



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LEANDRO ROMUALDO LEITE

**APLICAÇÃO DO RTQ-C PARA O SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE
AR DO CENTRO DE INTEGRAÇÃO ACADÊMICA DA UEPB**

Campina Grande – PB
2014

LEANDRO ROMUALDO LEITE

**APLICAÇÃO DO RTQ-C PARA O SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE
AR DO CENTRO DE INTEGRAÇÃO ACADÊMICA DA UEPB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira

Campina Grande – PB
2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

L533a Leite, Leandro Romualdo.
Aplicação do RTQ-C para o sistema de condicionamento de ar do Centro de Integração Acadêmica da UEPB [manuscrito] / Leandro Romualdo Leite. - 2014.
58 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Profa. Dra. Celeide Maria Belmont Sabino Meira, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Energia elétrica. 2. RTQ-C. 3. Eficiência energética. I. Título.

21. ed. CDD 333.79

LEANDRO ROMUALDO LEITE

APLICAÇÃO DO RTQ-C PARA O SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE
AR DO CENTRO DE INTEGRAÇÃO ACADÊMICA DA UEPB

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao departamento de Engenharia
Sanitária e Ambiental da Universidade
Estadual da Paraíba, em cumprimento à
exigência para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em 28 de JULHO de 2014



Prof^a Dr^a Celeide Maria Belmont Sabino Meira / UEPB
Orientadora



Prof Dr Rui de Oliveira / UEPB
Examinador (1)



Prof^a Dr^a Neyliane Costa de Souza / UEPB
Examinador (2)

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, por Sua presença, pela sabedoria que me proporciona escolher bem os caminhos a seguir e por Suas bênçãos, sem as quais eu não estaria aqui.

Aos meus pais, Josenaldo e Sheila, pelo cuidado, pela grande parcela na construção do meu caráter, pelo amor incondicional, pelo apoio imprescindível.

À minha família por acreditar em mim, por ser a base da construção dos meus sonhos, pela confiança e amor.

Aos meus grandes amigos André Luiz, Javã, Ítalo, Dayvison, Isabelle, Nayrlon, Tairone, Priscilla, Juliana, Cassyo, Danilo, Renato e Ramon, e aos demais colegas de curso, pela amizade, confiança e por compartilharem grandes momentos.

A Cicero Fellipe pela ajuda na obtenção dos dados, pelos constantes conselhos e ajuda indispensável neste trabalho.

À minha orientadora Profa. Dra. Celeide Maria pela ajuda na indicação do tema deste trabalho.

Aos componentes da banca, professores Dr. Rui de Oliveira e Dra. Neyliane Costa de Souza, por sua disponibilidade e valiosas sugestões.

A esta Universidade e ao corpo docente de Engenharia Sanitária e Ambiental.

A todos que, direta ou indiretamente, com seu apoio e atenção, contribuíram para minha formação, meu sincero muito obrigado.

O seu tempo é limitado, então não o gaste vivendo a vida de outro alguém. Não fique preso pelos dogmas, que é viver com os resultados da vida de outras pessoas. Não deixe que o barulho da opinião dos outros cale a sua própria voz interior. E o mais importante: tenha coragem de seguir o seu próprio coração e a sua intuição. Todo o resto é secundário.

Steve Jobs

RESUMO

O conceito de sustentabilidade está cada vez mais presente em todas as discussões sobre desenvolvimento. Para atender esta necessidade, a busca por novos conceitos e soluções de eficiência tem sido constantes. Estudos indicam que a demanda por energia vai aumentar consideravelmente nos próximos anos e a crise energética de 2001, no Brasil, proporcionou uma indicação do tamanho do impacto que a falta de energia pode causar. A partir disso, foi desenvolvida a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, regulamentada pelo Decreto nº 4059 de 19 de dezembro de 2001, que estabelece as medidas de 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 de edificações construídas. Esta etiquetagem pode ser realizada em toda a área de um edifício ou apenas em uma parte, sendo os métodos prescritivo ou de simulação utilizados neste processo. O trabalho consistiu na aplicação do RTQ-C, no sistema de condicionamento de ar, do Centro de Integração Acadêmica, no Campus I, da Universidade Estadual da Paraíba, comparando a eficiência do projeto arquitetônico e a edificação construída. O método prescritivo que consta no regulamento foi o método utilizado para a classificação da eficiência energética para o condicionamento de ar. Com os resultados obtidos foi observado que no que se refere à aplicabilidade do RTQ, o projeto do Centro de Integração Acadêmica possui eficiência nível E, enquanto a eficiência da edificação construída é nível D, esta diferença é atribuível a mudanças no projeto e aos aparelhos utilizados.

Palavras-chave: RTQ-C. Eficiência energética. Etiquetagem.

ABSTRACT

The concept of sustainability is increasingly present in all development discussions. To meet this need, the search for new concepts and solutions efficiency has been constant. Studies indicate that demand for energy will increase considerably in the coming years and the 2001 energy crisis in Brazil, provided an indication of the size of the impact that the lack of energy can cause. From this, we developed the National Policy for Conservation and Rational Use of Energy, regulated by Decree No. 4059 of 19 December 2001 laying down measures for the maximum levels of energy consumption or minimum energy efficiency of machinery consumers of energy produced or sold in the country, as well as built buildings. Such labeling can be performed on the entire area of a building or just a part of, or being prescriptive simulation methods used in this process. The work consisted of the application of the RTQ-C, in air conditioning, the Center for Academic Integration, Campus I, the State University of Paraíba system by comparing the efficiency of architectural design and building constructed. The prescriptive method set out in Regulation foio method used for rating the energy efficiency for air conditioning. With the results it was observed that as regards the applicability of RTQ, the project of the Center for Academic Integration own efficiency level E, while the efficiency of the constructed building is level D, this difference is attributable to changes in design and equipment used .

Keywords: RTQ-C. Energy efficiency. Labeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE.....	22
Figura 2	Tipos de Clima do Brasil.....	30
Figura 3	Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	32
Figura 4	Carta Bioclimática adaptada para o Brasil e as estratégias de condicionamento térmico.....	33
Figura 5	Localização do edifício do Centro de Integração Acadêmica, Campus I da UEPB.....	41
Figura 6	Vista Aérea do Centro de Integração Acadêmica.....	41
Figura 7	Centro de Integração Acadêmica (CIA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).....	42
Figura 8	Planta baixa do pavimento térreo do Centro de Integração Acadêmica da UEPB.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Equivalente numérico para cada nível de eficiência.....	19
Tabela 2	Equivalentes numéricos para ventilação natural.....	21
Tabela 3	Classificação Geral.....	21
Tabela 4	Relação entre a demanda de água quente e o nível de eficiência.....	23
Tabela 5	Etapas do Projeto e Atividades Desenvolvidas.....	44
Tabela 6	Subdivisão dos ambientes com sistemas de condicionamento de ar.....	46
Tabela 7	Modelo de condicionador de ar utilizado nos pavimentos 1, 2 e 3.....	47
Tabela 8	Dados dos aparelhos e dos ambientes do pavimento.....	47
Tabela 9	Dados dos aparelhos e dos ambientes do pavimento 2.....	47
Tabela 10	Dados dos aparelhos e dos ambientes do pavimento 3.....	48
Tabela 11	Etiquetas e áreas analisadas.....	48
Tabela 12	Dados dos aparelhos e das ambientes 1 e 2 do pavimento 1..	50
Tabela 13	Ponderação por potência dos aparelhos dos ambientes do pavimento 1.....	50
Tabela 14	Determinação de eficiência dos ambientes do Pavimento 1 através ponderação por potência.....	50
Tabela 15	Dados dos aparelhos e dos ambientes 1 e 2 do pavimento 2...	51
Tabela 16	Ponderação por potência dos aparelhos dos ambientes do pavimento 1.....	52

SUMÁRIO

1	Introdução	12
2	Objetivo Geral.....	13
2.1	Objetivos Específicos.....	13
3	Revisão Bibliográfica	15
3.1	Consumo de Energia.....	15
3.2	Eficiência Energética no Brasil.....	16
3.3	RTQ – C Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.....	17
3.4	Variáveis Arquitetônicas Relacionadas à Eficiência Energética.....	23
3.4.1	Forma da Edificação.....	23
3.4.2	Envoltória.....	24
3.4.3	Fechamentos Opacos.....	25
3.4.4	Fechamentos Transparentes ou Translúcidos.....	25
3.4.5	Função da Edificação.....	26
3.5	Eficiência Energética nas Edificações.....	26
3.5.1	Sistemas de Iluminação Eficientes.....	27
3.5.2	Aparelhos Eficientes e o Sistema de Condicionamento de Ar.....	27
4	Bioclimatologia	28
4.1	Classificação dos Climas.....	28
4.2	Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	30
4.3	Conforto Térmico na Arquitetura.....	31
5	Métodos e Sistemas de Classificação e Avaliação das Edificações	33
5.1	Avaliação de Edificações em Nível Internacional.....	34
5.2	Avaliação de Edificações no Brasil.....	35
6	Referencial Metodológico	37
6.1	Sistema de Condicionamento de Ar.....	37
6.1.1	Pré-requisitos.....	37
6.2	Condicionadores de Ar tipo Split ou tipo janela.....	38
6.2.1	Sistemas de Condicionamento Central.....	38
6.2.2	Eficiência de uma Zona com Diferentes Unidades.....	38
6.2.3	Eficiência de Vários Ambientes.....	39

6.2.4	Eficiência de dois ou mais sistemas Independentes.....	39
6.3	Caracterização do Município e da Área de Estudo.....	40
6.3.1	Descrição e Caracterização do Projeto de Edificação.....	40
6.4	Metodologia Empregada.....	43
6.5	Aplicação do RTQ-C para Classificação da Edificação quanto ao Nível de Eficiência Energética.....	44
7	Resultados e Discussões	45
7.1	Aplicação do RTQ-C no Projeto Arquitetônico do Centro de Integração de Acadêmica.....	45
7.1.1	Térreo.....	46
7.1.2	Pavimentos 1,2 e 3.....	46
7.2	Classificação Parcial do Projeto Arquitetônico para Condicionamento De Ar.....	48
7.3	Aplicação do RTQ-C na Edificação Construída do Centro de Integração acadêmica para Condicionamento De Ar.....	49
7.3.1	Térreo.....	49
7.3.2	Pavimento 1.....	49
7.3.3	Pavimento 2.....	51
7.3.4	Pavimento3.....	51
7.4	Classificação Parcial do Edifício Construído para Condicionamento de Ar.....	52
7.5	Análise Comparativa.....	53
7.5.1	Etiquetagem Parcial do Projeto Arquitetônico do Centro de Integração Acadêmica.....	53
7.5.2	Etiquetagem Parcial Edificação Construída do Centro de Integração Acadêmica.....	53
8	Considerações Finais	54
9	Referências Bibliográficas	56

1 INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade está presente na discussão em diversos países, a partir do entendimento que apenas o crescimento econômico não gera desenvolvimento. O desenvolvimento sustentável visa o crescimento que supra as necessidades da geração atual, a redução dos impactos, sem comprometer as gerações futuras. A procura por soluções eficientes tem provocado uma grande mudança nas práticas de governos e empresas, principalmente, na construção civil. Novos conceitos de construções sustentáveis ganham terreno como diferenciais na mitigação de impactos ambientais.

Todas as atividades da sociedade moderna para serem consideradas viáveis, devem também ser sustentáveis. Essa busca de equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável, é usualmente descrita em função da chamada “*triple bottomline*”, que reúne as dimensões ambiental, social e econômica do desenvolvimento sustentável (SILVA,2003).

Ao longo dos anos a utilização da energia elétrica se destacou frente às outras formas de energia, pelo seu baixo custo e facilidade de geração e transmissão. Porém, com o aumento do consumo, a preocupação com a geração dessa energia aumenta. Cerca de 75% dos recursos energéticos são consumidos pelos países industrializados, enquanto que a maior fatia da população mundial vive fora destes grandes países. Estudos indicam que, nos próximos 25 anos, a demanda energética venha a duplicar-se, causando dúvidas se as fontes de energia irão suportar tamanho aumento.

Dias e Silva (2010) explicam que para o crescimento econômico é necessário que o cenário energético de um país esteja no mesmo ritmo de crescimento ou o setor de energia torna-se um “gargalo”, impedindo que haja desenvolvimento em todos os setores.

O longo período de calma enfrentado pelo Brasil em relação à sua capacidade energética provocou uma leniência por parte das autoridades na promoção de um consumo eficiente de energia elétrica. Essa ‘tranquilidade’ foi fortemente abalada em 2001, quando o risco de apagões levou o governo a

adotar o racionamento de energia, além de buscar soluções para enfrentar a severa crise no abastecimento energético nacional.

O Brasil não possuía nenhuma legislação referente ao consumo eficiente de energia. A primeira delas foi a Lei nº 10295 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, regulamentada pelo Decreto nº 4059 de 19 de dezembro de 2001, que estabelece as medidas de 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 de edificações construídas. A lei também norteou sobre a necessidade da utilização de critérios técnicos e regulamentação específica para tornar-se possível o estabelecimento da obrigatoriedade dos níveis de eficiência no País.

Em 27 de fevereiro de 2009, após anos de discussões, foi aprovado o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), que visa à etiquetagem de edificações no Brasil, avaliando o nível de eficiência energética a partir de três requisitos: Eficiência e potência instalada do sistema de iluminação; Eficiência do sistema de condicionamento de ar e Desempenho térmico da envoltória da edificação. Em princípio, o regulamento é voluntário, mas o objetivo do INMETRO é que, em alguns anos, o cumprimento do regulamento seja obrigatório, com requisitos que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

Esta etiquetagem pode ser realizada em toda a área de um edifício ou apenas em uma parte, sendo os métodos prescritivo ou de simulação utilizados neste processo. O método prescritivo utiliza equações que resultarão em parâmetros que deverão alcançar os valores de cada nível eficiência determinado. Já o método de simulação, utiliza um programa computacional, que realizará a modelagem das variações horárias e de cargas térmicas da edificação, visando estimar a capacidade das estratégias bioclimáticas adotadas no projeto.

As novas tecnologias de eficiência energética estão amplamente difundidas. A questão central é identificar aquelas que irão ser mais eficazes e seguras em longo prazo. A variedade de medidas proporcionadas aos tomadores

de decisão optar por compensações nos setores ambiental, energético, financeiro e social, buscando o alcance da melhor solução possível, que garanta a maximização da eficiência energética de um edifício e satisfaça as necessidades do usuário final (DIAKAKI; GRIGOROUDIS, KOLOKOTSA, 2008).

Com base nestas informações referentes à necessidade da economia ser mais sustentável e suas edificações, mais eficientes, este trabalho visa à aplicação do RTQ-C, no sistema de condicionamento de ar do Centro de Integração Acadêmica da UEPB. Para isto, serão analisados e comparados o projeto arquitetônico e sua execução, através do método prescritivo.

2 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é a aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), no sistema de condicionamento de ar do Centro de Integração Acadêmica, da Universidade Estadual da Paraíba.

2.1 Objetivos Específicos

Visando atingir o objetivo principal, alguns objetivos específicos são requeridos, entre eles:

- Aplicação do método prescritivo de etiquetagem para avaliar a eficiência do projeto arquitetônico do Centro de Integração Acadêmica da UEPB;
- Aplicação do método prescritivo de etiquetagem para avaliar a eficiência no edifício construído do Centro de Integração Acadêmica da UEPB;
- Analisar comparativamente os aspectos de eficiência energética, obtidos através do método prescritivo, na planta e no edifício construído do Centro de Integração Acadêmica da UEPB.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi baseada em diversos trabalhos relativos ao tema, propondo contextualizar os principais tópicos relacionados a este trabalho. Foram abordados aspectos de consumo energético, as metodologias para avaliação ambiental de edifícios, o panorama da eficiência energética no Brasil, bem como o regulamento brasileiro de eficiência energética.

3.1 Consumo de Energia

Em meados dos anos 1970, com a crise do petróleo, a partir de conflitos ocorridos no Oriente Médio, diversos países iniciaram programas que visavam à redução do consumo de energia. Logo se descobriu queo mesmo serviço de energia (iluminação, aquecimento, condicionamento ambiental, equipamentos eletrônicos) poderia ser proporcionado com menos gasto de energia, com melhorias econômicas, ambientais, sociais e culturais. Equipamentos e hábitos de uso passaram a ser analisados também sob o ponto de vista de sua eficiência energética, verificando se eles eram “economicamente viáveis” (BRASIL, 2007).

Essa procura por novas soluções serviu de base para a criação de normas de eficiência energética, que viriam como resposta à crescente utilização de combustíveis fósseis. Neste momento houve uma resposta dos países para se comprometerem com as bases do desenvolvimento, que visam à união do crescimento econômico, com proteção ao meio ambiente e responsabilidade social.

Edwards (2008) estima que o consumo energético dobrará até 2050, sendo a exploração continuada de combustíveis fósseis, a principal fonte de produção de energia, embora uma parcela cada vez maior seja produzida de fontes renováveis.

No Brasil, o consumo de energia elétrica no setor residencial cresceu 5,2 % em 2008, devido principalmente ao aumento da renda, ao atendimento de domicílios que anteriormente não eram ligados à rede elétrica. O setor comercial também apresentou crescimento superior à média, com 6,8 %, enquanto as indústrias apresentam variação de 2,4 %. Os setores residencial,

comercial e público representam 45 % do consumo de energia elétrica no Brasil (BRASIL, 2009).

De acordo com a Eletrobrás – Procel (2011) estima-se que quase 50 % da energia elétrica produzida no país seja consumida não apenas na operação e manutenção das edificações, mas também nos sistemas que proporcionam aos usuários, conforto ambiental, como iluminação, climatização e aquecimento de água.

3.2 Eficiência Energética no Brasil

A preocupação com a eficiência e o uso racional ficou adormecida até a Guerra do Golfo em 1991, quando o preço do petróleo voltou a disparar. O salto do valor do barril do petróleo provocou grandes dificuldades na indústria brasileira e também nas empresas de energia.

A primeira iniciativa do Brasil para estabelecer uma legislação específica para promover a eficiência energética surgiu após a crise de abastecimento de energia em 2001, quando foi sancionada a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Ainda em 2001, o Decreto nº 4.059 regulamentou a lei acima citada, estabelecendo níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética para aparelhos e máquinas consumidoras de energia comercializados no país, como também as edificações construídas. Este mesmo decreto instituiu o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações do País - GT Edificações para elaborar e regulamentar os procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações.

Em 2003 foi criado, pela Eletrobrás, o Procel Edifica: Plano de ação para Eficiência Energética em Edificações, com objetivo de criar bases para racionalizar o consumo de energia nas edificações no Brasil. Já em 2005 o GT Edificações instituiu a Secretaria Técnica de Edificações – ST- Edificações para debater indicadores de eficiência energética.

A ST – Edificações em parceria com o INMETRO desenvolveu e publicou no ano de 2009, o RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

Em 2010, foi publicado o RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais.

O RTQ-C introduz critérios para a classificação completa do nível de eficiência energética do edifício através das classificações parciais da envoltória e dos sistemas de condicionamento de ar e iluminação. Uma equação analisa estes sistemas através de pesos e permite somar à pontuação final bonificações que podem ser alcançadas com uso de energia renovável, geração conjunta e racionalização do consumo de água.

No RTQ-R, a classificação do nível de eficiência energética do edifício é realizada através de classificações parciais da envoltória (iluminação natural e ventilação natural), e o sistema de aquecimento de água. A classificação é realizada nas escalas: unidade habitacional (edificação unifamiliar e multifamiliares) e áreas comuns de edificações multifamiliares. Os sistemas são analisados por uma equação através de pesos estabelecidos no regulamento e possibilita somar à pontuação final bonificações, alcançadas com uso da iluminação natural, ventilação natural, uso racional da água e utilização de equipamentos certificados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem.

De acordo com Carlo (2010), a construção civil terá de se adaptar ao conceito de eficiência energética de um edifício. Diversos aspectos terão maior importância, como: o conhecimento dos parâmetros de projeto; o registro de informações e documentos ao longo da obra; a uniformização da linguagem e especificação técnica dos produtos e o conhecimento, dos conceitos de eficiência e da etiqueta de eficiência e seu significado.

3.3 RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

O Regulamento Técnico da Qualidade de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (BRASIL, 2010b) detalha os métodos para classificação de edificações comerciais e públicas em relação à eficiência energética. Implantado no ano de 2009, inicialmente de caráter voluntário, foi regulamentado pela Portaria INMETRO n.º 53, de 27 de

fevereiro de 2009, sucedida pela Portaria INMETRO n.º 163, de 08 de junho de 2009 e atualmente a última versão revisada é apresentada na Portaria INMETRO n.º 372, de 17 de setembro de 2010. A partir de cinco anos de sua implementação, passará a ter caráter obrigatório.

O RTQ-C pode ser aplicado em qualquer edificação comercial, de serviço ou pública, condicionada, parcialmente condicionada ou não condicionada, com área total útil mínima de 500m² e/ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3 kV. Dois são os métodos que poderão ser utilizados: o prescritivo e a simulação.

O método prescritivo pode ser aplicado em qualquer cidade do país, sendo necessária a definição da zona bioclimática a qual está inserida. O método de simulação requer um programa com características específicas de simulação termoenergética, definidas pela regulamentação, e da disponibilidade de um arquivo climático horário da cidade ou de uma região próxima em que se pretende aplicar o RTQ-C, constando de 8760 horas (total de horas de um ano) de dados de temperatura, umidade do ar, direção e velocidade do vento e radiação solar.

Ambos os métodos devem atender aos requisitos relativos ao desempenho da envoltória, à eficiência e potência instalada do sistema de iluminação e à eficiência de condicionamento do ar (INMETRO, 2010) individualmente.

Para determinação da eficiência da envoltória pelo RTQ-C torna-se necessário que a classificação seja realizada de forma completa, em toda a edificação. Nos casos do sistema de iluminação e ar-condicionado, o nível de eficiência pode ser estabelecido em setores, como um pavimento ou conjunto de salas.

Carlo; Lamberts (2010) consideram que “o método prescritivo foi estabelecido como um conjunto de regras gerais para identificar a eficiência do edifício e pode ser aplicado a uma grande maioria de edificações construídas no país. Contudo, ele não abrange todas as soluções possíveis em um edifício, tornando necessária a realização da simulação. As equações do método

prescritivo se diferenciam segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e a área de projeção do edifício”.

No RTQ-C, a simulação é o método mais completo para analisar o desempenho térmico e/ou energético do edifício, possuindo grande flexibilidade nas opções que visam à racionalização do consumo de energia. Este método exige um programa específico de simulações para ser utilizado e o arquivo climático da cidade onde será aplicado o método. A introdução do RTQ-C nos futuros projetos tornará possível uma maior adequação dos edifícios ao clima que está inserido, possibilitando uma maior eficiência energética.

A classificação do nível de eficiência energética da edificação é dividida em três requisitos: desempenho da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar. A etiqueta pode ser fornecida separadamente para cada requisito, a toda ou parte da edificação. Cada etiqueta apresenta pré-requisitos específicos para obtenção da classificação parcial e geral.

A obtenção da classificação geral é a partir das classificações dos sistemas individuais. A cada sistema são atribuídos pesos, distribuídos da seguinte forma:

Envoltória – 30%

Sistema de iluminação – 30%

Sistema de condicionamento de ar – 40%

Os sistemas individuais avaliados utilizam equivalentes numéricos, correspondente a cada eficiência, conforme Tabela 1:

Tabela 1: Equivalente numérico para cada nível de eficiência

Nível	Equivalente Numérico
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: Brasil, 2010b

O nível de eficiência geral do edifício é calculado a partir da **Equação 1** (BRASIL, 2010b), de acordo com os pesos para cada sistema.

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

Onde:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória;

EqNumDPI: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla *DPI* (Densidade de Potência de Iluminação);

EqNumCA: equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV: equivalente numérico dos ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;

APT: áreas úteis de piso dos ambientes de permanência transitória não condicionados, medidas a partir dos ambientes de circulação, depósitos e sanitários;

ANC: áreas úteis de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, descontadas as *APT*;

AC: áreas de piso dos ambientes condicionados;

AU: área útil total da edificação, medida entre os paramentos internos das paredes que delimitam os ambientes;

b: bonificações, avaliadas pelas iniciativas adotadas quanto ao uso de soluções mais eficientes (varia de zero a 1).

O *EqNumV* corresponde à pontuação obtida a partir da comprovação por simulação que o ambiente interno das áreas de permanência prolongada não condicionadas proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual de horas ocupadas. Para edifícios naturalmente ventilados ou que possuam áreas de longa permanência esta comprovação é obrigatória. Os valores para este equivalente numérico, a ser usado na Equação 1, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Equivalentes numéricos para ventilação natural

Percentual de Horas Ocupadas em Conforto	EqNumV	Classificação Final
$POC \geq 80\%$	5	A
$70\% \leq POC \leq 80\%$	4	B
$60\% \leq POC \leq 70\%$	3	C
$50\% \leq POC \leq 60\%$	2	D
$POC \leq 50\%$	1	E

Fonte Brasil, 2010b

As bonificações são iniciativas que aumentam a eficiência da edificação, podendo receber até um ponto na classificação geral. As iniciativas deverão ser justificadas e a economia gerada comprovada. Essas se caracterizam como sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água, sistemas ou fontes renováveis de energia. O lançamento dos valores das variáveis na Equação 1 resultará num número de pontos, o qual definirá a classificação geral da edificação conforme Tabela 3:

Tabela 3: Classificação Geral

PT	Classificação
$\geq 4,5$ a 5	A
$\geq 3,5$ a $< 4,5$	B
$\geq 2,5$ a $< 3,5$	C
$\geq 1,5$ a $< 2,5$	D
$< 1,5$	E

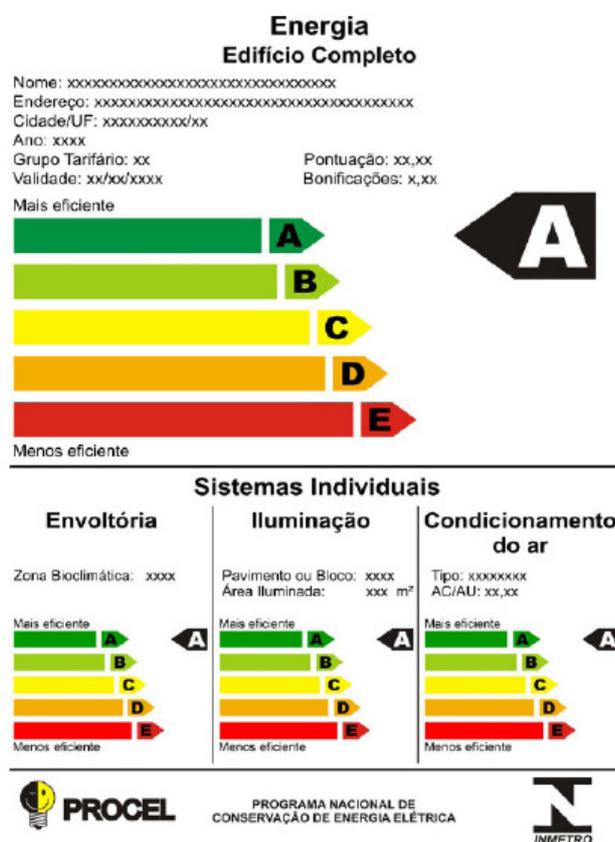
Fonte Brasil, 2010b

Esta classificação varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) e é apresentada na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Figura 1).

A obtenção do Selo PROCEL (BRASIL, 2010b) está condicionada ao nível de classificação geral A. Os três requisitos parciais não são pressupostos básicos para a classificação geral A, a bonificação deve ser sempre

considerada. Porém, para serem elegíveis à etiquetagem, os edifícios em geral devem apresentar pelo menos circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final. Caso contrário, o nível de eficiência máximo a ser alcançado pelo edifício será C, independente das demais classificações parciais. As edificações com consumo de água quente igual ou maior a 10% do consumo de energia devem apresentar uma estimativa dessa demanda.

Figura 1: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE



Fonte: BRASIL, 2009c.

Os requisitos devem comprovar as demandas limites apresentadas resumidamente na Tabela 4 e atender a recomendações específicas a cada sistema de aquecimento e às condições de isolamento térmico das tubulações.

Tabela 4: Relação entre a demanda de água quente e o nível de eficiência

	Demanda de água quente controlada		
	Nível A	Nível B	Nível C
Sistema de aquecimento solar			
Aquecedores a gás do tipo instantâneo	100%	70%	70% complementados por energia elétrica
Sistemas de aquecimento de água por bombas de calor	100%	70%	-
Caldeiras a gás			

Ainda quanto a este pré-requisito, edifícios que tenham apenas aquecimento elétrico da água atingirão no máximo nível C, desde que estes aquecedores elétricos, de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas (com potência menor ou igual a 4.600W) e os aquecedores elétricos de hidromassagem (com potência menor ou igual a 5.000W), possuam eficiência energética superior a 95% e, ainda, participam do Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE/INMETRO.

Dentro do contexto dos métodos propostos pelo RTQ-C, é válido destacar:

A simulação é aplicável para qualquer tipo de edifício, sendo ou não passível de avaliação pelo método prescritivo. No entanto, o método prescritivo é menos oneroso, e recomenda-se a simulação quando a simplicidade do método prescritivo não descreva apropriadamente as características do edifício que participam da eficiência energética. (LAMBERTS; CARLO, 2010)

3.4 Variáveis Arquitetônicas Relacionadas à Eficiência Energética

O consumo energético nas edificações está diretamente ligado aos diversos usos finais como sistemas de iluminação artificial e condicionamento de ar e os equipamentos – computadores, máquinas. Estes dependem de variáveis arquitetônicas, como a forma (geometria) da edificação, a envoltória e seus materiais e a função do edifício.

3.4.1 Forma da Edificação

A forma interfere diretamente nas trocas térmicas entre os ambientes internos e externos. É de grande influência no conforto ambiental e no consumo de energia. Olgay (1998) comenta que a forma ótima é aquela que ganha o mínimo de calor no verão e perde o mínimo de calor no inverno.

No RTQ-C, a forma é levada em consideração na equação de determinação da eficiência da envoltória com as variáveis fator de altura e fator de forma. Segundo o INMETRO (2010), o fator de altura (FA) é a razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação, enquanto o fator de forma (FF) é a razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação.

3.4.2 Envoltória

O RTQ-C (INMETRO, 2010) define envoltória como os planos que separam o ambiente interno do externo. A envoltória da edificação possui um importante papel de ligação entre o edifício e o ambiente externo, para criar condições mais confortáveis para a parte interna.

A envoltória é formada de fechamentos opacos e transparentes. Suas características podem aumentar ou minimizar os ganhos de calor. Cor da edificação, propriedades térmicas de seus materiais e componentes como vidros, paredes e coberturas, e a exposição destes ao ambiente externo são algumas dessas características.

Os fechamentos externos são de grande importância na definição da estrutura e qualidade da iluminação natural na habitação. Os elementos opacos e transparentes que formam a envoltória diferem entre si pela capacidade ou não de transmitir a radiação solar para o interior da edificação. A intensidade das trocas de energia através desses fechamentos será função de:

- radiação solar incidente;
- propriedades térmicas (principalmente, condutividade e capacidade térmica) dos materiais da envoltória;
- absorvância (cor) dos fechamentos opacos;
- temperaturas interna e externa da edificação e de transmitância dos fechamentos transparentes.

3.4.3 - Fechamentos Opacos

Esse tipo de fechamento forma a parte da envoltória que não transmite diretamente a radiação solar para o interior da edificação. Nesses casos, a transmissão de calor ocorre pela diferença de temperatura entre as superfícies interna e externa da envoltória. Através da condução a direção do fluxo de calor acontece da superfície mais quente para a mais fria e influencia a eficiência energética das edificações.

Segundo LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA (1997) as trocas térmicas pelos fechamentos opacos acontecem na seguinte sequência:

- I. A superfície externa aquece por meio da convecção e da radiação. A radiação incidente terá uma parcela absorvida e outra refletida, de acordo com a absorvância e refletância do material.
- II. Há um diferencial da temperatura interna e externa das superfícies, o que favorece a troca de calor entre as duas, através da condução. A intensidade deste fluxo de calor depende da condutividade térmica do material e espessura do fechamento.
- III. Com a chegada de calor na superfície interna as trocas acontecem por convecção e radiação. As trocas por convecção dependem da resistência superficial interna do fechamento e as perdas por radiação da emissividade do material.

3.4.4 Fechamentos Transparentes ou Translúcidos

Em uma edificação, as principais trocas térmicas ocorrem nos fechamentos transparentes e translúcidos, compreendendo a entrada de radiação direta ou indireta pelas janelas e aberturas zenitais. Nestes fechamentos as trocas térmicas acontecem de forma semelhante aos fechamentos opacos, no entanto uma parcela direta da radiação entra na edificação pela transparência do material.

Rivero (1985) aponta alguns inconvenientes dos materiais transparentes: alta transmissão térmica, deficiências acústicas (deixam passar facilmente os ruídos) e alto custo (mais caros que os fechamentos opacos).

A orientação da fachada e o tamanho da abertura influenciam na quantidade de calor solar e iluminação a que uma abertura estará exposta. A

trajetória do sol é diferente para cada latitude, interferindo na quantidade de radiação solar incidente nos fechamentos.

O fator solar indica a quantidade de radiação que entrará na edificação pelos fechamentos transparentes ou translúcidos, sendo uma das variáveis da equação para determinar a eficiência da envoltória. Representa o quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente transparente ou translúcido, sob determinado ângulo de incidência mais a parcela absorvida e posteriormente retransmitida para o interior, pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo (ABNT, 2005).

3.4.5 Função da Edificação

Uma edificação poderá ser utilizada de diversas formas. Essa variedade possui grande importância no comportamento energético. Uma edificação com função comercial terá um comportamento diferente de uma função residencial. Além das atividades exercidas serem diversas, os horários de ocupação também difere. Assim, os usuários são submetidos a condições climáticas também diferentes.

A função arquitetônica deve ser estudada na escolha dos critérios ou estratégias bioclimáticas a serem adotados. As funções residencial, comercial e pública são diferentes do ponto de vista da dependência do clima e do consumo de energia.

3.5 Eficiência Energética nas Edificações

A eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponível para sua realização. Em outras palavras, é a realização de um determinado serviço com um menor uso de energia. Edificações com maior eficiência energética somente são possíveis através de projetos que, desde a sua concepção, incluam os critérios de eficiência e conforto ambiental.

Um projeto bioclimático deve contemplar iluminação natural, ventilação natural e o estudo do zoneamento bioclimático brasileiro, especificando o uso de aparelhos e equipamentos energeticamente eficientes com etiqueta

fornecida pelo INMETRO e agregando energias renováveis, como o aquecimento solar (CUNHA E SILVA, 2010 apud Brum, 2010).

3.5.1 Sistema de Iluminação Eficiente

Segundo Amorim (2000) existe dois modos para obter maior eficiência através do uso da luz natural controlada. O primeiro, através de uma economia direta, com um maior uso da luz natural, resultando em redução do uso da luz artificial. Com isso, torna-se essencial que o projeto de luz artificial seja integrado desde o início, estudando o comportamento da luz natural. Já o segundo, acontece através de uma economia indireta, através da redução da carga do ar condicionado.

A utilização de fontes artificiais de luz está relacionada à disponibilidade da luz natural no interior do ambiente construído. A iluminação artificial, composta de um conjunto de dispositivos que compreende as lâmpadas, luminárias e reatores, tem a vantagem de apresentar o fluxo luminoso relativamente homogêneo ao longo de sua vida útil, com um ambiente de iluminação praticamente invariável para o usuário. Durante o dia, esse tipo de luz é utilizada como complemento à luz natural e à noite como principal fonte de luz para a realização das atividades.

Um projeto de iluminação eficiente considera todas as variáveis arquitetônicas envolvidas para utilizar o máximo do potencial da luz natural. É fundamental que o projetista considere, na concepção do projeto arquitetônico, a orientação solar, o estudo do entorno, o dimensionamento dos fechamentos transparentes e o uso de elementos de proteção da radiação solar.

3.5.2 - Aparelhos Eficientes e o Sistema de Condicionamento de Ar

Em condições climáticas extremas de calor, o ar condicionado é a intervenção mais adequada a ser feita para garantir o conforto térmico dos usuários. Neste caso, Goulart (2008) destaca que se deve garantir a estanqueidade dos ambientes, evitando a infiltração do ar exterior, e optar por aparelhos mais eficientes. Da mesma forma, devem-se observar os cuidados

requeridos na instalação do equipamento, para não expô-lo ao sol, prevendo o isolamento térmico dos fechamentos da edificação.

Em edifícios comerciais e públicos, geralmente o uso do ar condicionado é necessário, pois o desconforto pode gerar perda de produtividade e de clientes. Nesse contexto, o desempenho térmico do envelope de uma edificação deve estar de acordo com o clima onde o edifício está inserido a fim de corresponder às exigências humanas de conforto térmico.

4 BIOCLIMATOLOGIA

4.1 Classificação dos Climas

Pode-se aproveitar de forma mais eficiente o clima, quando busca-se a adequação de detalhes do projeto de uma edificação, a partir da escolha do tipo de arquitetura, da orientação da edificação, do projeto das aberturas, paisagismo, entre outras técnicas. Os aspectos mais importantes em um projeto arquitetônico no Brasil são especificados pela NBR 15220-3 e examinados pelo RTQ-C sendo baseados também na classificação climática e no zoneamento bioclimático do país.

O Brasil possui dimensões continentais e, desta forma, apresenta uma grande diversidade de climas. Através do seu vasto território, as regiões climáticas do país, possuem uma área superior à de muitos países, podendo apresentar subclimas, diferenciadas por distintas conformações estabelecidas pela topografia, massas de vegetação, massas de água, entre outros.

O clima é, desde a Antiguidade, um dos elementos de maior relevância para o projeto e construção da habitação. Pode ser definido como a configuração característica e constante do tempo de um lugar, em meio às variações. Os fatores climáticos globais, os fatores climáticos locais e os elementos climáticos são aqueles condicionantes do clima (BAGNATI, 2013).

O Brasil está localizado, em quase sua totalidade, entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio (zona intertropical). Cerca de 55% do território nacional encontra-se na zona climática equatorial e 39% na tropical,

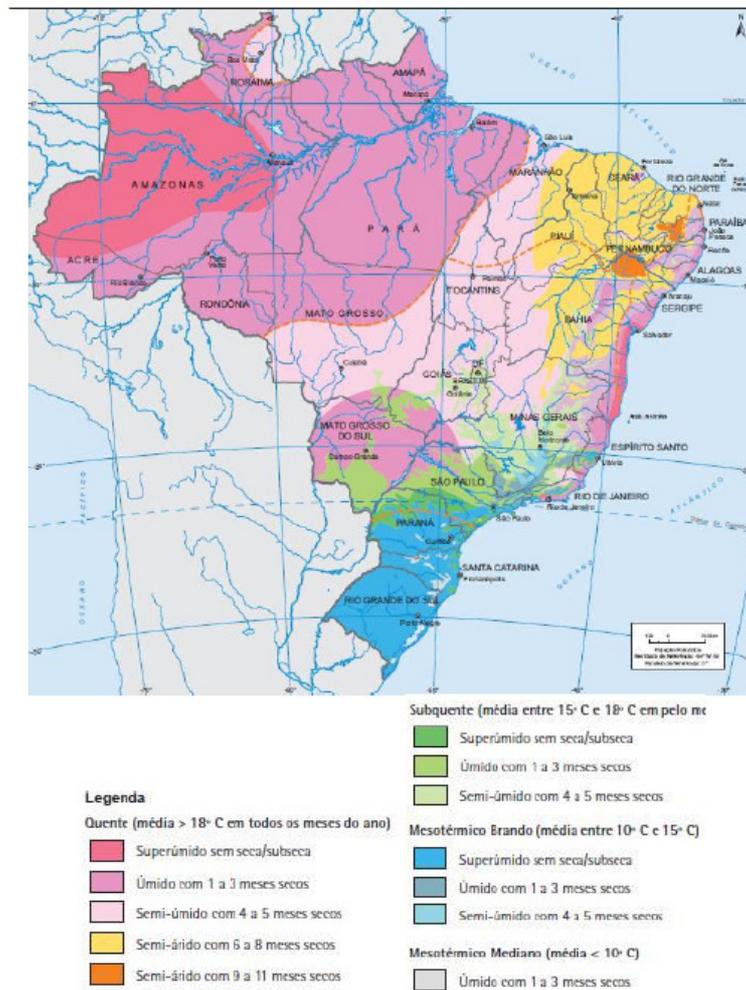
conferindo-lhe a predominância de climas quentes, com pouca amplitude térmica. Por volta de 6% da região mais ao sul do país estão na faixa subtropical, com temperaturas mais baixas e maiores amplitudes térmicas.

Silva (1994) apresentou uma classificação climática do Brasil, selecionando os aspectos expressivos de cada região do país, utilizando a classificação desenvolvida por Edmon Nimer.:

- Região Sul – apresenta o clima mesotérmico do tipo temperado, exclusivamente. Tem o ritmo das estações e valores pluviométricos bem definidos. Há oscilação térmica ao longo do ano. Tem o verão bastante quente e o inverno frio, sendo submetida às frentes polares.
- Região Sudeste – é aquela que possui maior diversificação climática. Há uma transição entre os climas quentes de latitudes baixas e os climas mesotérmicos do tipo temperado das latitudes médias. Destacam-se quatro categorias climáticas: clima quente para as regiões litorâneas; subquente para locais acima das cotas altimétricas; clima mesotérmico brando na região serrana; clima mesotérmico médio nas elevadas cotas altimétricas, como as Serras do Mar da Mantiqueira.
- Região Nordeste – apresenta climatologia de alta complexidade por conta da posição geográfica e dos sistemas de circulação atmosférica, com elevada variação pluviométrica e reduzida variação térmica. A região é definida por dois tipos climáticos: o clima quente, que predomina sobre cerca de 95% da área; o clima subquente que está nas maiores altitudes.
- Região Norte – abrange a região amazônica quase na sua totalidade. Possui o clima quente e a predominância de elevadas temperaturas. A intensa umidade relativa e nebulosidade limitam as máximas diárias, mantendo-as fora de valores extremos.
- Região Centro-Oeste – Apesar de ter um período muito quente, há o inverno com temperaturas bastante baixas, por conta da continentalidade e do ar seco em tempos estáveis. São reconhecidos o clima quente e subquente, em locais acima de 1.000 m.

Na Figura 2 estão representados os climas do Brasil segundo Edmon Nimer.

Figura 2:Tipos de Clima do Brasil



Fonte: Nimer 1979, atualizado pela Diretoria de Geociências, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2002.

4.2 Zoneamento Bioclimático Brasileiro

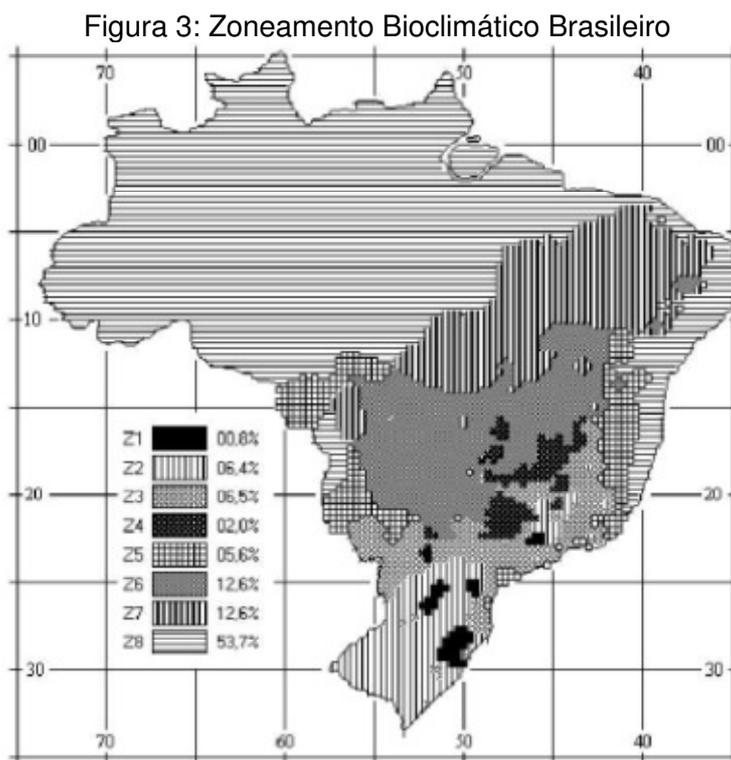
RORIZ; GUISI; LAMBERTS (1999) apresentam a metodologia para definir a base de dados climáticos no Brasil.

O território brasileiro foi dividido em 6500 células, cada uma correspondendo a um quadrado com 36 km de lado, caracterizado pela respectiva posição geográfica e pelas médias mensais de temperaturas máximas e mínimas e das umidades relativas do ar. Para 330 células contou-se com dados climáticos medidos. As demais tiveram o seu clima estimado por meio de interpolação (RORIZ; GUISI; LAMBERTS,1999).

O Manual para Aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C (2010) detalha que a zona bioclimática tem por objetivo determinar as estratégias seguidas por um edifício para obter o conforto térmico de seus usuários. Com isso, o zoneamento bioclimático é o resultado geográfico do cruzamento de três tipos diferentes de dados: zonas de conforto térmico humano, dados climáticos, e estratégias de projeto e construção para obtenção do conforto térmico.

A NBR 15220-3 é a norma que estabelece a divisão do território nacional em zonas e fornece diretrizes técnico-construtivas para condicionamento térmico da edificação para cada zona.

A norma dividiu o país em regiões onde há uma relativa homogeneidade climática, como está representado na Figura 3. Foi utilizada a base de dados climáticos do Brasil, com os dados de médias mensais das temperaturas máximas, temperaturas mínimas, e umidades relativas do ar.



Fonte: ABNT- 2005-c

A carta Bioclimática do Brasil (Figura 4) foi adaptada por Roriz, Guisi e Lamberts (1999) a partir da carta sugerida por Givoni (1992), para melhor representar a realidade climática brasileira.

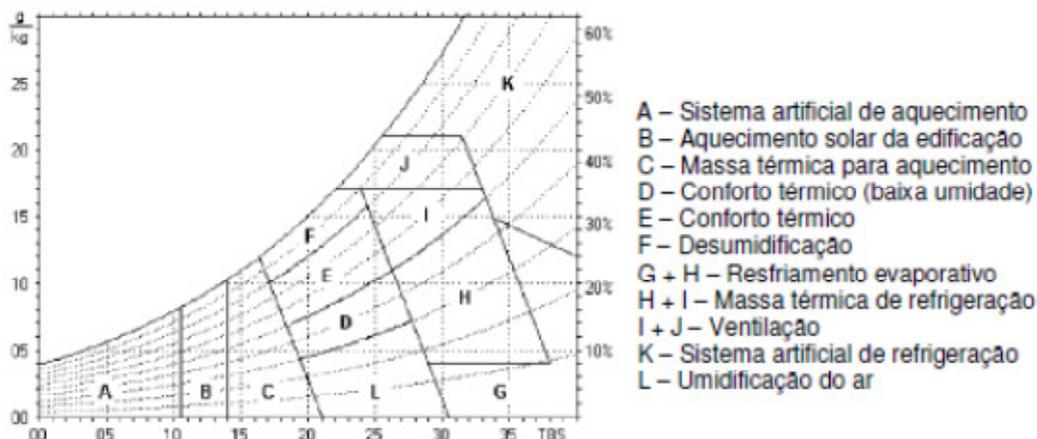


Figura 4: Carta Bioclimática adaptada para o Brasil e as estratégias de condicionamento térmico

Fonte: (Roriz, Guisi; Lamberts 1999)

A cidade de Campina Grande, onde está localizado o objeto de estudo deste trabalho, segundo este zoneamento bioclimático, está inserida na zona bioclimática 8. Para esta zona as diretrizes construtivas apresentadas na NBR15220-3 (ABNT, 2005-c), são as seguintes: aberturas grandes e sombreadas, construção com paredes externas leves e refletoras, bem como para a cobertura. A estratégia recomendada para o verão é a ventilação cruzada permanente. No entanto, consta na norma que o condicionamento passivo será insuficiente nas horas de calor elevado.

4.3 Conforto Térmico na Arquitetura

O conforto térmico é uma sensação de bem estar que depende de variáveis pessoais, ambientais e arquitetônicas. A norma NBR 15220-1 (ABNT, 2005a) o define como a “satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”.

Para que os ambientes possuam uma grande qualidade ambiental para os seus usuários é necessário que os projetos arquitetônicos estejam preocupados com o conforto térmico. Esta preocupação deve-se a relação do conforto ambiental ao equilíbrio térmico do corpo humano, resultando na melhoria do desempenho no trabalho e no cuidado da saúde do ser humano.

Segundo Lamberts; Dutra; Pereira (2004), as variáveis arquitetônicas como forma, função, tipos de fechamento e os sistemas de condicionamento

interagem com o meio ambiente e o homem e, deste modo, deve-se analisar e estabelecer condições necessárias para avaliar a concepção de ambiente térmico adequado às atividades humanas.

Com a necessidade do homem em buscar abrigo contra as condições climáticas desfavoráveis, tem-se início a história do conforto ambiental. Como exemplo da adaptação ao ambiente natural Clímaco e Amorim (2008), mencionam o iglu dos esquimós, nas regiões frias onde o isolamento é contra a adversidade do clima externo e há necessidade de proteção contra os ventos, onde as aberturas devem existir apenas para o acesso e renovação do ar.

A partir da Revolução Industrial a busca da adaptação das edificações sofreu uma constante redução. Novas tecnologias e novos materiais de construção civil foram desenvolvidos e o condicionamento artificial constantemente aperfeiçoado, permitiu um controle climático dos edifícios basicamente através de sistemas mecânicos. No entanto, a fragilidade desse modelo ficou nítida com a crise do petróleo nos anos 1970, trazendo a discussão os conceitos de conforto ambiental e eficiência energética na elaboração de projetos de edificações.

5 MÉTODOS E SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

A regulamentação e certificação de energia podem ser consideradas como os principais meios para promover a avaliação energética no setor da construção civil. A certificação é um mecanismo estabelece limites máximos de consumo ou tabelas prescritivas com valores mínimos de eficiência, introduzindo ferramentas para a avaliação de desempenho energético do edifício (GOULART, 2008).

A classificação do desempenho energético de edifícios vem se tornando um aspecto de extrema importância do edifício em operação. Silva (2003) relata que a avaliação das edificações encoraja e contribui para a melhoria do desempenho dos edifícios, resultando na melhoria da imagem das empresas e profissionais que adotam práticas de construção sustentáveis.

Além disso, valoriza comercialmente os edifícios com maior desempenho ambiental; reduz os custos em longo prazo; aumenta a qualidade do ambiente interno e a satisfação do usuário.

As normas ou códigos de edificações de vários países possuem características próprias, porém são identificadas semelhanças em aspectos como as características do envelope do edifício, do sistema de iluminação artificial e do sistema de condicionamento de ar, que estão vinculados a um zoneamento climático específico.

As diferenças surgem em sua aplicação e forma de adesão. Edificações residenciais ou não-residenciais, novas, reformadas, ampliadas ou mesmo na retroalimentação de edifícios existentes, sistemas e equipamentos ou mesmo vinculadas a padrões de consumo; de forma voluntária, com ou sem incentivos, ou obrigatória. A avaliação pode estar relacionada ao empreendimento como um todo ou dividido em setores.

5.1 Avaliação de Edificações em Nível Internacional

As primeiras iniciativas de regulamentação de eficiência energética em edificações surgiram em 1970, após a crise mundial do petróleo. Diversos países, especialmente os países mais desenvolvidos, iniciaram programas de incentivo à redução do consumo de energia (SHALDERS NETO, 2003).

Atualmente, praticamente todos os países da Europa, além de Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong, possuem um sistema de avaliação e classificação de desempenho ambiental de edifícios.

A ASHRAE - *Standard 90.1 – Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*: norma americana de eficiência energética, estabelece as exigências mínimas para eficiência energética de projetos para novas edificações. Resumindo: apresenta como o edifício deve ser construído, sua forma de uso e manutenção, para minimizar o uso de energia sem diminuir o conforto e a produtividade dos usuários. Aborda temas relativos à envoltória da edificação, sistemas de ar condicionado, iluminação artificial e aquecimento de água.

Os Estados Unidos contam com o sistema LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), norma voluntária, criada para o desenvolvimento de edifícios de alto desempenho sustentáveis. O sistema foi desenvolvido pelos membros do U.S. *Green Building Council* (USBC) e é definido como um sistema de classificação de desempenho consensual, com o objetivo de acelerar o desenvolvimento e a implementação de práticas de construção ambientalmente responsáveis.

No Reino Unido, destaca-se o ISBE - *International Initiative for a Sustainable Built Environment* e o BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*. Este último, lançado em 1990, avalia o desempenho de edifícios em oito categorias: gestão, uso de energia, saúde e bem estar, poluição, transporte, uso do solo, materiais e uso eficiente da água. A avaliação destas categorias estabelece requisitos para a obtenção de créditos ambientais ponderados, para determinação de um índice de desempenho ambiental (*Environmental Performance Index -EPI*) (de BRUM, 2010).

Segundo Goulart (2008) o método BREEAM é o método mais usado mundialmente para rever e melhorar o desempenho ambiental de edifícios comerciais, decorrente da habilidade de cobrir uma grande gama de questões ambientais e apresentar os resultados de uma maneira facilmente compreendida por aqueles envolvidos.

5.2 Avaliação de Edificações no Brasil

Um conjunto de discussões iniciadas em 1991, influenciaram no desenvolvimento das normas brasileiras NBR 15220 (ABNT, 2005) e NBR 15575 (ABNT, 2008), que introduzem especificações e requisitos relacionados ao desempenho das edificações. Contudo, além de não apresentarem parâmetros que visem diretamente à eficiência energética das mesmas, descrevem apenas edificações residenciais.

Com o lançamento, em 2009, do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) (BRASIL, 2009c), com a participação do INMETRO e do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), o Brasil inseriu-se em uma

tendência mundial de certificação energética de edificações, já aplicada em diversos países.

Esta iniciativa veio ao encontro ao que propunha a Lei nº 10.295 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001b) sendo regulamentado pelo Decreto nº 4.059, de 19 de outubro de 2001 (BRASIL, 2001a). O regulamento estabelece parâmetros para a definição do nível de eficiência de um edifício e posterior concessão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). A conformidade com a regulamentação está baseada em dois pontos:

- Seguir os requisitos para a envoltória, o sistema de Iluminação e o sistema de condicionamento de ar, com a aplicação do método prescritivo;
- Utilização da simulação para comparação dos resultados com um edifício similar que está de acordo com os requisitos da classificação pretendida.

Em setembro de 2010 o RTQ-C sofreu uma série de alterações que resultou em uma nova versão, utilizada atualmente. Posteriormente, em dezembro do mesmo ano, o PROCEL INFO (Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética) anunciou o lançamento no Brasil da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para residências e edifícios multifamiliares, também promovida pela ELETROBRÁS e INMETRO. A avaliação das edificações residenciais baseia-se, principalmente, na avaliação do desempenho térmico da envoltória, com ênfase na iluminação e ventilação naturais, e na eficiência do sistema de aquecimento de água.

6 REFERENCIAL METODOLÓGICO

6.1 Sistema de Condicionamento de Ar

Por vezes, para que o conforto térmico do usuário seja alcançado é necessário fazer uso de métodos artificiais, como o ar condicionado, ventilador, aquecedor, entre outros. A utilização de sistema de ar condicionado é um hábil instrumento de controle da temperatura, umidade, pureza e distribuição do ar. Através dessa tecnologia é possível atingir o conforto interno, independente da situação do meio externo. Em alguns locais a existência do ar condicionado é imprescindível, como em unidades de tratamento intensivo de hospitais.

O RTQ-C analisa sistemas de condicionamento de ar de formas diferentes, considerando se os condicionadores são avaliados ou não pelo PBE/INMETRO. Os sistemas compostos por condicionadores de ar de janela e split, avaliados pelo PBE/INMETRO, são classificados através do nível de eficiência atribuído pelo INMETRO a cada modelo. Os sistemas compostos por condicionadores que não estão abrangidos por nenhuma norma de eficiência do INMETRO, são avaliados através do seu desempenho em relação a níveis fornecidos pelo RTQ-C.

A classificação do sistema de condicionamento de ar permite classificações parciais. Isto é, pode-se certificar somente uma sala, um conjunto de salas, um piso ou parte de um edifício. Neste aspecto, a classificação do sistema de condicionamento de ar funciona da mesma forma que a classificação da eficiência da iluminação que também permite classificações parciais.

6.1.1 Pré-Requisitos

A determinação do nível de eficiência de um sistema de condicionamento de ar depende além do nível de eficiência do equipamento, também do cumprimento do pré-requisito. Os sistemas de condicionamento de ar compostos por equipamentos do tipo janela ou *split*, avaliados pelo INMETRO, possuem pré-requisito apenas para nível de eficiência A. Este pré-requisito consiste em conferir se a unidade de condicionamento de janela ou a unidade condensadora do sistema *Split* do ambiente em questão está sempre

sombreada. Caso este pré-requisito não seja cumprido, o nível do equipamento cairá para B, mesmo ele tendo a etiqueta A do INMETRO.

Os sistemas compostos por condicionadores não avaliados pelo INMETRO, e que pretendem obter etiqueta A, além de possuir o desempenho desejado, também devem atender a uma série de requisitos descritos no Manual de Aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C (Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C).

6.2 Condicionadores de Ar do Tipo Janela ou do Tipo *Split*

6.2.1 Sistema de Condicionamento Central

Se a carga térmica de pico da edificação for superior a 350 kW (100TR) o sistema de ar condicionado deverá ser central, exceto se comprovado que os sistemas individuais apresentam menor consumo. Neste caso deve-se apresentar o memorial de cálculo de simultaneidade, comprovando o menor consumo dos sistemas individuais. O cálculo da simultaneidade consiste na demonstração de todas as cargas dos aparelhos de condicionamento de ar utilizados.

6.2.2 Eficiência de uma Zona com Diferentes Unidades

Para determinar a eficiência para sistemas compostos por condicionadores de ar do tipo janela ou *Split* deve-se consultar a eficiência da unidade no site do INMETRO. Se o modelo consultado não estiver presente no site do INMETRO, o nível de eficiência da unidade não classificada na tabela do INMETRO é definido como E.

Em espaços que possuam um ou mais unidades de condicionamento partilhando o mesmo ambiente, a eficiência de cada unidade deve ser ponderada pela capacidade (potência) e não pela área, uma vez que todos os aparelhos atendem a uma mesma área.

6.2.3 Eficiência de Vários Ambientes

Após ocorrer a coleta dos dados de eficiência do aparelho, faz-se a ponderação das áreas, caso necessário. Ao classificar somente uma sala com uma unidade de janela ou *split*, a eficiência do sistema de condicionamento de ar será igual à eficiência do aparelho em questão, desde que os pré-requisitos sejam cumpridos. O pré-requisito, neste caso, refere-se ao nível de eficiência A e consiste em conferir se a unidade de condicionamento de janela ou a unidade condensadora do sistema *Split* do ambiente está sombreada permanentemente (BRASIL, 2010).

Na maioria dos casos, pretende-se obter a classificação de um conjunto de diferentes ambientes, várias salas, diversos pisos. Neste caso, deve-se primeiro determinar o nível de eficiência de cada unidade independente, seja esta de janela ou *split*. Depois, determina-se a área que cada unidade independente de condicionamento de ar atende. Na posse destes dois tipos de dados, calcula-se uma média de eficiência para cada ambiente, ponderada por área.

6.2.4 Eficiência de dois ou mais Sistemas Independentes

Em uma edificação onde existe mais de um sistema independente de condicionamento de ar, o nível geral de eficiência é determinado ponderando as eficiências de cada um dos sistemas. A ponderação é feita em três passos:

- Determinar a eficiência de cada um dos sistemas individualmente;
- Ponderar as áreas servidas a partir de cada sistema em relação ao total do edifício, ou em relação à parte do edifício cuja eficiência se deseja determinar;
- Calcular a eficiência total do edifício, ou parte do edifício, através da média ponderada por área da eficiência de cada sistema.

6.3 Caracterização do Município e da Área de Estudo

O município de Campina Grande localiza-se no interior do estado da Paraíba, no Agreste Paraibano, na parte oriental do Planalto da Borborema, na serra do Boturité/Bacamarte.

De acordo com estimativas de 2013, sua população é de 400.002 habitantes, sendo o segundo município mais populoso da Paraíba, e sua região metropolitana, formada por 19 municípios, possui uma população estimada em 626 937 habitantes, com densidade demográfica de 656,4 hab/km². Também possui o segundo maior PIB entre os municípios paraibanos, representando 15,63% do total das riquezas produzidas na Paraíba.

O município está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro, definida pelo Ministério da Integração Nacional em 2005. Esta delimitação tem como critérios o índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca. Apesar disso, por situar-se no Agreste Paraibano, entre o litoral e o sertão em uma altitude média de 500 metros acima do nível do mar, Campina Grande possui um clima com temperaturas mais moderadas, considerado tropical com estação seca, com chuvas durante o outono e o inverno. No verão, as temperaturas ficam altas, com máximas entre 28°C e 35°C, com mínimas agradáveis, entre 18°C e 22°C. Já no inverno, o tempo não chega a esquentar, com máximas entre 22°C e 27°C, e com mínimas entre 15°C e 20°C.

6.3.1 Descrição e Caracterização do Projeto da Edificação

O estudo foi desenvolvido no edifício do Centro de Integração Acadêmica (CIA), localizado no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), em Campina Grande/PB (Figuras 5 e 6). O projeto arquitetônico da edificação (Figura 7) foi desenvolvido pelo Centro de Planejamento Oscar Niemeyer – CEPLAN/UnB, assinado pela arquiteta Cassandra Vasconcelos. A obra foi inaugurada em 06 de Agosto de 2012.

Atualmente funcionam na edificação o Centro de Educação (CEDUC), com os cursos: História, Geografia, Pedagogia, Filosofia e Letras e o Centro de Ciências Sociais Aplicadas (CCSA) com os cursos: Comunicação Social,

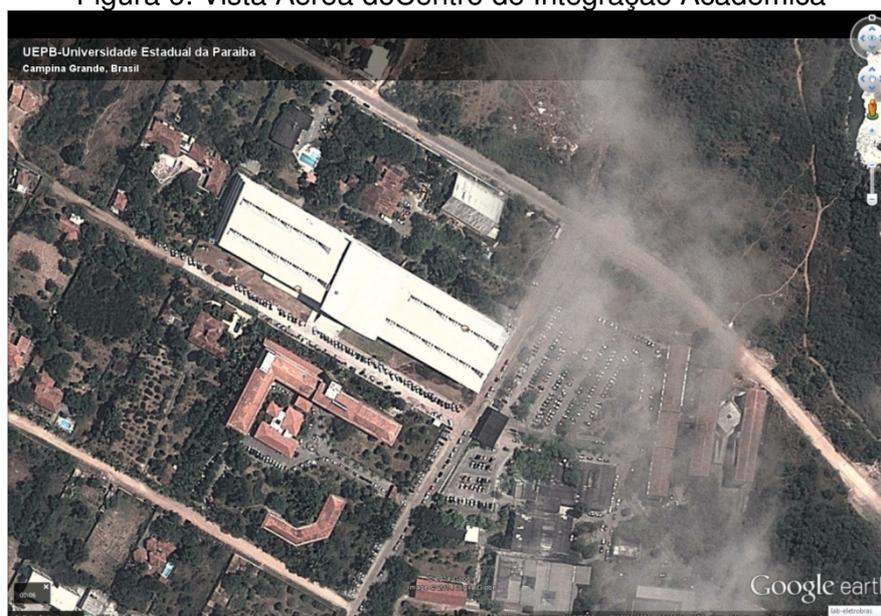
Serviço Social, Administração e Ciências Contábeis. Estudam na CIA cerca de 5000 alunos.

Figura 5: Localização do edifício da Centro de Integração Acadêmica, UEPB



Fonte: Google Earth

Figura 6: Vista Aérea do Centro de Integração Acadêmica



Fonte: Google Earth

Figura 7: Centro de Integração Acadêmica (CIA) localizada no Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

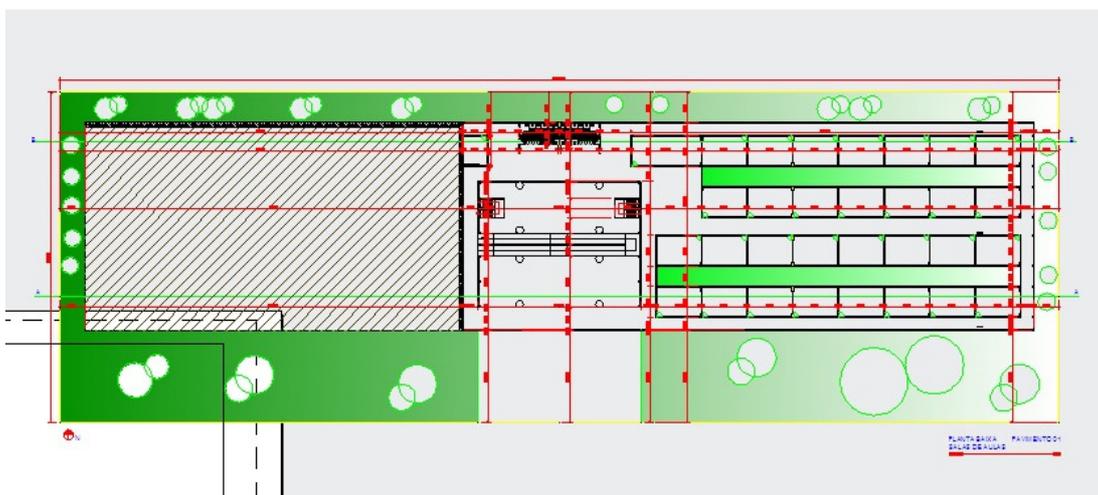


Fonte: UEPB

O projeto arquitetônico foi desenvolvido em módulos, aspecto bastante característico da arquitetura modernista, que busca construções mais limpas, úteis, sem excessos. A edificação em estudo é composta por quatro pavimentos, um deles é o térreo e os outros três são pavimentos tipo.

No pavimento térreo (Figura 8) estão localizados, um hall de acesso com área de convivência e uma larga área para as várias exposições que ocorrem durante o ano.

Figura 8: Planta baixa do pavimento térreo do Centro de Integração Acadêmica.



Em cada um dos pavimentos-tipo estão localizadas coordenações, departamentos, salas de professores, salas de aula, pequenas lojas, laboratórios, auditórios e bibliotecas setoriais. São cerca de 200 salas de aula, 2 bibliotecas e 3 auditórios.

A envoltória da edificação é constituída por proteção solar horizontal e vertical, em concreto aparente, exercendo funções de controle da luz natural e ventilação da edificação. Estes aspectos contribuem para o conforto térmico do local. As paredes de vedação são em alvenaria de 1/2 vez revestida com reboco, massa acrílica e pintura branca.

6.4 Metodologia Empregada

O trabalho consistiu na aplicação do regulamento referente à Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificação de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos RTQ-C (BRASIL, 2010b), na análise da fase de projeto e sua comparação com a edificação construída.

Diversas visitas foram realizadas, para observação direta, na avaliação do objeto de estudo. A coleta de dados foi feita através do levantamento de informações, após uma pesquisa junto à Prefeitura da UEPB, para obtenção das plantas de arquitetura e memoriais, que posteriormente, foram disponibilizadas em AutoCad, com o principal objetivo de entender o uso de energia do edifício. O estudo do projeto também possibilitou a busca de possíveis divergências entre o projeto arquitetônico e o projeto executado pela Instituição.

O objeto de estudo deste trabalho foi avaliado e classificado seguindo as seguintes etapas:

- levantamento de dados segundo as orientações determinadas pelo RTQ-C;
- obtenção das classificações do nível de eficiência energética parciais edificação, para o sistema de condicionamento de ar, através da aplicação do RTQ-C;
- análise das variáveis utilizadas na determinação do nível de eficiência da edificação;
- análise do Regulamento sob a ótica da prática arquitetônica, com o propósito de contribuir para a elaboração de projetos mais eficientes.

Tabela 5: Etapas do Projeto e Atividades Desenvolvidas

Etapas do Projeto	Atividade Desenvolvida
Primeira Etapa	Leitura de Normas
Segunda Etapa	Coleta de Dados
Terceira Etapa	Cálculos e Análises
Etapa Final	Resultados e Conclusões

6.5 Aplicação do RTQ-C para Classificação da Edificação quanto ao Nível de Eficiência Energética

O método de avaliação utilizado para obtenção da classificação do nível de eficiência energética foi o prescritivo, apresentado pelo RTQ-C (BRASIL, 2010b), aplicado de forma inicial à fase de projeto do edifício e, posteriormente, à edificação construída. O trabalho em questão visa somente à classificação parcial do sistema de condicionamento de ar.

A classificação foi elaborada em três etapas. Inicialmente foram coletados os dados necessários de cada pavimento e da edificação como um todo, na fase de projetada edificação, após análise das plantas. No segundo momento, foram coletados dados do projeto executado, com o objetivo de comparar as possíveis mudanças existentes. Por fim, o nível de eficiência energética geral e de cada pavimento foi obtido através dos cálculos, conforme as equações e as tabelas apresentadas no regulamento, como lançamento dos dados obtidos na primeira etapa.

Em cada requisito, obteve-se uma classificação parcial atribuída por um equivalente numérico. Através deste valor, obteve-se a classificação dos níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) em cada requisito.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A intenção deste trabalho foi verificar a aplicação dos conceitos do Manual de aplicação do regulamento RTQ-C, realizando-se a análise do condicionamento de ar, para obtenção da classificação nos níveis de eficiência energética. De forma inicial, analisou-se a planta da Central de Aulas, nos seus quatro pavimentos. Posteriormente, analisou-se a edificação construída, com as devidas mudanças ocorridas no projeto.

Foram obtidos os dados técnicos necessários aos cálculos, levantaram-se os seguintes parâmetros:

- Dimensões das áreas (em m²) através da planta fornecida pela Prefeitura da UEPB;
- Modelos de cada unidade condicionadora;
- Quantidade de unidades condicionadoras em cada ambiente de cada pavimento;
- Níveis de eficiência de cada unidade condicionadora, fornecidas pelo INMETRO;
- Potência nominal de cada aparelho condicionador;

7.1 Aplicação do RTQ-C ao Projeto Arquitetônico do Centro de Integração Acadêmica

No projeto do Centro de Integração Acadêmica, não havia previsão de um sistema de refrigeração central para a área comum ou auditórios e nenhum outro sistema forçado de condicionamento de ar. Os sistemas de condicionadores de ar são compostos por equipamentos instalados de forma isolada, em cada espaço.

Para a realização da classificação parcial foram verificadas as plantas do projeto, estudando os ambientes em que estavam previstos sistemas de condicionamento de ar. No projeto, apenas cinco ambientes apresentavam um sistema de condicionamento com dois aparelhos para cada ambiente, totalizando 10 aparelhos. Para obtenção da classificação, com as medições necessárias, foi adotado o aparelho de condicionamento de ar utilizado nos auditórios, único ambiente no projeto que previa condicionamento de ar.

A subdivisão do projeto arquitetônico está demonstrada na Tabela 6:

Tabela 6: Subdivisão dos ambientes com sistemas de condicionamento de ar

Pavimento	Ambientes	Nº de aparelhos
Térreo	Não era previsto no projeto, sistema de condicionamento de ar	
Pavimento 1	2	4
Pavimento 2	2	4
Pavimento 3	1	2

7.1.1 Térreo

No projeto do térreo estava previsto um hall de acesso, por onde transitaria a grande maioria das pessoas que frequentam o prédio. A área é frequentemente utilizada para uma grande quantidade de exposições ao longo do ano. Por possuir uma grande área de ventilação natural, não estava previsto algum ambiente que utilizasse um sistema de condicionamento de ar.

O Manual de Aplicação do RTQ-C, descreve que em ambientes que não são condicionados, devem ser obtidos os dados de ventilação natural pelo método de simulação. Para ambientes não condicionados, a norma recomenda o estudo da ventilação através da simulação. Quando não é possível, recomenda-se a adoção do nível mais baixo de classificação.

7.1.2 Pavimentos 1, 2 e 3

No projeto arquitetônico estavam previstos cinco ambientes com condicionamento de ar, distribuídos nos três pavimentos superiores. Dois deles no pavimento 1 (ambientes 1 e 2), mais dois no pavimento 2 (ambientes 3 e 4) e o quinto e último no pavimento 3 (ambiente 5). Neste trabalho adota-se a nomenclatura de “ambientes de 1 à 5”.

Para realização da análise prescritiva, foram considerados os aparelhos de condicionamentos de ar que estão sendo utilizados pela instituição, nos ambientes previstos no projeto, os auditórios.

A descrição do modelo utilizado pela instituição e adotado neste trabalho está na Tabela 7.

Tabela 7: Modelo de condicionador de ar utilizado nos pavimentos 1, 2 e 3

Marca	Modelo Interno	Modelo Externo	Tipo	Capacidade (BTU/H)	COP (W/W)	Eficiência
RHEEM	RB1PT48AC2BE	RB1PT48AC2BC	Split	4800	2,42	E

- **Pavimento 1**

No pavimento 1 constavam na planta dois ambientes nos quais estavam previstos ambientes com condicionadores de ar. O nível de eficiência destes ambientes será demonstrado na Tabela 8:

Tabela 8: Dados dos aparelhos e dos ambientes do pavimento 1

Ambiente	Área (m ²)	Quantidade	Marca	Capacidade (BTU/H)	Etiqueta
Ambiente 1	84	2	RHEEM	4800	E
Ambiente 2	84	2	RHEEM	4800	E
TOTAL	168	4		9600	E

Para esse pavimento não foi necessário realizar cálculos de ponderação, como manda o manual do PROCEL Edifica, visto que as eficiências dos aparelhos são todas classificadas com Nível E. Assim, a eficiência do pavimento 1 é **Nível E** no quesito condicionamento de ar.

- **Pavimento 2**

Assim como o pavimento 1, no projeto do pavimento 2 constavam na planta dois ambientes nos quais estavam previstos ambientes com condicionado de ar. O nível de eficiência destes ambientes será demonstrado na Tabela 9:

Tabela 9: Dados dos aparelhos e dos ambientes do pavimento 2

Ambiente	Área (m ²)	Quantidade	Marca	Capacidade (BTU/H)	Etiqueta
Ambiente 3	84	2	RHEEM	4800	E
Ambiente 4	84	2	RHEEM	4800	E
TOTAL	168	4		9600	E

Para esse pavimento, assim como no pavimento 1, não foi necessário realizar cálculos de ponderação, como manda o manual do PROCEL Edifica, visto que as eficiências dos aparelhos são todas classificadas com Nível E. Assim, eficiência do pavimento 2 é **Nível E** no quesito condicionamento de ar.

- **Pavimento 3**

No pavimento 3 constava na planta apenas um ambiente no qual estava previsto um sistema de condicionamento de ar. O nível de eficiência deste ambiente será demonstrado na Tabela 10:

Tabela 10: Dados dos aparelhos e dos ambientes do pavimento 3

Ambiente	Área (m ²)	Quantidade	Marca	Capacidade (BTU/H)	Etiqueta
Ambiente 5	84	2	RHEEM	4800	E

Para esse pavimento, assim como nos anteriores, não foi necessário realizar cálculos de ponderação, como manda o manual do PROCEL Edifica, visto que as eficiências dos aparelhos são todas classificadas com Nível E. Assim, eficiência do pavimento 3 é **Nível E** no quesito condicionamento de ar.

7.2 Classificação Parcial do Projeto Arquitetônico para Condicionamento De Ar

Para obter o valor de etiquetagem para o sistema de condicionamento de ar do edifício, é necessário ponderar as áreas pelas etiquetagens de refrigeração. Como neste projeto, as classificações de cada conjunto apresenta a mesma etiqueta, o Manual do PROCEL Edifica descreve que devemos adota-la para todo o conjunto de ambientes. A Tabela 11 descreve a etiqueta admitida em cada ambiente.

Tabela 11: Etiquetagens e áreas analisadas

Local	Etiquetagem	Equivalente Numérico
Térreo	-	-
Pavimento 1	E	1
Pavimento 2	E	1
Pavimento 3	E	1

Portanto, a eficiência encontrada para o sistema de condicionamento de ar é **Nível E**.

7.3 Aplicação do RTQ-C na Edificação Construída do Centro de Integração Acadêmica para Condicionamento de Ar

Como o edifício não foi construído dentro das bases especificadas foi decidido avaliar a eficiência energética da edificação construída, para comparação com os valores obtidos na planta. Para tanto, foram realizadas visitas *in loco* e observadas as mudanças existentes no projeto. As mudanças consistem na alteração da utilização dos ambientes 1 e 2 (pavimento 1), que foram destinados a cada um a uma biblioteca setorial, com adição de um aparelho de condicionamento de ar em cada ambiente. Os ambientes 3 e 4 (pavimentos 2), foram destinados a auditórios, com apenas um aparelho de condicionamento de ar cada. No ambiente 5 (pavimento 3), também funciona um auditório, com apenas um aparelho de condicionamento de ar.

7.3.1 Térreo

Tanto no projeto do térreo, como no prédio construído, este espaço não possui sistema central de refrigeração e nenhum outro tipo de refrigeração forçada. O Manual de Aplicação do RTQ-C, descreve que em ambientes que não são condicionados, devem ser obtidos os dados de ventilação natural pelo método de simulação. Como neste trabalho faremos apenas uma classificação através do método prescritivo, não existe avaliação para este espaço.

7.3.2 Pavimento 1

No pavimento 1 constava no projeto dois ambientes nos quais estavam previstos ambientes com condicionado de ar. Na edificação construída, os ambientes 1 e 2 foram, cada um, destinados a uma biblioteca setorial. Em cada biblioteca estão em operação três aparelhos de condicionamento de ar, um a mais que o previsto no projeto.

Como os três aparelhos são de marcas diferentes, será preciso ponderar seus dados. A descrição de cada aparelho está contida na Tabela 12:

Tabela 12: Dados dos aparelhos e dos ambientes 1 e 2 do pavimento 1

Marca	Etiqueta	Potencia do Aparelho (BTU/H)	Quantidade
Electrolux	C	7000	1
Komeco	D	12000	1
LG	A	9000	1
TOTAL	Ponderação	28000	3

Para a obtenção da classificação dos ambientes 1 e 2 é necessário ponderar as eficiências de cada unidade pela potência, da seguinte forma:

Soma da potência de cada unidade. No caso em questão:

$$7000 + 12000 + 9000 = 28000 \text{ Btu/h}$$

Divide-se a potência de cada unidade pela soma da potência das três unidades obtendo o coeficiente de ponderação de cada ambiente, demonstrado na Tabela 13:

Tabela 13: Ponderação por potência dos aparelhos dos ambientes do pavimento 1

Marca	Potencia do Aparelho (BTU/H)	Coeficiente de ponderação
Electrolux	7000	0,25
Komeco	12000	0,43
LG	9000	0,32
TOTAL	28000	1,00

Multiplica-se o coeficiente de ponderação de cada unidade pelo Equivalente numérico de eficiência:

Tabela 14: Determinação de eficiência dos ambientes do Pavimento 1 através ponderação por potência

Marca do Equipamento	Equivalente Numérico	Coeficiente de Ponderação	Resultado Ponderado
Electrolux	3	0,25	0,75
Komeco	2	0,43	0,86
LG	5	0,32	1,6
TOTAL			3,21

O resultado ponderado é comparado na tabela de classificação e assim:

$$2,5 < \mathbf{3,21} < 3,5$$

Assim, o nível de eficiência tem **valor C**

7.3.3 Pavimento 2

No projeto do pavimento 2 constavam 2 ambientes, com um sistema de condicionamento de ar composto por dois aparelhos. No projeto construído, os ambientes abrigam cada um, um auditório. A principal mudança do projeto foi a redução de um aparelho de condicionamento de ar em cada ambiente.

Na Tabela 15 estão relacionados os modelos dos aparelhos de condicionamento de ar e suas respectivas potências, a distribuição dos mesmos, as etiquetas de eficiência energética fornecidas pelo PROCEL e as áreas das agências.

Tabela 15: Dados dos aparelhos e dos ambientes1 e 2 do pavimento 2

Ambiente	Área (m ²)	Quantidade	Marca	Capacidade (BTU/H)	Etiqueta
Ambiente1	84	1	RHEEM	4800	E
Ambiente2	84	1	RHEEM	4800	E
TOTAL	168	2		9600	E

Para esse pavimento não foi necessário realizar cálculos de ponderação, como manda o manual do PROCEL Edifica, visto que as eficiências dos aparelhos são todas classificadas com Nível E.

Portanto, para esse pavimento a eficiência é **Nível E** para o sistema de condicionamento de ar.

7.3.4 Pavimento 3

No pavimento 3 constava na planta apenas um ambiente no qual estava previsto um sistema de condicionamento de ar. No projeto construído, este ambiente constitui-se em um auditório, com apenas um aparelho de condicionamento de ar, com especificações já apresentadas na Tabela 7.

Para esse pavimento não foi necessário realizar cálculos de ponderação, como preconiza o manual do PROCEL Edifica, visto que as eficiências dos aparelhos são todas classificadas como mesmo nível de eficiência, neste caso, o **Nível E**.

7.4 Classificação Parcial do Edifício Construído para Condicionamento De Ar

Para obter o valor de etiquetagem para o sistema de condicionamento de ar do edifício construído é necessário ponderar as áreas pelas etiquetagens de refrigeração. A Tabela 17 mostra as áreas citadas nos itens anteriores, suas etiquetagens e o coeficiente para cada local obtido.

Tabela 16: Etiquetagens e áreas analisadas

Local	Etiquetagem	Equivalente Numérico
Térreo	-	-
Pavimento 1	C	3
Pavimento 2	E	1
Pavimento 3	E	1

O resultado ponderado é comparado na **tabela 3** de classificação, como preconiza o Manual de Aplicação do Regulamento RTQ-C, e deste modo obtemos:

$$1,5 \leq 1,66 < 2,5$$

Assim, o nível de eficiência encontrada para o sistema de condicionamento e ar da edificação construída da central Integrada de Aulas tem **valor D**.

7.5 Análise Comparativa

Após a aplicação do método prescritivo, atendendo os requisitos do Manual de aplicação do RTQ-C na planta e no edifício construído, podemos agora avaliar comparativamente os resultados de eficiência energética.

7.5.1 Etiquetagem Parcial do Projeto Arquitetônico da Central de Integração Acadêmica

Na análise do projeto todos os ambientes estudados apresentaram o mesmo nível de classificação, devido ao tipo de aparelho utilizado, desta forma a classificação equivale ao **nível E**.

O principal motivo da baixa classificação na etiqueta de eficiência energética é a baixa etiqueta dos aparelhos de condicionamento de ar previstos no projeto. O aparelho condicionador de ar contemplado no projeto apresentava eficiência E, o que claramente impedia qualquer avaliação mais positiva.

Outro ponto que se pode questionar é a não previsão de outros ambientes que pudessem obter sistemas de condicionamento de ar. No caso de necessidade de implantação, este vácuo acarretaria em possíveis mudanças de projeto que aumentariam o custo do empreendimento.

7.5.2 Etiquetagem Parcial do Edifício Construído do Centro de Integração Acadêmica

Na análise da edificação construída obtivemos o valor do equivalente numérico igual a 2, o que equivale ao **nível D**.

O principal motivo da melhora na classificação na etiqueta de eficiência energética, foi a alteração do projeto que permitiu a integração de mais um equipamento nos ambientes do pavimento 2. Os novos aparelhos adicionados apresentavam melhor nível de eficiência, o que provocou um aumento na classificação.

8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a concepção deste estudo ficou evidenciado que o projeto do Centro de Integração Acadêmica, em relação ao sistema de condicionamento de ar, apresenta diversas fragilidades. Não havia no projeto inicial previsão de um sistema de condicionamento de ar eficiente. É inexplicável um edifício que atende milhares de pessoas e tem grande importância acadêmica, possuir um sistema de condicionamento de ar com apenas aparelhos isolados, sem nenhuma conexão entre si, como um sistema central, por exemplo.

Da mesma forma, é incompreensível a opção por aparelhos condicionadores de ar que estão muito aquém do nível aceitável, no que diz respeito à eficiência energética. A melhoria da classificação do nível de eficiência do edifício construído em relação a projeto deve-se exclusivamente a um único aparelho condicionador, que possuía uma melhor etiqueta, não por alguma correção de projeto.

De acordo com os dados obtidos e apresentados é possível ver que a metodologia pode ser aplicada sem maiores problemas. Um projeto em planta possui uma maior flexibilidade, oferecendo formas mais fáceis de modificação de projeto. Já no edifício pronto, a solução é empregar medidas corretivas, pois dependendo do tipo de ajuste que se pretende, a viabilidade se torna nula.

O estudo da eficiência energética da Central de Integração Acadêmica é de grande significância para a comunidade estudantil, para a instituição e para o meio ambiente, uma vez que avalia todo o sistema de condicionamento de ar, visando reduzir os gastos com eletricidade e adequar dentro dos padrões do Programa PROCEL Edifica todo o edifício.

O projeto arquitetônico do Centro de Integração Acadêmica em estudo atingiu o Nível E de eficiência. Já a edificação construída obteve classificação D. Isto reforça a necessidade de melhorias no sistema de condicionamento de ar, que proporcionarão um melhor conforto para os usuários, uma maior adequação aos regulamentos técnicos e uma melhora significativa na eficiência energética

9 – REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401-3: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 3: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-1: Desempenho Térmico de Edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático e Estratégias de Condicionamento Térmico Passivo para Habitações de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

AMORIM, C. N. D. Eficiência energética em edificações: ações e perspectivas para a universidade de Brasília. Universidade para o século XXI. Organizadores: Vera Catalão, Philippe Layargues, Izabel Zanetti Brasília: Cidade Gráfica e Editora, 2011.

BRASIL. Lei 10.295, de 17.out.01 – “Lei de Eficiência Energética”. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 18.out.2001b.

BRASIL. Balanço Energético Nacional 2010: Ano base 2009: Resultados Preliminares. Ministério de Minas e Energia (MME). Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2010a.

BRASIL. Decreto 4.059 de 19.dez.01. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001a, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 20.dez.2001a.

BRASIL. Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – Parte 4: Manual para aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C. Brasil, 2009b.

BRASIL. Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica: 2008-2017. Ministério de Minas e Energia (MME); colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2009a. 435 p.

Brum, Thaís Faccim de. Requisitos técnicos da qualidade do nível de eficiência energética aplicada em edificação pública em fase de projeto: o caso do Centro de Convivência para Idosos em Doutor Maurício Cardoso-RS / por Thaís Faccim de Brum. – 2011.

CARLO, J. C. Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação de Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-residenciais. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC, 2008.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1 – método prescritivo. Ambiente construído, Porto Alegre, v.10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010.

CLÍMACO, R; AMORIM, C. Unidade 1- Princípios Bioclimáticos da Arquitetura e do Urbanismo. Brasília: UNB, 2008. Plano de Curso, UNB, 2008.

DIAKAKI, C; GRIGOROUDIS, E; KOLOKOTSA, D. Towards a multi-objective optimization approach for improving energy efficiency in buildings. Energy and Buildings, volume 40, 2008.

DIAS, Deivid dos S.; SILVA, Pedro F. G. da. Estudo de viabilidade da aplicação do programa Procel Edifica em edifícios comerciais já existentes: estudo de caso em um edifício comercial de Curitiba. Projeto de Graduação como requisito parcial à conclusão do curso de Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná. – Curitiba, 2010.

EDWARDS, Brian. Guía básica de la sostenibilidad. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008.223p.

FOSSATI, M. Metodologia para avaliação da sustentabilidade em projetos de edifícios: o caso de escritórios em Florianópolis. 342f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC, 2008.

GOULART, S. Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis. 124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC, 1993.

GOULART, S. Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano. Apostila - Disciplina Desempenho Térmico de Edificações - ECV5161, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

INMETRO. Requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislação>. Acesso em 18 de Julho de 2014.

LABEEE/UFSC/PROCEL EDIFICA/ELETOBRÁS/INMETRO. Volume 1:Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações, 2009. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/Volume_1_Apresenacao_Etiquetagem.pdf. Acesso em 10 de Julho de 2014.

LAMBERTS, R.; CARLO, J. Uma discussão sobre a Regulamentação de Eficiência Energética em Edificações. In: Congresso de Condicionador de ar, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do MERCOSUL, 2007.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. (1997). Eficiência energética na arquitetura. 2 ed. São Paulo: Pro Livros, 2004. 192p.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional 2009: ano base 2008. Brasília: MME, 2009. 276 p.

OLGYAY, V. Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1998

RIVERO, R. Acondicionamento Térmico Natural: arquitetura e clima. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1985.

RORIZ, M; GHISI, E; LAMBERTS, R. Uma proposta de norma técnica sobre o desempenho térmico de habitações populares. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1999. Fortaleza. Anais... Fortaleza: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999

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

TAVARES, L. R; EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES: aplicação do RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - na cidade de Uberlândia-MG. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, da Universidade de Brasília, (UnB), 2001.

SITES DA INTERNET

ELETOBRÁS – PROCEL (simuladores). Acesso em 15 de Nov. 2010.
<http://www.eletobras.com/pci/main.asp?View=%7BA6340DFB-8A42-41FC-A79DB43A839B00E9%7D&Team>

ELETOBRÁS – PROCEL (apresentação). Acesso em 21 de Mai. 2011.
<http://www.eletobras.gov.br/elb/procel/main.asp?TeamID={A8468F2A-5813-4D4B-953A-1F2A5DAC9B55}>

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Acesso em 15 de Julho de 2014
<http://www.labee.ufsc.br/projetos/etiquetagem/comercial/edificiosetiquetados.c.br/projetos/etiquetagem/comercial/edificios-etiquetados>