env} que define a classificação da envoltória do Edifício da Saúde, através da apreensão e cálculo das variáveis extraídas do projeto do edifício e apresentadas na Tabela 1:

TABELA 1			
VARIÁVEL	DESCRIÇÃO	UNIDADE	VALOR
Ape	Área de projeção do edifício	m ²	1.742
Atot	Área total de piso	m ²	4.645,04
Aenv	Área da envoltória	m ²	2.369
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento, entre 0 e 45°	°C	0
AHS	Ângulo Horizontal de Sombreamento, entre 0 e 45°	°C	0
FF	(Aenv/ Vtot), Fator de Forma	m ⁻¹	0,07
Ff _{mín}	Fator de Forma Mínimo para a ZB	m ⁻¹	0,15
FA	(Apcob/ Atot), Fator Altura		0,38
FS	Fator Solar (Dado pelo fabricante)		0,4
PAFT	Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional, para uso na equação)		0,22
Vtot	Volume total da edificação	m ³	35.772
ZB	Zona Bioclimática		3

Tabela 1: Dados para o cálculo do IC para avaliação da envoltória do Edifício da Saúde.

Com os resultados foi possível calcular o Indicador de Consumo da envoltória, utilizando a equação 4.1 determinada pelo RTQ-C, para edifícios localizados na Zona Bioclimática 3.

$$IC_{env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAFT + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS - (35,75/F) - 0,54.PAFT.AHS + 277,98$$

(Equação 4.1)

Os dados da envoltória do Edifício da Saúde foram substituídos na Equação 4.1, obtendo-se um IC - Indicador de Consumo - da envoltória do edifício de valor é igual a 30,30. Porém, para a determinação do nível de eficiência da envoltória, foi necessário conhecer o IC_{mín} e IC_{máxD}, e verificar a posição de IC_{env} na escala, de acordo com os intervalos de eficiência.

O cálculo do IC_{\min} e $IC_{\max D}$ também se deu por meio da Equação 4.1, todavia, utilizando-se os parâmetros de entrada fornecidos pela Tabela 2 e pela Tabela 3, ambas estabelecidos pelo RQT-C.

PAF _T	FS	AVS	AHS
0,05	0,87	0	0

Tabela 2: Parâmetros para cálculo do IC_{\min}

Fonte: RTQ-C, 2010.

PAF _T	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0

Tabela 3: Parâmetros para cálculo do IC_{\max}

Fonte: RTQ-C, 2010.

Com a substituição dos dados obtidos para o edifício da Saúde, e levando-se em consideração o parâmetros apresentados nas Tabelas 2 e 3, encontraram-se os valores do IC_{\min} e $IC_{\max D}$ do edifício que são iguais a 23,80 e 50,50, respectivamente.

De acordo com o RTQ-C, o $IC_{\max D}$ representa o indicador máximo que a edificação deve atingir para obter a classificação D no quesito envoltória, acima deste valor, a edificação passa a ser classificada com o nível E. Os limites IC_{\min} e

$IC_{máxD}$ representam o intervalo dentro do qual a edificação proposta deve se inserir. O intervalo é dividido em 4 partes (i), cada parte se refere a um nível de classificação numa escala de desempenho que varia de A a E, como mostra a Figura 16.

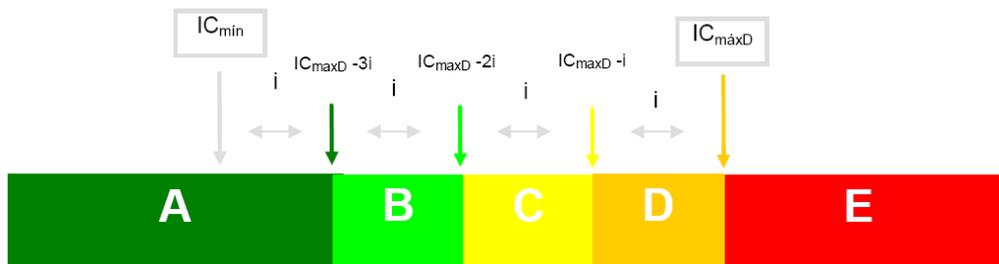


Figura 16: Escala de desempenho variando de A a E, no intervalo entre $IC_{mín}$ e $IC_{máxD}$. Fonte: Manual para aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C, 2010.

A subdivisão i do intervalo (Figura 16) é calculada a partir da Equação 4.2, dada pelo RTQ-C:

$$i = (IC_{máxD} - IC_{mín}) / 4 \quad (\text{Equação 4.2})$$

Através da Equação 4.2 foi encontrado um valor de i igual 6,675 para o edifício da Saúde. Este valor foi utilizado para preencher a Tabela 4 dada pelo RTQ-C, chegando aos resultados apresentados na Tabela 5.

Limites dos intervalos dos níveis de eficiência					
Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	-	$IC_{máxD} - 3i + 0,01$	$IC_{máxD} - 2i + 0,01$	$IC_{máxD} - i + 0,01$	$IC_{máxD} + 0,01$
Lim Máx	$IC_{máxD} - 3i$	$IC_{máxD} - 2i$	$IC_{máxD} - i$	$IC_{máxD}$	-

Tabela 4: Limites dos intervalos dos níveis de eficiência

Fonte: RTQ-C, 2010.

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín	—	30,485	37,16	43,835	50,51
Lim Máx	30,475	37,15	43,825	50,5	—

Tabela 5: Limites dos intervalos dos níveis de eficiência do Edifício Saúde.

Finalmente, o IC_{env} obtido foi comparado com os limites obtidos na Tabela 5 identificando-se que o nível de eficiência da envoltória do Edifício da Saúde possui CLASSIFICAÇÃO A, uma vez que o valor $IC_{env} = 0,30$ encontrado está entre os limites o $IC_{mín}$ e $IC_{máxD}$ ($\leq 30,47$) encontrados na Tabela 5.

5. DIRETRIZES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES E SUSTENTÁVEIS EM EDIFÍCIOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA/MG

5.1. Diretrizes de ordem geral, administrativas e estruturais

Entende-se que a UFV deveria desenvolver ações institucionais contínuas voltadas para a adoção de critérios e práticas focadas na eficiência energética e na sustentabilidade por meio da criação de um Programa de Eficientização do Uso de Energia, visando especialmente o combate ao desperdício de energia elétrica na instituição.

Esse Programa, em consonância com o Plano de Desenvolvimento Físico e Ambiental (PDFA) e com o Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), deve prever o início de uma série de reformas de instalações, em especial de espaços de salas de aulas e da biblioteca central da UFV, por serem as características atuais desses locais passíveis de grande redução do consumo de energia elétrica.

Também devem ser estabelecidas (e ou revisadas se existentes), aplicadas, acompanhadas e controladas, normas internas para a aquisição e uso de dispositivos eficientes para iluminação interna de ambientes como, por exemplo,

conjuntos compostos por lâmpadas de alta eficiência, luminárias reflexivas e reatores eletrônicos.

Concomitantemente, podem-se desenvolver também projetos pilotos de uso de energias alternativas: geração de energia a partir de fonte solar (painéis fotovoltaicos); aquecimento de água e geração de energia com uso de gás natural ou de biomassa.

Para as ações voltadas ao uso racional de recursos na UFV, faz-se necessário organizar uma eficiente estrutura administrativa, que permita implementar ações articuladas entre a Pró-Reitoria de Administração (PAD) com a Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento (PPO), observados os estudos, avaliações e atividades realizadas pela COESF (Comissão de Espaço Físico), pela COMAM (Comissão de Meio Ambiente) e pela CIRCE (Comissão Interna de Redução do Consumo de Energia Elétrica), que poderão ser operacionalizadas, em termos de energia elétrica, por meio da Gerência de Energia. Entretanto, tal estrutura deve ser composta para tratar do melhor uso possível de todos os recursos da UFV, não apenas a energia elétrica, mas também a água, as redes de comunicação e dados e os recursos de espaço físico.

A Comissão de Acompanhamento do PDFA (CA-PDFA) poderia funcionar como um Comitê para o Uso Racional de Recursos, traçando as diretrizes para toda a instituição. Enquanto a CA-PDFA é de assessoramento, a estrutura administrativa que se sugere instituir poderia ser um órgão mais voltado à formalização de critérios, padrões e normas internas que disciplinem o uso dos recursos na instituição. As gerências existentes poderiam perfeitamente ser as unidades executoras, desde que para isso lhes sejam dadas as condições para efetivamente exercerem as funções e atividades para elas estabelecidas por meio de Resoluções do Conselho Universitário.

É indispensável que todo o pessoal envolvido esteja devidamente qualificado para lidar com a realidade que demanda ações de efficientização e sustentabilidade.

Nessas diferentes entidades devem ser tratados todos os temas que dizem respeito ao uso racional de recursos, compreendido aí como elemento indissociável à sustentabilidade.

Deveria ser estabelecida como meta que, até junho de 2011, a UFV tivesse essa estrutura em pleno funcionamento. Por meio dessa estrutura seriam estabelecidos os termos de referências para projeto, construção e manutenção de edificações, contemplando itens intimamente ligados à racionalidade e à sustentabilidade, não só quanto ao que já está sendo utilizado mas também quanto ao que se pretende seja transformado oficialmente em Norma Interna para a UFV, inclusive quanto a reformas de instalações.

Também devem ser estabelecidos critérios e especificações para toda a instituição no que diz respeito a projetos de climatização de ambientes e aquisição de aparelhos condicionadores de ar, devendo ser estabelecida como referência básica a certificação PBE/INMETRO. A meta deve ser que todos os condicionadores de ar adquiridos pela UFV sejam da faixa de classificação “A” ou, caso não existam, da melhor que houver logo a seguir.

Ainda como diretriz para efficientização, outra ação a ser implementada deve ser a gradual substituição da frota de pequenos veículos para transporte de carga no interior dos Câmpus Universitários da UFV, como microtratores ruidosos, poluidores e pouco seguros, que poderiam ser substituídos por veículos elétricos.

As diretrizes institucionais podem verter em dois temas de grande importância no que se refere à racionalização do uso de recursos e sustentabilidade:

- a) estabelecimento de padrões, critérios e normas para a realização de obras e para a aquisição de materiais permanentes, equipamentos, materiais de consumo e serviços, visando ao pleno cumprimento do que consta na IN nº 1/2010, da SLTI/MPOG;
- b) elaboração de um Plano Diretor para a instituição, relativo à efficientização do uso dos recursos naturais.

5.2. Diretrizes relacionadas com a elaboração de projetos de edificações a serem realizadas no ambiente da Universidade Federal de Viçosa

5.2.1. Diretrizes Gerais

- Todos os serviços necessários deverão compreender, de modo coordenado e compatibilizado, a elaboração e o desenvolvimento dos projetos executivos: fundações, estruturas, instalações elétricas internas e externas, rede de alimentação elétrica, instalações hidráulicas e sanitárias, sistemas de vapor e de água gelada, rede de telefonia, rede de comunicação de dados, acústica, sistema de alarmes, sistema de sonorização de ambientes, paisagismo, sistema de tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos, sistema de prevenção e de combate a incêndios, relatório de impacto ao meio ambiente, relatório de impacto na vizinhança, sistema de climatização de ambientes e proteção contra descargas atmosféricas (SPDA).

- Todos os projetos deverão ser concebidos e elaborados de maneira integrada, assegurando o princípio da interdisciplinaridade, por meio da interlocução entre as equipes responsáveis pelos projetos.

- Em todos os projetos, deverão ser obedecidos critérios de eficiência energética, racionalidade do uso de recursos e sustentabilidade, seja no que diz respeito às edificações, seja no que se refere a materiais e equipamentos.

- No projeto das edificações, deverão ser considerados, em especial, os regulamentos estabelecidos pelo INMETRO que dizem respeito à Qualidade do

Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e à sua Avaliação (RAC-C), com vistas à obtenção de certificação das edificações a serem construídas, na faixa de classificação “A”, para os quesitos: envoltória, iluminação e condicionadores de ar.

- Além dos projetos executivos relativos à edificação, o projeto de implantação da edificação será de responsabilidade da empresa contratada, o que deve compreender, minimamente, a localização no terreno e as conexões aos sistemas de fornecimento de energia elétrica, água, telefones e comunicação de dados, além dos estacionamentos e das conexões aos sistemas viários externo e interno.

- Todas as edificações com mais de um pavimento, incluído o térreo, deverão contar com elevadores, que poderão ter suas instalações projetadas de forma compartilhada, nos casos em que houver ligação entre as edificações atendidas que assegurem a adequada acessibilidade e mobilidade aos usuários.

- Deverá ser elaborado projeto de Sistema de Proteção Patrimonial e Pessoal, nos ambientes em que couber.

5.2.2. Diretrizes específicas

- Nos projetos das coberturas e das paredes externas das edificações, deverão ser adotados critérios para a minimização da carga térmica dos ambientes, de forma a reduzir as necessidades de climatização (p.ex.: cobertura com material que absorva pouco calor, pintura de cobertura com tinta especial e cores claras, uso de *brises* adequadamente posicionados, etc.).

- Para o projeto das aberturas, das paredes externas e internas, dos forros e dos pisos, deverá ser contemplado o isolamento acústico, com o uso de materiais e estruturas que reduzam o nível de ruído perceptível no interior dos imóveis.

- Em todas as edificações que se caracterizem como prédios isolados, ainda que interligados a outros, deverão ser previstas as medições de consumo de

energia e de água, e seus respectivos instrumentos de medição, os quais devem ser eletrônicos, com memória de massa e capazes de transferência de dados a sistema central. No caso dos medidores de energia, estes deverão ser compatíveis com o já existente na UFV.

- No projeto de instalações hidrossanitárias, deverão ser contemplados: o aproveitamento das águas das chuvas, a rede de coleta e o sistema de tratamento de efluentes líquidos, o uso de torneiras com fechamento automático, o uso de caixas de descarga com válvula dual, o uso de vasos sanitários hidrodinamicamente eficientes, mictórios separados por divisórias e dotados de válvula de fechamento automático, além do atendimento a critérios de segurança, conforto, higiene, economia e acessibilidade.

- Para as edificações em que exista a necessidade de água quente, deverá obrigatoriamente ser considerado o uso de coletores solares como sistema de base para o aquecimento. Esses equipamentos deverão ter sido aprovados no Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO e escolhidos entre os mais eficientes.

- No projeto arquitetônico, deverá ser contemplado espaço físico específico para a coleta de materiais recicláveis.

- Nos projetos de climatização de ambientes e de iluminação deverão ser contempladas soluções que incluam a utilização da ventilação natural e a utilização da iluminação natural.

- Todos os espaços que sejam destinados ao uso como auditórios, salas de conferência e de eventos e salas de aulas com capacidade superior a 50 pessoas, deverão ter o respectivo projeto de acústica, de sonorização e de multimídia.

- Nos projetos de iluminação de interiores e de exteriores, deverão ser utilizados equipamentos de elevada eficiência, com setorização adequada de comandos (interruptores) e com dispositivos automáticos de liga-desliga, onde se aplicar. Deverão ser também previstos os sistemas de iluminação de emergência

e, nos locais onde seja necessário assegurar a continuidade do fornecimento de energia elétrica, a previsão de sistema ininterrupto de energia (UPS ou *no-break*).

- Nos projetos de climatização de ambientes deverão ser considerados somente aparelhos condicionadores de ar que sejam da faixa de classificação “A” do Programa Brasileiro de Etiquetagem, do PROCEL-INMETRO.

- Nas coberturas de paredes, tetos (pintura) e pisos (revestimento), deverão ser utilizados somente materiais de cores claras. O mesmo deve ser considerado para o mobiliário previsto.

- No projeto arquitetônico, adotar soluções construtivas que garantam maior flexibilidade na construção, de maneira a permitir fácil adaptação às mudanças de uso do ambiente ou do usuário, no decorrer do tempo, e evitar reformas que possam causar desperdício de material e grande impacto ambiental, pela produção de entulho.

- Sem perda das especificidades de cada projeto, os materiais previstos para as edificações deverão atender a requisitos de durabilidade, segurança, conforto térmico, conforto acústico, eficiência luminotécnica e facilidade de manutenção.

- Nas edificações deverá ser priorizado o uso de materiais locais, de modo a evitar transporte em grandes distâncias.

- Adotar soluções de projeto voltadas para o melhor aproveitamento dos condicionantes climáticos locais (radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e ventos), como o aproveitamento dos ventos predominantes no verão e a construção de barreiras para ventos de inverno.

- Elaborar os projetos de forma a favorecer a infiltração das águas da chuva no solo e ou a retenção para usos em atividades do edifício.

- No projeto paisagístico e de implantação da obra, estabelecer espaços de convivência coletiva, com acesso irrestrito ao público (estar e lazer) no entorno dos prédios ou conjuntos de edificações.

- Quando houver previsão do uso de madeiras, considerar somente o uso de material certificado.

- Fazer a previsão de espaços para bicicletários para atendimento ao público.

- Utilizar o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H como referência para projeto, como forma de contemplar a melhoria da qualidade do hábitat e a modernização produtiva.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1. Conclusões

As seguintes conclusões puderam ser extraídas, com base nos objetivos pré-definidos e nos resultados alcançados:

O cálculo do indicador de consumo (IC_{env}) visa prever como a envoltória de um edifício vai impactar o seu consumo de energia. Através do cálculo do IC_{env} é possível identificar envoltórias mais eficientes. A envoltória protege o interior do edifício. Quanto mais exposto o interior do edifício, maior a troca térmica permitida entre o interior e o exterior. Assim, envoltórias com maiores trocas térmicas implicam em elevados ganhos de calor em climas mais quentes (radiação solar, temperatura, etc.) ou maiores perdas de calor em climas frios (infiltração, diferenças de temperatura, etc.). Além disso, o extenso território do Brasil abrange diferentes realidades climáticas que exigem estratégias distintas para alcançar condições de conforto térmico e da eficiência energética das edificações, já que estas estratégias alteram o consumo de energia.

Nenhuma regulamentação por si garante qualidade a um edifício. Maiores níveis de eficiência podem ser alcançados através de estratégias de projeto e por iniciativas e cooperação dos diversos atores ligados à construção dos edifícios (arquitetos, engenheiros civis, eletricitas, mecânicos e empreendedores).

Igualmente, tão importantes e freqüentemente esquecidos, os usuários têm participação decisiva no uso de edifícios eficientes através dos seus hábitos, que podem reduzir de forma significativa o consumo de energia, aumentando assim a eficiência das edificações e reduzindo desperdícios. Todos os envolvidos na concepção e utilização dos edifícios e seus sistemas podem contribuir para criar e manter edificações energeticamente eficientes. Por isso, ressalta-se a importância da implementação das diretrizes apontadas Capítulo 5, como forma de contribuir com a questão energética, senão globalmente, pelo menos, no âmbito da UFV.

6.2. Sugestões para trabalhos futuros

- Analisar criticamente o Método Prescritivo e suas equações, de forma a propor adequações para o aperfeiçoamento do mesmo.

- Comparar resultados da aplicação do Método Prescritivo com os obtidos por meio do Método de Simulação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOPYAN, V. **Agenda 21 para a construção sustentável**. São Paulo: 2000 (Prefácio da versão em língua portuguesa).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.220. **Norma brasileira de desempenho térmico para edificações**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050. **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2004.

BOURDEAU, L. **The Agenda 21 on Sustainable Construction**. In: CIB Symposium on Construction and Environment: theory into practice. São Paulo, 2000.

CASBEE – **Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency**. Japan Sustainable Building Consortium, 2002.

ECOHOMES worksheets. 2002. Disponível em: <http://www.bre.co.uk/services/BREEAM_and_EcoHomes.html>. Acesso em: 19 de janeiro 2010.

ENERGIA, Ministério de Minas e. **Balanco energético nacional 2005**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2010.

ENERGIA, Ministério de Minas e. **Manual para aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C**. Florianópolis, 2010.

LAMBERTS, R; TRIANA, M.A. **Projeto de tecnologias para a construção habitacional mais sustentável** (Relatório Estado da Arte. Capítulo Energia). Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/finep>>. Acesso em 17 de janeiro 2010.

MACIEL, A. A.; ANDRADE, S. F.; GUGEL, E. C.; BATISTA, J. O.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. **Projeto casa eficiente: demonstração de eficiência energética em habitação unifamiliar**. In: 11º Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Florianópolis. , 2006.

MURAKAMI, Shuzo et al. **Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE)**. In: **Sustainable Building and Policy Design**. Institute of International Harmonization for Building and Housing. Keio University Press, Japan, May 2002. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.html>>. Acesso em: 21 de janeiro de 2010.

RATING SYSTEM. Version 2.1. 2002. Disponível em.: <http://www.usgbc.org/Docs/LEEDTMdocs/LEEDTM_RS_v2-1.pdf> Acesso em 23 de janeiro de 2010.

RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE DE CERTIFICATION BÂTIMENTS TERTIAIRES – DÉMARCHE HQE® BUREAU ET ENSEIGNEMENT. (Certificação Ambiental Francesa). Disponível em: <<http://www.cstb.fr>>. Acesso em: 24 de janeiro de 2010.

RELATÓRIO ANUAL DA PRÓ-REITORIA DE ADMINISTRAÇÃO. Universidade Federal de Viçosa: Viçosa/MG. 2010.

SATTLER, M; SEDREZ, M; DA ROSA, T; SPERB, M. **Aplicação de Tecnologias Sustentáveis em um Conjunto Habitacional de Baixa Renda**. In: FORMOSO, C.T; AKEMI, I. (Ed). **Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. Cap. 3, p. 40-67. (Coletânea Habitare, v.2). Disponível em: <http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/97.pdf>. Acesso em: 03 setembro 2009.

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

SJÖSTRÖM, C. **Durability of Building Materials and Components**. In: CIB Symposium on Construction and Environment: theory into practice. 23-24 de novembro de 2000. São Paulo, 2000.

TRIANA, M.A. **Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial em Florianópolis**. 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

TRIANA, M.A; LAMBERTS, R; PEREIRA, F.O. R; CLARO, A; MONTI, R; BITTENCOURT, D; ARANTES, O.K; GOMES, V; GHISI, E; WESTPHAL, F. **Certificação LEED como norteador do processo de projeto para um edifício comercial em Florianópolis, Brasil**. [Comunicação Técnica]. In: ENCONTRO

DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XI, 2006, Florianópolis.
Anais. Comunicação Técnica 1076. Florianópolis: ANTAC, 2006.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. GEO3 - Global
Environment Outlook 3. Past, present e future perspectives. 2002.

US GREEN BUILDING COUNCIL – USGBC. (Homepage Institucional).
Disponível em: < <http://www.usgbc.org/> >. Acesso em: 22 de janeiro de 2010.

WINES, J. **Green Architecture**. Milan : Taschen, 2000.

ZAKARIA, F. **Aquecimento global: é bom se acostumar**. Revista Época:
Coluna Nosso Mundo. 19 de fevereiro de 2007. p.66.

SITES CONSULTADOS

<http://br.olhares.com/campus_ufv_foto2525713.html>

<<http://vicosacidadeaberta.blogspot.com>>

<<http://www.breeam.org/>>

<http://www.cedaf.ufv.br/paginas/fotos_campus/album2.>

<<http://www.energystar.gov/>>

<<http://www.gbcaus.org/>>

<<http://www.ibec.or.jp/>>

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2008/>>

<<http://www.labeee.ufsc.br/>>

<<http://www.ufv.br/>>

<<http://www.vicosa.mg.gov.br/>>

<<http://www.worldgbc.com/>>