Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Ciência e Tecnologia
Faculdade de Engenharia

Esther Martin de Bernardo Roma

Análise da aplicação do regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética no prédio do IBAM

Rio de Janeiro
2010

Esther Martin de Bernardo Roma

Análise da aplicação do regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética no prédio do IBAM

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Fenômenos de Transporte

Orientador: Prof. Dr. Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos

Coorientador: Prof. Dr. Mauro Carlos Lopes Souza

Rio de Janeiro

2010

CATALOGAÇÃO NA FONTE

UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

R757 Roma, Esther Martin de Bernardo.
Análise da aplicação do regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética no prédio do IBAM / Esther Martin de Bernardo Roma. – 2010.
160f.

Orientador: Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos.
Coorientador: Mauro Carlos Lopes Souza.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Energia elétrica - edifícios - Teses. 2. Engenharia Mecânica. I. Bastos, Leopoldo Eurico Gonçalves. II. Souza, Mauro Carlos Lopes. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 621.311.16

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Esther Martin de Bernardo Roma

Análise da Aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética no Prédio do IBAM

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Fenômenos de Transporte

Aprovado em 8 de dezembro de 2010.

Banca Examinadora:

_____

Prof. Dr. Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos (Orientador)
Universidade Federal do Rio de Janeiro - PROARQ/FAU

_____

Prof. Dr. Mauro Carlos Lopes Souza (Coorientador)
Faculdade de Engenharia - UERJ

_____

Prof.ª Dr.ª Mila Rozendal Avelino
Faculdade de Engenharia - UERJ

_____

Prof. Dr. Marcus Peigas Pachego
Faculdade de Engenharia - UERJ

_____

Prof.ª Dr.ª Claudia Mariz de Lyra Barroso Krause
Universidade Federal do Rio de Janeiro - PROARQ/FAU

Rio de Janeiro

2010

DEDICATÓRIA

À minha família o motor da minha força, luz e esperança, para enfrentar dia após dia as dificuldades. Sempre presente apesar da distância transoceânica.

AGRADECIMENTOS

A toda minha família espanhola e brasileira, pelo amor incessante, compreensão e estímulo oferecido.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UERJ, que me proporcionou a oportunidade de desenvolver um projeto na área da eficiência energética, associado ao Centro de Estudos e Pesquisas em Energias Renováveis CEPER.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado oferecida.

Ao meu orientador Leopoldo E. G. Bastos e co-orientador Mauro Carlos Lopes Souza, que ofereceram um enorme ânimo e apoio em todas as etapas deste trabalho com grandiosa qualidade e capacidade tanto profissional como humana, auxiliando a superar cada obstáculo com determinação e seriedade.

Ao grande amigo e colega, Paulo Roberto Lopes do Nascimento, que compartilhou comigo os conhecimentos adquiridos, oferecendo sempre seu positivismo inigualável.

Ao Diego, à Márcia e ao Fabrício companheiros e amigos da pós-graduação de qualidade humana inestimável que me acompanharam em todo momento, inclusive naquelas situações mais adversas.

À Luciana Hamada e Corina Contreiras, pelo fornecimento de todas as informações características e dados referentes à edificação do IBAM/FUNBIO com uma enorme eficiência e disposição.

Aos professores membros da banca Mila Avelino, Claudia Krause, Marcus Pachego que aceitarem com gentileza o convite, colaborando para a avaliação, aperfeiçoamento e conclusão desta pesquisa.

Agradeço o carinho, a paciência e o amor de todos meus amigos do Rio de Janeiro que acompanharam o processo do mestrado desde o início sempre ao meu lado.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação, muito obrigada.

Aunque estamos mal hechos, no estamos terminados; y es la aventura de cambiar y de cambiarnos la que hace que valga la pena este parpadeo en la historia del universo, este fugaz calorcito entre dos hielos, que nosotros somos.

E. Galeano

RESUMO

ROMA, Esther Martin de Bernardo. *Análise da Aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética no Prédio do IBAM***.** 2010. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

A racionalização do uso da energia elétrica nas edificações é um assunto atual e de grande importância face ao grande impacto ambiental produzido. O consumo de energia elétrica no Brasil nas edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas é bastante significativo. Calcula-se que quase 50% da energia elétrica produzida no país seja consumida não só na operação e manutenção das edificações como também nos sistemas artificiais, que proporcionam conforto ambiental para seus usuários como iluminação, climatização e aquecimento de água. O Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e Serviços e Públicos, RQT-C do INMETRO surge como uma contribuição à etiquetagem do nível de eficiência energética das edificações de uso coletivo. Para a determinação da eficiência são considerados três requisitos: envoltória da edificação, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. Todos os requisitos têm cinco níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) até E (menos eficiente), que associados com algumas bonificações (uso da energia solar, ventilação natural, etc.) tornam possível a atribuição de uma classificação geral para o edifício em seu todo. Neste trabalho objetivou-se avaliar esse desempenho energético para o prédio do Instituto Brasileiro de Adminstração Municipal -IBAM, situado na cidade do Rio de Janeiro, de concepção modernista. Foi mostrado como as decisões arquitetônicas tomadas e o uso da ventilação natural podem influenciar na avaliação de sua eficiência energética.

Palavras-chave*:* Eficiência energética. Etiquetagem. Regulamento.

ABSTRACT

Nowadays, the electricity energy conservation in buildings is an important subject due to the environmental impacts produced. The electricity consumption in Brazil in the residential, commercial, and public service buildings, is quite significant. It is estimated that nearly 50% of the electricity produced in the country is consumed not only in the operation and maintenance of the buildings, but also in artificial systems that provide environmental comfort for its users such as lighting, air conditioning and water heating. The Technical Regulation of Energy Efficiency in Commercial and Public Buildings “RQT-C” raises to provide an energy efficiency certification for buildings of public domain. To determine the efficiency three criteria are considered: the building envelope, the illumination system, and the air conditioning system. All requirements are classified into five levels from A (most efficient) to E (least efficient), which could be associated with some subsidies (solar energy, natural ventilation, etc.), making possible the attribution of a classification standard for the building as a whole. The aim of this work is to apply this procedure to analyze the energy efficiency of the building of the Brazilian Institute of Municipal Administration (IBAM), located in the city of Rio de Janeiro. The study of the building, created under modernist architectural concepts. It has been showed how architectural decisions and the use natural ventilation may influence the evaluation of its efficiency energy class.

Keywords: Energy efficiency. Assessment. Architectural practice.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo de Eletricidade Mundial 1977-2008 26
Figura 2 - Consumo de energia elétrica per capita, 2007 26
Figura 3 - Certificação LEED no Brasil 31
Figura 4 - Esquema da metodologia BREEAM 98 34
Figura 5 - Correlação entre os índices PPD e PMV 38
Figura 6 - Etiqueta Nacional de Conservação da Energia ENCE 42
Figura 7 - Ângulos verticais de sombreamento 45
Figura 8 - Ângulos horizontais de sombreamento 46
Figura 9 - Definição dos intervalos para a classificação dos níveis 48
Figura 10 - Controle paralelo das luminárias em relação às aberturas 49
Figura 11 - Edifício de estudo – IBAM 58
Figura 12 - Planta típica de um andar do prédio 59
Figura 13 - Vista da localização do prédio no terreno 59
Figura 14 - Localização do edifício Item A 60
Figura 15 - Panorâmica da Fachada Principal:Floresta da Tijuca e Corcovado 60
Figura 16 - Programa de Classificação Bioclimática dos Municipios Brasileiros baseado na norma ABNT NBR 15220-3, 2005 61
Figura 17 - Temperaturas médias no Rio de Janeiro 62
Figura 18 - Considerações dos vidros no sétimo andar 63
Figura 19 - Fachadas do edifício IBAM 64
Figura 20 - Áreas condicionadas (AC) e de permanência não prolongada 65
Figura 21 - Cobertura do edifício IBAM 66
Figura 22 - Características dos acabamentos das fachadas 68
Figura 23 - Características dos acabamentos da cobertura 68
Figura 24 - Ângulos Verticais de sombreamento 69
Figura 25 - Ângulos Horizontais de sombreamento 70
Figura 26 - Aberturas Fachada Norte e Fachada Sul 71
Figura 27 - Vidro laminado das janelas fixas e basculantes 72
Figura 28 - Filme plástico nos vidros da Fachada Norte 72
Figura 29 - Acionamento típico de escritório 75
Figura 30 - Sensor de movimento típico escada 76
Figura 31 - Luminárias características do edifício 77

Figura 32 - Equipamentos tipo janela do edifício.....81
Figura 33 - Nomenclatura do sistema condicionador de ar central 81
Figura 34 - Representação do sistema de condicionamento central.....82
Figura 35 - Distribuição da ventilação natural cruzada.....85
Figura 36 - Janela típica por andar.....86
Figura 37 - Programa para cálculo de PMV em conformidade com ISO 7730.....87
Figura 38 - Percentual mensal de horas ocupadas sob conforto 89
Figura 39 - Sala de recepção do IBAM 96
Figura 40 - Classificação do nível de eficiência energética por ambientes.....97
Figura 41 - Níveis de eficiência energética nas áreas de serviço por andar 98
Figura 42 - Eficiência luminosa de lâmpadas comerciais.....99
Figura 43 - Níveis de eficiência energética nas áreas de circulação por andar 100
Figura 44 - Níveis de eficiência energética no subsolo atual e modificado 101
Figura 45 - Variações do EqNumDPI 108
Figura 46 - Variações do EqNumEnv 108
Figura 47 - Variações do EqNumCA 109
Figura 48 - Variações simultâneas gerais 109
Figura 49 - Resistência térmica superficial interna e externa.....128
Figura 50 - Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para o conjunto parede.....129
Figura 51 - Resistência térmica superficial interna e externa.....130
Figura 52 - Localização dos ângulos horizontais da fachada norte.....131
Figura 53 - Representação dos ângulos horizontais da fachada norte. 132
Figura 54 - Localização dos ângulos horizontais da fachada sul 133
Figura 55 - Representação dos ângulos horizontais da fachada sul.....134
Figura 56 - Representação dos ângulos horizontais da fachada sul (cont.).....135
Figura 57 - Localização dos ângulos verticais da fachada norte e sul 136
Figura 58 - Representação dos ângulos verticais das fachadas norte e sul 137
Figura 59 - Classificação das janelas no prédio IBAM 139
Figura 60 - Ambientes do subsolo.....140
Figura 61 - Ambientes do térreo.....141
Figura 62 - Ambientes do segundo pavimento.....143
Figura 63 - Ambientes do terceiro pavimento.....144
Figura 64 - Ambientes do quarto pavimento.....146
Figura 65 - Ambientes do quinto pavimento.....147

Figura 66 - Ambientes do sexto pavimento 148
Figura 67 - Ambientes do sétimo pavimento ou cobertura 149
Figura 68 - Condicionamento de ar individual no Térreo 150
Figura 69 - Condicionamento de ar individual no quarto pavimento 150
Figura 70 - Condicionamento de ar individual no sexto pavimento 151

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Acréscimo anual da geração de energia elétrica (em MW) 18
Tabela 2 - Composição Setorial do Consumo de Eletricidade 19
Tabela 3 - Principais sistemas internacionais existentes para avaliação ambiental 29
Tabela 4 - Principais sistemas latino-americanos existentes para avaliação 35
Tabela 5 - Fatores “e” para edifícios sem ar-condicionado em climas quentes..... 39
Tabela 6 - Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum) 42
Tabela 7 - Síntese dos pré-requisitos da envoltória 43
Tabela 8 - Limites de transmitância térmica 43
Tabela 9 - Parâmetros $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$ 47
Tabela 10 - Limite dos intervalos dos níveis de eficiência..... 47
Tabela 11 - Síntese dos pré-requisitos do sistema de iluminação para os 48
Tabela 12 - Relação entre áreas de ambientes e áreas de controle independente .. 49
Tabela 13 - Fatores determinantes de iluminância desejada 50
Tabela 14 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_{RL}) para o nível de eficiência pretendido 51
Tabela 15 - Equivalentes numéricos para ventilação natural 54
Tabela 16 - Classificação geral e equivalente numérico 55
Tabela 17 - Requisitos específicos..... 56
Tabela 18 - Horas de desconforto no Rio de Janeiro (T>29ºC) 62
Tabela 19 - Características das composições das paredes externas 65
Tabela 20 - Características das composições da cobertura..... 66
Tabela 21 - Transmitância térmica final da cobertura 67
Tabela 22 - Absortâncias (α) e cor das paredes externas..... 67
Tabela 23 - Ângulos de sombreamento 70
Tabela 24 - Valores do PAFt 71
Tabela 25 - Parâmetros para calcular IC_{env} 73
Tabela 26 - Parâmetros $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$ 73
Tabela 27 - Limites dos intervalos dos níveis de eficiência. ZB 8 74
Tabela 28 - Níveis atingidos pelos diferentes parâmetros..... 74
Tabela 29 - Classificação final da Envoltória..... 74
Tabela 30 - Nomenclatura de ambientes mostrados no Apêndice E..... 76
Tabela 31 - Classificação das luminárias e a Potência Total 77

Tabela 32 - Valores de iluminância dos ambientes “E” 78
Tabela 33 - Equivalentes numéricos do sistema de iluminação. Classificação por pavimentos e global. 79
Tabela 34 - Níveis atingidos pelos diferentes parâmetros 79
Tabela 35 - Classificação final da Iluminação 80
Tabela 36 - Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação 82
Tabela 37 - Equivalente numérico dos sistemas individuais de condicionamento de ar 84
Tabela 38 - Classificação do Condicionamento de Ar 84
Tabela 39 - Valores de POC 88
Tabela 40 - Variáveis da equação geral e Pontuação Total 91
Tabela 41 - Níveis de eficiência para os diferentes tipos de condicionamentos 91
Tabela 42 - Valores dos pré-requisitos envoltória 92
Tabela 43 - Níveis de eficiência energética com bonificações 107
Tabela 44 - Transmitância térmica da Parede 1 128
Tabela 45 - Transmitância térmica da Parede 2 129
Tabela 46 - Transmitância térmica da Parede 3 129
Tabela 47 - Transmitância térmica da cobertura condicionada AC Nº1 130
Tabela 48 - Transmitância térmica da cobertura condicionada AC Nº2 130
Tabela 49 - Ângulos horizontais da fachada norte 131
Tabela 50 - Ângulos horizontais da fachada norte 133
Tabela 51 - Ângulos verticais da fachada norte e sul 136
Tabela 52 - Áreas de abertura das fachadas norte e sul 138
Tabela 53 - PAF_T total 138
Tabela 54 - Eficiência energética do sistema de iluminação no subsolo. 140
Tabela 55 - Ambientes do térreo 140
Tabela 56 - Eficiência energética dos ambientes no segundo pavimento. 142
Tabela 57 - Eficiência energética dos ambientes no terceiro pavimento 143
Tabela 58 - Eficiência energética do sistema de iluminação no quarto pavimento 145
Tabela 59 - Eficiência energética dos ambientes do quinto pavimento 146
Tabela 60 - Eficiência energética do sistema de iluminação no sexto pavimento 147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Área Condicionada (m^2): área de piso dos ambientes condicionados.
Aenv	Área da envoltória (m^2): soma das áreas das fachadas e empenas e da área de cobertura, incluindo a área das aberturas
AHS	Ângulo Horizontal de Sombreamento
ANC	Área Não Condicionada: área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada
APT	Área de Permanência Transitória: 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
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)
Atot	Área total de piso (m^2): soma das áreas de piso fechadas de construção, medidas externamente.
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
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento econômico e Social
CA	Sistema de Condicionamento de ar
COP	Coeficiente de Performance
CFD	*Computational Fluid Dynamics*
CPD	Centro de Processamento de dados
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação da Energia
EqNum	Equivalente Numérico
EqNumAC	Equivalente Numérico do sistema de condicionamento de ar
EqNumDPI	Equivalente Numérico do sistema de iluminação

EqNumEnv	Equivalente Numérico da envoltória
FA	Fator de Altura
FF	Fator de Forma
FP	Fator De Potência
FS	Fator Solar
GWh	Gigawatts-hora
IBAM	Instituto Brasileiro de Administrações Municipais
ICOP	Coeficiente integrado de Performance.
LCA	*Life Cycle Assessment*
Mtoe	Mega tonelada de óleo equivalente.
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico.
PAF_O	Percentual de Área de Abertura na Fachada oeste (%);
PAF_T	Percentual de Área de Abertura na Fachada total (%).
PAZ	Percentual de Abertura Zenital (%)
POC	Porcentual de Horas Ocupadas em Conforto
PT	Pontuação Total
RAC-C	Regulamento de Avaliação da Conformidade.do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C)
Rse	Resistência térmica externa
Rsi	Resistência térmica interna
RTQ-C	Regulamentos Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência energética em Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos
SCOP	*Seasonal Coefficient of Performance.*
SEER	*Seasonal Energy Efficiency Ratio (Wh)*
Tep	Tonelada equivalente de petróleo
TRY	*Test Reference Year.* Arquivo de dados climáticos digitais.
TWh	Terawatts-hora
Ucob	Transmitância Térmica da Cobertura (W/(m2K))
U	Transmitância Térmica (W/(m²K))
Upar	Transmitância Térmica das Paredes (W/(m²K)).
Vtot	Volume Total da Edificação (m3): volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos.

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	18
1	**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**	25
1.1	**Sistemas de Avaliação da Eficiência Energética de Edifícios**	25
1.1.1	Marco Internacional	28
1.1.2	Marco Latino-americano	35
1.2	**Conforto Térmico e Ventilação Natural**	37
2	**METODOLOGIA**	41
2.1	**Envoltória**	42
2.1.1	Transmitância térmica das paredes e cobertura	43
2.1.2	Cor e absortância das paredes externas e da cobertura	44
2.1.3	Iluminação zenital	44
2.1.4	Determinação da Eficiência da Envoltória	44
2.1.4.1	Ângulos de Sombreamento: AHS AVS	45
2.1.4.2	Fator Solar	46
2.1.4.3	PAF_T : Percentual de Área de Abertura na Fachada total (%)	47
2.2	**Sistema de Iluminação**	48
2.2.1	Divisão de circuitos	44
2.2.2	Contribuição da iluminação natural	49
2.2.3	Desligamento automático do sistema de iluminação	49
2.2.4	Determinação do Nível de Eficiência do Sistema de Iluminação	50
2.3	**Sistema de Condicionamento de Ar**	52
2.3.1	Pré-requisitos sombreamento e ventilação permanente	52
2.3.2	Determinação do Nível de Eficiência de Condicionamento de Ar	52
2.4	**Sistema de Ventilação Natural**	53
2.5	**Classificação Geral**	54
2.5.1	Pré-Requisitos Gerais	55
2.5.2	Pré-Requisitos Específicos	56
2.5.3	Bonificações	56
2.6	**Objeto de Estudo**	57
2.6.1	Características arquitetônicas do estudo de caso	57
2.6.2	Características climáticas da área de estudo	60
3	**RESULTADOS**	63
3.1	**Classificação da Envoltória**	63
3.1.1	Transmitância térmica das paredes externas	63

3.1.2 Transmitância térmica da cobertura 65
3.1.3 Cor e absortância solar das paredes externas 67
3.1.4 Cor e absortância solar da cobertura 68
3.1.5 Iluminação zenital 68
3.1.6 Determinação do nível de eficiência da envoltória 68
3.1.6.1 Ângulos de sombreamento 69
3.1.6.2 Percentual de Abertura Fachada total 70
3.1.6.3 Fator Solar 70
3.1.6.4 Parâmetros para o calculo do ICenv 73
3.2 **Classificação do sistema de iluminação** 74
3.2.1 Divisão de circuitos. 75
3.2.2 Contribuição da luz natural. 75
3.2.3 Desligamento automático do sistema de iluminação 76
3.2.4 Cálculo da Densidade de Potência 76
3.3 **Sistema de Condicionamento de Ar** 80
3.3.1 Sombreamento e ventilação dos equipamentos tipo janela ou split. 80
3.3.2 Classificação dos sistemas de condicionamento de ar 81
3.3.2.1 Sistema de Condicionamento Central 81
3.3.2.2 Sistema de Condicionamento de Ar de Janela / Split. 83
3.4 **Sistema de Ventilação Natural** 85
3.5 **Classificação Geral da Eficiência Energética do Edifício** 89
3.5.1 Pré-requisitos gerais e específicos. 89
3.5.2 Bonificações 90
3.5.3 Pontuação Total 90
4 **ANÁLISES DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO** 92
4.1 **Análises da Envoltória** 92
4.1.1 Pré-requisitos 92
4.1.2 Indicador de Consumo 93
4.1.2.1 Fator Solar 93
4.1.2.2 Ângulos de sombreamento horizontal 94
4.1.3 Contribuições ao Regulamento 94
4.2 **Análises da Iluminação** 95
4.2.1 Análises dos Pré-requisitos 95
4.2.2 Análises da Densidade de Potência 96
4.2.3 Contribuições ao Regulamento 101
4.3 **Análises de Condicionamento de Ar** 103
4.3.1 Análises dos Pré-requisitos 103

4.3.2 Análises da eficiência dos equipamentos de ar condicionado 104
4.3.3 Contribuições ao Regulamento 104
4.4 **Análises da Ventilação Natural** 105
4.5 **Classificação Geral** 106
4.5.1 Análises dos Pré-requerisitos 106
4.5.2 Análises das bonificações 106
4.5.3 Pontuação Total 107
4.5.4 Contribuições ao Regulamento 110
5 **CONCLUSÕES** 112
5.1 **Perspectivas Futuras** 113
5.2 **Sugestões para trabalhos futuros** 115
REFERÊNCIAS 116
GLOSSÁRIO 123
APÊNDICE A - Transmitância térmica das paredes 128
APÊNDICE B - Transmitância térmica da cobertura 130
APÊNDICE C - Ângulos de sombreamento 131
1.1 Ângulos horizontais 131
1.1.1 Fachada Norte 131
1.1.2 Fachada Sul 133
1.2 Ângulos verticais 136
APÊNDICE D - Cálculos do PAF 138
APÊNDICE E - Eficiência energética do sistema de iluminação 140
APÊNDICE F - Sistemas individuais de condicionamento de ar 150
ANEXO A - Especificações do vidro laminado 152
ANEXO B - Especificações técnicas de condicionamento de ar central 153
ANEXO C - Contribuições RTQ- 2009 enviadas à consulta pública INMETRO da portaria nº181 154
1.Definições 155
2.Introdução 156
3.Envoltória 157
4.Iluminação 158
5.Condicionamento de Ar 159
6.Simulação 160

INTRODUÇÃO

A expansão acentuada do consumo de energia elétrica, embora possa refletir o aquecimento econômico e a melhoria da qualidade de vida, tem aspectos negativos, como a possibilidade do esgotamento dos recursos utilizados para a produção de energia, o impacto ao meio ambiente produzido por essa atividade e elevados investimentos na construção de novas usinas.

A alternativa mais adequada neste sentido poderia ser o aumento da eficiência energética na utilização que, segundo Geller (1994), sempre é mais rentável economizar que fornecer energia, reduzindo a necessidade de gastos com o setor público.

A geração de energia elétrica no Brasil, em 2009, atingiu 466,2 TWh em centrais de serviço público e auto-produtores, BEM (2010a), sendo as centrais de serviço público que apresentam a principal contribuição com 87,8% da geração total. É projetado um crescimento da demanda de energia elétrica de 5,1% ao ano no período de 2010-2019, PDEE (2019), considerando que o consumo de energia elétrica em 2019 poderá atingir o valor de 633 TWh. Informações da Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL (2008) demonstram que, desde 1999, o aumento na capacidade instalada do país tem sido permanente, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1- Acréscimo anual da geração de energia elétrica (em MW)

ANO	MW
1999	2840,3
2000	4264,2
2001	2506,0
2002	4638,4
2003	3998,0
2004	4234,6
2005	2425,2
2006	3935,5
2007	4028,0
2008	860,5

Fonte: Aneel, 2008 (*) Até 16/08/2008

Especificamente na Tabela 2 é indicada a Composição Setorial do Consumo de Eletricidade, observando que a soma do consumo elétrico relativa aos setores residencial, comercial e público em 2009 representa 47,6% do consumo total segundo o Balanço Energético Nacional (BEM, 2010a).

Tabela 2- Composição Setorial do Consumo de Eletricidade

SETORES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Consumo Final	28.509	26.626	27.884	29.430	30.955	32.267	33.536	35.443	36.830	36.638
Setor Energético	3,2	3,6	3,6	3,5	3,7	3,6	3,7	4,2	4,3	4,4
Residencial	25,2	23,8	22,4	22,3	21,8	22,2	22,0	22,1	22,3	23,9
Comercial	14,3	14,4	14,0	14,01	13,9	14,3	14,2	14,2	14,16	15,1
Público	8,8	8,8	8,7	8,7	8,4	8,7	8,5	8,2	8,1	8,6
Agropecuário	3,9	4,0	4,0	4,2	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	3,9
Transportes	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Industrial	44,2	45,0	47,1	47,0	47,8	46,7	47,0	46,7	46,1	43,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: BEM 2010

Uma das maneiras mais utilizadas atualmente no mundo para conter a expansão do consumo de energia, sem comprometer a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico tem sido estimular o seu uso eficiente.

No panorama brasileiro, depois da crise do petróleo na década 70, foram tomadas algumas medidas voltadas para a conservação da energia. Surgiram mecanismos legislativos para promover a eficiência energética com a promulgação da Lei nº. 10.295 em 2001, que dispõe sobre a política nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, Brasil (2001a), e do Decreto nº4059, Brasil (2001b) regulamentando a lei dos níveis máximos de consumo de energia em aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país. Junto com esse decreto foi criado o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, sendo designado o grupo técnico GT-Edificações especificamente para edificações, capacitado para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil, visando o uso racional da energia elétrica, Brasil (2001b). Em 2005 esse grupo cria a Secretaria Técnica de Edificações ST-Edificações, com competência para discutir questões técnicas envolvendo os indicadores de eficiência energética.

Como 47,6% do consumo nas edificações deve-se principalmente à iluminação artificial e aos sistemas mecânicos de climatização do ar ambiente compreende-se que isto decorre devido ao fato de que a maioria destas edificações não foram construídas com vistas à racionalização do uso da energia, e dispõem também de sistemas ineficientes. Também anteriormente, as questões ligadas à eficiência energética não faziam parte da prática arquitetônica corrente (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

No entanto, nesta época, o consumo de eletricidade continuou a ter uma taxa de crescimento significativo segundo os dados do BEM, MME (1994). Em decorrência, surgiu a necessidade de serem criados programas de conservação de energia e uso racional da energia elétrica nas edificações. Todas estas ações voltadas para a redução do consumo energético foram bem-vindas.

Numa destas ações surge em 2003 o Programa “Procel Edifica”, de âmbito nacional, criado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e coordenado pela Eletrobrás. Esse programa voltado especificamente à Eficiência Energética das Edificações – EEE, aliado ao Conforto Ambiental – CA, passa a promover o uso racional da energia elétrica em edificações, e incentiva a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo, assim, os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente como ferramenta para economia de energia por grandes contratantes e pelo poder público.

Entre as metas definidas pelo Programa consta o apoio à implantação da Regulamentação da Lei de Eficiência Energética para as edificações brasileiras, além de orientar tecnicamente os agentes envolvidos e técnicos das Prefeituras para adequar seus Códigos de Obras e Planos Diretores. Atualmente o Programa “Procel Edifica” tem parcerias com o Ministério de Minas e Energia; Ministério das Cidades; e Universidades como UFMS, UFMT, UFF, UFRJ, UFSC, entre outras; além do SEBRAE-RJ, CREA e ELETROSUL; estando entre elas o, Instituto Brasileiro de Administração Pública (IBAM).

A partir desta visão, no ano de 2006, foi proposta a Regulamentação para avaliação do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) lançada pela Eletrobrás em parceria com o Instituto Nacional de

Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, e através da Portaria nº. 53 de 2009 que entra em vigor com um caráter voluntário, INMETRO (2009), sendo parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem, onde as edificações são avaliadas para obtenção de uma Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), Inicialmente está sendo implantada de forma gradual com a intenção de se transformar em obrigatória no futuro.

Para recebê-la, as edificações são avaliadas em três níveis de eficiência: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar. O objetivo é diminuir o ganho de calor pela envoltória do edifício e aproveitar melhor a iluminação e a ventilação natural, incentivando o consumo racional de água ao mesmo tempo. Paralelamente está sendo ultimado o mesmo Regulamento para a avaliação de Residências, previsto para lançamento no final de 2010 (LABEEE, 2010).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), devido às aplicações do programa foi constatada no ano passado uma economia de 23 mil GWh, BEM (2010b), o que equivaleria a evitar a construção de uma usina hidrelétrica de 5 mil MW.

Outra ação a ser aplicada para a redução do consumo energético é a estratégia bioclimática com o uso de ventilação natural nas edificações reduzindo a demanda de condicionamento artificial e, conseqüentemente, a demanda de energia elétrica,e favorecendo o conforto higrotérmico dos usuários destas edificações. Os parâmetros de conforto higrotérmico que condicionam os intercâmbios térmicos do corpo humano com o ambiente são: nível metabólico da atividade da pessoa, isolamento térmico da vestimenta, temperatura de bulbo seco do ar, temperatura radiante (termômetro de globo), velocidade média do ar na zona ocupada e a pressão parcial do vapor de água ou umidade relativa.

Divulgar os conceitos e as práticas do bioclimatismo, por meio da inserção do conforto ambiental e da eficiência energética nos cursos de arquitetura e engenharia, formaria uma nova geração de profissionais compromissados com o desenvolvimento sustentável do país (PROCEL, 2001).

Em outra linha de atuação, o Procel Edifica tenta, por meio de parcerias com órgãos da administração pública, atuar na definição de critérios e na elaboração de

códigos de obras para as prefeituras que determinem a adoção de medidas de sustentabilidade e Eficiência Energética. Nesta categoria insere-se a parceria com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM.

O IBAM aliado neste contexto e conscientizado, consentiu de ter seu prédio avaliado através da presente dissertação, com base no Regulamento Técnico para Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética, através do método prescritivo. Portanto, trata-se de um edifício existente. Este prédio é dotado de favoráveis características arquitetônicas enfatizadas pela sua implantação, e orientação, onde a ventilação natural e a luz do dia podem ser bem aproveitadas.

A presente dissertação teve como objetivo geral a aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifício de 2009 para classificar o nível de eficiência energética do edifício existente, considerado comercial de prestações de serviços, IBAM – “Instituto Brasileiro Administração Municipal” – situado no bairro do Humaitá, na cidade de Rio de Janeiro, de arquitetura modernista de autoria do arquiteto Sergio Bernardes.

Para alcançar o objetivo principal, são apresentados os objetivos específicos:

- O objetivo desta dissertação é o de apresentar uma análise sobre a eficiência energética do prédio do IBAM, situado no bairro de Humaitá no Rio de Janeiro através do método prescritivo;
- Analisar a influência da ventilação natural sobre a eficiência energética do edifício.
-

Hipóteses

As hipóteses apresentadas são:

- Este edifício do IBAM concebido sob o enfoque modernista apresenta em sua essência conceitos arquitetônicos voltados para uma eficiência energética;

- Por facultar o uso da ventilação natural o edifício prescinde do uso do ar condicionado em determinadas épocas do ano, o que contribui para a eficiência energética e o conforto higrotérmico dos usuários.

Estrutura

A metodologia utilizada neste projeto foi a observação intensiva direta, Markoni; Lakatos (2009), para obter, através do levantamento de dados, os fenômenos a serem estudados. Para atingir os objetivos propostos procedeu-se a aplicação das seguintes etapas: levantamento dimensional da atual distribuição dos pavimentos e redefinição das plantas do edifício em AutoCAD; levantamento e tomada de dados das características representativas da envoltória do edifício, iluminação e condicionamento de ar; levantamento fotográfico preenchido in loco, gerando o material de apoio à pesquisa; organização e processamento das informações coletadas no levantamento, para poder aplicar o Regulamento RTQ e classificar o edifício no nível de eficiência energética correspondente; estudo do efeito energético que o uso apropriado da ventilação natural incorpora em uma edificação existente; interpretação dos resultados e conclusões.

O desenvolvimento dos assuntos acima é apresentado sob a forma de capítulos que se seguem:

Capítulo 1: Revisão Bibliográfica. Estado da arte dos métodos e procedimentos de avaliação de eficiência energética nas edificações que são mais representativos no contexto internacional e latino americano.

Capítulo 2: Metodologia. Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de Serviços e Públicos. RTQ-C. Revisão do regulamento, abordando os requisitos técnicos e os métodos para a classificação pelo método prescritivo quanto à eficiência energética do edifício público que vai ser avaliado. Características do estudo de caso. Descrição completa e detalhada da edificação a classificar, incluindo as características físicas e geométricas, além da caracterização climática do Rio de Janeiro.

Capítulo 3: Apresentação dos Resultados. Determinação da etiquetagem de eficiência energética da edificação nos desempenhos da envoltória, eficiência/ potência instalada do sistema de iluminação, eficiência do sistema de condicionamento de ar. Classificação geral através dos resultados obtidos.

Capítulo 4: Análise dos Resultados e Discussão. Apresentação de possíveis modificações para atingir níveis mais eficientes energeticamente.

Capítulo 5: Conclusão. Recomendações para próximos estudos e novos usos para a metodologia.

1 **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

1.1 **Sistemas de Avaliação da Eficiência Energética de Edifícios**

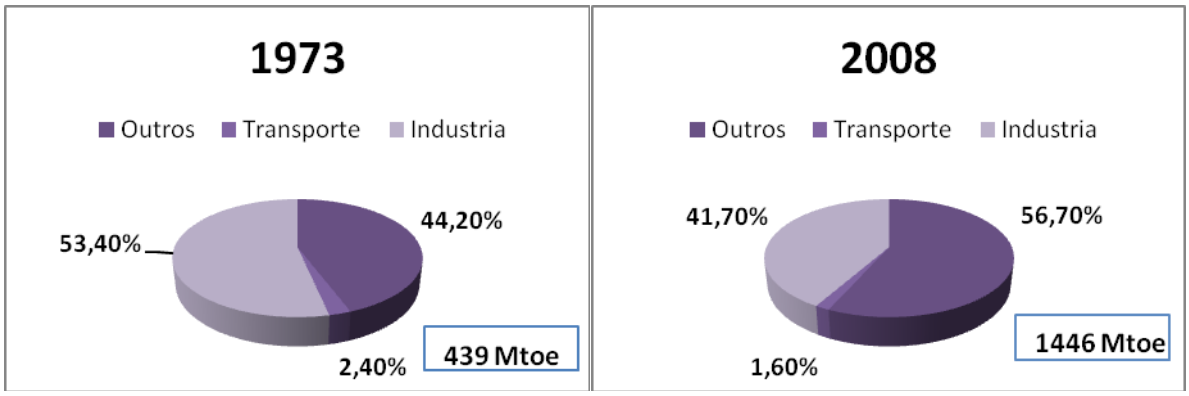
O conceito de eficiência energética compreende o conjunto de ações que permitem aperfeiçoar a relação entre a quantidade de energia consumida e os produtos e serviços finais obtidos através das medidas, políticas e intervenções tecnológicas, de gestão e culturais.

As políticas de eficiência energética aplicadas são mecanismos capazes de conseguir, mediante aspetos técnicos e tecnológicos da redução de consumo e conscientização do uso racional de energia pelos consumidores.

Conseqüentemente serão apresentadas algumas estratégias que tem como objetivo melhorar o desempenho térmico das edificações e pelas quais os certificados podem ser oferecidos. As abordagens das políticas são feitas numa perspectiva normativa e identifica os organismos públicos necessários para a aplicação das mesmas, ressaltando a sua importância para controlar e propiciar as medidas que as regulamentações técnicas e os códigos de edificação ditam. Estas medidas estão orientadas a gerar uma economia e uso eficiente da energia consumida na edificação aplicadas aos sistemas de iluminação, ventilação, aquecimento de água, condicionamento de ar e envoltória, entre outras. O consumo de energia será contabilizado através de indicadores quantitativos, considerando os diferentes fatores que compõem a edificação como: isolamento térmico, características de instalação, desenho e orientação, aspetos climáticos, condições ambientais interiores que possam influenciar na demanda de energia.

Serão também apresentadas regulamentações vigentes de eficiência energética dos edifícios de distintos países, tanto no marco internacional como latino americano, e os certificados sobre o panorama atual das instituições, metodologias utilizadas e normativas para obter a classificação. Considera-se ser a certificação o mecanismo capacitado para promover a eficiência energética de uma edificação de elevado desempenho ao compará-la ao mínimo obrigatório (CASALS, 2006).

O panorama mundial do consumo de energia elétrica segundo a Agência Internacional de Energia, IEA (2010) configura um grande aumento no período de 1973 a 2008 como é indicado na Figura 1.



*Outros: Inclui serviços residenciais, comerciais,públicos e outros no específicos

Figura 1- Consumo de Eletricidade Mundial 1977-2008
Fonte:IEA

Os 30 países desenvolvidos que compõem a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) são os maiores consumidores de energia, porém países em desenvolvimento registram aumento considerável, nas últimas décadas. A Figura 2 abaixo mostra os diversos níveis de consumo de energia primária per capita nas diversas regiões do mundo.

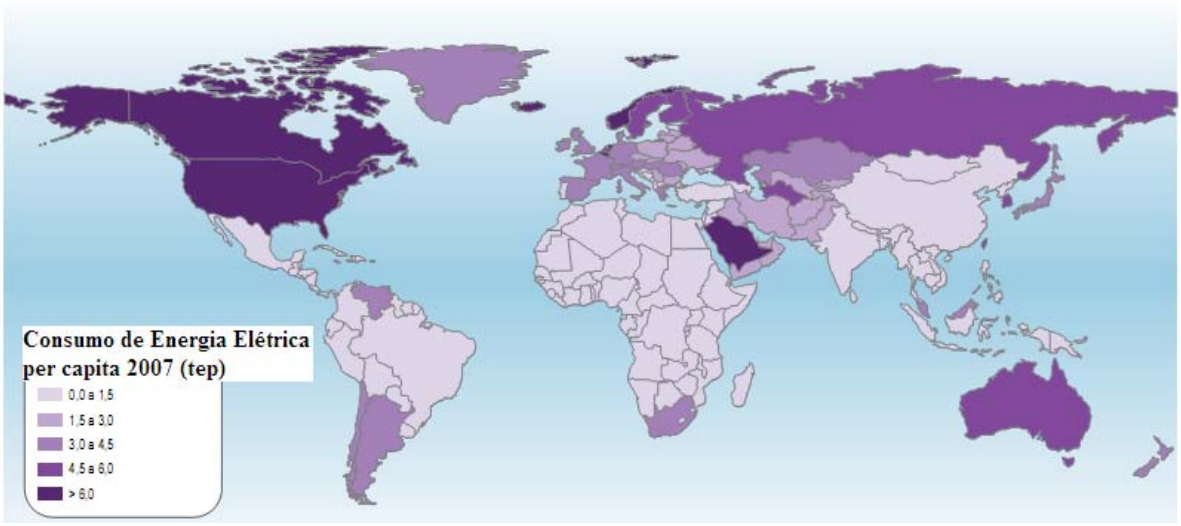


Figura 2- Consumo de energia elétrica per capita, 2007
Fonte:BP, 2008

Segundo a descrição oferecida pelo World Business Council for Sustainable Development, os edifícios são responsáveis pelo menos por 40% da energia usada na maioria dos países, WBCSD (2009a), sendo o setor residencial junto com o comercial aqueles que apresentam a maior parte de consumo de energia nas

edificações, incluindo o consumo de climatização, de energia de iluminação e outros tipos de equipamentos (IEA, 2008).

A União Européia é responsável por mais de 30% da emissão de $CO_{2,}$ e os países membros tem o compromisso sob o protocolo de Kyoto de reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa em 8% no período 2008-2012, Goulart (2005a). Devido a isso, a aplicação de Eficiência Energética contribuirá para oferecer uma diminuição da emissão de gases causadores do efeito estufa, catalisador das mudanças climáticas, constituindo uma parte importante do pacote de políticas e de medidas necessárias ao cumprimento que o Protocolo de Kyoto estabelece. Paralelamente a esse panorama, as emissões de $CO_{2,}$ estão crescendo, especialmente, em países como a China ou Índia. Atuar sobre este crescimento pode reduzir a contribuição na mudança climática e o uso da energia (WBCSD, 2009 b).

As primeiras normas de eficiência energética em edificações surgiram na década dos 70, durante a crise do petróleo, e para alcançar estas reduções de consumo de energia se produziram leis e incentivos para edificações em diferentes países no mundo, projetadas de forma ambientalmente responsável e com alto desempenho, sendo que em alguns desses países existem sistemas de avaliação energética e de certificação ambiental para edificações, nos quais se reconhece os melhores desempenhos das edificações em relação a usarem mais critérios de sustentabilidade.

A maioria dos sistemas de avaliação ambiental de edifícios baseia-se em indicadores de desempenho, que atribuem uma pontuação técnica em função do grau de atendimento a requisitos relativos aos aspectos construtivos, climáticos e ambientais, enfocando o interior da edificação, o seu entorno próximo e a sua relação com a cidade e o meio ambiente global. Esses indicadores possuem ponderações explícitas que retratam os principais problemas ambientais locais.

Os sistemas de certificação começaram na Europa e difundiram-se como incentivo em outros países da América, principalmente no Canadá e nos EEUU e atualmente em outros países como Japão, Austrália e China, os quais também estão desenvolvendo seu próprio sistema de certificação.

Tem que se considerar que cada país tem sua própria metodologia de avaliação de edificações. Segundo Silva (2003), importar métodos estrangeiros não é a melhor solução para avaliar edifícios de escritórios no Brasil e que um método de

avaliação deveria ser desenvolvido, considerando as prioridades, condições e limitações brasileiras.

Seria interessante o investimento econômico inicial ao considerar a implantação da eficiência energética nas edificações para conseguir uma redução de consumo, que vai se prolongar ao longo dos anos de uso, ressaltando que o capital investido nas melhorias proporcionaria um retorno econômico ao longo das décadas futuras.

Cabe destacar que incorporar as melhoras quando da concepção de projeto é relativamente simples, enquanto tentar aplicá-las em construções existentes é mais complexo, devido a algumas medidas que devem ser tomadas na etapa de construção. A maioria dos códigos de edificação e as normas de eficiência apontam os parâmetros necessários para a renovação e outras melhorias necessárias para os edifícios existentes.

São apresentadas as políticas energéticas orientadas à diminuição de consumo energético, analisando a eficiência energética dos edifícios e os certificados outorgados a respeito. Abordamos as estratégias referentes à eficiência energética desde a ótica normativa à perspectiva das políticas públicas necessárias para estabelecer essas normas, considerando os organismos de gestão e controle que conseguem gerar o sucesso das mesmas, criando regulamentos que definem os aspetos técnicos referentes à construção.

1.1.1 Marco Internacional

Na Tabela 3 são evidenciados Os principais sistemas de avaliação ambiental de edificações no marco Internacional.Considera-se os principais aspetos normativos e as metodologias utilizadas para a qualificação da eficiência energética, junto com os certificados e características. Uma informação mais detalhada pode ser encontrada no Levantamento da Experiência Internacional desenvolvido pela Universidade de Santa Catarina (GOULART, 2005 a, 2005 b, 2007).

Tabela 3- Principais sistemas internacionais existentes para avaliação ambiental de edifícios

Região/ Pais	Instituição	Iniciativa
Austrália	Sustainable Technology / BHP (Steel) Reseach	LISA (LCA in Sustainable Architecture software LCA)
	Departament of Public Works ad Services , Sidney	LCAId
	Environment Australia (Department of the Environment and Heritage)	NABERS
	Green Build Concil Australia	Green Star
Estados Unidos	ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc.	ASHRAE-Standard 90.1-Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buidings
	International Code Council	IECC 2004-International Energy Convservation Code
	US Green Building Council (USGBS)	LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
União Européia	CEN (Comité Europée Normalisation)	EPBD (Directive on the Energy Performance of Buildings)
Reino Unido	Building Research Establishment (BRE)	BREEAM -Building Research Establishment Environmental Assessment Method ECOHOMES
Portugal	Conselho de Ministros	Programa E4 (Eficiência Energética e Energias Endógenas)
		RCCTE-Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
		RSECE-Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edificios
		Eficiência Energética em Edificios P3
França	Haute Qualité Environnementale dês Batiments	HQE
Espanha	Código Técnico de la Edificación (CTE)	5 Documentos Básicos (DH)
	R.D 47/2007	Certificação Energética de Edifícios (Prescriptivo /Calener)
Canadá	National Research Council Canada;Canadian Commission on Building and Fire Codes.	National Building Code for Canada 2005
	Canada Green Building Council (CaGBS)	LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
Japão	Energy Conservation Law (1979)	Criteria for Clients on the Rationalization of Energy Use for Buildings for non residential buildings
		Desing and Construction Guidelines on the Rationalisation of Energy use for Homes for residential buildings
	Japan Sustainability Building Consortium (JSBC)	Green Building Rating Systmes: CASBEE
China	Central Ministry of Construction (MOC)	Standard Heating Based Climate Standard Mixed Climate Estándar Cooling Based Climate Standard for tourist hotels from 1993 Standard for public buildings of 2003
	Green Building Rating System	Certification or Labelling System
India	Central Goverment	Energy Conservation Building Code

Fonte: Silva (2003); Goulart (2005,2007); IEA (2008).

Austrália

- National Australian Building Environmental Rating System Project (NABERS). Sistema com base em critérios e benchmarks (valores de referência), para edificações novas e existentes, atribuindo uma única classificação a partir de critérios diferentes.

- LISA : É um software LCA (Life Cycle Assessment in Sustainable Architecture) que foi desenvolvido em resposta às solicitações feitas por arquitetos e profissionais da indústria para uma ferramenta de ACV simplificada para auxiliar os projetos denominados verdes. (LISA, 2004)
- GREEN STAR: Regulamento de Eficiência Energética em edifícios novos implantado pelo governo Green Build Council Australia, formado por um sistema de avaliação de 5 estrelas aplicado em edificações comerciais e residenciais, usado para conduzir o mercado para uma maior eficiência do que requisitos mínimos.(GBCA, 2001).

Estados Unidos

- ASHRAE Standard 90.1: Energy Standard for Buildings except Low-Rise Residential Buildings é desenvolvida pela American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers, Inc. Existem uns requerimentos de etiquetagem nos equipamentos instalados em componentes e em partes de envoltória como janelas, muros e coberturas, particularizando que o cumprimento à norma ASHRAE pode ser alcançada em 3 diferentes vias. O primeiro é o Método Prescritivo onde todos os requerimentos do edifício referentes a envoltória, ar condicionado, iluminação artificial e aquecimento de água, incluindo motores e equipamentos devem ser atingidos. Energy Cost Budget é apresentado como segundo, onde o consumo de energia deve estar abaixo de um valor baseado no cálculo do edifício e fixado em valores de eficiência. Finalmente The Design Energy Cost, onde todas as partes do edifício e as instalações tem a mesma, ou melhor eficiência energética que as usadas para o cálculo do Energy Cost Budget. Cabe destacar que a standard cobre novos prédios e seus componentes, e também prédios existentes.(ASHRAE, 1999).
- LEED - Leadership in Energy and Environmental Design. USA.

  Este sistema foi desenvolvido pelos membros do United States Green Building Council, USGBC (2001) e lidera a Energia e Ambiente dos edifícios. Sistema com base em critérios e benchmarks ou valores de referência, inspirado no sistema BREEAM. Podem se obtidos certificados que classificam o desempenho do edifício em diferentes níveis, como certificado de Prata,

Ouro e Platina, dependendo dos requerimentos que o edifício tenha cumprido. A standard LEED inclui sustentáveis sites, eficiência da água, recursos materiais, climatização interior, inovação e desenho, e energia & atmosfera, sendo este último o mais importante critério de edificações. Considerando os edifícios LEED, a norma ASHRAE está desenvolvendo uma norma especial para o Desenho de High-Performance Buildings- ASHRAE norma 189P. Este sistema foi aplicado em muitos países gerando uma rede denominada World Green Building Council, uma organização sem fins lucrativos, que tem como objetivo promover a construção e desenvolvimento sustentável, e a certificação de construções sustentáveis. A Figura 3, a seguir, ilustra o selo de certificação LEED.

Figura 3- Certificação LEED no Brasil
Fonte: <http://www.allintech.com.br/noticia_selo_leed.htm>

União Européia

O parlamento europeu aprovou em 2002 a Diretiva 2002/91/CE, referente ao regulamento de desempenho energético dos edifícios o qual foi implantado em todos os estados membros.·O Comitê Europeu de Normalização (CEN) atualmente está desenvolvendo o CEN Technical Report CEN/TR 15615, onde são descritas diferentes Standards (ENs), fornecendo os métodos de cálculo e os materiais associados para obter o desempenho energético global de um edifício nos cinco seguintes volumes: (1) Desempenho Energético dos Edifícios Geral, (2) Performance Energética de Edifícios, (3) Sistemas de Aquecimento e Água Quente Sanitária, (4) Sistemas de Ventilação e Refrigeração, (5) Inspeção de Sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado (CENSE, 2010).

A Diretiva alega que edifícios devem ter um certificado de desempenho de energia quando são construídos, vendidos ou alugados; tendo uma validade não

superior a 10 anos. Este certificado deve considerar valores de referência, como valores regulamentares legais e marcos comparativos para que os consumidores possam comparar e avaliar o desempenho energético do edifício, acompanhado das recomendações de rentabilidade econômica para serem estabelecidas.

O desempenho energético dos edifícios deverá ser calculado através de uma metodologia, integrando os fatores de isolamento térmico, instalações de aquecimento e ar condicionado, a aplicação de fontes de energia renováveis e a concepção dos próprios edifícios. Posteriormente os profissionais qualificados e acreditados nivelarão as condições de economia de energia no setor dos edifícios. Especificamente os novos edifícios deverão cumprir requisitos mínimos de desempenho energético, porém reformas de edifícios existentes acima de uma determinada dimensão devem se submeter a uma melhoria do desempenho térmico quando estas sejam economicamente rentáveis.

A Comissão Européia criou diferentes programas como The Concerted Actions EPBD, para harmonizar as regras entre os países membros proporcionando workshops e diferentes informações junto com The Buildings Platform, destinado para informar sobre a implementação do EPBD (IEA, 2008).

Cumprindo com os requerimentos da União Européia cada país membro foi desenvolvendo seu próprio programa de desempenho energético, na continuação são definido alguns deles.

- Espanha: CTE, o Código Técnico da Edificação. Foi aprovado pelas Administrações estatais e autônomas para melhorar a eficiência energética nos edifícios, estabelecendo as exigências mínimas de eficiência energética da Diretiva 2002/91/CE e de aproveitamento de energia solar térmica e fotovoltáica nos novos edifícios e naqueles que possam ser reabilitados. Os objetivos se estabelecem mediante 5 Documentos Básicos (HE), sendo o DB HE 1: Limitação da demanda energética, DB HE 2: Rendimento das instalações térmicas (RITE), DB HE 3: Eficiência energética das instalações de iluminação, DB H4: Contribuição solar mínima de água quente sanitária e DB H5 contribuição fotovoltaica mínima de energia elétrica. A certificação energética de Edifícios (R.D 47/2007) é aprovada para a qualificação da certificação de eficiência energética de um prédio, informando aos consumidores, mediante a etiquetagem, sobre o nível de eficiência energética

que o edifício possui, podendo ser avaliado através de um método prescritivo ou através de um programa computacional denominado Calener.(CTE,1999).

- França: HQE – Haute Qualité Environnementale dês Batiments É uma base de avaliação focada nas exigências normativas e legais de cada localidade, e composto por associações públicas ou coletivas: sindicatos representando áreas de gestão de projetos, gerenciamento de projetos, empresas, fabricantes de produtos de construção, especialistas, entre outros. Sua organização subdivide-se em gestão do empreendimento – SMO (Système de Management de l'Opération) – e qualidade ambiental – QEB (Qualité Environnementale du Bâtiment) –, que avaliam as fases de projeto, execução e uso, cada qual com uma certificação em separado. (HQE,1992).

  A classificação de avaliação, estruturada em um perfil ambiental ,está dividida em 4 blocos (impactos do empreendimento no meio ambiente, gestão de recursos, conforto ambiental e saúde do usuário definido pelo empreendedor) de onde são escolhidos os itens que deverão atender aos níveis de desempenho dentre um total de 14. Para se obter a certificação, quatro dos 14 itens devem atender pelo menos ao nível médio (Performant), pelo menos três, ao nível máximo (Très Performant), e as outras categorias devem se enquadrar no nível mínimo (Base).

  Uma adaptação da HQE adaptado para o Brasil é o denominado Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é o primeiro referencial técnico brasileiro para construções sustentáveis. O AQUA é o primeiro selo que levou em conta as especificidades do Brasil para elaborar seus 14 critérios – que avaliam a gestão ambiental das obras e as especificidades técnicas e arquitetônicas.

  ESCALE: Sistema com base em critérios e benchmarks. Pondera apenas os itens nos níveis inferiores. O resultado é um perfil de desempenho global, detalhado por sub-perfis.

- Reino Unido – BREEAM (BRE Environmental Assessment Method). Este um dos sistemas mais utilizados mundialmente para avaliar o desempenho ambiental de edifícios, que inspirou o futuro sistema americano LEED. Está baseado nos critérios de benchmark ou de valores de referência e é adquirido um índice de desempenho ambiental do edifício (EPI) com valor entre 0 e 10. Contém itens com caráter de atendimento obrigatório e outros classificatórios,

abordando questões sobre os impactos do edifício no meio ambiente, saúde e conforto do usuário e gestão de recursos. Em função do EPI obtido um nível de certificação é associado, estando classificado em PASS, GOOD, VERY GOOD, EXCELLENT. Podem ser avaliadas tanto as residências novas, como edificações existentes a reformar. O sistema é denominado Eco-Homes quando se trata de certificar residências, Baldwing et al. (1998). Podemos observar na Figura 4 um esquema da metodologia aplicada.

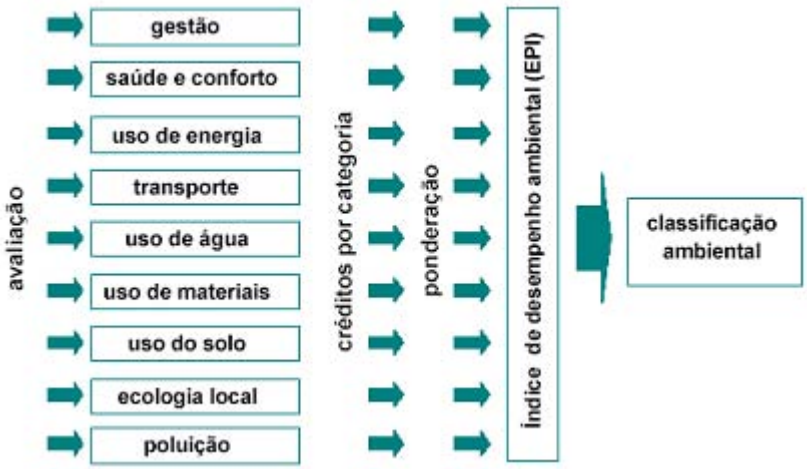


Figura 4- Esquema da metodologia BREEAM 98
Fonte: Baldwin et al., 1998

China

É importante considerar a eficiência energética das novas edificações na China, levando-se em conta que o Ministério de Construção na China (MOC) é responsável por aproximadamente 30% do consumo de energia final do país e que vai ter um crescimento de 1,1% por ano, IEA (2007b). A China conta atualmente com um Sistema Verde de Avaliação de Edificações, mas concentra o interesse em estabelecer sistemas de certificação e etiquetagem para obter uma eficiência energética nas novas edificações, reduzindo o consumo simultâneo. Um novo código para toda China está em processo para ser atualizado desde 2008 onde os valores serão definidos em 5 diferentes regiões climáticas, tanto para o setor público como para o privado. O desempenho energético das edificações estará avaliado por um sistema de cinco estrelas onde a melhor eficiência energética é representada pelo valor 5 (DIE, 2006).

Índia

É estabelecido pelo governo central o Energy Conservation Building Code, que define os parâmetros de eficiência energética no método prescritivo muito detalhadamente, inspirado na norma norte americana ASHRAE. Com caráter inicialmente voluntário se transformará em obrigatório em alguns anos, podendo demorar um pouco antes de ser executado e controlado, pois é a primeira vez que tal sistema é introduzido na Índia (ECBC, 2006).

1.1.2 Marco Latino-americano

Alguns dos principais sistemas de avaliação ambiental de edificações latino-americanas são enumerados na Tabela 4, e analisados posteriormente os aspetos normativos e as metodologias utilizadas para a qualificação da eficiência energética, junto com os certificados e características principais.

Tabela 4- Principais sistemas latino-americanos existentes para avaliação ambiental de edifícios

Região/ Pais	Instituição	Iniciativa
Brasil	Poder Ejecutivo Nacional Lei Nº 10.295	Politica Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia
	Comité Gestor de Indicadores e Níveis de EficiÊncia Energética CGIEE Grupo Técnico Eficientizaçao de Energia nas Edificações no País (GT)	Decreto 4059
	Procel Edifica	Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ)
	Brasil Green Building Council (USGBS)	LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
Argentina	PRONUREE Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía Ministerio de Planificación	PA y EEEP Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en Edificios Públicos
	Argentina Green Building Council	LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
México	Secretaría de Energía (SE) / CONAE	NOM-008-ENER-2001
	CFE (organismos empresariales y gremiales del país) FIDE	Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE)
	México Green Building Council	LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
Colombia	UPME (Unidad de Planeación Minero Energética)	Programas para el uso racioal y eficiente de la energía (URE)
		Programa de fontes de energía no convencionales (PROURE)
	Colombia Green Building Council	LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
Chile	Chilean Council for Sustainable Buiding	LEED - Leadership in Energy and Environmental Design

Fonte: Autor

México

O governo mexicano decidiu estabelecer em 1989 o Programa Nacional de Modernização Energética, introduzindo uma maior racionalidade no uso dos

recursos e uma eficiência energética, dando posteriormente partida ao “Programa de Ahorro de Energia del Sector Eléctrico” (PAESE). Por outro lado, a Secretaria de Energia (SE) iniciou suas ações criando a “Comisión Nacional para o Ahorro de Energia” (CONAE), emitindo em 2001 a norma oficial mexicana NOM-008-ENER-2001 de eficiência energética em edificações, envoltórias de edifícios não residenciais, para melhorar o desenho térmico das edificações; conseguindo o conforto dos ocupantes com o mínimo consumo de energia, otimizando o comportamento térmico da envoltória e economizando energia com a diminuição dos equipamentos de resfriamento.

Paralelamente por parte do Conselho Mexicano de Edificação Sustentável no México foi difundida a metodologia LEED, incluindo sistemas de certificação para diferentes tipologias de edificações.

Colômbia

A Unidade de Planejamento Minera Energética (UPME) estabeleceu o programa estratégico para Colômbia do Uso Racional de Energia e o Programa de Fontes de Energia não Convencionais (FNCE) 2007-2025 com o objetivo de estimular a eficiência energética no contexto das normas vigentes.

Argentina

Em 2007, o Poder Executivo Nacional lançou o Decreto 140/07 declarando o interesse pelo uso racional e eficiente da energia, aprovando as linha do Programa Nacional de Uso Racional e Eficiente de la Energia (PRONUREE). Dentro deste panorama surge o Programa de Ahorro y Eficiencia Energética en Edifícios Públicos (PA y EEEP), cujas decisões vem do Ministério de Planificação e promove a incorporação de tecnologias adaptadas às diferentes zonas climáticas e regulamentações específicas com procedimentos para as análises da eficiência energética em edifícios públicos. Serão desenvolvidas standards guia vinculadas à iluminação eficiente, aos sistemas de aquecimento e condicionamento de ar , ao uso racional da água, entre outros.

Brasil

O INMETRO, com o apoio do Procel Edifica, lançou o regulamento referente ao nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C) como parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, entrando em vigor no junho de 2009. Recentemente, no mês do setembro de 2010, foi publicada a atualização desse regulamento com as modificações expostas na Consulta Publica (INMETRO, 2010).

A aplicação do brasileiro Regulamento Técnico de Qualidade para edificações Comerciais e Públicas RTQ-C, atualmente tem uma adesão voluntária, com o intuito de se transformar em obrigatória no futuro.

Paralelamente, até o final deste ano, estará sendo elaborado o regulamento para edificações residenciais, denominado RTQ-R (LABEEE, 2010).

Concluindo os critérios básicos, que estão definidos em qualquer classificação de desempenho energético de edificações para obter a eficiência energética dos edifícios, seriam os seguintes: o prédio deve estar aprovisionado de equipes eficientes e constituído por materiais apropriados segundo a localização e as condições climatológicas do lugar; o edifício deve fornecer equipamentos e serviços adequados ao uso pretendido do edifício; o edifício deve operar em modo de baixo consumo de energia comparado com outros similares, Meier; Olofsson; Lambert (2002).De acordo com Santos; Souza (2008), os métodos são naturalmente diferentes, devido aos níveis de pressão que variam de um país para outro, afetando os aspectos ambientais, porque as práticas construtivas e de projeto também são diferentes, pela receptividade dos mercados.

1.2 **Conforto Térmico e Ventilação Natural**

O estudo de condições térmicas de ambiente externo em cidades é essencial para a avaliação do conforto térmico em projetos arquitetônicos, especialmente nas cidades de clima tropical úmido, onde os espaços são submetidos, durante todo o ano, à interferências de umidade e temperaturas elevadas.

Conforto térmico é um estado de satisfação com o ambiente que envolve as pessoas. O homem sente o conforto térmico quando o balanço de todas as trocas de

calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de limites pré-determinados (LAMBERT; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Um método de avaliação do conforto térmico em espaços interiores é o método de Fanger (1973), sendo a base para a Norma Internacional de conforto térmico ISO 7730 (1994) e do manual ASHRAE Fundamentos (ASHRAE, 1997). Essas normas descrevem métodos para avaliar a influência combinada de parâmetros pessoais de atividade, proteção térmica do vestuário e parâmetros ambientais como temperatura do ar, temperatura radiante, velocidade do ar e umidade relativa do ar. (OLESEN, 2004).

Promover um ambiente confortável significa desenvolver uma distribuição adequada da ventilação nos ambientes. A equação deduzida por Fanger com a combinação das variáveis ambientais, é denominada por PMV (Predicted Mean Vote), que significa o voto médio previsível de um grupo de pessoas submetidas a um ambiente térmico conhecido, dentro de uma escala adotada.

Com dados experimentais, Fanger estabeleceu uma correlação entre PMV e um novo índice denominado PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied), indicado na Figura 5.

A ISO 7730 recomenda que, para espaços de ocupação humana termicamente moderados, o PPD deve ser menor que 10%, correspondente ao intervalo de -0,5 a +0,5. Esse comportamento, para prédios com condicionamento mecânico do ar, apresenta bons resultados (PEREIRA DE CASTRO, 2005).

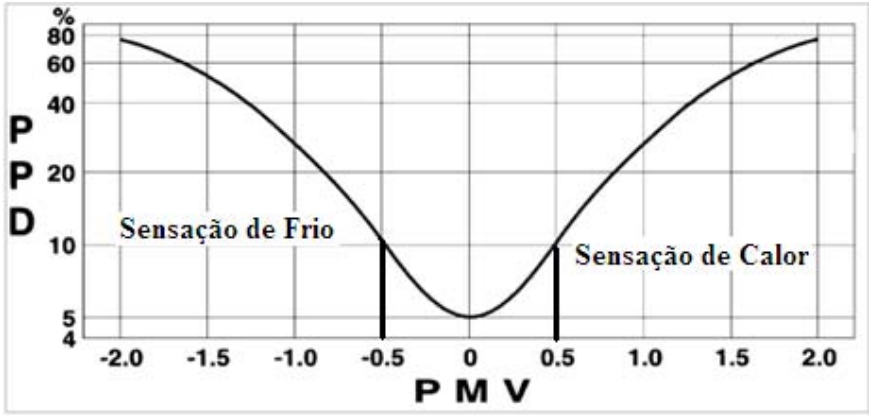


Figura 5- Correlação entre os índices PPD e PMV
Fonte: Imagem disponível em <http://tecno.sostenibilidad.org>

Os resultados obtidos com estes índices têm um comportamento inadequado para condições de altas temperaturas ambientais, como é o caso do

clima tropical úmido, sendo necessária a abordagem proposta por Fanger-Toftum (2002), onde é introduzido um fator “e”, compreendido entre os valores de 0,5 e 1, para edifícios ventilados naturalmente, dependendo da região onde o edifício objeto de estudo esteja localizado, apresentados na Tabela 5. Aplicando esse fator serão obtidos os índices corrigidos, que denominaremos por PPD* e PMV*.

Tabela 5- Fatores “e” para edifícios sem ar-condicionado em climas quentes

Localização do Edifício	Período Quente	Fator e
Em regiões em que edifícios com ar-condicionado são comuns	Breves períodos durante a estação quente	0,9-1,0
Em regiões com alguns edifícios com ar-condicionado	Durante toda a estação quente	0,7-0,9
Em regiões com poucos edifícios com ar-condicionado	Durante todas as estações	0,5-0,7

Fonte: Adaptado de Fanger e Toftum (2002).

Entretanto, indivíduos que vivem ou trabalham em edifícios ventilados naturalmente possuem o controle de abrir e fechar as janelas, comparados com edifícios artificialmente climatizados. Desta maneira, sua percepção térmica em termos de tolerâncias e preferências, torna-se uma variável considerável de conforto. Estas conceituações trouxeram o denominado Modelo Adaptativo, Dear et al (2002), baseado em relações simples entre a temperatura exterior (T_0) e a temperatura de conforto interna (T_c) esperada pelos indivíduos da edificação, relacionadas na Equação (1).

$$Tc = 17{,}8 + 0{,}31\,To \qquad (1)$$

Produzir uma arquitetura adequada ao clima foi uma das preocupações que aumentou nas últimas décadas, por motivos de redução de consumo de energia, como contribuição à sustentabilidade dos recursos naturais, oferecendo uma diminuição da emissão de gases causadores do efeito estufa (CIRNE, 2006).

Um recurso natural poderia ser a combinação da ventilação natural com condicionamento artificial, quando as condições climáticas fossem as adequadas, mas continuam existindo alguns obstáculos ao uso da ventilação natural pelos arquitetos, por falta de garantia que possa proporcionar o conforto térmico necessário, comparados com sistemas de condicionamento artificial.

Szokolay (2004) considera que o clima quente e úmido é o mais difícil de se projetar, devido às condições de alta umidade e amplitude térmica diária, limitando o

uso da ventilação natural. Ao mesmo tempo vai depender de como serão combinados os diferentes fatores, como implantação, forma e dimensões da edificação e das aberturas, além do uso dos materiais, entre outros (MASOURI; ALLARD, MUSY, 2003).

Segundo Givoni (1998), uma das funções que requer o nível de fluxo de ar através da edificação, denominada “ventilação de conforto”, é proporcionar o conforto térmico em climas quentes, pela perda de calor corporal por convenção feita através do aumento da velocidade de ar. No clima quente e úmido, a ventilação cruzada é a estratégia mais simples a ser adotada sempre que a temperatura interior acompanhe a variação da temperatura exterior e com limite de velocidade máxima de 2m/s e temperatura exterior de 32ºC para não se tornar uma estratégia indesejável (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Concluindo, a ventilação natural promove o controle da qualidade do ar e o conforto térmico, mas a complexidade do comportamento das variáveis envolvidas vai promover o uso de simulações computacionais. Mendes et al (2005) apresentam uma síntese de desenvolvimento de pesquisas relacionadas com a área de simulação de desempenho térmico e energético de edificações no Brasil, e recentes investigações desenvolvidas como as expostas por Cirne (2006); Matos (2007); Versage (2009) deixam patente esta dificuldade.

2 **METODOLOGIA**

Este capítulo apresenta a metodologia para classificar o nível de eficiência energética que as prescrições estabelecidas no RTQ-C segue. O objetivo deste regulamento é criar condições de etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos para a procura e o alcance de níveis mais elevados de eficiência na utilização de eletricidade no País. (INMETRO, 2009), sendo atemporal e estando em evolução desde que se iniciou.

Trata-se de uma especificação dos requisitos técnicos necessários para a avaliação, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à Eficiência Energética. Mostra, especificamente, os itens a ser avaliados - Envoltória, Sistema de Iluminação e Sistema de Condicionamento de Ar - e traz as equações para os cálculos de eficiência energética destes itens em um edifício.

Este Regulamento vem acompanhado pelos documentos complementares do Regulamento de Avaliação da Conformidade (RAC-C) que estabelece o processo de avaliação da conformidade do edifício e os critérios para a etiquetagem, junto ao Laboratório de Inspeção acreditado pelo INMETRO, e o Manual para a Aplicação dos regulamentos RTQ-C e RAC-C detalhando diferentes tópicos e esclarecendo as possíveis dúvidas sobre os métodos de cálculo e a aplicação de seu conteúdo (LABEEE, 2010).

O Regulamento permite a classificação de etiquetagem de eficiência energética em edifícios novos ou existentes com área total útil mínima de 500 m^2 ou demanda de potência elétrica igual ou superior a 2,3 Kw, através do método prescritivo ou por cálculos de simulação. No presente estudo vai ser classificado um edifício existente através do Método Prescritivo.

Três grupos principais serão avaliados: envoltória, sistemas de iluminação e sistema de condicionamento de ar e cada grupo estará enquadrado em 5 níveis de eficiência energética de A (mais eficiente) até E (menos eficiente), que junto às bonificações tornam possível atribuir uma classificação geral do edifício completo, como são apresentados na Figura 6, ENCE Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.

Figura 6- Etiqueta Nacional de Conservação da Energia ENCE
Fonte :INMETRO

Para poder calcular o nível de classificação geral, é preciso calcular o nível de eficiência de cada grupo que atribui o equivalente numérico correspondente como indica a Tabela 6.

As bonificações, como sistemas e equipamentos voltados para promover a eficiência energética na edificação ou uso de fontes renováveis de energia, entre outras, aumentam o nível de classificação geral obtido para o prédio.

Tabela 6- Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

Equivalentes Numéricos				
Nível A	Nível B	Nível C	Nível D	Nível E
5	4	3	2	1

Fonte: INMETRO 2009

2.1 **Envoltória**

Para classificar a envoltória devemos analisar os planos externos da edificação, compostos por fachadas, empenas, cobertura, brises, marquises, aberturas e outros elementos que os compõem (INMETRO,2009), determinando os pré-requisitos que são atendidos, como mostra a Tabela 7 e um conjunto de índices referentes às características físicas do edifício que serão incluídos na fórmula posterior de Índice de Consumo da Envoltória.

Tabela 7- Síntese dos pré-requisitos da envoltória

Pré-requisitos	Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores	Cores e absorbância de superfícies	Iluminação zenital
A	X	X	X
B	X	X	
C	X		

Fonte: INMETRO,2009

O procedimento da aquisição dos pré-requisitos específicos associados está exposto a seguir.

2.1.1 Transmitância térmica das paredes e cobertura

Para obter o valor do primeiro pré-requisito é realizado o cálculo da transmitância térmica das paredes externas* (Upar) e da cobertura (Uco), utilizando o método de cálculo da norma NBR 15220-2-Parte 2. (ABNT,2005).

Para Ucob é preciso calcular a transmitância correspondente a áreas condicionadas (ACA) e a áreas não condicionadas (ANCA), enquanto que a Upar vai ser limitada em função da zona bioclimática de estudo (ZB) e a capacidade térmica do conjunto .

Os valores obtidos são comparados com os limites de transmitância térmica máximas das paredes e coberturas mostradas na Tabela 8, conseguindo a classificação do primeiro pré-requisito.

A transmitância térmica será determinada como a média ponderada das transmitâncias de cada parcela da cobertura e a média ponderada das transmitâncias das paredes externas pelas áreas que ocupam, respectivamente.

Tabela 8- Limites de transmitância térmica

Transmitância Térmica Máxima U [W/m^{2}K]			Nível A	Nível B	Nível C-D
Cobertura	ACA		1	1,5	2
	ANCA		2	2	-
Muros externos	ZB 1-6		3,7	3,7	3,7
	ZB 7-8	**Capacidade térmica máxima das paredes**			
		C ≤80 kJ/m^{2}K	2,5	2,5	2,5
		C >80 kJ/m^{2}K	3,7	3,7	3,7

Fonte: Autor

2.1.2 Cor e absortância das paredes externas e da cobertura

O segundo pré-requisito é referente aos valores da absortância das paredes externas e da cobertura que são adquiridos através da norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005 b), no Anexo B, observando os tipos de superfícies, materiais e cores constituintes respectivamente na edificação. As exigências do pré-requisito para o nível A e o nível B, para as zonas bioclimáticas de 2 a 8, são um valor de absortância solar $\alpha < 0,4$ (cores claras) nos materiais de revestimento externo de paredes, coberturas de teto jardim ou telhas cerâmicas não esmaltadas. A absortância solar vai ser considerada como a média das absortâncias das parcelas da fachada e cobertura ponderadas pela área que ocupam.

2.1.3 Iluminação zenital

Finalmente o pré-requisito de iluminação zenital, caso existir, é definido para atingir o nível de eficiência A, e refere-se a iluminação produzida mediante as aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60º em relação ao plano horizontal.

2.1.4 Determinação da Eficiência da Envoltória

Uma vez definidos os pré-requisitos é definida a classificação da eficiência da envoltória, baseada em um Indicador de Consumo (ICenv) obtido através de uma equação – Eq (2), que depende da Zona Bioclimática – ZB definida na norma NBR 15220- 3 (ABNT, 2005 c) e da área de projeção do edifício (Ape). As variáveis que determinam o Índice de Consumo são mostradas na seguinte equação correspondente a uma ZB 8 e para Ape >500 m².

$$ICenv = -160,36 \cdot FA + 1277,29FF - 19,21 \cdot PAFt + 2,95FS - 0,36AVS - 0,16 \cdot AHS + \\ +290,25 \cdot PAFt \cdot FF + 0,01 \cdot PAFt \cdot AHS \cdot AVS - 120,58 \qquad (2)$$

Ape: Área de projeção do edifício (m^2):

Atot: Área total de piso (m^2);

Aenv: Área da envoltória (m^2)

AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento entre 0 e 45º graus

(45º graus valor máximo da angulação) ;

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento, entre 0 e 45º graus

(45º graus valor máximo da angulação)

FF: (Aenv/ Vtot), Fator de Forma;

FA: (Apcob/ Atot), Fator Altura;

FS: Fator Solar;

Vtot: Volume total da edificação (m3).

PAF_T: Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional, para uso na equação); Adotar na equação o PAF_{Oeste} se o PAF_{Oeste} > 20% PAFT .

2.1.4.1 Ângulos de Sombreamento: AHS AVS

Torna-se necessário para o cálculo do Indicador de Consumo saber quanto as aberturas do edifício estão sombreadas devido a influência que tem as aberturas no comportamento térmico. Para poder estimar este efeito são definidos os conceitos de Ângulo de Sombreamento Vertical, que mede o efeito das proteções solares horizontais no plano vertical como exibe a Figura 7, e Ângulo de Sombreamento Horizontal, que mede o efeito das proteções solares verticais no plano horizontal, sendo o AHS de uma abertura a media do ângulo das duas proteções solares, como mostra a Figura 8. (LABEEE, 2010).

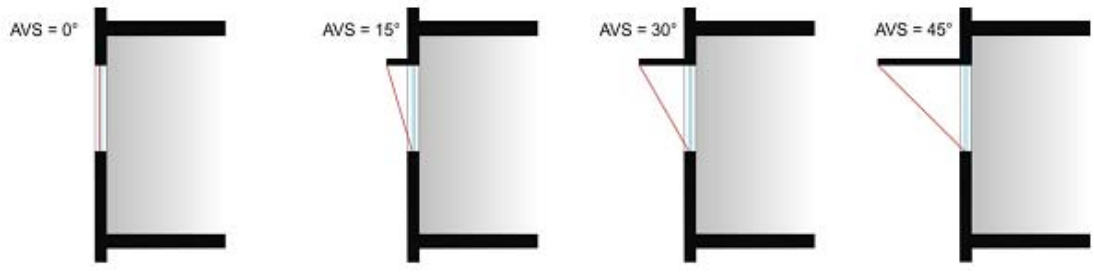


Figura 7- Ângulos verticais de sombreamento
Fonte: Manual para a Aplicação dos regulamentos RTQ-C e RAC-C.

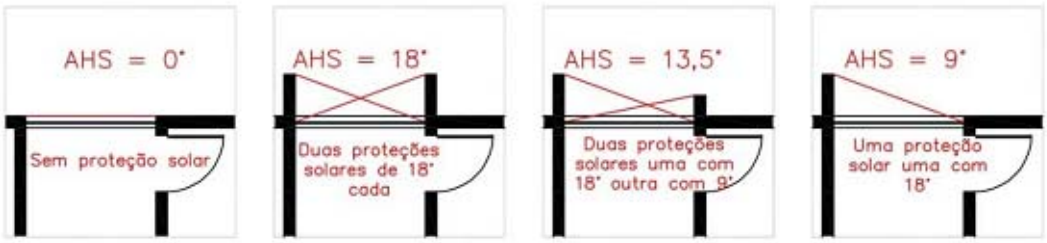


Figura 8- Ângulos horizontais de sombreamento
Fonte: Manual para a Aplicação dos regulamentos RTQ-C e RAC-C.

São medidas as angulações da fachada norte, sul, leste e oeste, e é obtido o ângulo de sombreamento correspondente por fachada em relação à área de abertura, como mostra a Equação (3); sendo o resultado final do ângulo de sombreamento do edifício ponderado, como apresenta a Equação (4). Este processo de cálculo para o AVS é o mesmo para obter o valor do AHS.

$$AVS_{NORTE} = \frac{(AVS_N \times A_{abertura\,1}) + (AVS_2 \times A_{abertura\,2}) + \cdots (AVS_n \times A_{abertura\,n})}{A_{abertura\,NORTE}} \quad (3)$$

$$AVS = \frac{(AVS_{NORTE} \times A_{abertura\,NORTE}) + (AVS_O \times A_{abertura\,O}) + (AVS_L \times A_{abertura\,L}) + (AVS_O \times A_{abertura\,O})}{A_{abertura\,TOTAL}}$$

(4)

2.1.4.2 Fator Solar

Segundo a norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005), o fator solar de elementos translúcidos pode ser calculado através da Equação (5), de forma que os parâmetros podem ser obtidos através de catálogos de fabricantes. Em alguns casos o fabricante proporciona este valor diretamente.

$$FSt = U \times \alpha \times Rse + \tau \quad (5)$$

Onde :

FSt :fator solar de elementos transparentes ou translúcidos (J/m^{2}K)

U : transmitância térmica do componente (W/(m^{2}K))

α : absortância à radiação solar

Rse : resistência superficial externa, ((m^2.K)/W)

τ : transmitância à radiação solar.

2.1.4.3 PAF_T : Percentual de Área de Abertura na Fachada total (%)

É a razão da soma das áreas de abertura de cada fachada (excluindo as áreas de esquadrias) pela área total de fachada da edificação, tendo que se considerar na fórmula o PAFtoeste, caso este seja 20% superior ao PAFt de todas as fachadas, incluindo a oeste.

Uma vez calculado o IC_{env} com os resultados do projeto, são obtidos posteriormente os indicadores de consumo máximo $IC_{máxD}$, e mínimo $IC_{mín}$ com os parâmetros de entrada fornecidos da Tabela 9.

Tabela 9- Parâmetros $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$

Parâmetros do $IC_{máxD}$				**Parâmetros do $IC_{mín}$**			
PAF_t	FS	AVS	AHS	PAF_t	FS	AVS	AHS
0,60	0,61	0	0	0,05	0,87	0	0

Fonte: INMETRO, 2009

Com estes parâmetros será definido o intervalo (i), através da Equação (6), podendo completar a Tabela 10 referente aos limites dos intervalos dos níveis de eficiência. Estes valores são comparados ao valor de ICenv do projeto, adquirindo finalmente o Nível de Eficiência da Envoltória do edifício e o equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv), como indica a Figura 9.

$$i = \frac{(IC_{máxD} - IC_{mín})}{4} \tag{6}$$

Tabela 10- Limite 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	$IC_{máxD}$ – i + 0,01
Lim Máx	$IC_{máxD}$ - 3i	$IC_{máxD}$ - 2i	$IC_{máxD}$ – i	$IC_{máxD}$	-

Fonte:INMETRO, 2009

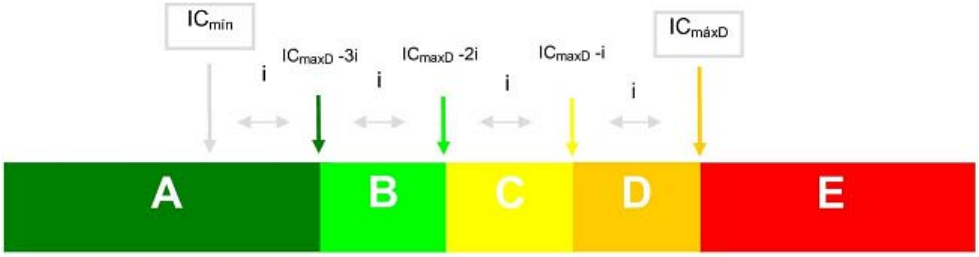


Figura 9- Definição dos intervalos para a classificação dos níveis
Fonte:INMETRO, 2009

2.2 **Sistema de Iluminação**

Para classificar o nível de eficiência do sistema de iluminação, primeiro devem ser indicados os pré-requisitos atendidos para cada nível de eficiência, como exibe a Tabela 11, e após isso é realizada a classificação para cada ambiente da edificação, coletando os dados para obter a Densidade de Potência instalada, dependendo das diferentes atividades exercidas pelos usuários.

Tabela 11- Síntese dos pré-requisitos do sistema de iluminação para os diferentes níveis

Pré-requisitos	**Divisão dos circuitos**	**Contribuição da luz natural**	**Desligamento automático do sistema de iluminação**
A	X	X	X
B	X	X	
C	X		

Fonte:INMETRO, 2009

2.2.1 Divisão de circuitos

Define que cada ambiente deve possuir, no mínimo, um dispositivo de controle manual que permita o acionamento, independente da iluminação interna do ambiente, com fácil acessibilidade; dando um controle aos usuários, aplicado segundo as necessidades, como é mostrado na Tabela 12.

Tabela 12 - Relação entre áreas de ambientes e áreas de controle independente

Área total de piso do ambiente	**Área máxima de piso da parcela iluminada por sistema com controle independente**
250 m^2 < Área < 1000 m^2	250 m^2
Área ≥ 1000 m^2	1000 m^2

Fonte: Autor.

2.2.2 Contribuição da iluminação natural

Para reduzir a necessidade de uso da iluminação artificial, as luminárias próximas às janelas devem possuir um desligamento independente do restante do sistema, como indica a Figura 10, reduzindo o uso da iluminação artificial quando o nível de iluminação natural é suficiente no posto de trabalho.

Figura 10- Controle paralelo das luminárias em relação às aberturas
Fonte: Goulart, 2007

2.2.3 Desligamento automático do sistema de iluminação

Para atingir o nível de eficiência máxima se exige a utilização de dispositivos que garantam o desligamento automático dos sistemas de iluminação em ambientes desocupados, sendo estipulados três tipos de dispositivos: 1º: sistema automático com desligamento da iluminação em um horário predeterminado, com uma programação independente, para uma área limite de até 2500 m²; 2º: sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; 3º: sinal oriundo de outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

2.2.4 Determinação do Nível de Eficiência do Sistema de Iluminação

Terminada a classificação dos pré-requisitos, a determinação do nível de eficiência de iluminação vai ser calculada pelo Método da Densidade de Potência de Iluminação (DPI), que é estabelecido para cada ambiente. Foi realizado o levantamento da iluminação através de diferentes visitas à edificação, identificando se a quantidade de lâmpadas, luminárias e reatores instalados em cada ambiente, como escritórios, auditórios, banheiros e corredores, verificando, assim, a potência instalada em iluminação. As variáveis relacionadas ao DPI são as seguintes:

- Índice de Ambiente (K): parâmetro adimensional que permite classificar diferentes ambientes com base nas áreas, segundo a Equação (7) e Equação (8), caso sejam ambientes retangulares, sob o ponto de vista luminotécnico, considerando uma distribuição padronizada das luminárias.

$$K = \frac{\sum A_t + A_{pt}}{A_p} \qquad (7) \qquad\qquad K = \frac{C \cdot L}{h \cdot (C + L)} \qquad (8)$$

K: índice de ambiente, [adimensional];
At: Área do teto, [m²];
Apt: Área do plano de trabalho, [m²];
Ap: Área de parede entre o plano iluminante e plano de trabalho, [m²]

- Iluminância de Projeto (E): dada pela norma NBR 5413 e fornece o uso adequado de iluminância específica determinada por três fatores: a idade, a velocidade e a precisão e a refletância do fundo da tarefa, tal como é apresentada na Tabela 13.

Tabela 13- Fatores determinantes de iluminância desejada

Características do observador e da tarefa	**Peso**		
	-1	0	+1
Idade	< 40 anos	40 a 55 anos	> 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	> 70%	30 a 70 %	< 30%

Fonte: INMETRO,2009

- Densidade de Potência Absoluta (DPIA): determinada pela razão entre o somatório da potência de lâmpadas e reatores (P) e a área do ambiente (A) (DPIA = P/A).
- Densidade de Potência Relativa (DPIR): valor relativo à DPIA para cada 100 lux produzidos pelo sistema de iluminação artificial, considerada para uma iluminância medida no plano de trabalho. (DPIR = DPIA *100 / E).
- Densidade de Potência de Iluminação Relativa Limite (DPIRL): Em função do índice de ambiente K, são apresentados os limites máximos de Densidade de Potência de Iluminação Relativa (W/m² /100 lux), como mostra a Tabela 14, para cada nível de eficiência. Ultrapassado o nível D de densidade, a classificação do ambiente é automaticamente E.

Tabela 14- Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_{RL}) para o nível de eficiência pretendido

K	DPI_{RL} Nível A	DPI_{RL} Nível B	DPI_{RL} Nível C	DPI_{RL} Nível D
0,60	2,84	4,77	5,37	6,92
0,80	2,50	3,86	4,32	5,57
1,00	2,27	3,38	3,77	4,86
1,25	2,12	3,00	3,34	4,31
1,50	1,95	2,75	3,00	3,90
2,00	1,88	2,53	2,77	3,57
2,50	1,83	2,38	2,57	3,31
3,00	1,76	2,27	2,46	3,17
4,00	1,73	2,16	2,33	3,00
5,00	1,71	2,09	2,24	2,89

Fonte: INMETRO, 2009

Quando o K calculado não aparece tabela, considera-se uma interpolação com os valores mais próximos, determinada como se indica na Equação (9)

$$DPI_{RL} = DPI_{RL\,\min} + \frac{(k - k_{\min}) \times (DPI_{RLmáx} - DPI_{RLmín})}{(k_{máx} - k_{\min})} \quad (9)$$

Concluindo, os ambientes são classificados em função dos limites estabelecidos, sendo a Densidade de Potência Relativa Final (DPI_{RF}) menor que a

Densidade de Potência de Iluminação Relativa Limite (DPI_{RL}), obtendo assim o equivalente numérico correspondente para cada ambiente. A partir destes equivalentes numéricos e da ponderação pela área de cada ambiente, determina-se o nível de eficiência do sistema de iluminação artificial e seu equivalente numérico global.

2.3 **Sistema de Condicionamento de Ar**

2.3.1 Pré-requisitos sombreamento e ventilação permanente

Para atingir o nível de eficiência A, requere-se o cumprimento de dois pré-requisitos específicos: que condicionadores de ar do tipo de janela ou unidades condensadoras de condicionadores do tipo Split devem estar sombreados permanentemente, e ter ventilação sem interferir na eficiência do equipamento. Caso esse requisitos não sejam cumpridos o nível do equipamento cairá para B, mesmo tendo a etiqueta A do INMETRO.

2.3.2 Determinação do Nível de Eficiência de Condicionamento de Ar

Foram identificados a quantidade e os modelos de sistemas e equipamentos de condicionamento de ar artificial que existem em cada ambiente, e foi estimado o nível de eficiência que apresentam, em concordância com as tabelas do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE (INMETRO, 2009), se estão etiquetados, ou caso não tenham a classificação do PBE, através das tabelas apresentadas nos itens 5.1 até 5.8 do regulamento RTQ-C, que classificam os equipamentos de acordo com o coeficiente de eficiência energética.

Quando uma zona possui diferentes unidades, a eficiência de cada unidade deve ser ponderada pela capacidade (potência) e não pela área.

Caso houver mais de um sistema independente de condicionamento de ar no edifício, é preciso encontrar os níveis de eficiência de cada sistema independente e os correspondentes equivalentes numéricos (Tabela 6) ponderados pela(s) área(s)

do(s) ambiente(s) atendido(s), conseguindo o Equivalente Numérico Final de Condicionamento de Ar (EqNumCA).

2.4 **Sistema de Ventilação Natural**

A avaliação da ventilação natural não poderá ser classificada pelo método prescritivo.

Para edifícios com áreas de permanência prolongada, naturalmente ventilados, é obrigatório comprovar por simulação, que o ambiente interno das áreas não condicionadas proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante o percentual das horas ocupadas (POC), e deve cumprir os pré-requisitos estipulados no Regulamento (INMETRO,2009): ser um programa para a análise do consumo de energia em edifícios; ser validado pela ASHRAE Standard 140; modelar 8760 horas por ano; modelar variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos e sistemas de ar condicionado, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados; modelar efeitos de inércia térmica; permitir a modelagem de multi-zonas térmicas, para naturalmente ventilados ou não condicionados; deve ter a capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto; deve ser capaz de modelar todos os sistemas de condicionamento de ar listados no Apêndice G da ASHRAE 90.1; determinar a capacidade solicitada pelo Sistema de Condicionamento de Ar; e finalmente produzir relatórios horários do uso final de energia.

O arquivo climático usado deverá fornecer valores horários para todos os parâmetros relevantes requeridos pelo programa de simulação, tais como temperatura e umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar. Ao mesmo tempo deverá ser representativo da zona bioclimática do projeto a avaliar. Por último devem ser utilizados arquivos climáticos e formatos publicados no www.eere.energy.gov (TRY, TMY, SWEC, CTZ2). Caso contrário, o arquivo climático deverá ser aprovado pelo laboratório.

Definidos os pré-requisitos, será obrigatório comprovar por simulação, que o ambiente interno das áreas não condicionadas proporciona temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual das horas ocupadas (POC). A verificação da porcentagem do número de horas ocupadas, deve-se consultar a Tabela 15 para verificar o nível de eficiência de cada ambiente, chegando assim ao EqNumV que

será utilizado na Equação geral, para obter a etiqueta do edifício, no caso de ventilação natural, especificando a hipótese de conforto adotada (ASHRAE 55, 1992) ou (ISO 7730, 1994) entre outras, e o atendimento às normas da ABNT de conforto acústico vigentes.

Tabela 15- Equivalentes numéricos para ventilação natural

Percentual de Horas Ocupadas em Conforto	EqNumV	Classificação Final
POC ≥	5	A
70% ≤ POC < 80%	4	B
60% ≤ POC < 70%	3	C
50% ≤ POC < 60%	2	D
POC < 50%	1	E

Fonte:INMETRO,2009

2.5 **Classificação Geral**

Os equivalentes de cada grupo em conjunto com outros parâmetros compõem a classificação geral do edifício, que é determinada na Equação (10) com a seguinte distribuição de pesos: 30% para a envoltória; 30% para o sistema de iluminação; e 40% para sistema de condicionamento de ar. O presente objeto de estudo vai considerar uma avaliação para classificação geral, mas os edifícios podem ser avaliados separadamente, recebendo uma classificação parcial do nível de eficiência referente a cada item.

$$PT = 0,30\left\{\left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU}\right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV\right)\right\} + 0,30 \cdot \left(EqNumDPI\right) + \\ +0,40 \cdot \left\{\left(EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU}\right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot Eq.NumV\right)\right\} + b_0^1 \quad (10)$$

EqNumEnv : equivalente numérico da envoltória;

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

EqNumCA : equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;

EqNumV: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente (ver item 6.2.2);

APT: área de piso dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados; Anexo da portaria INMETRO n° 53/200913.

ANC: área de piso dos ambientes não condicionados de permanência prolongada;

AC: área de piso dos ambientes condicionados;

AU: área útil;

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

Da pontuação obtida na Equação (10) define-se a classificação geral da edificação, e do nível de classificação de cada requisito é obtida a pontuação denominada Equivalente Numérico como atribui a Tabela 16.

Tabela 16- Classificação geral e equivalente numérico

PT	Classificação Final	Equivalente Numérico
≥4,5 a 5	A	5
≥3,5 a <4,5	B	4
≥2,5 a <3,5	C	3
≥1,5 a <2,5	D	2
<1,5	E	1

Fonte:INMETRO,2009

2.5.1 Pré-Requisitos Gerais

São estabelecidos pelo regulamento dois requisitos gerais. O primeiro, de possuir circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada, que não será exigido no presente estudo de caso, por ser uma edificação construída na data anterior à publicação do Regulamento. O segundo pré-requisito para atingir a classificação A é o uso obrigatório de controle inteligente de tráfego para elevadores, caso o edifício possuir mais de um elevador, que está relacionado com o presente estudo.

2.5.2 Pré-Requisitos Específicos

Se os pré-requisitos específicos não são atendidos nos itens de envoltória, iluminação, condicionamento de ar e simulação, os equivalentes numéricos derivarão nos valores referenciados na Tabela 17, atendendo à seguinte classificação do nível de eficiência:

Tabela 17- Requisitos específicos

Item	Nível Máximo
Envoltória	D
Iluminação	D
Condicionamento de ar	B
Simulação	Não poderá ser efetuada

Fonte:INMETRO,2009

2.5.3 Bonificações

Podem ser incorporadas soluções que possibilitem um aumento na eficiência da edificação, conseguindo aumentar até um ponto o resultado final da pontuação total. As medidas estão definidas no Regulamento, INMETRO (2009), como racionalização do uso da água, sistemas de cogeração e até aplicação de fontes de energia renováveis.

Finalmente as exigências contidas no RTQ-C devem ser avaliadas por um laboratório de inspeção designado ou acreditado pelo INMETRO, de forma que possa verificar as características projetadas e construídas do edifício, para indicar o nível de eficiência alcançado. O Laboratório de Eficiência Energética (LabEEE) da UFSC desenvolveu a metodologia de avaliação dos edifícios e foi designado pelo INMETRO, junto 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.

A implementação do mesmo Programa de Etiquetagem para avaliar Edificações Residenciais (RTQ-R) está previsto para este ano de 2010 e será

complementado igualmente pela aplicação dos documentos do RAC-R e um manual de aplicação.

2.6 **Objeto de Estudo**

A edificação, objeto desse estudo, selecionada para aplicação do Regulamento, é o Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, organização não-governamental, com mais de 50 anos de experiência nas administrações municipais. Este prédio conta com a ocupação no quarto e sexto andares pela empresa FUNBIO, associação civil sem fins lucrativos dedicada à conservação da diversidade biológica do País há 14 anos.

O IBAM mostra uma preocupação na gestão da energia, gerando programas como o estudo de Rede Cidades Eficientes em Energia Elétrica (RCE), com apoio da Eletrobrás, através do Programa Nacional de Conservação da Energia Elétrica (PROCEL), enquanto as atividades desenvolvidas na FUNBIO estão na linha da preservação do ambiente e rentabilidade financeira dos processos de conservação. Para promover os objetivos divulgados pelas próprias instituições, surge o interesse de avaliar o Nível de Eficiência Energética nas instalações, sendo um tipo de construção representativa no Brasil.

2.6.1 Características arquitetônicas do estudo de caso

O edifício está situado à Rua Visconde de Silva 157, no bairro do Humaitá, Rio de Janeiro. O projeto é de autoria do arquiteto Sergio Bernardes e foi construído no ano de 1971. Consta de duas edificações: um prédio principal administrativo com sete andares de seção retangular, cobertura, terraço e subsolo, com área total de 5127 m^2; e um prédio anexo com seção circular, sem janelas, contando com dois pavimentos e subsolo, com área total de 832 m^2, destinado a eventos culturais, palestras e exposições, como se apresenta na Figura 11. O presente estudo será centrado na análise do prédio principal.

Figura 11- Edifício de estudo – IBAM - Fonte: Autor

A largura total das fachadas principais do prédio (frontal e posterior) é de 43,25 metros, e a das fachadas laterais 14,90 metros, com uma altura de 27,50 metros. A distribuição dos espaços nos sete pavimentos do edifício principal apresenta-se variada: os pavimentos 1º, 2º, 4º, 5º, 6º estão constituídos, basicamente, por salas para as atividades de escritório ou salas de reuniões; no 3º pavimento estão distribuídas as salas de aulas e a biblioteca, com salas de arquivos e recepção, sendo habilitadas temporariamente por cursos e seminários; o 7º pavimento está desabilitado atualmente. As áreas panorâmicas (open-offices) e outros espaços não climatizados como as áreas de uso comum: circulações (1), escadas (2) e banheiros (3), constituem 12% da área do pavimento total como mostra a Figura 12, que representa a planta típica de um andar.

Como se trata de uma edificação em uso há muitos anos, algumas modificações foram realizadas na distribuição dos espaços internos, o que demandou um amplo trabalho de medição física e atualização das plantas com as modificações existentes e seu redesenho em Autocad para a realização desta dissertação.

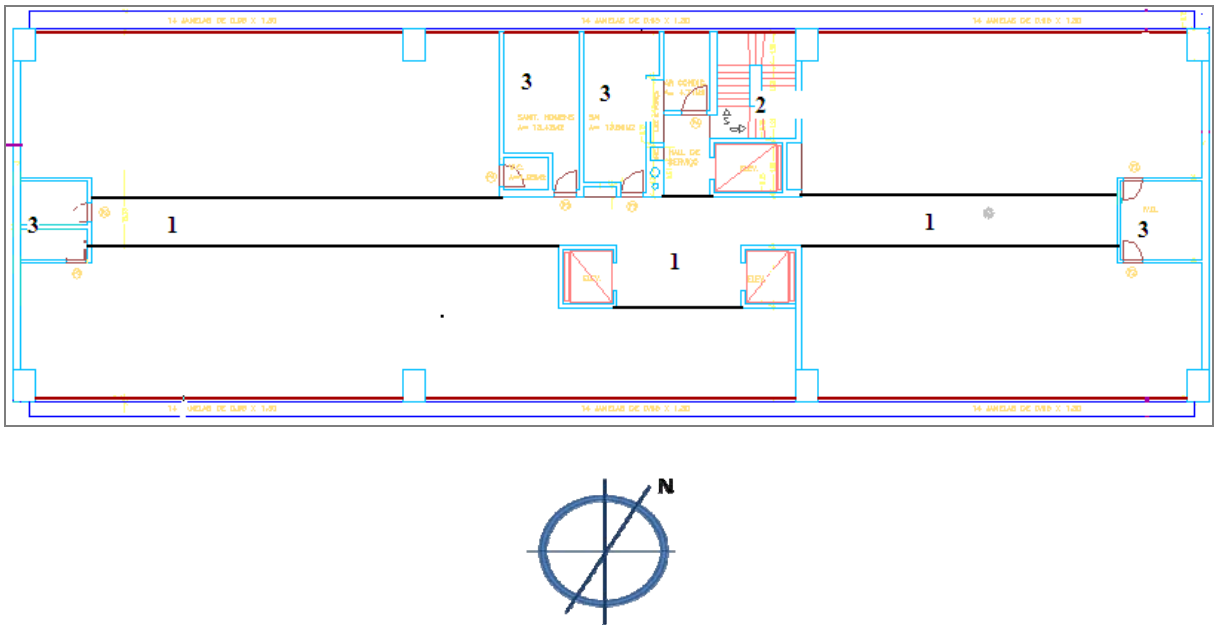


Figura 12- Planta típica de um andar do prédio
Fonte: Autor.

O prédio principal encontra-se afastado das divisas laterais do terreno, concorrendo para que não haja uma influência de sombreamentos produzidos pelos prédios vizinhos. As fachadas com janelas encontram-se com uma orientação próxima da direção N-S, e as duas fachadas cegas representam aproximadamente 18% da área superficial externa. O ângulo que o edifício forma com o norte geográfico é de 14,64º como mostra a Figura 13, determinando a fachada principal orientada ao noroeste.

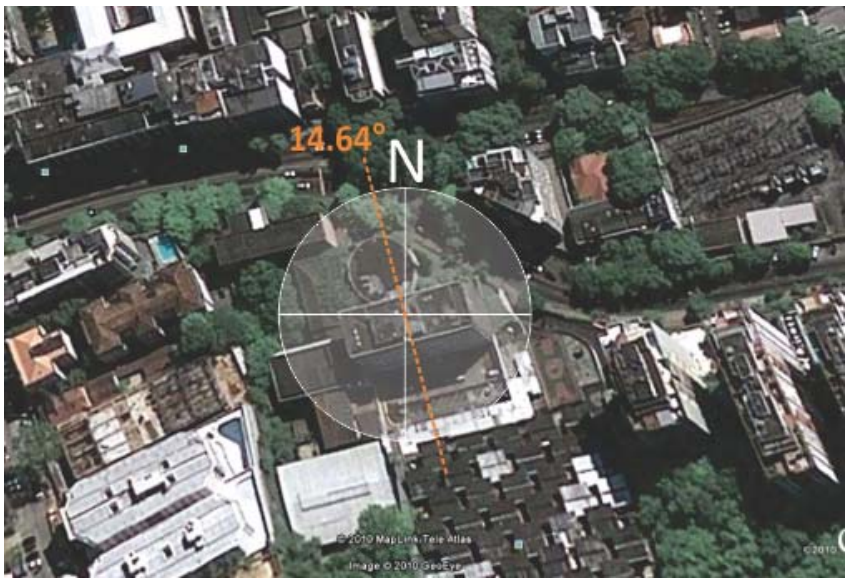


Figura 13- Vista da localização do prédio no terreno - Fonte: Google Earth.

2.6.2 Características climáticas da área de estudo

O Rio de Janeiro é uma cidade litorânea de clima tropical atlântico, banhada pela Baía de Guanabara e pelo Oceano Atlântico. O bairro do Humaitá, localizado no centro da cidade do Rio de Janeiro, a 22º53' sul de latitude, 43º05' oeste de longitude e está em média 14m em relação ao nível do mar (INMET 2010), é cercado ao noroeste pelo Parque Nacional da Tijuca, à nordeste pela Bahia da Guanabara, ao sul pelo morro da Saudade e ao sudoeste pela Lagoa, como exibe-se na Figura 14 e Figura 15. As características que influenciam no mesoclima na cidade do Rio de Janeiro são a proximidade de corpos d'água como baía, mar e lagoas, a rugosidade alta do relevo, a existência de núcleos vegetativos e a alta densidade de ocupação urbana (INPE, 2006).

Figura 14- Localização do edifício Item A
Fonte: Google Earth, 2009

Figura 15- Panorâmica da Fachada Principal:Floresta da Tijuca e Corcovado
Panorâmica da Fachada Leste: Bahia da Guanabara e Pão de Açúcar
Fonte:Autor

Segundo está definido na NBR 15220-3, ABNT (2005c), o zoneamento bioclimático brasileiro compreende oito zonas, sendo o Rio de Janeiro identificado como zona oito (Z8) que representa 57,7% do território nacional. Para Z8 as diretrizes construtivas indicadas na norma são aberturas grandes com sombreamento (Área > 40%) para favorecer a ventilação, paredes externas leves refletoras (U < 3,6) e cobertura leve e refletora (U < 2,3), sendo necessário o uso refrigeração artificial e necessidade de sombreamento das aberturas, conforme a Figura 16 do programa ZBBR baseado na norma apresenta <UFSCar versão1.1Labeee (http://www.labeee.ufsc.br/software/zbbr.html) >.

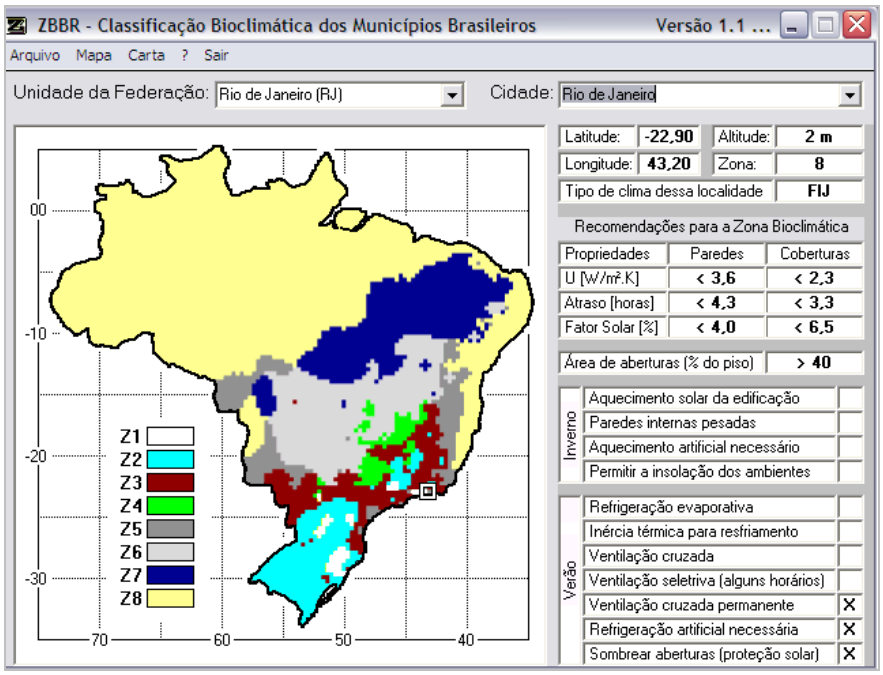


Figura 16- Programa de Classificação Bioclimática dos Municipios Brasileiros baseado na norma ABNT NBR 15220-3, 2005
Fonte: http://www.labeee.ufsc.br/software/zbbr.html

No gráfico (INMET) da Figura 17 são mostradas as temperaturas médias normais dos períodos 1961-90 e 1931-60 na estação meteorológica no Rio de Janeiro (próxima ao local em estudo), caracterizando assim o aquecimento do clima em nossa área, sendo os meses de janeiro e fevereiro os mais quentes e julho o mais frio.

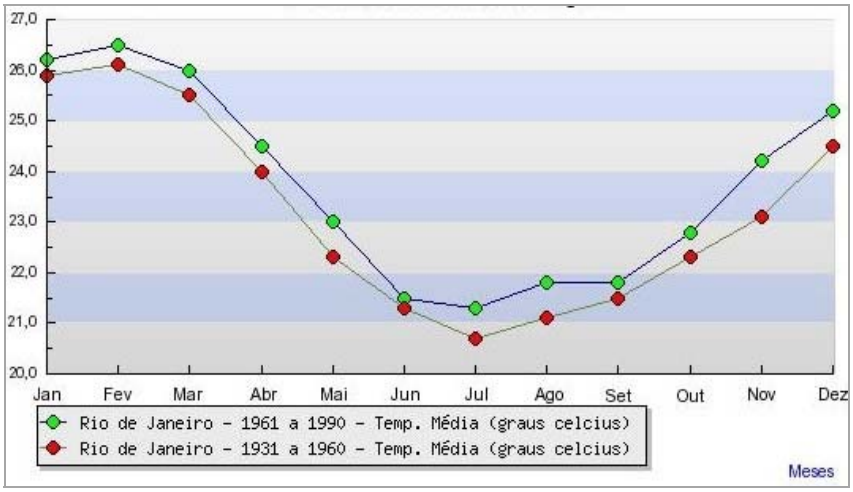


Figura 17- Temperaturas médias no Rio de Janeiro
Fonte: INMET (2009)

Como se pode observar existe um maior desconforto por calor e a estratégia a considerar seria uma arquitetura com muita ventilação natural cruzada, combatendo os 61% do desconforto produzido pelo calor, como apresenta a Tabela 18, sendo necessária uma refrigeração artificial para atingir um conforto total.

Esta estratégia foi considerada na arquitetura do o edifício que está sendo avaliado, cumprindo com os requisitos que bioclimaticamente a norma exige.

Tabela 18- Horas de desconforto no Rio de Janeiro (T>29ºC)

Zona		**% horas**	**Total % horas**
Conforto			20,8
Desconforto por calor	Ventilação	61	64,2
	Massa térmica para resfriamento	0,1	
	Resfriamento evaporativo	0,1	
	Ar condicionado	3	
Desconforto por frio	Massa térmica para aquecimento	14,8	15
	Aquecimento solar passivo	0,2	

Fonte: Lamberts, Dutra, Pereira 1997

3 **RESULTADOS**

3.1 **Classificação da Envoltória**

As características arquitetônicas do edifício principal, objeto de estudo, estão integradas por sete andares de seção retangular, cobertura, terraço e subsolo.

Foram disponibilizadas as plantas da edificação desatualizadas, e as informações dos materiais que compõem o edifício foram adquiridas através do empreiteiro Pedro Alves do Nascimento, reconhecido pela sua experiência relacionada com a construção do prédio.

Ainda estando desabitado, o último andar vai ser computado para o cálculo dos parâmetros pertinentes da envoltória. Como premissa é considerado para o estudo a área aberta da cobertura apresentada na fotografia da direita como área fechada por portas de vidro como mostra a fotografia da esquerda da Figura 18.

Figura 18- Considerações dos vidros no sétimo andar
Fonte: Autor

3.1.1 Transmitância térmica das paredes externas

Na continuação foi obtido o valor da transmitância térmica final das paredes externas (Upar). A parede externa é composta por diferentes camadas e materiais em função das fachadas, como é apresentado na Figura 19. O cálculo será determinado pelo procedimento da norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005,b) e está desenvolvido no Apêndice A. A seguir são apresentados os conjuntos de paredes que constituem as fachadas.

- P1 Fachadas Leste e Oeste: as empenas cegas das fachadas laterais possuem uma espessura total de 0,55 m, formadas por uma camada de 0,10 m de concreto armado apicoado, uma câmara de ar de 0,30 m, e um “conjunto

parede" de alvenaria de 10x20x20 cm de 8 furos e reboco de 2,5 cm, assentados na menor proporção.

- P2 Fachadas Norte e Sul: constituídas por revestimento de mármore beije Bahia de 2 cm de espessura , concreto estrutural de 15 cm, uma camada de ar de 50 cm, sendo aproveitada como armário dos escritórios e 2 cm de madeira compensada como porta dos armários.
- P3 No último andar, as fachadas Norte e Sul estão definidas por um conjunto de parede formado por reboco+tijolo+reboco de 15 cm de espessura.

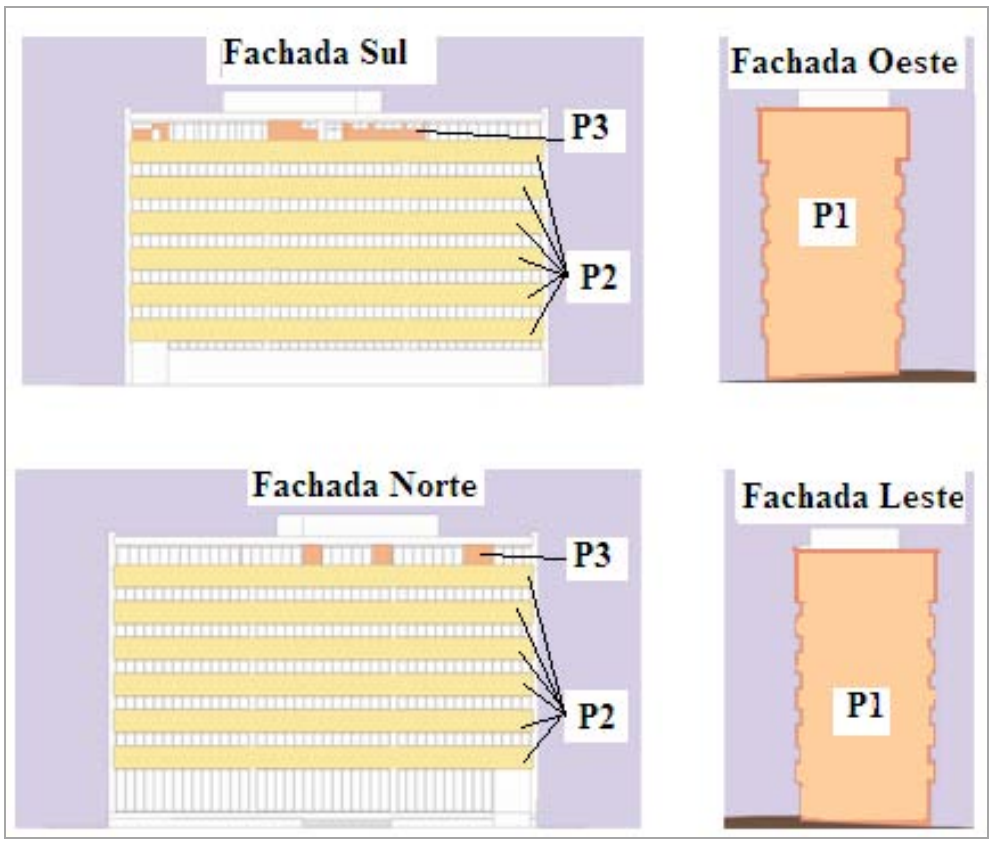


Figura 19- Fachadas do edifício IBAM
Fonte: Autor

O valor total da transmitância térmica das paredes externas – Upar, mostrado na Tabela 19; corresponde a 1,61 W/m^{2}K menor que o valor limite demandado pela norma de 3,7 W/m^{2}K,da ZB 8, quando a capacidade térmica é maior de 80 kJ/m^{2}K ,o que classifica o edifício com o nível A (INMETRO, 2009).

Tabela 19- Características das composições das paredes externas

Conjunto	Composição	Espessura Total (m)	Área (m^2)	Transmitância ($W/(m^2K)$)	Ponderação da Área (%)
P1	concreto-ar—“conjunto parede”-reboco	0,53	706,74	1,48	0,54
P2	mármore-concreto-ar-madeira	0,69	581,67	1,74	0,45
P3	reboco-tijolo-reboco	0,15	13,80	2,240	0,01
Transmitância Total (Upar)					**1,61**

Fonte: Autor

3.1.2 Transmitância térmica da cobertura

A análise da transmitância térmica da cobertura vai proporcionar somente uma transmitância referente às áreas condicionadas ($Ucob_C$). O procedimento do cálculo é estabelecido pela norma NBR 15220-2, ABNT (2005b), e pode ser localizado no Apêndice B.

Considerando que o sétimo andar encontra-se desabilitado, a transmitância térmica da cobertura foi obtida com a hipóteses de futuramente se habilitar tal área em função da distribuição que os ambientes apresentam atualmente, diferenciando-se as áreas projetadas para permanência não prolongada, os elementos sobre a cobertura e as áreas condicionadas (AC), conforme mostrado nas áreas 1 e 2 da Figura 20.

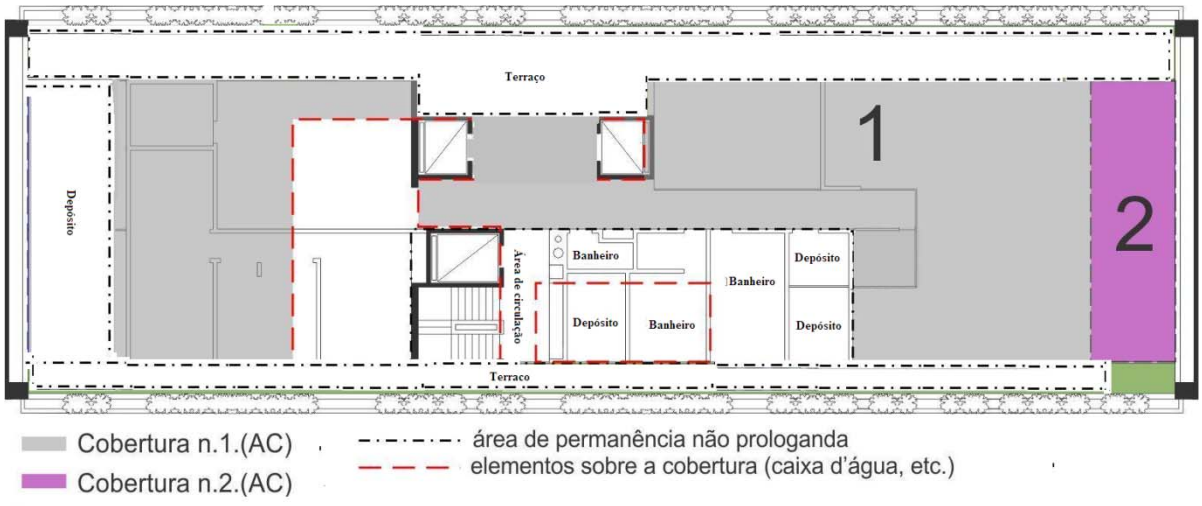


Figura 20- Áreas condicionadas (AC) e de permanência não prolongada

Figura 21- Cobertura do edifício IBAM
Fonte: Google Maps

A cobertura da edificação em estudo é constituída por diferentes materiais identificados nos distintas cores da Figura 20, denominadas zona 1 e zona 2 e mostrados na Figura 21**.** Cabe ressaltar que a área correspondente a permanência não prolongada e as áreas ocupadas por elementos sobre a cobertura como caixa d'água e depósitos estão excluídas do computo da transmitância térmica (INMETRO, 2009).

Os materiais e as espessuras para cada ambiente condicionado e não condicionado estão indicados na Tabela 20. As propriedades térmicas dos materiais utilizados nos componentes foram obtidas conforme a norma a NBR 15220-3 (ABNT, 2005 c).

Tabela 20- Características das composições da cobertura

Zonas	Elementos	Espessura (m)
AC-01	argamassa contra piso	0,020
	betume asfáltico	0,004
	argamassa regularizadora	0,050
	concreto celular autoclave	0,300
	concreto	0,100
AC-02	telha fibrocimento	0,02

Fonte: Autor

Devido a cobertura ser construída por diferentes materiais e portanto por diferentes transmitâncias, a transmitância térmica considerada para cada ambiente foi a média ponderada das diversas transmitâncias existentes, como aparece na Tabela 21, sendo de 0,983 W/m^{2}K, valor menor que os máximos exigidos pelo pré-requisito, atingindo o nível de classificação A.

Cabe comentar, também, que a transmitância da área 2, provoca o agravamento da transmitância final do conjunto, levando-a quase ao valor limite do pré-requisito. Seria recomendável utilizar esta área para armazenagem, ficando isolada do restante da área de permanência 1, para não piorar a transmitância térmica do conjunto.

Tabela 21- Transmitância térmica final da cobertura

AC	Espessura (m)	Área (m^2)	Área ponderada (%)	U (W/m^2 K)
1	0,50	203,63	86,7	0,467
2	0,20	31,40	13,4	4,328
U Total				**0,983**

Fonte: Autor

3.1.3 Cor e absortância solar das paredes externas

Encontramos uma variedade de absortâncias solares, expostas na Tabela 22, em função da coloração das superfícies e dos diferentes materiais que o edifício é constituído, como mostra a Figura 22. Os valores estão conforme a norma NBR 15220-2, ABNT (2005 b). O resultado final da ponderação é de 0, 432 e não atende ao pré-requisito que os níveis A e B exigem.

Tabela 22- Absortâncias (α) e cor das paredes externas

Orientação	Material	Cores	Área (m^2)	Área ponderada (%)	α
leste/oeste	concreto	cinza	794,802	38	0,70
norte/sul	mármore	bege	1245,94	59	0,25
norte	reboco	branco	7,40	0	0,20
norte/sul	reboco	vermelho	58,23	3	0,74
α Total					**0,432**

Figura 22- Características dos acabamentos das fachadas
Fonte: Autor

3.1.4 Cor e absortância solar da cobertura

A cobertura é formada por um contrapiso de argamassa comum e algumas áreas não condicionadas de fibrocimento, ambos com uma aparência cinza desgastada pelo passar do tempo, conforme exposto na Figura 23. A cor é utilizada como indicação da absortância solar, dando o resultado final 0,80, como mostra a norma NBR 15220-2, e superando o limite do pré-requisito 0,40 para os níveis A e B .

Figura 23- Características dos acabamentos da cobertura
Fonte:Autor

3.1.5 Iluminação zenital

Devido o edifício em estudo não apresentar a existência de aberturas zenitais, o pré-requisito de iluminação zenital não foi considerado.

3.1.6 Determinação do nível de eficiência da envoltória

Para a classificação de eficiência energética da envoltória foi obtido como Indicador de Consumo (IC_{env}), adimensional, o apresentado na Eq (11), correspondente à ZB8, com projeção superior a 500 m^2 e limite fator de forma

(A_{env}/Vt_{ot}) igual a 0,22, maior que o limite mínimo, que seria o presente estudo de caso.

$$ICenv = -160,36 \cdot FA + 1277,29FF - 19,21 \cdot PAFt + 2,95FS - 0,36AVS - 0,16 \cdot AHS + \\ +290,25 \cdot PAFt \cdot FF + 0,01 \cdot PAFt \cdot AHS \cdot AVS - 120,58 \quad (11)$$

A seguir são apresentados os cálculos das variáveis necessárias para o cálculo do IC_{env}.

3.1.6.1 Ângulos de sombreamento

Os efeitos dos sistemas de sombreamento ocasionados pelas proteções solares nas aberturas e o sombreamento do pelo edifício sobre si mesmo, serão quantificados através do Ângulo de Sombreamento Horizontal (AHS), medido em planta, e do Ângulo de Sombreamento Vertical (AVS), medido em corte, como é mostrado na Figura 24 e Figura 25.

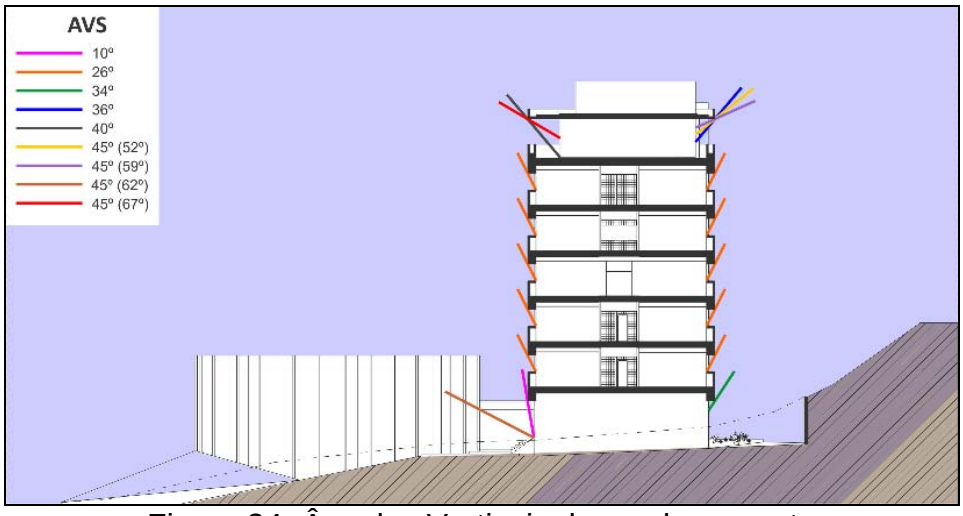


Figura 24- Ângulos Verticais de sombreamento
Fonte: Autor

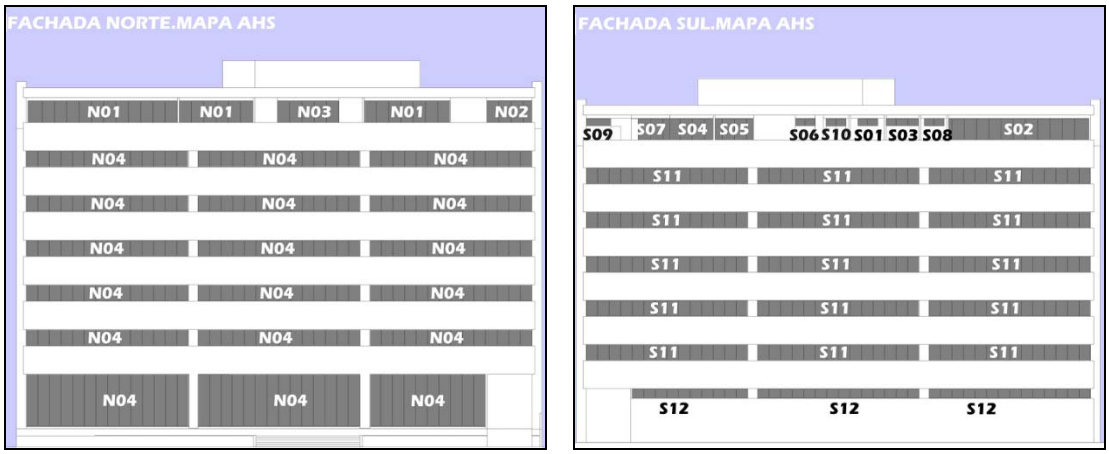


Figura 25- Ângulos Horizontais de sombreamento
Fonte: Autor

De acordo com as especificações do Regulamento, INMETRO (2009) foi adotado, para ângulos maiores de 45º, o valor máximo da angulação de 45º.

Os ângulos de sombreamento total existentes são a média ponderada dos ângulos de cada uma das fachadas, como é apresentado na Tabela 23.

Tabela 23- Ângulos de sombreamento

Orientação	∑ AVS (º)	∑ AHS (º)
Norte	26,63	2,72
Sul	29,95	1,98
Leste	0	0
Oeste	0	0
Total	**27,97**	**2,42**

Fonte:Autor

No Apêndice C são apresentados os cálculos dos valores finais dos ângulos verticais e horizontais e os desenhos representativos que constituem o edifício.

3.1.6.2 Percentual de Abertura Fachada total

O levantamento do percentual de abertura da fachada (PAFt) foi calculado nas fachadas norte e sul, como indica a Figura 26; dado que nas fachadas leste e oeste não existem aberturas, sendo empenas cegas. Portanto, não foi necessário verificar se o valor do PAF_{Oeste} supera em 20% o valor do PAF_t, adotando na equação o PAF_t., como mostra a Tabela 24. A edificação não apresenta abertura zenital. Os cálculos podem ser verificados no Apêndice D.

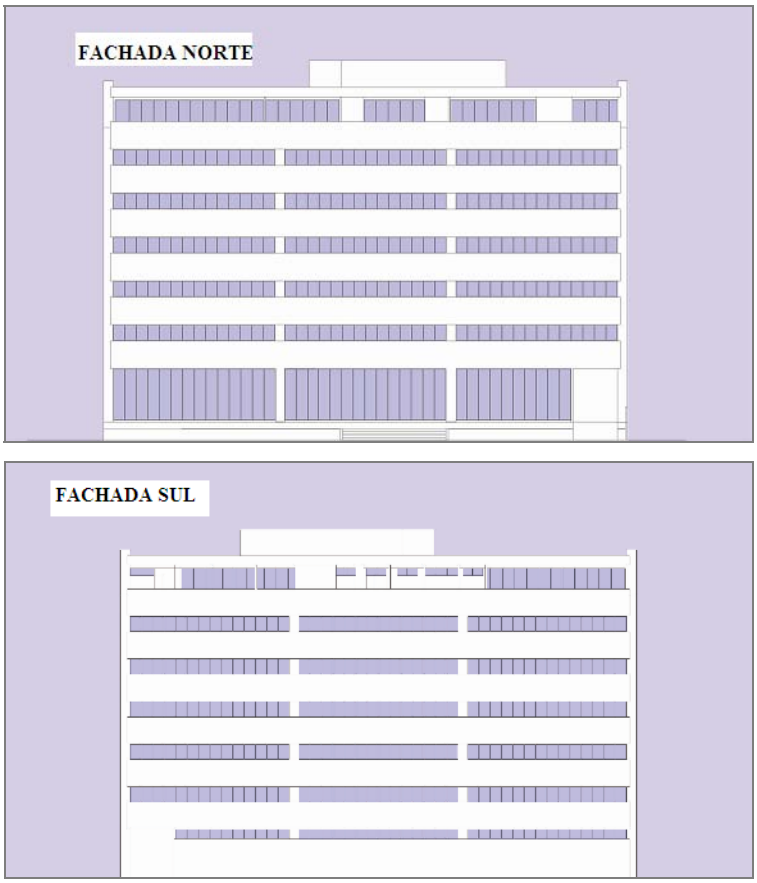


Figura 26- Aberturas Fachada Norte e Fachada Sul
Fonte: Autor

Tabela 24- Valores do PAFt

Fachada	Área (m^2)	Abertura (m^2)	PAFt (%)
Fachada Norte	1197,93	434,01	36,23
Fachada Leste	370,01	0,00	0
Fachada Oeste	370,01	0,00	0
Fachada Sul	1197,93	290,20	24,23
Total	**3135,87**	**724,21**	**23,09**

Fonte: Autor

3.1.6.3 Fator Solar

O edifício completo é composto por tamanhos diferentes de janelas com esquadrias de alumínio natural fosco e vidro laminado dobre capa de 2 peças de 3 mm de espessura cada uma, com uma camada intermediária de polivinil butiral tipo Ray Ban, como indica a Figura 27. O Fator Solar dos vidros da fachada foi

consultado na documentação disponibilizada pelo catálogo do fabricante de vidros Cebrae (2010), contido no Anexo 1, considerando um valor de 0,58.

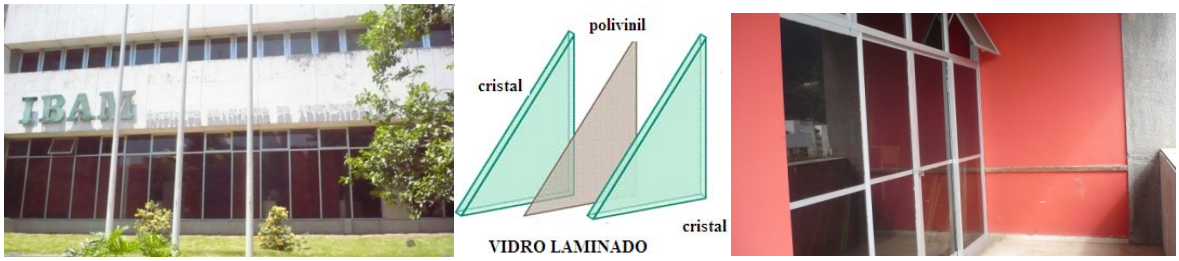


Figura 27- Vidro laminado das janelas fixas e basculantes
Fonte: Autor

Em toda a fachada norte, os vidros apresentam um filme plástico roxo para diminuir a penetração da radiação solar, como mostra a Figura 28, o que aporta um aumento no valor do Fator Solar. Para o presente cálculo não foi considerado este aumento, aplicando assim a variável mais restritiva, o valor do fator solar do próprio vidro.

Figura 28- Filme plástico nos vidros da Fachada Norte
Fonte: Autor

O vidro laminado é produzido em conformidade com a norma ABNT NBR 14697 e atende às exigências mais rigorosas de segurança, controle sonoro e controle de calor (quando associado a um vidro refletivo). A película plástica do laminado com polivinil butiral (PVB) filtra até 99,6% dos raios ultravioletas (radiação abaixo de 360 nanômetros), os principais responsáveis pelo descoloramento de móveis, tecidos e objetos. A laminação é feita a quente, através de processo industrial em autoclave, e pode ser produzida com diferentes tipos de vidros.

3.1.6.4 Parâmetros para o calculo do ICenv

São apresentadas na Tabela 25 as variáveis características do edifício necessárias para concluir a Equação 11 e obter o valor do IC_{env} que resultou de 135,69 pontos.

Tabela 25- Parâmetros para calcular IC_{env}

Parâmetro	Resultado	Unidade
Ape = Área de Projeção do Edifício	640,89	m^2
Atot = Área Total de Piso	4495,84	m^2
Aenv = Área da envoltória	3854,14	m^2
Vtot = Volume Total da Edificação	17739,77	m^3
AHS= Ângulo Horizontal de Sombreamento, entre 0º e 45º	2,42	º graus
AVS = Ângulo Vertical de Sombreamento, entre 0º e 45º	27,97	º graus
FA= Fator de Altura (Apcob / Atot)	0,14	-
FF = Fator de Forma (Aenv / Vtot)	0,22	-
FS = Fator Solar	0,58	-
PAF_T = Percentual de Abertura na Fachada Total	0,23	-
ICenv	**135,80**	

Fonte: Autor

Por meio da mesma equação utilizada para o calculo do IC_{env}, são calculados o limite máximo do indicador de consumo – $IC_{máxD}$ e o limite mínimo – $IC_{mín}$ com os parâmetros fornecidos pela Tabela 26.

Tabela 26- Parâmetros $IC_{máxD}$ e $IC_{mín}$

Parâmetros	Resultados	PAF_T	FS	AVS	AHS
$IC_{máxD}$	69,29	0,60	0,61	0	0
$IC_{mín}$	41,03	0,05	0,87	0	0

Fonte: Autor

Com estes resultados é definido o intervalo “i”, através da Eq (6), dando o resultado de 5,83. Posteriormente é completada a Tabela 10, oferecendo os valores referentes a cada nível de eficiência energética para a edificação, mostrados na Tabela 27.

Tabela 27- Limites dos intervalos dos níveis de eficiência. ZB 8

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim Mín		144,73	150,56	156,39	162,22
Lim Máx	144,72	150,55	156,38	162,21	

Fonte: Autor

Comparando o resultado atingido pelo Indicador do Consumo da envoltória – ICenv de 135,80 aos valores da Tabela 27, conclui-se que a classificação da envoltória atinge o nível A.

Levando-se em consideração os pré-requisitos estabelecidos pelo RTQ-C e o valor de Índice de Consumo como mostra a Tabela 28, observou-se que devido a absortância solar da parede e da cobertura, o nível de classificação foi reduzido para uma eficiência energética C, tendo que considerar o Equivalente Numérico como 3, correspondente à Tabela 29.

Tabela 28- Níveis atingidos pelos diferentes parâmetros

Parâmetros	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D	Nível E
Transmitância parede	X				
Transmitância cobertura	X				
Absortância solar parede			X		
Absortância solar cobert.			X		
Índice de Consumo	X				

Fonte: Autor

Tabela 29- Classificação final da Envoltória

A	B	C	D	E
5	4	3	2	1

Fonte: Autor

3.2 **Classificação do sistema de iluminação**

No ano 1998 foi realizado e aplicado um diagnóstico energético dentro das instalações do IBAM por uma empresa consultora, para fornecer uma melhora da eficiência energética no sistema de iluminação.

Na aplicação do cálculo do sistema de iluminação foram estimadas as seguintes considerações:

1. Atualmente o edifício conta com o último andar desabitado, e como premissa neste estudo, não foi computado na avaliação geral de iluminação.
2. O 5º pavimento possui uma área de escritórios, não utilizada no momento, mas foi considerada no estudo com a hipótese de serem usadas no futuro, com a quantidade atual de luminárias existentes.
3.

3.2.1 Divisão de circuitos

O pré-requisito foi atendido. Todos os ambientes têm uma área total de piso menor que 250 m^2 e possuem, no mínimo, um dispositivo de controle manual liga-desliga, que permite o acionamento da iluminação interna do ambiente com independência e facilidade. Alguns ambientes possuem dois ou mais dispositivos de acionamento independentes, como mostra a Figura 29, permitindo o controle para o uso adaptado às necessidades.

Figura 29- Acionamento típico de escritório
Fonte: Autor

3.2.2 Contribuição da luz natural

O aproveitamento da luz natural disponível, com o desligamento das luminárias próximas às janelas, independente do sistema restante não foi atendido. A maioria dos ambientes apresenta mais de um acionamento; porém, de forma aleatória, sem ser especificamente daquelas luminárias mais próximas às janelas.

3.2.3 Desligamento automático do sistema de iluminação

A existência de dispositivos que garantam o desligamento automático dos sistemas de iluminação quando ninguém se encontra presente, não se aplica porque não existem ambientes maiores que 250 m^2 no presente caso de estudo. Unicamente são localizados detectores de movimento, como mostra a Figura 30, nos halls das escadas do interior do prédio e algumas áreas próximas ao elevador de serviço, que ligam as lâmpadas, automaticamente, quando o ambiente é ocupado, ajudando a manter a economia de energia elétrica.

Figura 30- Sensor de movimento típico escada
Fonte: Autor

Pode se concluir que o maior nível que o sistema de iluminação pode atingir é o nível C. por ser atendido somente o requisito de divisão de circuitos.

3.2.4 Cálculo da Densidade de Potência

Foi realizada uma classificação parcial do sistema de iluminação para cada ambiente dos diferentes andares. A classificação geral de eficiência energética de iluminação foi obtida a partir da ponderação dos equivalentes numéricos de cada ambiente pelas respectivas áreas, podem-se verificar os resultados no Apêndice E.

Primeiramente são identificados os ambientes diferenciados por uma nomenclatura, organizada para o favorecimento das posteriores análises de resultados, como mostrado na Tabela 30.

Tabela 30- Nomenclatura de ambientes mostrados no Apêndice E

Ambientes	Nomenclatura
AX-nºpar	Ambiente do andar X-Fachada Norte
AX-nº ímpar	Ambiente do andar X-Fachada Sul
SX-01	Ambiente de serviço do andar X
CX-01	Ambiente de circulação do andar X

*Ex: A2-03 seria um ambiente do pavimento 2º orientado na fachada sul.
Fonte: Autor

Posteriormente para cada ambiente são determinados os diferentes sistemas de iluminação, conjuntos de luminárias, lâmpadas e reatores do edifício. Operando com uma tensão de 220 V, há uma predominância de lâmpadas fluorescentes convencionais de 40 W nas salas (1) e de 20 W nos corredores e banheiros centrais (2), porém nas áreas próximas aos elevadores, hall, recepção e subsolo, existe uma parcela considerável de diferentes tipos de lâmpadas incandescentes e halógenas (3) como ilustram as fotografias da Figura 31.

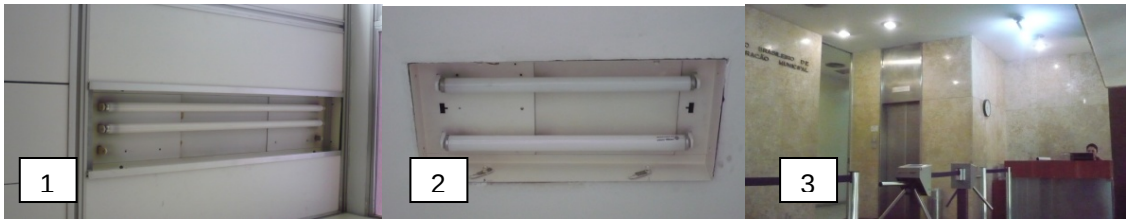


Figura 31- Luminárias características do edifício
Fonte: Autor

As luminárias de 40W são triplas, com dois reatores eletromagnéticos: um duplo de alto fator de potência e outro simples de baixo fator de potência, as luminárias dos corredores são duplas de 20W, com um reator simples de baixo fator de potência. Após serem aplicadas as melhorias recomendadas pelo diagnóstico energético, foi retirada a lâmpada associada ao reator de baixo fator de potência em todas as luminárias triplas, que são aqueles que geram maiores perdas de energia e foram removidos os difusores opacos de plástico em todas as luminárias que representavam uma queda de 40 a 50% do fluxo luminoso.

A Tabela 31 descreve os tipos de luminárias e a potência ativa que atualmente cada tipo de luminária possui.

Tabela 31- Classificação das luminárias e a Potência Total

Luminária	Ambiente	Lâmpada	Reator	Potência Total
2 lâmpadas sem refletor de alumínio.	Salas/Escritórios	40 W 2600 lm	Eletromagnético 2 x40 W Perdas: 25% Pot.	60 W
2 lâmpadas sem refletor de alumínio.	Corredor central Banheiros	20 W 1060 lm	Eletromagnético 2 x 20 W Perdas: 25% Pot.	30 W
Lâmpadas incandescentes	Hall / áreas A.C Banheiros Hall escadas	25 W- 430 lm 60 W - 430 lm 100W -1380 lm	-	25 W 60 W 100W

Fonte: Autor

Finalmente é definido o índice de ambiente K de acordo com a área representativa do ambiente, através das equações definidas no capítulo anterior Equação (7) e Equação (8). É obtida a potência dos conjuntos lâmpadas/luminária/reator por ambiente. Os valores de K estabelecem os limites máximos aceitáveis de Densidade de Potência de Iluminação (DPI_{RL}) para o nível de eficiência pretendido, segundo a Tabela 4.1 do Regulamento, INMETRO (2009); sendo que caso K não ser identificado na mesma tal valor deve ser interpolado linearmente, a partir das variáveis indicadas na Equação (9), estabelecendo o respectivo $DPI_{RL.}$

Calcula-se o valor da Densidade de Potência de Iluminação Absoluta DPI_A (W/m^2) e com ele o valor da Densidade de Potência Relativa DPI_R ((W/m^2)/100lux).

Determina-se a iluminância dos ambientes (E) obtidos a partir da norma ABNT NBR 5413 que são mostrados segundo os diferentes ambientes na Tabela 32.

Tabela 32 - Valores de iluminância dos ambientes “E”

Ambiente	Associado	Peso	Iluminância mín.(lux)
Escritório		-1	500
Sala de Recepção	Hotéis	-1	200
Biblioteca sala leitura	Biblioteca	-1	500
Biblioteca estantes/ fichário/ arquivos	Biblioteca	-1	300
Áreas de circulação	Corredores, halls, escadas	-1	100
Sala ar condicionado	Centrais elétricas	-1	150
Sala de reuniões /Aulas	Escolas	-1	300
Sala de espera	Hotéis	-1	200
Xerográfica	Escritório	-1	500
Banheiro	Hotéis	-1	150
Cozinha	Residências	-1	200
Restaurante	Restaurante	-1	150
Processamento de dados	Escritório	-1	500
Armazém	Siderurgia. Depósito	-1	150

Fonte: ABNT NBR 5413

Obtém-se o valor da Densidade de Potência de Iluminação Relativa Final calculando a razão DPI_R/E no final da vida útil do sistema de iluminação e são comparados com a Densidade de Potência de Iluminação Relativa Final, conseguindo finalmente os níveis de eficiência para cada ambiente, e seus respectivos equivalentes numéricos.

No Apêndice D está exposta toda a metodologia de cálculo, com as correspondentes tabelas, mostrando os resultados de eficiência energética obtidos por pavimento. O resultado final foi calculado através da ponderação dos equivalentes numéricos de cada ambiente por pavimento pelas respectivas áreas, como é mostrado na Tabela 33, obtendo um valor total de equivalente numérico do sistema de iluminação de nível D.

Tabela 33 - Equivalentes numéricos do sistema de iluminação. Classificação por pavimentos e global.

Parâmetro	**Subsolo**	**Térreo**	**Segundo**	**Terceiro**	**Quarto**	**Quinto**	**Sexto**
Eq. Num.	3,13	2,91	2,78	1,78	1,95	2,50	2,75
Área (m^2)	132,50	460	535,33	535,33	532,28	504,16	508,93
Nível	C	C	C	D	D	C	C
Nível Global							**D**

Fonte: Autor

Levando-se em consideração os parâmetros dos requisitos estabelecidos e o valor da Densidade de Potência, conforme Tabela 34, é observado que a classificação de eficiência energética é reduzida ao nível D, correspondente ao equivalente numérico de valor 2, como ilustra a Tabela 35.

Tabela 34 - Níveis atingidos pelos diferentes parâmetros

Parâmetros		**Nível**
Divisão dos circuitos	Foi atendido	C
Contribuição da luz natural	Não foi atendido	
Desligamento automático	Não aplica	
Densidade de Potencia	-	D

Fonte: Autor

Tabela 35 - Classificação final da Iluminação

A	B	C	D	E
5	4	3	2	1

Fonte: Autor

3.3 **Sistema de Condicionamento de Ar**

O edifício é composto por um sistema de condicionamento de ar híbrido: sistema de condicionamento de ar artificial e um sistema alternativo de ventilação natural, utilizado nos dias que a temperatura e as condições climáticas atingem um nível de conforto. No presente estudo foi classificado o sistema de condicionamento de ar artificial.

O sistema artificial de ar é formado por um sistema central que abastece todos os ambientes condicionados da edificação e dos equipamentos auxiliares individuais tipo split e janela, que resfriam permanentemente as áreas de CPD, ao longo de 24 horas, e no quarto e sexto andares, alugados pela empresa FUNBIO, entram em funcionamento nos horários que o condicionamento central é desligado. Atualmente o edifício conta com o último andar desabitado, e como premissa neste estudo, não foi considerado no computo geral do sistema de condicionamento de ar.

O sistema principal central entra em funcionamento de forma independente, através de um sensor por andar, quando atinge a temperatura de 20 ºC.

3.3.1 Sombreamento e ventilação dos equipamentos tipo janela ou split.

O pré-requisito de sombreamento permanente determinado para equipamentos tipo janela ou unidades condensadoras de condicionadores tipo Split não foi cumprido, atribuindo o nível B como limite máximo para cada equipamento, porém o pré-requisito ventilação é atendido. O conjunto de fotografias exposto na Figura 32 oferece uma visão dos diferentes equipamentos existentes.

Figura 32- Equipamentos tipo janela do edifício
Fonte: Autor

3.3.2 Classificação dos sistemas de condicionamento de ar

3.3.2.1 Sistema de Condicionamento Central

O Sistema de condicionamento de ar central, refrigerador de todas as áreas condicionadas do edifício, é constituído por um resfriador de líquido de condensação de ar com condensador, modelo Springer Carrier 30RBA170226 Scroll Chiller que segundo a nomenclatura mostrada na Figura 33 possui uma capacidade nominal de 170 TR (1TR = 12.000 BTU/h = 598 kW), com uma alimentação de 220V e uma freqüência de 60 Hz. É constituído por 7 compressores de espiral de alta eficiência que atuam em função da carga térmica a ser utilizada. O equipamento conta com uma eficiência mínima de 2,81 COP e um IPLV de 3,96 apresentados no Anexo B, nas características técnicas do sistema de ar central. Localizado na laje superior do edifício como apresenta a Figura 34, o sistema de condicionamento é acompanhado de 6 fans coils por andar.

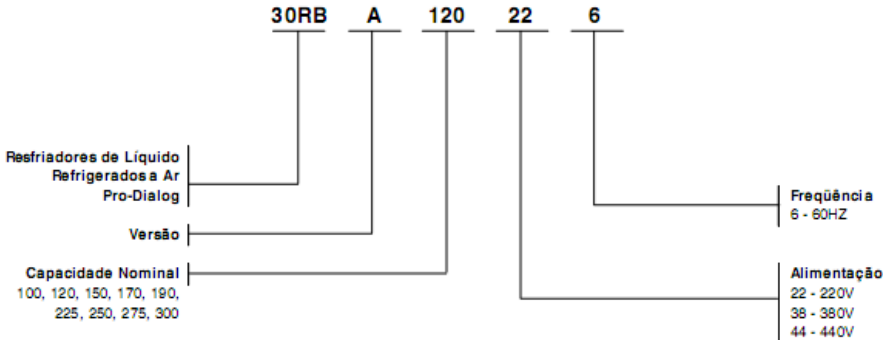


Figura 33- Nomenclatura do sistema condicionador de ar central
Fonte: Manual Aqua-Snap 30RBA.Anexo B.

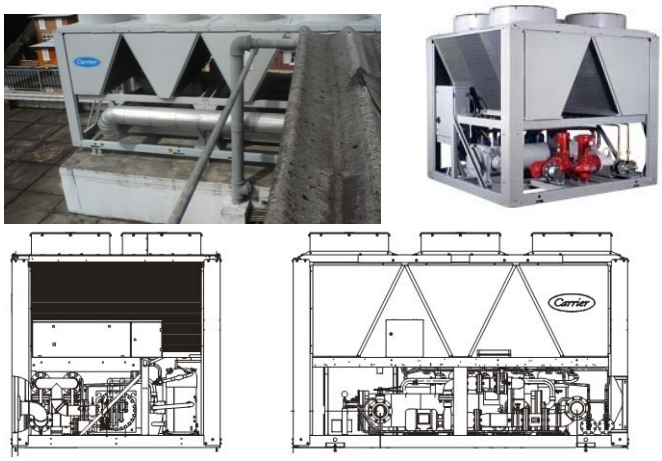


Figura 34- Representação do sistema de condicionamento central
Fonte: Manual Aqua-Snap 30RBA.Anexo B.

Por ser um sistema não regulamentado pelo INMETRO, é classificado segundo o valor do COP 2,81, indicado na Tabela 36, e que surge do regulamento, (INMETRO, 2009), atendendo os requisitos mínimos de eficiência representativos dos níveis A e B.

Tabela 36 - Eficiência mínima de resfriadores de líquido para classificação nos níveis A e B

Tipo de equipamento	Capacidade	Eficiência mínima	Procedimento de teste
Condensação a ar, com condensador	Todas	**2,80 COP** 3,05 IPLV	ARI 550/590
Condensação a ar, sem condensador	Todas	3,10 COP 3,45 IPLV	
Condensação a água (compressor alternativo)	Todas	4,20 COP 5,05 IPLV	
Condensação a água (compressor do tipo parafuso e scroll)	< 528 kW	4,45 COP 5,20 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	4,90 COP 5,60 IPLV	
	≥ 1.055 kW	5,50 COP 6,15 IPLV	
Condensação a água (compressor centrífugo)	< 528 kW	5,00 COP 5,25 IPLV	
	≥ 528 kW e < 1.055 kW	5,55 COP 5,90 IPLV	
	≥ 1.055 kW	6,10 COP 6,40 IPLV	

Fonte: Fonte: ASHRAE (2004) – ASHRAE Standard 90.1-2004.

3.3.2.2 Sistema de Condicionamento de Ar de Janela / Split

A classificação da eficiência energética dos sistemas de condicionamento de ar individuais e split, que estão etiquetados pelo PBE/INMETRO, foram consultados nas tabelas encontradas no site do INMETRO (www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp). Porém para o sistema de condicionamento de ar central e aparelhos não etiquetados pelo PBE/INMETRO a classificação da eficiência energética vai ser determinada pelas prescrições definidas no regulamento em função do COP (coeficiente de performance), parâmetro regulador do nível de eficiência energética mínima do aparelho**.**

Os sistemas individuais de condicionamento artificial de ar cumprem diferentes funções:

- Os que resfriam 2 ambientes que precisam de uma temperatura operativa permanentemente como as salas com equipamentos informáticos CPD.
- As unidades que resfriam os usuários dos pavimentos alugados que continuam trabalhando quando condicionamento de ar central do prédio é desligado, no horário programado de saída a partir das 18:00 horas. Os equipamentos, caso o usuário precisar, estariam resfriando na faixa de 18:00 até 19:00 horas.

Estes sistemas estão representados por pavimentos mostrando o modelo e a capacidade resfriadora no Apêndice F.

Como existe mais de um sistema independente de condicionamento de ar, devemos determinar a eficiência de cada um dos sistemas, ponderar as áreas fornecidas por cada sistema em relação ao edifício total e finalmente obter o nível de eficiência energética de condicionamento de ar por ambiente e seu respectivo equivalente numérico. Para aqueles equipamentos que não puderam obter a classificação por problemas de acessibilidade ou porque os valores de COP não foram encontrados foi considerada a eficiência mais desfavorável no equipamento, nível E**.**

Quando o sistema central é desativado, os sistemas auxiliares individuais de janela e split entram em funcionamento por uma baixa porcentagem horária de 12,5%, se for necessário. Considerando a condição extrema de entrar em funcionamento todos ao mesmo tempo, o valor final ponderado é indicado na Tabela

37 e vai a 2,252 pontos que, comparado com a Tabela 2.2 do regulamento, encontra-se entre o intervalo de 1,5 < 2,252 < 2,5, resultando uma eficiência do sistema individual de condicionamento de ar de nível D.

Tabela 37- Equivalente numérico dos sistemas individuais de condicionamento de ar

AR TIPO SPLIT									
Ar Condicionado	**Capacidade**	**Nº Id.**	**Andar**	**Mod.**	**Nivel**	**EquNuAC**	**Area**	**Area Ponderada**	**Eq Num Total**
ar split, Springer	60.000 btu/h	15	6 pav	-	E	1	162,73	0,214	0,214
ar split, Springer	60.000 btu/h	16	6 pav	-	E	1	***162,73***		
ar Split, Hitachi	48.000 btu/h	21	6 pav	RPC040B3P	E	1	27,72	0,036	0,036
ar split, Hitachi	48.000 btu/h	20	6 pav	RPC040B3P	E	1	66,50	0,087	0,087
ar Split, Hitachi	48.000 btu/h	10	6 pav	RPC040B3P	E	1	58,48	0,077	0,077
ar split, Eletrolux	12.000 btu/h	13	6 pav	SI12F	B	4	7,91	0,010	0,042
ar split, Springer	9.000 btu/h	4	4 pav	42MCAOO9515LS	E	1	40,93	0,054	0,054
ar split, Eletrolux	24.000 btu/h	19	6 pav	SE24F	E	1	12,4	0,016	0,016
ar split, Gree	24.000 btu/h	9	4 pav	GST(W)24-22LB??	B	4	35,71	0,047	0,188
ar split, Gree	24.000 btu/h	8	4 pav	GST(W)24-22LB??	B	4	58,03	0,076	0,305
ar split, Springer	9.000 btu/h	17	6 pav	SI09F	E	1	16,97	0,022	0,022
ar split, Springer	22.000 btu/h	18	6 pav	42MCB022515LS	E	1	21,55	0,028	0,028
ar split, Carrier Ambient Ar	9.000 btu/h	3	terreo	420XD09226	E	1	7,63	0,010	0,010
AR TIPO JANELA									
Ar Condicionado	**Capacidade**	**Nº Id.**	**Andar**	**Mod.**	**Nivel**	**EquNuAC**	**Area**	**Area Ponderada**	**Eq Num Total**
ar janela, Gree	10.000 btu/h	11	6 pav	GJ10-12L	B	4	22,49	0,030	0,118
ar janela, Gree	10.000 btu/h	12	6 pav	GJ10-12L	B	4	9,84	0,013	0,052
ar janela, Spring	12.300 btu/h	5	4 pav	MCA128RB	B	4	21,37	0,028	0,112
ar janela, LG	18.500 btu/h	6	4 pav	010513D	B	4	76,63	0,101	0,402
ar janela, Springer	10.500 btu/h	14	6 pav	4699B75406	E	1	10,46	0,014	0,014
ar janela, Consul	12.0000 btu/h	7	4 pav	CCY12D	B	4	76,63	0,101	0,402
ar janela Springer	11.078 btu/h	1	terreo		B	4	13,91	0,018	0,073
ar janela Springer	11.078 btu/h	2	terreo		B	1	***13,91***		
TOTAL							**761,804**	**0,982**	**2,252**

Fonte: Autor

No presente estudo foi estimada a eficiência energética unicamente que o sistema central oferece por ser o sistema principal que opera por um maior número de horas para obter o cálculo da Pontuação Geral (PT). Quando esse está em funcionamento os outros sistemas de condicionamento de ar individuais não estão operando (exceto os três equipamentos que resfriam o CPD), obtendo um Equivalente Numérico do Sistema de Condicionamento de Ar (EqNumCA) de nível B, correspondendo ao valor de 4 pontos segundo a Tabela 38 (INMETRO,2009).

Tabela 38- Classificação do Condicionamento de Ar

A	B	C	D	E
5	4	3	2	1

Fonte:Autor

3.4 **Sistema de Ventilação Natural**

O edifício, objeto de estudo, possui a variante do sistema alternativo de ventilação natural, através da abertura de janelas, utilizado nos dias que a temperatura e as condições climáticas possibilitam um nível de conforto nos ambientes, prescindindo do uso do condicionamento de ar artificial.

A ventilação natural neste caso é uma ventilação cruzada originada pelo diferencial de pressão dos ventos nas fachadas a barlavento e sotavento e que atravessa aberturas de portas e janelas, como representa a Figura 35 da distribuição característica dos escritórios no edifício, sendo possível o usuário realizar um controle manual das aberturas. Esta é uma estratégia adequada para os ocupantes manterem o controle da qualidade e a temperatura do ar interno, atendendo às suas necessidades, Raja et al (2001). O fluxo de ar para os ambientes internos é projetado através das fachadas norte-sul com janelas formadas por uma folha, que pode ser movimentada mediante rotação em torno de um eixo horizontal (Figura 36).

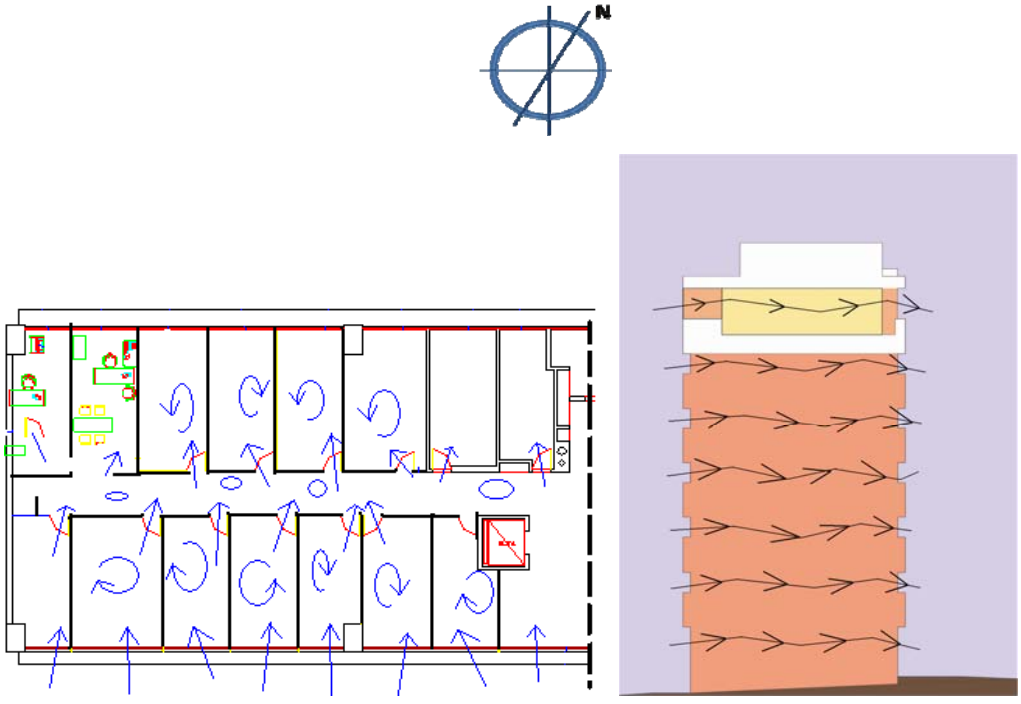


Figura 35- Distribuição da ventilação natural cruzada
Fonte: autor

Figura 36- Janelas típicas por andar
Fonte:Autor

Para avaliar o desempenho térmico de edifícios que podem utilizar em parte ou toda a ventilação natural, devem ser observadas as estratégias bioclimáticas, definidas a partir do estudo do clima característico da área de estudo, neste caso o do Rio de Janeiro, através da carta bioclimática de Givoni (1992) como foi descrito no anterior item 2.6.

Devido o esforço computacional requerido para a avaliação do conforto higrotérmico das áreas não condicionadas, optou-se por uma metodologia alternativa, utilizando os resultados do POC da dissertação de Loura, Magiac (2010), para um prédio residencial situado no Rio de Janeiro, considerando as similaridade tanto climáticas como dos constituintes da envoltória, feita em concreto e alvenaria, que existem com a edificação do presente estudo.

A estimativa de conforto higrotérmico utilizada por Loura, foi realizada com auxílio do programa computacional de cálculo denominado “PMVPPD”, Malafaya (2008) e indicada na Figura 37. Este programa é baseado na norma ISO 7730, referente ao método de Fanger PMV/PPD, que foi adaptado aos países tropicais, determinará os índices PMV e PPD corrigidos. No caso do Rio de Janeiro é adotado o valor de e igual a 60% (FANGER; TOFTUM, 2002)

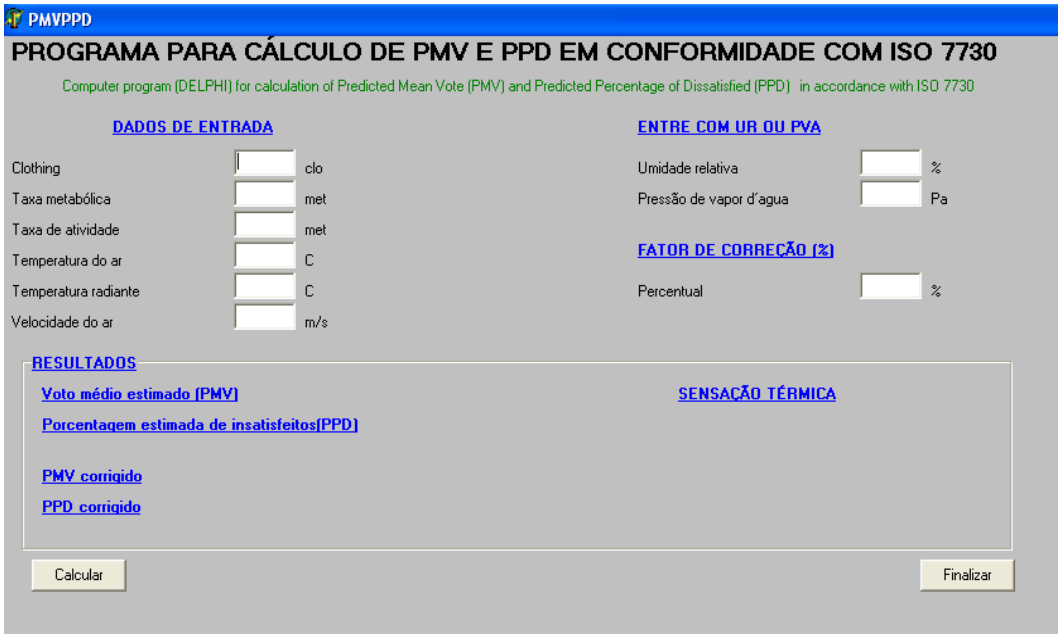


Figura 37- Programa para cálculo de PMV em conformidade com ISO 7730
Fonte: Autor

Como pode ser observado para a determinação dos índices PMV PPD são necessários como dados de entrada a carga metabólica da atividade e a vestimenta dos usuários, assim como os valores de temperatura e umidade no ambiente interior do prédio.

Os levantamentos foram feitos ao longo do ano, às 24 horas do dia recolhendo os dados internos referentes à temperatura do ar, temperatura do bulbo seco, temperatura radiante e umidade relativa. As variáveis definidas foram às seguintes:

- *Clothing*: Resistência térmica da roupa, medida em “clo”.

  Para as condições climáticas do Rio de Janeiro é considerado 0,5 clo.(ISO 7730).

- *Taxa metabólica/atividade:* Calor dissipado pelo corpo em função da atividade do individuo. Pode ser expresso em W/m^2 de pele ou em Met, unidade de metabolismo, cujo valor unitário corresponde a 58,15 W/m^2 de área de superfície corporal.

  No presente estudo de caso a taxa é de 1,2 met = 70 W/m^2, correspondente à atividade sedentária.

- *Tª ar*: Temperatura do bulbo seco relativa às medições feitas ao longo do ano.
- *Tª radiante:* Temperatura devida à ação da radiação feita ao longo do ano
- *Velocidade do ar*: Considerado o valor de 0,5 m/s.
- *Umidade relativa:* Caracterizada pela quantidade de vapor d'àgua contida no ar, representada em (%), podendo ser indicada também em pressão de vapor de água (Pa).
-

Obtiveram-se os valores de PMV-PPD corrigidos aplicados às 24 horas de cada dia do ano. Adotou-se no presente estudo só aqueles intervalos horários compreendidos entre às 8:00 e às 18:00 horas, o que corresponde ao horário comercial referente ao IBAM. Assim, finalmente os valores de POC por mês e anual, são os apresentados na Tabela 39.

Tabela 39- Valores de POC

Parâmetros	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEZ
Dias / mês	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Horas / jornada	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Horas Desconforto/Jornada	5	7	6	5	0	0	0	0	0	0	4	7
Horas Conforto / Jornada	5	3	4	5	10	10	10	10	10	10	6	3
POC mensal %	50	30	40	50	100	100	100	100	100	100	60	30
POC anual %	72											

Fonte: Autor

De posse destes valores de desconforto foram determinados os percentuais das horas ocupadas pelos usuários (POC) dentro da zona de conforto. Desta forma apresentam-se na Figura 38 os POC mensais sob ventilação natural, estabelecendo o valor médio resultante anual de 72%.

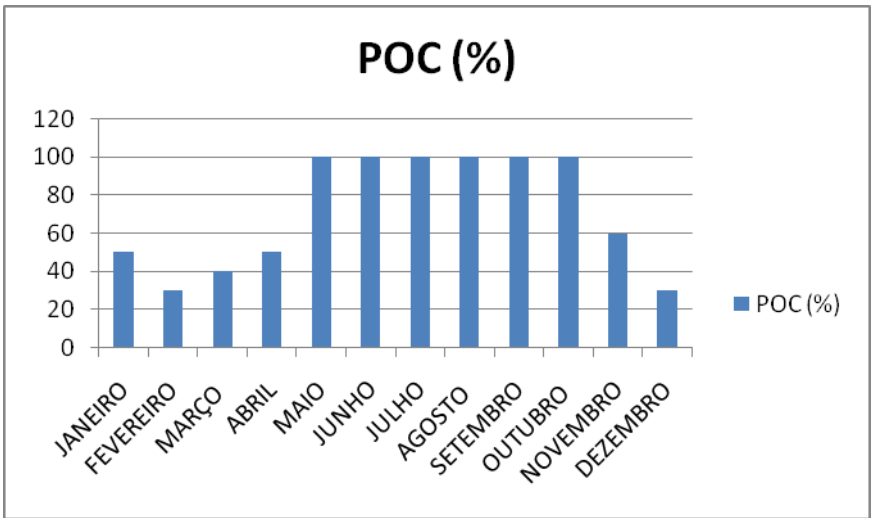


Figura 38- Percentual mensal de horas ocupadas sob conforto
Fonte: Autor

Conseqüentemente, comparando o valor de 72% com a Tabela 15 definida no capítulo anterior, podemos identificar a classificação do equivalente numérico de ventilação EqNumV igual a 4, atingindo o nível B.

Como a valorização da ventilação natural definida pelo RTQ-C, utiliza programas computacionais de alto desempenho, este procedimento de cálculo indicado poderá auxiliar o arquiteto, em sua premissa de projeto, a avaliar as condições de uso ou não da ventilação natural nas edificações.

3.5 **Classificação Geral da Eficiência Energética do Edifício**

3.5.1 Pré-requisitos gerais e específicos.

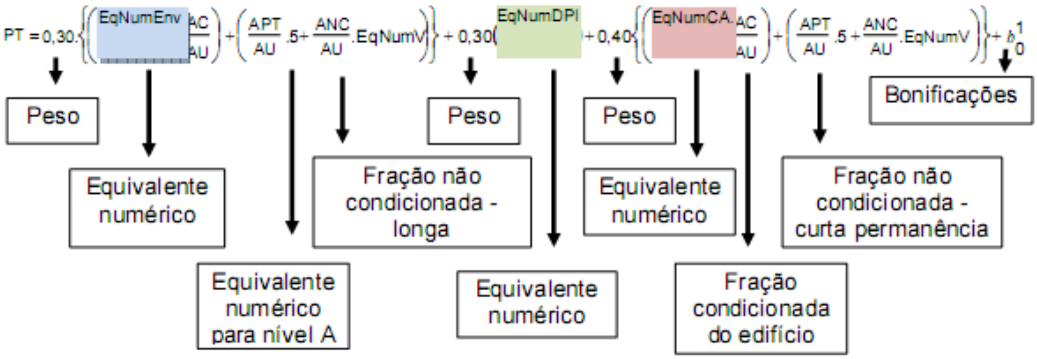
Como foi comentado anteriormente no item 2.5.1, o pré-requisito geral não foi considerado pela antiguidade do prédio, mas a inexistência de um controle inteligente de tráfego para elevadores em um mesmo hall provoca que o nível de eficiência máximo atingido seja o nível B, independente de ter atingido o máximo nível nos demais itens.

3.5.2 Bonificações

Não é estimada nenhuma bonificação no presente caso, considerando o valor de b como zero.

3.5.3 Pontuação Total

A classificação da eficiência energética da edificação é determinada introduzindo as correspondentes variáveis na Equação (12).



(12)

Devido à situação do sistema de condicionamento de ar híbrido que o edifício apresenta foram calculados dois valores de Pontuação Total (PT) diferentes: um quando o sistema de condicionamento de ar artificial está funcionando, sem avaliar a ventilação natural que chamaremos de PT_1 e outro quando somente a ventilação natural está operando, sem terem sidos ativados os equipamentos de sistema de condicionamento de ar denominado PT_2.

As variáveis da equação geral foram introduzidas na equação para se obter a Pontuação Geral PT_1 e PT_2 como ilustra a Tabela 39. Quando foi avaliado o sistema exclusivamente artificial, o valor de área não condicionada ANC é zero devido à inexistência de áreas sem climatização de longa permanência. Contrariamente, quando a ventilação natural é o sistema que prevalece, a Pontuação Geral PT_2 é calculada com o valor da área condicionada AC igual à zero.

Tabela 40- Variáveis da equação geral e Pontuação Total

Parâmetro	Resultado	Nível	Parâmetro	Resultado	Nível
APT	617,324	-	APT	617,324	-
ANC	0	-	ANC	3737,269	-
AC	3737,269	-	AC	0	-
AU	4354,62	-	AU	4354,62	-
b	0	-	b	0	-
EqNumEnv	3	C	EqNumEnv	3	C
EqNumDPI	2	D	EqNumDPI	2	D
EqNumCA	4	B	EqNumCA	4	B
EqNumV	4	B	EqNumV	4	B
$PT_{1(v.artificial)}$		**3,24**	**$PT_{2(v.natural)}$**		**3,57**

Fonte: Autor

A classificação final que a edificação atingiu, segundo os resultados obtidos em cada item, foi determinada com as variáveis obtidas da Tabela 40, introduzidas na equação PT geral, dependendo de cada caso.

Finalmente podemos afirmar que o valor da eficiência global para condicionamento artificial atingiu o nível C, enquanto a edificação com ventilação natural através da metodologia alternativa apresentada foi estimada em um valor de eficiência de Nível B, indicado na Tabela 41.

Tabela 41- Níveis de eficiência para os diferentes tipos de condicionamentos

Tipo de Condicionamento		PT	Nível
Cond. Artificial	PT_1	2,5< **3,24** <3,5	C
Cond. Natural	PT_2	3,5< **3,57** <4,5	B

Fonte: Autor

4 **ANÁLISES DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capitulo vai ser realizado uma análise dos resultados obtidos no procedimento da classificação do caso base, apresentando soluções e estratégias que possibilitem uma melhora do nível de eficiência energética global.

Ao mesmo tempo serão comentadas as contribuições feitas no Regulamento durante o processo, que foram enviadas na Consulta Pública da Portaria n.º 181, aberta o 21 de maio de 2010 (RTQ), pelo INMETRO e especificadas nas tabelas apresentadas no Anexo C.

4.1 **Análises da Envoltória**

4.1.1 Pré-requisitos

Por causa do não cumprimento dos pré-requisitos de absortância solar da parede e cobertura, a edificação está limitada a um valor máximo de nível C. A absortância solar da parede supera levemente o valor do limite, enquanto a absortância da cobertura sai consideravelmente dos limites, prejudicando o nível de eficiência global da edificação.

Ressaltar que para a época que foi construído em 1952 (IBAM, site), os elementos constituintes do prédio proporcionam transmitâncias de parede e cobertura suficientemente adequadas para alcançar um nível A, como apresenta a Tabela 42.

Tabela 42- Valores dos pré-requisitos envoltória

Parâmetros	Nível
Transmitância parede	A
Transmitância cobertura	A
Absortância solar parede	*
Absortância solar cobertura	*

*Não atende aos pré-requisitos de nível A ou B

Fonte: Autor

Para poder atingir o nível A de eficiência energética, uma solução de baixo impacto seria pintar a parte externa de concreto do edifício e a laje da cobertura de branco, estabelecendo valores de absortância inferiores aos limites. Implantar o teto

jardim na cobertura também atenderia de forma automática o pré-requisito da absortância solar da cobertura.

4.1.2 Indicador de Consumo

Segundo a equação do Indicador de Consumo, o nível de eficiência energética atingido pela edificação foi nível A, através da combinação de parâmetros invariáveis como as dimensões dos elementos que definem a envoltória da edificação, e parâmetros com possibilidade de alteração como o Fator Solar que o vidro da edificação proporciona, sendo a variável que apresenta maior influência no indicador do consumo (SANTANA, 2006).

Comparando o resultado do Indicador do Consumo da envoltória ICenv de 135,80 conclui-se que a classificação da envoltória atinge o nível A.

4.1.2.1 Fator Solar

O fato de não considerar o filme disposto nos vidros da fachada norte não implicou impacto no presente estudo, para o cálculo de Indicador de Consumo, mas sim no ganho de luz natural exterior nos espaços internos. Kristensena (2010) enfatiza que esta propriedade pode representar um recurso eficaz e econômico para reduções de consumo de eletricidade de até 50-70%

Uma possível solução de retrofit seria a extração do filme em todas as janelas disponibilizando a luz natural no interior, que estimularia a percepção das pessoas, valorizando a construção estética e tornando os espaços mais dinâmicos (BOYCE, 2003).

Esta solução deveria ser testada para proporcionar um nível adequado de iluminação sem provocar aumento nos ganhos térmicos provenientes da radiação solar, principalmente em regiões de clima tropical, considerado ao mesmo tempo a intensidade de ofuscamento para poder implementar o aumento da luz natural no interior (SANTOS; BASTOS; BARROSO-KRAUSE, 2008).

No Brasil não existe uma norma especifica para determinar o Fator Solar de vidros e janelas, apenas a NBR 15220-2, ABNT (2005b) apresenta uma estimativa aplicada a elementos transparentes ou translúcidos, sugerindo a criação de norma brasileira ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) baseada na regulamentação internacional. (MARINOSKI; LAMBERT, 2008).

Existem algumas ferramentas no mercado que determinam as propriedades térmicas como o software norte-americano desenvolvido pela Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL (2010) denominado WINDOW 6.0 com uma base de dados de características térmicas e solares de vidros e janelas, em concordância com os algoritmos que a norma ISO15099 (2003) exige. É uma ferramenta útil e amigável desenvolvida por fabricantes europeus e americanos, mas que não possui a classificação totalitária das diferentes qualidades de vidro que existem no mercado atual brasileiro.

4.1.2.2 Ângulos de sombreamento horizontal

Manipulando os valores de ângulo de sombreamento horizontal na fórmula de ICenv, observa-se que não são geradas mudanças significativas nos níveis de eficiência energética. É interessante destacar que, dependendo do caso a ser avaliado, em construções já existentes o impacto que o laborioso cálculo de ângulos horizontais pode acarrear prejudica os custos finais, sobretudo em arquiteturas mais complexas, podendo estimar um modelo mais simplificado no processo de cálculo com uma visão mais abrangente.

4.1.3 Contribuições ao Regulamento

Reafirmando as conclusões estimadas por Sangoi (2009), a aplicação do regulamento para edificações existentes encarou uma complexidade no registro detalhado das características físicas, estruturais e dimensionais que compõem o edifício, pelo fato de serem edificações construídas há muito tempo, onde informações podem estar segregadas, inacessíveis ou desatualizadas, interferindo no trabalho de avaliação e no tempo envolvido de forma global. Considerando a realidade da demanda atual por ferramentas e métodos com rapidez de aplicação e operacionalização, essa condição poderá prejudicar a incorporação do Regulamento para aplicação em edifícios existentes.

As propriedades térmicas e o Fator Solar do vidro que forma a edificação foram valores difíceis de serem conseguidos através dos catálogos de diferentes fabricantes, que nem sempre disponibilizam a informação. O fato de não existir uma classificação de vidros certificados pelo INMETRO, com os respectivos valores de

Fator Solar, entre outras características térmicas, poderá retardar o processo de classificação. A publicação de uma tabela com os valores testados poderia ajudar no uso do RTQ-C. Esta medida encorajaria os fabricantes a certificar e fornecer os valores reais de fator solar de seus produtos, para demonstrar que os mesmos são melhores que os valores genéricos especificados.

Convém salientar que os cálculos para obter o ângulo de sombreamento horizontal (AHS) são exaustivos e o impacto que os ângulos menores tem no Índice de Consumo (IC_{env}) pode ser desconsiderado. Na nova consulta pública do regulamento, INMETRO (2010) é incorporado que ângulos de sombreamento menores de 10° não devem ser considerados para o cálculo de ICenv.

4.2 **Análises da Iluminação**

O IBAM, através do convênio entre o seu Núcleo de Meio Ambiente e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) da Eletrobrás, implantou uma campanha interna de combate ao desperdício, inserindo algumas ações de conscientização dos funcionários do IBAM, como hábitos de uso adequados, e levando em consideração medidas como a retirada dos difusores leitosos das luminárias e remanejamento de lâmpadas e reatores de salas e corredores.

Atualmente o edifício conta com uma alta quantidade de ambientes que estão desabitados e para obter uma maior eficiência energética os ocupantes estão sendo reestruturados e agrupados por andares, desocupando, desta forma, diversas áreas para evitar um consumo com iluminação desnecessária.

Finalmente ressaltar que numa edificação existente, o sistema de iluminação geralmente se encontra fora dos padrões técnicos adequados, IBAM; ELETROBRAS; PROCEL (2004), sendo os tipos mais comuns dessas ocorrências no atual projeto são a falta de aproveitamento de iluminação natural e o uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa.

4.2.1 Análises dos Pré-requisitos

O edifício apresentou uma abundante existência de interruptores de comando das luminárias, atendendo ao requisito de divisão de circuitos, mas não

cumprindo os requisitos da contribuição da luz natural, limitando o nível máximo de classificação ao valor C.

As características arquitetônicas particulares do edifício com ambientes localizados ao extremo tanto na fachada norte como na sul, como podemos observa na Figura 39, fazem que exista a possibilidade de poder atingir o requisito da contribuição de luz natural, incorporando acionamentos independentes para aumentar o limite de eficiência energética ao nível A, sendo necessária para isto uma nova distribuição dos circuitos existentes. Este requisito de posicionamento das luminárias é um item importante a ser considerado na concepção do projeto luminotécnico, porém complexo de ser incorporado numa edificação existente.

Figura 39- Sala de recepção do IBAM
Fonte:Autor

Outro recurso que poderia ser utilizado para poder atuar junto com o ganho de luz natural seria a iluminação de tarefa, como o sistema de controle é fundamental na previsão de níveis de iluminação mais altos para onde se tem tarefas visuais, enquanto é mantido o sistema restante da iluminação em níveis inferiores, denominados de fundo.(MENDES, 2002).

4.2.2 Análises da Densidade de Potência

É atingido o nivel D através dos resultados obtidos no cálculo da Densidade de Potência dos ambientes e dos pré-requisitos específicos, ressaltando a necessidade de numerar soluções no sistema.

Todos os cálculos referentes ao estudo do sistema de iluminação podem ser conferidos no Apêndice F.

Existem ambientes que atingem uma baixa eficiência no sistema de iluminação porque introduzem um exceso de potência em função da área, devido às caracteristicas que os componentes da iluminação: lâmpadas, luminárias e reatores apresentam.

Na Figura 40 a seguir é apresentado um gráfico com a porcentagem dos níveis de eficiência energética que todos os ambientes do prédio apresentam observando que 36% dos ambientes apresentam o nível E, o mais baixo, seguido de 20% dos ambientes com nível D, o que provoca a queda de nível de eficiência do sistema de iluminação global.

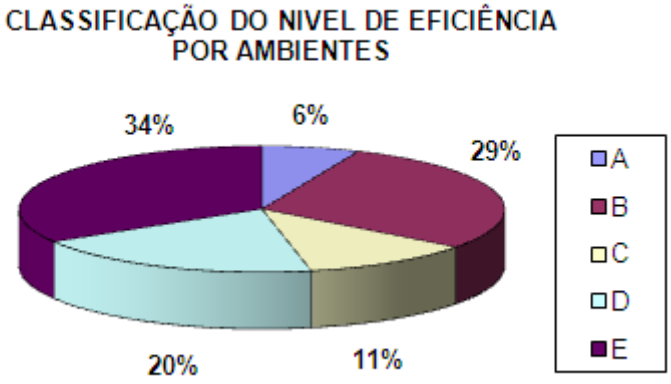


Figura 40- Classificação do nível de eficiência energética por ambientes
Fonte: autor

O presente estudo foi agrupado em três grandes áreas para uma otimização das análises das características a serem alteradas para um estudo de melhoria de eficiência energética: áreas das salas, áreas de serviço e áreas de circulação.

As áreas denominadas “áreas de serviço” onde são incluidos os banheiros, as escadas e o hall, resultaram ser ineficientes, por estar constituidas geralmente por lâmpadas incandescentes. É observado que a eficiência energética da iluminação diminui nos banheiros quando além das luminárias de teto, existem lâmpadas incandescentes nos espelhos. O 6º pavimento obteve uma melhor eficiência devido à inexistencia desse tipo de lâmpadas, como pode se observar na Figura 41. No hall e escadas a ineficiência é devido ao uso do mesmo tipo de lâmpada incandescentes provocando um consumo alto de eletricidade com iluminação.

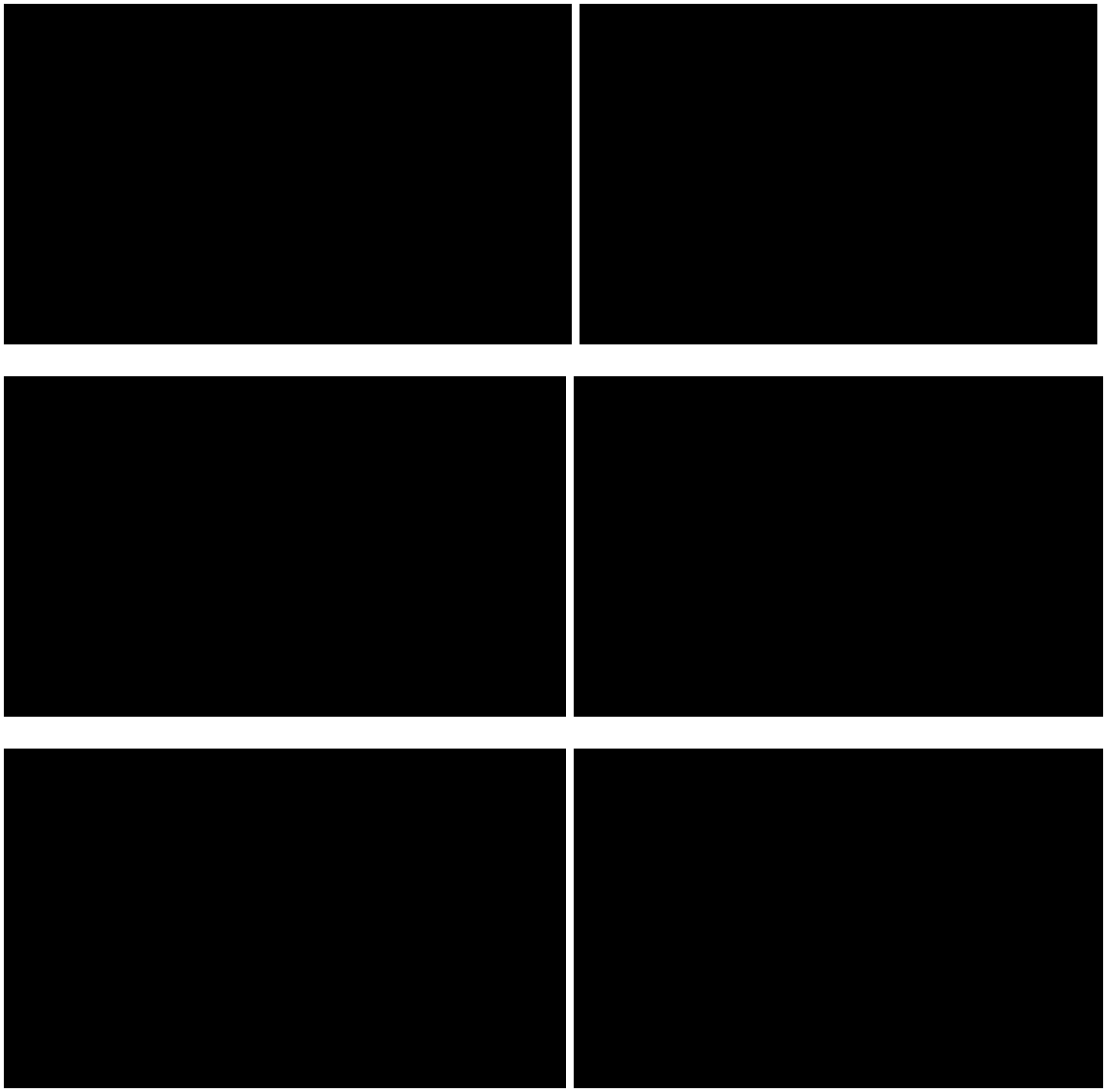


Figura 41- Níveis de eficiência energética nas áreas de serviço por andar
Fonte: autor

Recomenda-se a substituição por fontes de luz mais rentáveis energéticamente, como lâmpadas fluorescentes compactas de 20W, como podemos observar na Figura 42, onde é representada a eficiência luminosa de alguns grupos de lâmpadas comercialmente disponíveis, que representa o quociente entre o fluxo luminoso, emitido em lumens e a potência consumida, em watts.

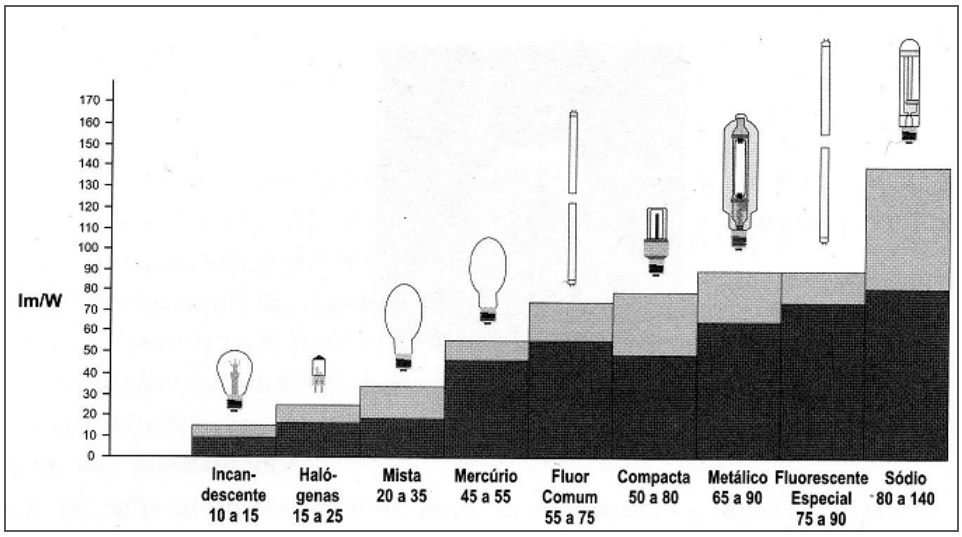


Figura 42- Eficiência luminosa de lâmpadas comerciais
Fonte: IBAM, PROCEL,ELETROBRAS,2004.

As áreas identificadas como “áreas de salas” distribuídas ao longo do edifício mostram diferentes níveis de eficiência energética, apresentando uma eficiência mais baixa naquelas zonas onde existem uma maior potência por área, como pode se observar nas tabelas apresentadas no Apêndice F. Poderiam assim se substituir os reatores eletromagnéticos, que aportam maiores perdas de até 20%, IBAM; PROCEL; ELETROBRÁS (2004), por reatores eletrônicos com 10% de perdas, através do uso de fluorescentes mais eficientes, permitendo a eliminação de algumas lâmpadas na zona, sempre sem deixar de fornecer os níveis de iluminância mínimos recomendados pela NBR 5413 (ABNT, 1992).

As zonas denominadas como “áreas de circulação”, que incluem corredores e alguns banheiros localizados nos extremos dos corredores apresentam igualmente uma ineficiência de iluminação. Pode se considerar a substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas de 20W diminuindo, assim, a potência sem custo de iluminancia, como pode se observar no térreo e no 6º pavimento na Figura 43.

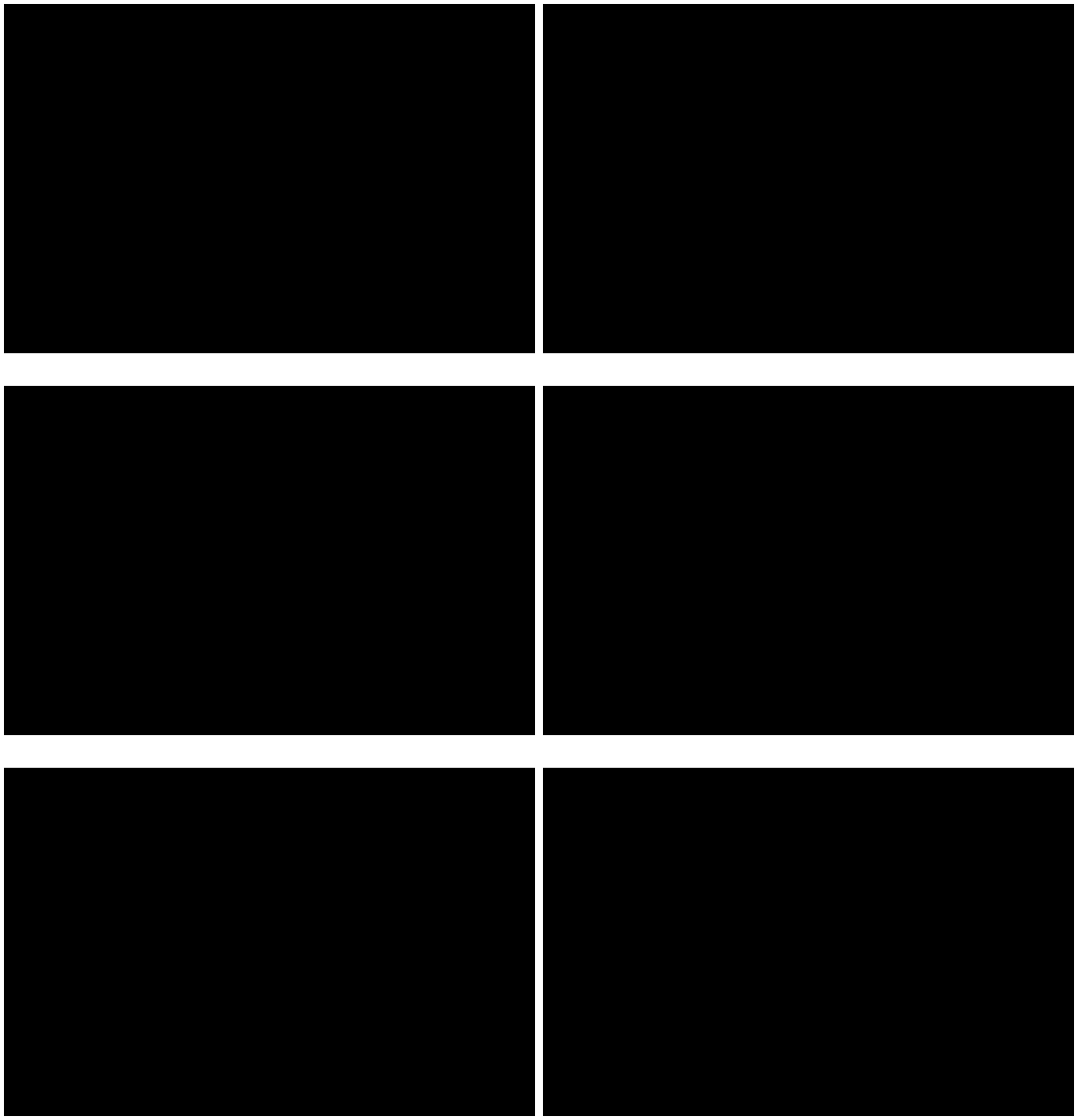


Figura 43- Níveis de eficiência energética nas áreas de circulação por andar
Fonte: autor

No subsolo poderia-se alcançar uma melhoria na eficiência energética de iluminação, simplesmente suprimindo algumas luminárias na sala de elevadores, que provocam uma alta quantidade de potência desnecessária. A Figura 44 representa a modificação que poderia ser feita ao retirar as 4 luminárias menores, conseguindo assim uma melhora na eficiência geral deste ambiente e portanto uma modificaçao do nível de eficiência de C para B.

Figura 44- Níveis de eficiência energética no subsolo atual e modificado
Fonte:Autor

Concluindo, quanto maior o valor da eficiência luminosa de uma deteminada lâmpada, maior será a quantidade de luz produzida com o mesmo consumo, ou menor será o consumo para produzir uma mesma quantidade de luz, IBAM; PROCEL; ELETROBRAS (2004), podendo assim considerar que lâmpadas com melhor desempenho energético aumentam o nível de eficiência (CARLO; FERREIRA; LAMBERT, 2009).

Nestas alterações tem que ser considerado o planejamento dos recursos financieros e humanos para serem implantados. Uma valorização econômica terá que ser desenvolvida para considerar as possibilidades de mudança no futuro.

4.2.3 Contribuições ao Regulamento

Em relação ao método de cálculo da densidade de potêcia de iluminação (DPI) o regulamento, INMETRO (2009) não clarifica a metodologia precisa para obter a classificação de eficiência do nível de Sistema de Iluminação aplicados em

edifícios existentes o em fase de projeto o que dificulta o entendimento do leitor.Por outro lado o método da densidade de potencia de iluminação relativa apresenta uma serie de dificuldades.Não considera o tipo de equipamentos especificos que determinados ambientes podem necessitar com desempenhos energéticos variáveis, como luminárias com aletas em escritórios para evitar ofuscamento, ou equipamentos especiais em função do conforto ou da saúde, o que pode incitar aos projetictas a escolherem equipamentos em função do nível que desejam atingir e não em função de caraterísticas importantes compromentendo a qualidade do projeto, Greici; Lamberts (2010). Ao mesmo tempo a metodologia definida no RTQ-C, INMETRO (2009) determinando o índice de ambiente K, ainda em vigor, é uma tarefa árdua e trabalhosa para edificações que possuem muitos ambientes.

Na nova consulta pública do regulamento, INMETRO (2010) podemos observar que já é incorporado um novo método de cálculo da potencia de iluminação interna denominada “Método da área do edifício” onde o cálculo do DPI é obtido por meio da área identificando a atividade principal do edifício que associa uma potência de iluminação limite (DPI_L) para cada nível de eficiência. Esta metodología está em concordancia com a norma ASHRAE/IESNA 90.1, (modelo de norma utilizada para desenvolver o RTQ-C), que é utilizada por diversos países como base de suas regulamentações ou normalizações de eficiência energética em edificações e não faz uso do cálculo do índice do ambiente "K", sendo determinado através da metodología “Building Area Method” ou no “Space-by-Space” Method para determinação da eficiência energética dos sistemas de iluminação. Este novo procedimento proporciona uma diminução no esforço do cálculo apresentado no “Método das Atividades do Edificio” (INMETRO, 2010).

Ainda que o RTQ-C não tenha como função avaliar a qualidade do projeto luminotécnico, ele pode ser um instrumento valioso na observância dos valores mínimos de iluminância dos ambientes, que é estipulado pela norma NBR 5413 Iluminação de Interiores, ABNT (1992). Com esta verificação, se um ambiente não estiver com sua iluminância de acordo com a norma, todo o grupo de ambiente a que ele pertence terá seu EqNum rebaixado, alterando a classificação final de eficiência energética do grupo, INMETRO (2009). Igualmente seguindo as conclusões do relatório, Greici; Lamberts (2010), níveis de iluminação maiores que os recomendados pela NBR 5413 influenciará de forma direta nos níveis de eficiência energética dos edifícios.

Assim como foi concluido no estudo aplicado por Sangoi (2009), é reiterado no presente caso de edificações existentes como em fase de projeto, a necessidade de um detalhamento das especificações dimensionais e descritivas dos espaços e equipamentos individuais.Para edificações em fase de projeto, obter um nível desejável implica um envolvimento multidisciplinar entre os profissionais para atingir os requisitos necessários, aplicando um projeto luminotécnico que seja desenvolvido em conjunto com à proposta de arquitectura.

4.3 Análises de Condicionamento de Ar

Este é o sistema que geralmente apresenta uma grande participação no consumo de energia elétrica do prédio, tendo uma maior porcentagem na classificação geral do edifício, com uma distribuição de pesos de 40%.O sistema de condicionamento de ar antigo foi substituído por o atual resfriador de líquido de condensação de ar com condensador, sendo um sistema altamente eficiente, onde o sistema de controle é capaz de sentir se a carga é reduzida, para poder desligar equipamentos que operem desnecessariamente.

Atualmente o recálculo de ocupação do pessoal está sendo aplicado, devido à alta quantidade de ambientes que estão desabitados para obter uma maior eficiência energética e evitar o consumo de condicionamento de ar não necessário, reduzindo na vazão de ar exterior (ventilação), ou rebalancear o sistema de distribuição de ar (dutos).

4.3.1 Análises dos Pré-requisitos

Os pré-requisitos estão ligados aos equipamentos de condicionamento de ar individuais que são neste caso de estudo, os sistemas auxiliares que a edificação possui tipo split e janela. Mesmo assim segundo o regulamento para poder atingir o nível máximo o pré-requerimento de sombreamento deveria ser atendido para ter alcançado o nível de eficiência energética A, que o sistema principal central fornece nas suas especificações. Uma solução poderia ser a implantação de sombreamentos em estes equipamentos.

4.3.2 Análises da eficiência dos equipamentos de ar condicionado

A classificação B atingida pela edificação está diretamente relacionada com o tipo de equipamento de condicionamento central adaptado a necessidade de edifício comercial de escritórios de alto padrão, com as vantagens de manutenção centralizada de baixo custo, longa vida útil, elevada eficiência energética do sistema central, menor nível de ruído interno e com um dimensionamento em função das características psicrométricas e de carga térmica específica da aplicação.

A influência que os equipamentos de condicionamento de ar individuais apresentam não produz uma alteração no valor do nível de eficiência atingido pelo equipamento central, pelo fato de possuírem um tempo de atuação mais limitado por entrar em funcionamento em uma quantidade menor de horas quando o sistema central é desligado.

4.3.3 Contribuições ao Regulamento

Dentro do regulamento, INMETRO (2009) nas tabelas de classificação 5.1, 5.2, 5.3 de sistemas de condicionamento de ar não regulamentados pelo INMETRO, a eficiência mínima para equipamentos de condicionamento de ar com capacidade menor do que 19 kW está representada em SCOP (Seasonal Coefficient of Performance), cuja definição advém da norma ASHRAE/IESNA 90.1 norte-americana e deve atender aos regulamentos e leis daquele país, tal como o National Appliance Energy Conservaction Act, de 1987, que justamente determina que os aparelhos com capacidade de condicionamento de ar menor do que 19 kW devam ter sua eficiência dada pelo SCOP, devido as diferenças climáticas sazonais encontradas em território americano. Contudo, não seria necessário que o Brasil siga uma lei norte-americana para definir os parâmetros de eficiência mínima dos condicionadores de ar de janela e do tipo split-system comercializados no território nacional, ainda mais que as diferenças climáticas sazonais no Brasil não são tão rigorosas como nos Estados Unidos. Assim é sugerido que, devido à ausência de parâmetros nacionais confiáveis para a determinação da eficiência de tais aparelhos, que não foram regulamentados pelo Inmetro, não possam ser certificados pelo RTQ-C, recebendo a classificação "E" “E”. Caso necessitem ser classificados, que sejam através do valor do COP, em substituição ao SCOP como parâmetro de eficiência

mínima para classificação destes equipamentos, que é o valor parametrizado nas características dos equipamentos do território brasileiro. Com esta mudança, a certificação de sistemas de condicionamento de ar dos equipamentos de janela e split, para edificações existentes, poderão ser feitas pelo método prescritivo, retirando a necessidade de se executar uma simulação nestas edificações, o que encareceria e desestimularia o processo de certificação energética.

No que se refere às descrições estabelecidas no Regulamento Técnico de Qualidade, INMETRO (2009) nos itens 5.4.1 a 5.4.8 como cálculo de carga térmica, controle de temperatura, automação, isolamento de zonas, e controles e dimensionamento do sistema de ventilação, entre outros, não é encontrado de forma explicita se é obrigatório o cumprimento dos mesmos para obter um tipo de nível de eficiência energética determinada ou simplesmente são recomendações para se obter, em edificações novas, um projeto mais eficiente.

4.4 **Análises da Ventilação Natural**

Avaliar a influencia do recurso bioclimático da ventilação natural na arquitetura vem sendo considerado, mas continuam existindo algumas barreiras pelos arquitetos, devido principalmente à falta de garantias que ela possa proporcionar no conforto térmico necessário, quando comparada aos sistemas artificiais de climatização (CIRNE, 2006, pg16).

Para examinar todas as variáveis envolvidas na ventilação natural, atualmente existem ferramentas de simulação baseados na dinâmica dos fluídos computacionais (CFD). É difícil mostrar que a ventilação natural garante o conforto térmico exigido pelas variáveis definidas. Atualmente os programas de simulação de ventilação natural tem se tornado uma ferramenta viável para prever o comportamento da ventilação natural, mas continuam sendo complexos programas Pedrini (2003) que carregam altos custos de consultoria sendo pouco freqüentes no uso por parte dos arquitetos na produção de um novo projeto. Existem diferentes programas de simulação energética como ESP-r. ENERGYPLUS, TRNSYS.

Infelizmente foi impossível a realização da avaliação da ventilação natural no presente trabalho através do software dado à grande magnitude que este item individualmente proporcionaria, gerando o desenvolvimento de outras teses. É por isto que a estratégia considerada no estudo para obter o EqNumV foi a simplificação

de considerar os valores já puramente obtidos na teses desenvolvida por Magiag (2010) , e ser adquiridos por similaridade com algumas das características climáticas e geométricas do atual edifício. Usando esta metodologia e aplicando os valores encontrados, chegou-se ao nível de eficiência energética B.

4.5 **Classificação Geral**

4.5.1 Análises dos Pré-requerisitos

Teria que ser instalado um controle inteligente de tráfego para elevadores para cumprir com o requisito mínimo que faz atingir o nível A na edificação**.**

4.5.2 Análises das bonificações

As bonificações podem proporcionar uma pontuação extra na equação geral elevando a eficiência energética do edifício. Atualmente na edificação não tem implantado nenhum sistema complementar para o aumento da eficiência, mas segundo as considerações de Ricetta (2010) desenvolvidas e aplicadas ao atual caso do IBAM , fontes de energia renováveis poderiam ser incorporadas, como painéis fotovoltaicos.

Painéis fotovoltaicos nas fachadas, com possibilidade de atendimento mínimo de 10% do consumo anual, com a carga atual em (kWh), podendo aumentar caso seja feita trocas dos equipamentos por mais eficientes, e considerando o uso direcionado para determinadas cargas ou horários ou épocas do ano de desafoga mento do consumo da edificação.

Os painéis fotovoltaicos podem alimentar o sistema de médio porte do CPD, além de outras pequenas cargas, porém se deve analisar a estocagem requerida para cada demanda específica.

Os painéis fotovoltaicos instalados na área de cobertura só atenderiam a sistemas de pequeno porte, destinados a segurança predial (emergência e iluminação externa), mas estes não são contemplados pelo RTQ-C, pois se configuram como carga externa da edificação. (emergência com alimentação

secundária e externa com iluminação fora da edificação), ou seja, mesmo com fotovoltaico não teriam pontuação para estes sistemas no telhado.

Para realizar a implantação de estas medidas, uma análise de custos teria que ser realizado para observar a viabilidade do projeto.

As medidas que não consigam economizar um 10% do consumo anual, porcentagem necessária para lograr a bonificação de 1, precisam ser combinadas como sistemas de cogeração, energia eólica, a fim de alcançar proporcionalmente os percentuais exigidos para este fim. Estas iniciativas poderiam estar oferecendo um aumento da eficiência geral aumentando a classificação elevando o nível de eficiência, como é indicado na Tabela 43, considerando no caso de nível A que o cumprimento do pré-requisito de controle inteligente de tráfego para elevadores fosse atendido.

Tabela 43- Níveis de eficiência energética com bonificações

Tipos de condicionamentos	**P_T atual**	**Nível**	**P_T bonificado**	**Nível bonificado**
PT_1 Cond. Artificial	2,5< **3,24** <3,5	**C**	3,24 + 1	**B**
PT_2 Cond. Natural	3,5< **3,57** <4,5	**B**	3,57 + 1	**A**

Fonte:Autor

4.5.3 Pontuação Total

Uma análise da influência das variáveis dos equivalentes numéricos na equação geral para a classificação foi avaliado e indicado nas seguintes tabelas, através dos diferentes cenários. É adquirida a nomenclatura de PT_1, pontuação global aplicando só condicionamento de ar artificial, e PT_2 pontuação global quando é a ventilação natural que atua.

Primeiramente consideramos as variações dos equivalentes da densidade de potencia (EqNumDPI).Verifica-se que a variação ocorrida no nível de eficiência energética do edifício é limitada a B como mostra a Figura 45, quando é considerado o condicionamento artificial, enquanto não afeta na variação do nível de condicionamento natural, que continua com a mesma valoração de nível B.

PARÂMETRO	REFERÊNCIA DE ESTUDO	VARIAÇÕES DO EQUIVALENTE		
APT	617,3			
ANC	3841,3			
AC	3737,3			
AU	4354,6			
b	0			
EqNumEnv	3			
EqNumDPI	2	3	4	5
EqNumCA	4			
EqNumV	4			
PT1	3,24	3,5	3,8	4,14
PT2	3,57	3,9	4,2	4,47
NÍVEL PT1	C	B	B	B
NÍVEL PT2	B	B	B	B

Figura 45- Variações do EqNumDPI
Fonte: Autor

Analisando a variação do equivalente numérico da envoltória a influência no resultado do nível de eficiência energética pode ser transformada de nível C para nível B, no caso de condicionamento artificial, como ilustra a Figura 46.

PARÂMETRO	REFERÊNCIA DE ESTUDO	VARIAÇÕES DO EQUIVALENTE	
APT	617,3		
ANC	3841,3		
AC	3737,3		
AU	4354,6		
b	0		
EqNumEnv	3	4	5
EqNumDPI	2		
EqNumCA	4		
EqNumV	4		
PT1	3,24	3,5	3,76
PT2	3,57	3,6	3,57
NÍVEL PT1	C	B	B
NÍVEL PT2	B	B	B

Figura 46- Variações do EqNumEnv
Fonte: Autor

A Figura 47 apresenta as variação no equivalente numérico do condicionamento de ar aumentando para 5 quando é atendido ao mesmo tempo o pré-requisito de sombreamento.Esta alteração eleva o nível de eficiência energética do PT_1 e PT_2 ao nível B.

PARÂMETRO	REFERÊNCIA DE ESTUDO	VARIAÇÕES DO EQ
APT	617,3	
ANC	3841,3	
AC	3737,3	
AU	4354,6	
b	0	
EqNumEnv	3	
EqNumDPI	2	
EqNumCA	4	5
EqNumV	4	
PT1	3,24	3,6
PT2	3,57	3,6
NÍVEL PT1	C	B
NÍVEL PT2	B	B

Figura 47- Variações do EqNumCA
Fonte: Autor

Finalmente concluímos que cumprindo com todos os pré-requisitos, além de poder atingir o nível A na edificação através da implementação das bonificações, o máximo nível de eficiência energética poderia ser obtido com ventilação artificial, alterando simultaneamente os equivalentes das variáveis EqNumDPI, EqNumEnv, EqNumAC com os valores indicados na Figura 48.

PARÂMETRO	REFERÊNCIA DE ESTUDO	VARIAÇÕES DO EQ
APT	617,3	
ANC	3841,3	
AC	3737,3	
AU	4354,6	
b	0	
EqNumEnv	3	5
EqNumDPI	2	4
EqNumCA	4	5
EqNumV	4	4
PT1	3,24	3,6
PT2	3,57	3,6
NÍVEL PT1	C	A
NÍVEL PT2	B	B

Figura 48- Variações simultâneas gerais
Fonte:Autor

4.5.4 Contribuições ao Regulamento

Ao indicar que os edifícios submetidos ao RTQ-C devam atender as normas da ABNT, é subentendido que todos os edifícios etiquetados estarão em conformidade com estas normas. Caso ocorra algum problema na edificação devido a não observância das normas, o consultor, o avaliador, o organismo de inspeção acreditado e o próprio INMETRO estarão sujeitos à responsabilidade solidária, juntamente com o projetista, que foi quem não aplicou as normas. Se a nossa visão a respeito da responsabilidade solidária estiver errada, à luz do Direito, deve-se ao menos ressaltar que a visão deste regulamento é a eficiência energética da edificação, eximindo este, os consultores, os avaliadores, os organismos de inspeção acreditados e o INMETRO dos problemas que, porventura possam ser causados à edificação pela não observância das normas da ABNT, que são de exclusiva atribuição do projetista. Além disso, o RTQ-C também tem a atribuição de avaliar edifícios existentes, dos quais muitos foram construídos fora das especificações atuais das normas da ABNT, o que poderá acarretar algum tipo de conflito ou dificuldade de avaliação, como por exemplo, edifícios construídos antes da vigência da Norma ABNT NBR 16401, que não levavam em consideração as questões de Qualidade do Ar Interno entre outros.

Outra observação seria referente ao item 2.2 do regulamento, INMETRO (2009). Nos edifícios existentes, devido ao fato de que muitos podem passar por reformas nos sistemas de iluminação e condicionamento de ar, com mais facilidade do que na envoltória, seria considerável permitir a etiquetagem nos três sistemas isoladamente sendo outorgada a etiqueta para envoltória, para Iluminação e para condicionamento de ar, independentemente, diferente de como está estipulado na versão atual do onde a etiquetagem parcial pode ser outorgada como Envoltória, Envoltória + Iluminação ou Envoltória + Condicionamento de ar. Esta medida pode acarretar maiores facilidades e incentivos de etiquetagem para aqueles edifícios existentes que já estão construídos e desperdiçando um alto consumo de energia.

Finalmente em ralação ao item 2.4, INMETRO (2009) do regulamento referente a possuir circuito elétrico com possibilidade de medição centralizada por uso final existem, no mercado, equipamentos como gerenciadores de demanda, ou outros, que desempenham a capacidade de efetuar medições nos sistemas utilizadores de energia elétrica, sem a necessidade de se configurar os circuitos

elétricos alimentadores para que sejam centralizados em um ou outro sistema. Assim, é oferecida mais uma opção para o empreendedor/projetista/consultor.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho investigou a eficiência energética de um edifício de serviços através do Regulamento Técnico da Qualidade para Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética, mediante a escolha do edifício existente IBAM como caso de estudo com o método prescritivo.

Com base nos resultados o efeito da ventilação natural apresentou uma melhoria no nível de eficiência energética.

O estudo exaustivo permitiu analisar a aplicabilidade do método prescritivo, para edifícios existentes, e contribuiu nas reflexões pertinentes e que foram consideradas para um aperfeiçoamento da metodologia na ultima atualização do Regulamento, emitido nº 17 de setembro de 2010, e apresentado no Anexo C.

Reiterando as conclusões consideradas na dissertação, Sangoi (2009), a metodologia do regulamento continua apresentando uma complexidade devido a quantidade de variáveis técnicas e arquitetônicas solicitadas sendo necessário que os profissionais envolvidos no processo estejam habituados em manejar os diferentes conceitos específicos referentes às propriedades térmicas, bioclimáticas e de conforto higrotérmico Ao mesmo tempo a aplicação do método em uma edificação existente carrega uma série de dificuldades no estudo pelas condições de acessibilidade aos dados e informações próprias necessárias.

Com base no estudo de campo realizado e tendo por base as plantas do prédio pode-se considerar que em termos de concepção arquitetônica e implantação há uma adequada sintonia com as condições ambientais do entorno (climáticas, topográficas, etc.).

O prédio apresenta fachadas cegas para os quadrantes leste e oeste e aberturas recuadas com alguma proteção solar para as direções Norte-Sul. A possibilidade do uso da ventilação natural foi explorada, de modo que pode ser usada uma climatização natural no edifício quando as condições climáticas permitirem. Ao longo dos anos a edificação sofreu diversas alterações internas que refletem no estado atual dos sistemas de iluminação artificial. Com relação a envoltória do prédio observa-se que face ao estado encontrado das superfícies influencia nos resultados do cálculo da eficiência energética. Quanto ao ar

condicionado, verificou-se que é constituído de um sistema central altamente eficiente, e vários outros equipamentos split ou de janela, que visam atender ambientes específicos como servidores e computadores. De modo geral verifica-se que a climatização artificial está adequada às atividades exercidas. A ventilação natural pode ser usada nos dias que a temperatura externa for propicia envolvendo as condições de conforto.

A avaliação da eficiência do uso da energia elétrica nas edificações é uma medida importante para a redução da demanda e do consumo.

A avaliação do nível de eficiência energética do IBAM verificou-se quanto foi importante a orientação adequada do prédio, a disposição das fachadas e aberturas, além do favorecimento à ventilação natural. Constatou-se, devido ao desgaste natural do prédio a necessidade de serem realizadas algumas intervenções relativas a acabamento e pintura da envoltória, além de uma revisão no sistema de iluminação artificial. A análise realizada confirma a hipótese inicialmente formulada de que esta obra modernista foi concebida sob conceitos arquitetônicos e bioclimáticos, conceitos estes atualmente enfatizados como necessários para uma maior eficiência energética dos edifícios.

Atualmente o regulamento tem o caráter voluntario mais no futuro quer se considerar obrigatório. Existem atualmente já 12 edificações etiquetadas (LABEEE), no momento atual (Dez.2010).

5.1 **Perspectivas Futuras**

No Brasil, nos últimos anos, normas e regulamentos têm sido desenvolvidos com sucesso para proporcionar projetos de eficiência energética real, mas dificuldades continuam aparecendo na aplicação dos mesmos, como desempenho econômico difícil de avaliar, divergência entre as necessidades do usuário e do construtor que persegue uma redução de custos mais do que de baixo consumo e pouca divulgação dos benefícios energéticos entre outras

Estudos comparativos de países que têm implementado um mecanismo de controle padronizado de eficiência energética nos edifícios, podem ajudar a desenvolver os regulamentos e leis que podem ativar metas específicas para

alcançar a eficiência energética de edifícios nos países em desenvolvimento e emergentes.

Existe a possibilidade de que a etiqueta de eficiência energética seja usada como parâmetro para a contratação de novos prédios públicos e no programa Pró Copa Turismo, do Banco Nacional de Desenvolvimento econômico e Social (BNDES), aportando financiamento para empreendimentos de meios de hospedagem que estejam classificados como etiqueta geral “A”, sendo que a linha de crédito é de R$ 1 bilhão e se destina a cidades-sedes e capitais, com valores que variam de R$ 3 milhões a R$ 10 milhões (SANTOS 2010).

Mas a pesar do avanço com a etiquetagem ainda há barreiras a vencer como os problemas que aparecem nas fases de projeto e construtiva, sendo preciso mais investimento na formação e a reciclagem profissional para aproveitar melhor os recursos naturais e evitar o desperdício. Existe uma necessidade de incentivos para materiais e projetos eficientes e uma revisão de códigos de obras, onde as vezes questões de eficiência energética não estão esclarecidas (NOGUEIRA,2010).

É interessante destacar que o uso de energia em edifícios pode ser reduzido mundialmente em 60% até 2050 sendo essencial para atingir as metas globais de mudanças climáticas e exigindo uma ação imediata para transformar o sector da construção como mostra o relatório da EEB (2010). O relatório resultante do projeto faz seis recomendações principais como: Reforçar os códigos de construção e rotulagem da energia para aumentar a transparência; Usar os subsídios e os sinais de preço para incentivar investimentos em eficiência energética; Encorajar abordagens Desenho Integrado e Inovação; Desenvolver e utilizar tecnologia avançada para ativar o comportamento de economia de energia; Desenvolver a capacidade pessoal de poupança de energia; Mobilizar para uma cultura energeticamente consciente.

5.2 **Sugestões para trabalhos futuros**

- Comprovar através das ferramentas computacionais se a metodologia de Magiag (2010) poderia ser utilizada como alternativa para poder obter o equivalente numérico da ventilação EqNumVent necessária para a fórmula da classificação geral do nível de eficiência energética do edifício.

- Estudar a proposta econômica necessária para poder alcançar os melhores níveis de eficiência energética propostos, entre eles a implantação de painéis fotovoltaicos.

- Continuar aplicando o método prescritivo em diferentes edificações do Brasil, para formar uma ampla base de casos em todas as zonas bioclimáticas.

- Classificar o nível com a metodologia de simulação proposto no Regulamento Técnico.

REFERÊNCIAS

ABRAVIDRO.Associação de vidros brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos.1990. Disponível em: <http://www.andiv.com.br/fiquepordentro_agenda.asp>.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5413. Iluminância de Interiores, ABNT, 1992.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-1. Desempenho térmico de edificações. Parte 1:Definições, símbolos e unidades.Rio de Janeiro: ABNT, 2005 a.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-2. Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005 b.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-3. Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005 c.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-1. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos.Desempenho.Parte 1: requisitos gerais.Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Relatório anual 2008. Agência Nacional de Energia Elétrica.Brasília:ANEEL, 2008.

ASHRAE, Standard 90.1-1999. American Society of Heating, Refrigerating ano Air-Conditioning Engineers, Inc.Atlanta, 1999.

ASHRAE, Standard 55.Thermail Environmental Conditions for Human Occupancy 1992.

ASHRAE, ASHRAE Handbook Fundamentals (SI). Chapter 8. Thermal comfort. USA, 1997.

ASHRAE, Standard 140 Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs. 2001

BALDWIN, R.;LEACH, S.J; DOGGART, J.V.;ATTENBOROUGH, M.P.”BREEAM An environmental assessment for new office designs” . BRE Report. Garston, CRC.1990.

BALDWIN, R.;YATES, A.; HOWARD, N.;RAO, S.”BREAAM 98 for offices: an environmental assessment method for office buildings”. BRE Report. Garston, CRC.1998.

BARBOSA, V. Artigo da revista Portal Examen.com. Disponível em < http://portalexame.abril.com.br/meio-ambiente-e-energia/noticias/predios-etiqueta-eficiencia-energetica-economizam-40-luz-590659.html.> Acesso em ago 2010.

BRAGANÇA, L. Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios Metodologia SBTooIPT.Universidade do Minho.Escola de Engenharia. Departamento de Engenharia Civil e Iniciativa Internacional para a Sustentabilidade do Ambiente Construído (iiSBE-Portugal),2008.(Apresentação slides).

BRASIL. *Lei n.10295, de 17 de outubro de 2001.*Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, 2001 a. . Disponível em <www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>.Acesso em: 14 nov.2009

_____,*Decreto n. 4059, de 19 de dezembro de 2001*.Regulamenta a Lei no 10.295 de17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia.Lex:Diário Oficial da União, Brasília.2001b. Disponível em: <www.mme.gov.br/ministerio/legislação/decretos/Decreto%20n%204.059-2001.htlm>. Acesso em 14 nov. 2009.

BOYCE, PETER R. Human factors in lighting. Taylor & Francis. London. 2003.

CANDIDO, C. M. Ventilação natural e códigos de obras: uma análise das tipografias de aberturas nos edifícios de escritórios em Maceió/AL. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Alagoas, 2006.

CARLO J.; FERREIRA R.; LAMBERTS R.;Aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para Sistemas de Iluminação.X Encontro Nacional e VI encontro Latino-Americano Conforto no Ambiente Construído.2009.pp 1064.

CASALS, X.G. Analysis of building energy regulations and certification in Europe: Their role, limitations and differences. In: Energy and Buildings. Oxford: Elsevier, 2006.v38,pp 381-392.

CEBRAE Produtores de vidro.Disponível em http://www.cebrace.com.br/v2/vidro Acesso em 28 nov 2009.

CENSE booklet 1 - Compilation of information papers introducing the CEN standards concerning overall energy performance of buildings. Disponível site <http://www.buildup.eu/es/publications/10543>, 2010.

CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica; Eletrobrás. Rio de Janeiro, 1974.

CIRNE T. S.; Simulação Computacional como ferramenta de auxílio ao projeto: aplicação em edifícios Naturalmente Ventilados nos Clima de Natal /RN. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.2006.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CTE.Código Técnico de la Edificación.1999.Disponível em <http://www.codigotecnico.org > Acesso em:07 julho 2010.

DEAR , R.J., BRAGER G.S. “Thermal comfort in naturally ventilated buildings revisions to ASHRAE Standar 55.Energy and Buildings n.34, pp 549-561.2002.

DIE. German Development Institute Carmen Richerzhagem, Tabea Von Frieling, Nils Hansen,Anha Minnaert, Nina Netzer, Jonas Rubbild).Energy Efficiency in Buildings in China.Policies, Barriers and Oportunities.pdf.2006. Disponível em: <http://www.di-gdi-de>. Acesso em: 1 ago. 2009.

DOE. United States Department of Energy. Disponível em < http://www.spaenvis.nic.in/pdfs/ECBC.pdf> Acesso em: 20 outubro 2009.

ECBC. Energy Conservation Building Code.2006.Disponível em < http://www.energy.gov/> Acesso em: 20 janeiro 2010

ENERSAVE. MWSR Serviços Assessoria Técnica em Serviços de Engenharia Térmicos e Elétricos. Diagnóstico Energético do IBAM. 1997.<não existe atualmente>.

FANGER, O. Thermal Comfort – analysis and application in environmental engineering. New Iorque,EAU,1973.

FANGER, O.;TOFTUM, J.A. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates.”Energy and Buildings”n.34,pp 533-536, 2002.

GIDS W.F; JICHA M. Hybrid Ventilation: Air Infiltration and Ventilation Centre. AIVC VIP 32, 2010, 8 pp.Disponível em < www.aivc.org> .Acesso em: 20 janeiro 2010

GIVONI, B. Confort, climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings, v.18, 1992. p. 11-23.1992.

GOMES DA SILVA, V.; AGOPYAN V.; GOMES DA SILVA, M. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: Estágio Atual e Perspectivas para Desenvolvimento no Brasil.Artigo revista AC.

GONÇALVES, H. GRAÇA, J. M. Conceitos bioclimáticos para edifícios em Portugal. Lisboa, edição DGGE/ IP – 3E, novembro de 2004..

GOULART, S. V.G.; LAMBERTS, R. ;FIRMINO, S.Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras.2ª edição.Florianópolis.Núcleo de Pesquisa em Construção Civil.Universidade Federal de Santa Catarina.1998.pg 225.Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br>. Acesso em: 20 dezembro 2009.

GOULART, S. V. G. Thermal inertia and natural ventilation – optimisation of thermal storage as a cooling technique for residential buildings in Southern Brazil. 2004. 185

f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Architectural Association School of Architecture, Graduate School: 2004.

GOULART,S.Levantamento da experiência internacional: Experiência Européia.Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.a

_____ Levantamento da experiência internacional: Experiência nos Estados Unidos. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.b

_____ Levantamento da experiência internacional: Experiência Australiana. Discussão Final.Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

GREICI Ramos, LAMBERTS Roberto. Relatório Técnico do Método de Avaliação do Sistema de Iluminação do RTQ-C pdf. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br>. Acesso em: 20 maio 2009.

GBCA.Green Building Council of Australia, 2001. Disponível em: <http://www.gbcaus.org> . Acesso em: 05 maio 2010.

HQE.Haute Qualité Environnementale, 1992. Disponível em: <http://www.assohqe.org> . Acesso em: 21 abr 2010.

IBAM/ELETROBRAS/PROCEL; Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica. 2004.

IEA, International Energy Agency. Building Codes. Energy Efficiency Requirements in Building Codes; Energy Efficiency Policies for New Buildings. Mar 2008. Disponível em < http://www.iea.org/speech/2008/jl_building_codes.pdf>.

IEA, International Energy Agency.”Key World Energy Stadistic”, 2010. Disponível em < http://www.iea.org>.

IEA, Philippine de T Serclaes, Financing Energy Energy Efficient Homes: Existing policy responses to financial barriers, February 2007, pg 265/304.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia 2010. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>.

INMETRO, Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br>. Acesso em nov 2009.

_____ Consulta Pública da portaria nº181 sobre Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, 21 de maio de 2010. Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br>.

INPE.Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.2006. Disponível em: < http://www.cptec.inpe.br/ >. Acesso em : fev 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa de clima no Brasil. IBGE, 2002. Disponível em < http://www.ibge.gov.br>.

ISO7730 International Organization for Standasdization .“Moderate thermal enviroments-Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort”. Geneva. 1984.

LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.2010 Disponível em < http://www.labeee.ufsc.br> Acesso em : julho 2010.

LABEEE. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Manual para a aplicação dos regulamentos RTQ-C e RAC-C. Disponível no site <http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>. Acesso em : Dez 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW 1997.

LISA.LCA in Sustainable Architecture, 2004. < http://www.lisa.au.com/index.htlm> Acesso em : mai 2010.

LBNL, Lawrence Berkeley National Laboratory; Berkley, California 94720.2001.Software WINDOW v.6.Disponível em <windows.lbl.gov/.2010>.

LOMARDO, Louise Land B. Estudo para uma legislação de estímulo à eficiência energética dos edifícios. Tese (Doutorado em Planejamento Energético). Rio de Janeiro: 2000. Programa de pós-graduação em Planejamento Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 2000.

MALAFAIA C., Christina. Análises da qualidade ambiental de espaços urbanos em clima tropical úmido: Uma proposta metodológica para espaços residuais. Teses Doutorado em arquitetura UFRJ. 2008.

MAGIAG L. R. Desempenho termo-energético de habitações multifamiliares desenvolvimento de uma ferramenta para fase inicial de projeto. Proposta de qualificação de doutorado. Pós-graduação em ciências e técnicas nucleares. UFMG. 2010.

MANSOURI, Y.; ALLARD,F.; MUSY,M.Conceptual implementation of natural ventilation strategy. Building Simulation, 2003, Eindhoven Anais Eindhoven:2003.

MARINOSKI DEIVISL; LAMBERT R. Recomendações para padronização do processo de determinação do Fator Solar de vidros no Brasil.2008, pg8.

MARCONI M. de A.LAKATOS, E.M.Fundamentos de Metodologia Científica São Paulo.Editora Atlas S.A, 2003.

MATOS, M. Simulação Computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil-PPGEC. Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC. 2007.

MEIER A., OLOFSSON T., LAMBERT R. What is an Energy Efficient Building? IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz de Iguaçu.Paraná.Brasil.2002.

MENDES C., J.C. Estratégias visando eficiência energética e conforto térmico incorporados aos projetos de edificações residenciais em Maringá-PR. Universidade Federal de Santa Catarina. Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2002.

MENDES,N.;LAMBERTS,R.;CUNHA NETO, J.A.B.Building Simulation in Brazil. In:BUILDING SIMULATION,7.,2001,Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro. 2001.

BEM. Balanço Energético Nacional. Ministério das Minas e Energia.Ano Base 2009. Relatório Final. Empresa de Pesquisa Energética, EPE. Rio de Janeiro. 2010 a. Disponível em <www.ben.epe.gov/BENRelatórioFinal 2010.aspx>.

BEM. Balanço Energético Nacional. Ministério das Minas e Energia.Ano Base 2009. Resultados Preliminares. Empresa de Pesquisa Energética, EPE. Rio de Janeiro. 2010 b. Disponível em <www.ben.epe.gov/BENRelatórioFinal 2010.aspx>.

NOGUEIRA, S.Gerente da Divisão de Eficiência Energética em Edificações da Eletrobrás e responsável pelo Procel Edifica.Revista bimestral renergy Septembro-Octubro 2010.

OLESEN,B.W. International Standards for the indoor environment Indoor Air, 2004.Disponível em < http://www.ingentaconnect.com/content/mksg/ina>

PDEE..Plano Decenal da Expansão de Enegia 2019. Ministério das Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética, EPE. Rio de Janeiro. 2010.

PEDRINI, A. Desenvolvimento de metodologia de calibração de modelos para simulações térmica e energética de edificações. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Catarina.Florianópolis, 1997.

PEREIRA DE CASTRO, Eduardo. Método de Auxílio à Concepção Arquitetônica Baseado na Análise Multicritério e em Dados Simulados dos Comportamentos da Edificação.2005.(p36).

POUL E. KRISTENSENA ;Day lighting Technologies In Non-Domestic Buildings ; International Journal of Sustainable Energy, Volume 15, Issue 1 - 4 1994 , pages 55 - 67 .10 June 2010.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.Eletrobrás.Avaliação do Mercado de eficiência energética no Brasil, pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso – ano base 2005. Classe residencial, Relatório sudeste. Gráfica Eletrobrás - DAAP, setembro 2007.Disponível em <http://www.procelinfo.com.br>.

RAJA, I.A.;NICOL, J.K;McCARTEY, K.J;HUMPHEREYS, M.A.Thermal comfort:use of controls in naturally ventilated building.Energy and Buildings, v.33, p.235-244-2001.

RENERGY, Revista bimestral de Energia e Eficiência Energética.Setembro-Octubro-2010. Disponível em <www.renergybrasil.com.br>

RICETTA, Márcia. Sistemas Fotovoltaicos Integrados à Edificação. Teses de Mestrado em Engenharia Mecânica UERJ. 2010.

RISUELO F. Lic.Certificados de Eficiencia Energética em Edificios.Resumen Ejecutivo.Camara Argentina de la Construcción.Disponível site < http://www.camarco.org.ar/Publicaciones.aspx> Agosto 2010.

RORIZ, Mauricio; GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. Um zoneamento bioclimático para o Brasil. CPLP, 2001.

SANTANA,M. V. ;Influência de Parâmetros Construtivos no Consumo de Energia de Edifícios de Escritório Localizados em Florianópolis -SC. 2006.181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SANGOI K., C. Aplicação do Regulamento para etiquetagem do nível de Eficiência Energética de Edifícios: O caso do centro de tecnologia da UFSM. 2009.82 p.

SANTOS, C. M. L; BASTOS, L. E. G; BARROSO-KRAUSE C. M.L.-Universidade Federal do Rio de Janeiro ; Visual Comfort Analysis For An Office Building Through The Window Luminance Control.

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.

SZOKOLAY, S.V. Introduction to architectural science. London: Elsevier, 2004

VERSAGE, R. de Souza. Ventilação Natural e desempenho térmico de edifícios verticais multifamiliares em Campo Grande, MS. Dissertação ao programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina UFSC. 2009.

WBCSD World Business Council Susteinable Development.Relatório síntese, Disponível em : <http:www.wbcsd.org/template> Acesso em: 20 mai 2010. 2009 a.

WBCSD The Energy Efficiency in Buildings Report, EEB´s report. Disponível em <http:www.wbcsd.org/plugins/DocSearch>. Acesso em: 20 mai 2010.2009 b.

USGBC.United States Green Building Council 2001.Disponível em <www.usgbc.org>

ZOMER, C.; DEBIAZI, RÜTHER, R. A arquitetura eficiente como um meio de economia energética atuando no gerenciamento pelo lado da demanda. UFSC; XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Fortaleza, CE: ENTAC, 2008.

GLOSSÁRIO

Abertura — Todas as áreas da envoltória do edifício, com fechamento translúcido ou transparente (que permite a entrada da luz), incluindo janelas, painéis plásticos, clarabóias, 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.

Ambiente — Espaço interno de um edifício, fechado por superfícies sólidas, tais como paredes ou divisórias, teto, piso e dispositivos operáveis tais como janelas e portas;

Ambiente Permanência Prolongada

Ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo escritórios, área de venda de mercadoria, salas de aulas, cozinhas, áreas de refeição, circulação de público em shoppings centers fechados, laboratórios, consultórios, saguões de entrada onde haja portaria ou recepção com ocupante, locais para prática de esportes, etc. Não são ambientes de permanência prolongada: garagens e estacionamentos, depósitos, despensas, banheiros, áreas de circulação em geral, áreas técnicas onde a ocupação não é freqüente, etc. Os ambientes listados nesta definição não excluem outros não listados.

Ambiente Condicionado

Ambiente fechado (incluindo fechamento por cortinas de ar) atendido por sistema de condicionamento de ar.

Ângulo de sombreamento

Ângulos que determinam a obstrução à radiação solar 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 auto-sombreamento (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.

Ângulo Horizontal de Sombreamento

Ângulo formado entre dois 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).

Ângulo Vertical de Sombreamento

Ângulo formado entre dois 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).

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.

Coeficiente de Performance

Pode ser definido para as condições de resfriamento ou aquecimento. Para resfriamento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre o calor removido do ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de refrigeração ou uma porção específica deste sistema sob condições operacionais projetadas. Para aquecimento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre o calor fornecido ao ambiente e a energia consumida, para um sistema completo de aquecimento por bomba de calor, incluindo o compressor e, se aplicável, o sistema auxiliar de aquecimento, sob condições operacionais projetadas

Coeficiente Integrado de Performance (ICOP)

Grandeza que expressa o COP de refrigeração em carga parcial para unidades de condicionamento de ar unitárias, ponderando a eficiência

do equipamento quando este opera em diferentes capacidades de carga.

Envoltória Planos externos da edificação, compostos por fachadas, empenas, cobertura, brises, marquises, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõe.

Fator De Potência

Indica qual porcentagem da potência total fornecida (KVA) é efetivamente utilizada como potência ativa (KW).É a razão entre a potência ativa (KW) e a potência aparente (KVA).

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. 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.

Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico.

Países membros: Austrália, Áustria, Bélgica, Canadá, Chile, República Checa, Dinamarca, Finlândia, Francia, Alemanha, Grécia, Hungria, Islândia, Irlanda, Itália, Japón, Corea, Luxemburgo, México, Países Baixos, Nova Zelândia, Noruega, Polônia, Portugal, República Eslovaca, Eslovênia, Espanha, Suécia, Suiza, Turquia, Reino Unido, Estados Unidos.

Paredes Externas

Superfícies opacas que delimitam o interior do exterior da edificação; esta definição exclui as aberturas.

Percentual de Abertura Zenital (%)

Percentual de área de abertura zenital na cobertura. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60º

em relação ao plano horizontal. Deve-se calcular a projeção horizontal da abertura.

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).

Seasonal Coefficient of Performance

Pode ser definido para as condições de resfriamento ou aquecimento. Para resfriamento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre a quantidade de calor removido por um condicionador de ar durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano e a energia elétrica total consumida no mesmo período. Para aquecimento: segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre a quantidade de calor fornecido por uma bomba de calor durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano e a energia elétrica total consumida no mesmo período.

Seasonal Energy Efficiency Ratio

Segundo a norma ASHRAE 90.1, é a razão entre a quantidade de calor removido de um condicionador de ar durante o período em que normalmente está em uso ao longo de um ano e a energia elétrica consumida neste mesmo período (em Wh).

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).

Tonelada equivalente de petróleo (tep)

É uma unidade de energia definida como o calor liberado na combustão de uma tonelada de petróleo cru, aproximadamente 42 gigajoules. Como o valor calórico do petróleo cru depende de sua exata composição química, que admite bastante variação, o valor exato da tep deve ser definido por convenção.

APÊNDICE A - Transmitância térmica das paredes

São apresentados os resultados das transmitâncias térmicas dos diferentes tipos de paredes que constituem o edifício.

As definições, unidades e símbolos das variáveis envolvidas no desempenho térmico da transmitância podem ser consultados na norma NBR 15220-1 (2005 a).

São considerados os valores de resistência térmica superficial externa (Rse) horizontal de 0,04 e resistência interna (Rsi) horizontal de 0,13, extraídos da norma NBR 15220-2 (2005 b), apresentada na Figura 49.

R_{si} (m^2.K)/W			R_{se} (m^2.K)/W		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
⇨ |	⇧	⇩	⇨ |	⇧	⇩
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Figura 49- Resistência térmica superficial interna e externa
Fonte: NBR 15220-1

A coluna dos comentários das tabelas apresentadas indica exatamente o lugar de onde foi extraída a resistência térmica de cada um dos elementos ou do conjunto de elementos.

Tabela 44- Transmitância térmica da Parede 1

[redacted]

Tabela 45- Transmitância térmica da Parede 2.

Tabela 46- Transmitância térmica da Parede 3.

(*) A Tabela 44 apresenta o valor da transmitância térmica correspondente ao conjunto parede U= 2,24. Por tanto o valor da resistência térmica R=1/U será de 0,446. Este valor está incluindo as resistências térmicas superficiais de Rse = 0,04 e Rsi = 0,13. Estas resistências devem ser subtraídas, para poder obter a transmitância do conjunto de tijolos como um elemento. Sendo assim o valor da resistência finalmente será de R = 0,446 - 0,04 - 0,13 = 0,276, valor representado na Tabela 44 e Tabela 46.

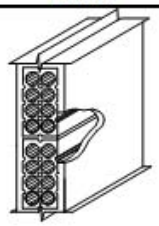
Parede	Descrição	U [W/(m².K)]	C_T [kJ/(m².K)]	φ [horas]
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167	3,7

Figura 50- Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para o conjunto parede
Fonte: NBR 15220-2

APÊNDICE B - Transmitância térmica da cobertura

São apresentados os resultados das transmitâncias térmicas dos diferentes tipos de coberturas que constituem o edifício.

As definições, unidades e símbolos das variáveis envolvidas no desempenho térmico da transmitância podem ser consultados na norma NBR 15220-1 (2005 a).

São considerados os valores de resistência térmica superficial externa (Rse) ascendente de 0,04 e resistência interna (Rsi) descendente de 0,17,extraídos da norma NBR 15220-2 (2005 b), apresentada na Figura 51.

R_{si} (m^2.K)/W			R_{se} (m^2.K)/W		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
⇨	⇧	⇩	⇨	⇧	⇩
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Figura 51- Resistência térmica superficial interna e externa
Fonte: NBR 15220-1

A coluna dos comentários das tabelas apresentadas indica exatamente o lugar de onde foi extraída a resistência térmica de cada um dos elementos ou do conjunto de elementos.

Tabela 47- Transmitância térmica da cobertura condicionada AC Nº1

[redacted]

Tabela 48- Transmitância térmica da cobertura condicionada AC Nº2

[redacted]

APÊNDICE C - Ângulos de sombreamento

1.1 Ângulos horizontais

1.1.1 Fachada Norte

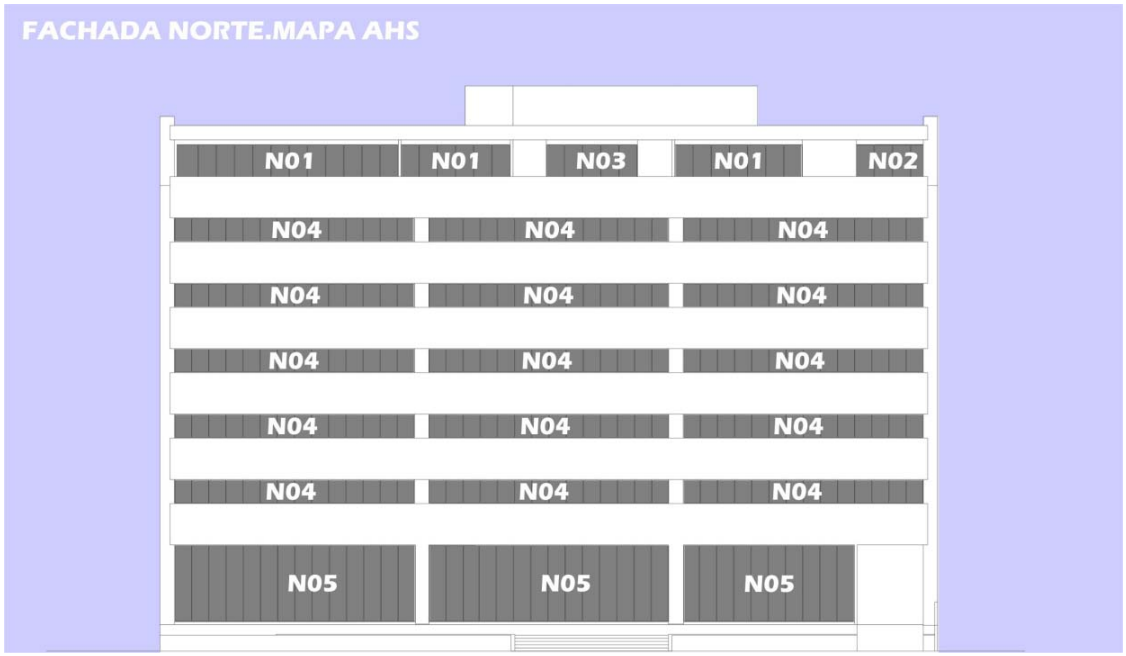


Figura 52- Localização dos ângulos horizontais da fachada norte.

Tabela 49- Ângulos horizontais da fachada norte

[redacted]

Fonte Autor

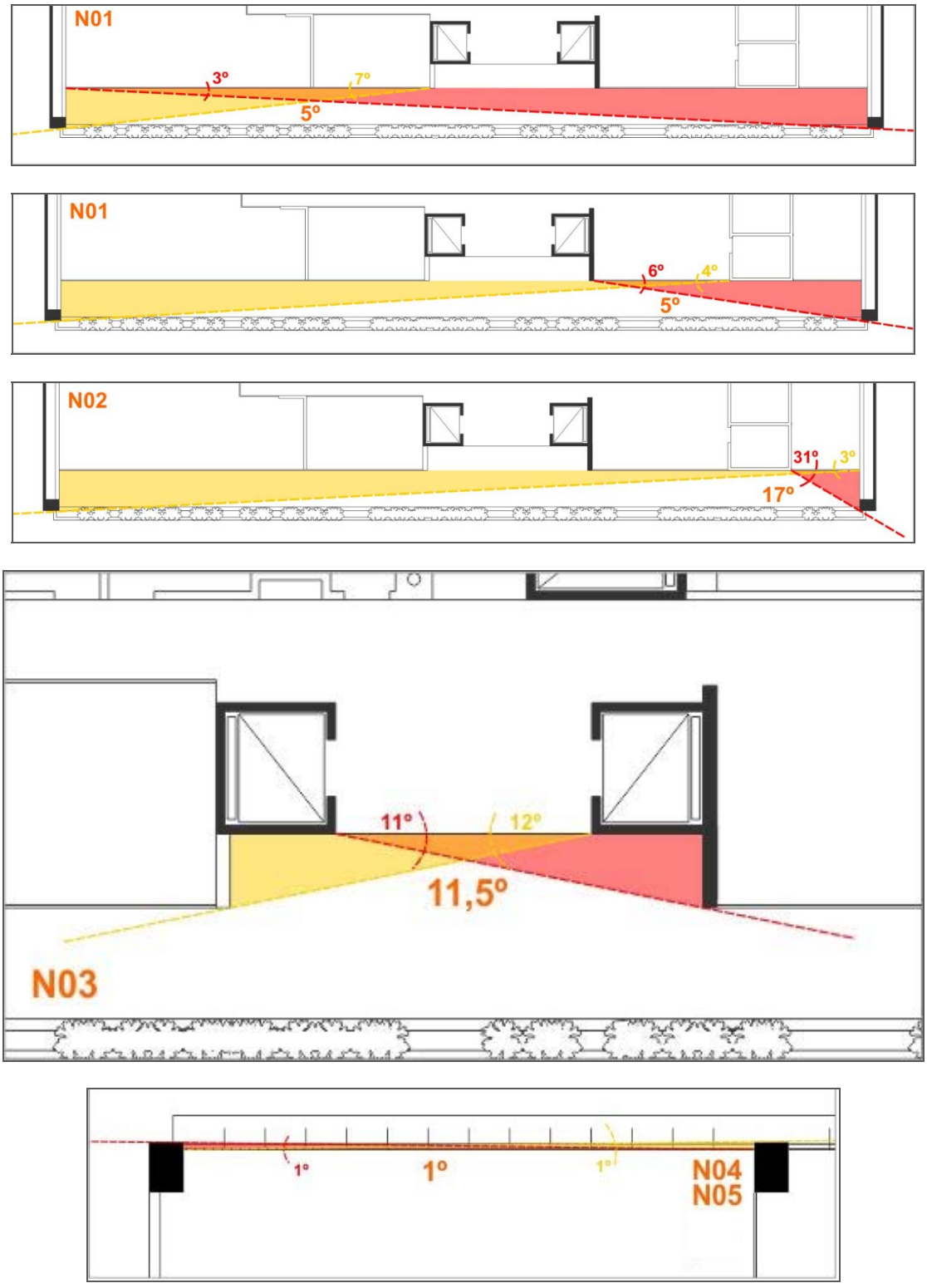


Figura 53- Representação dos ângulos horizontais da fachada norte.

1.1.2 Fachada Sul

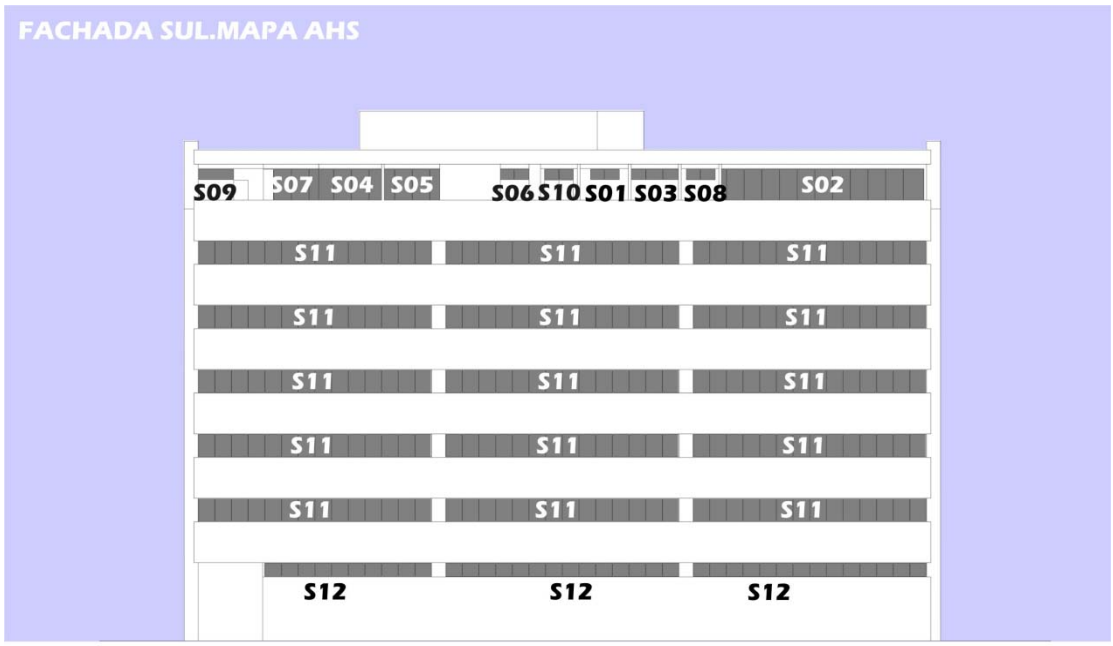


Figura 54- Localização dos ângulos horizontais da fachada sul

Tabela 50- Ângulos horizontais da fachada norte

[redacted]

Fonte: Autor

Figura 55 - Representação dos ângulos horizontais da fachada sul

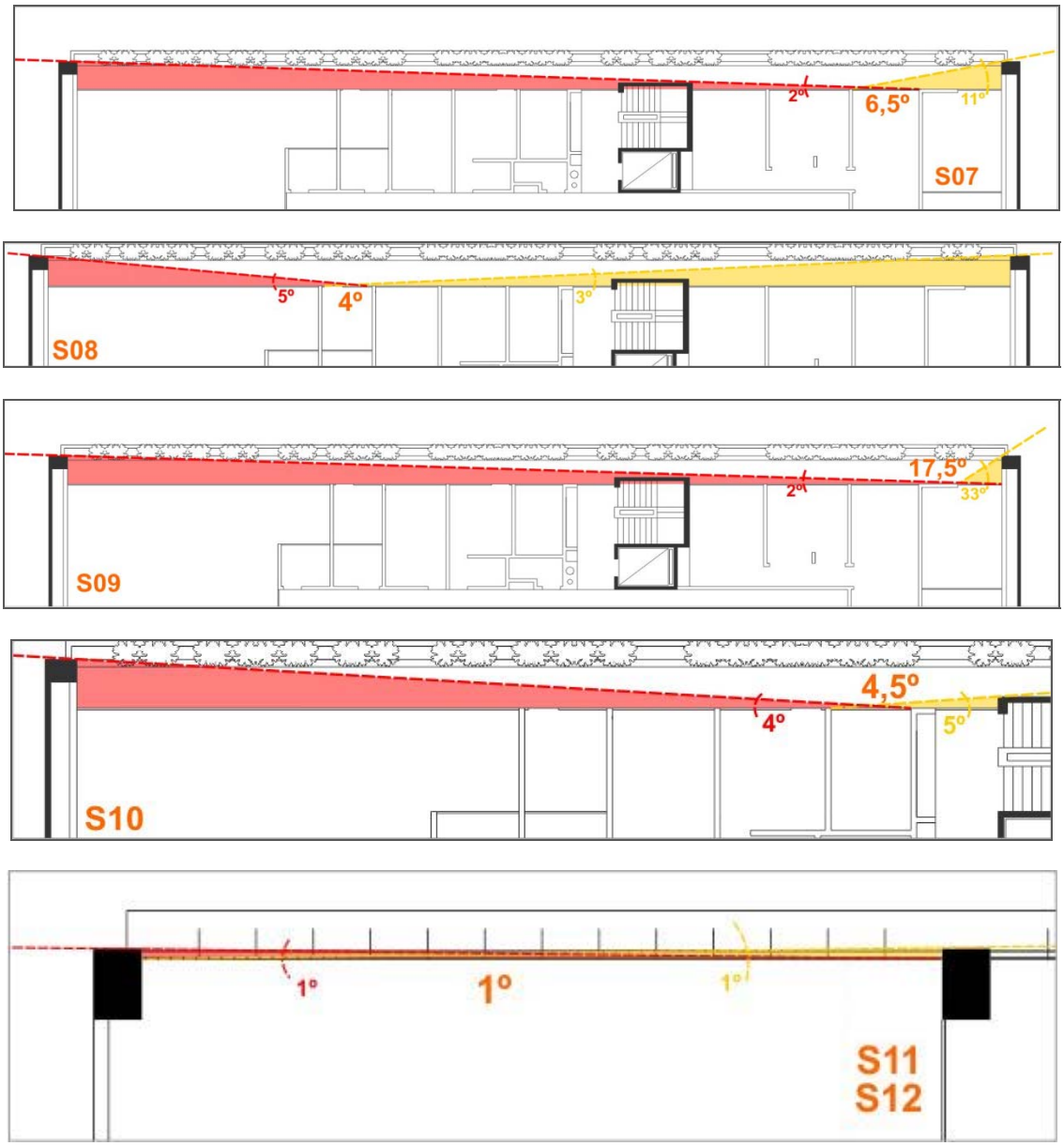


Figura 56- Representação dos ângulos horizontais da fachada sul (cont.)

1.2 Ângulos verticais

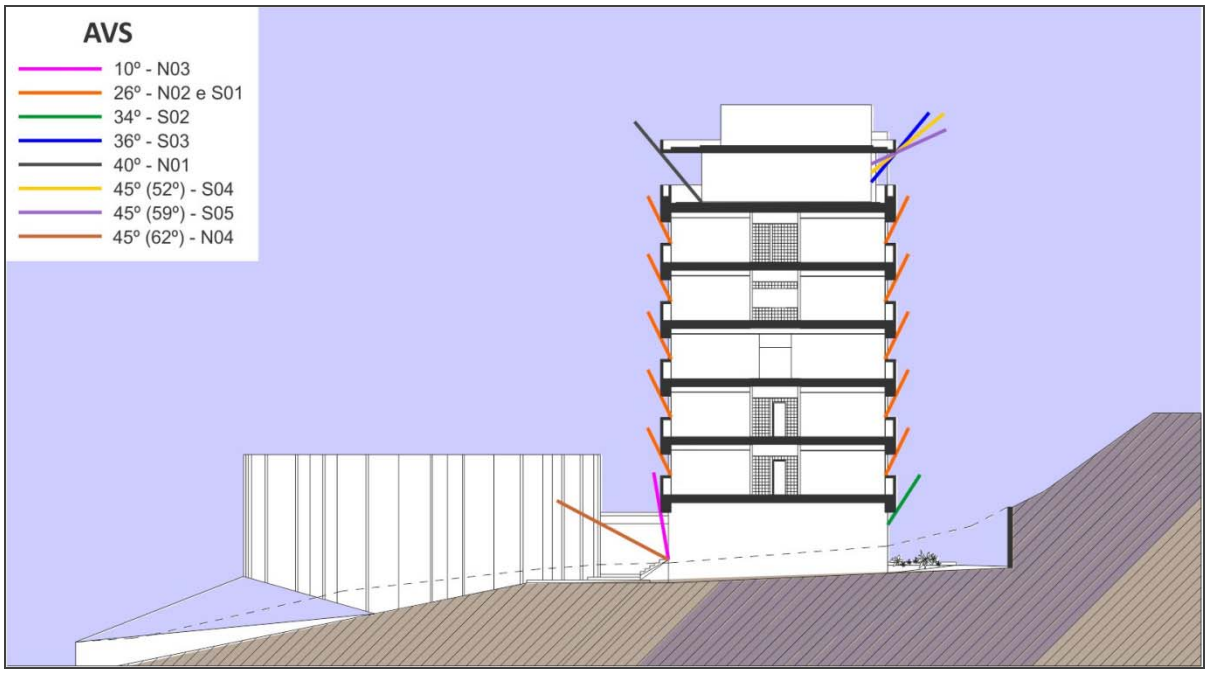


Figura 57- Localização dos ângulos verticais da fachada norte e sul

Tabela 51- Ângulos verticais da fachada norte e sul

[redacted]

Fonte: Autor

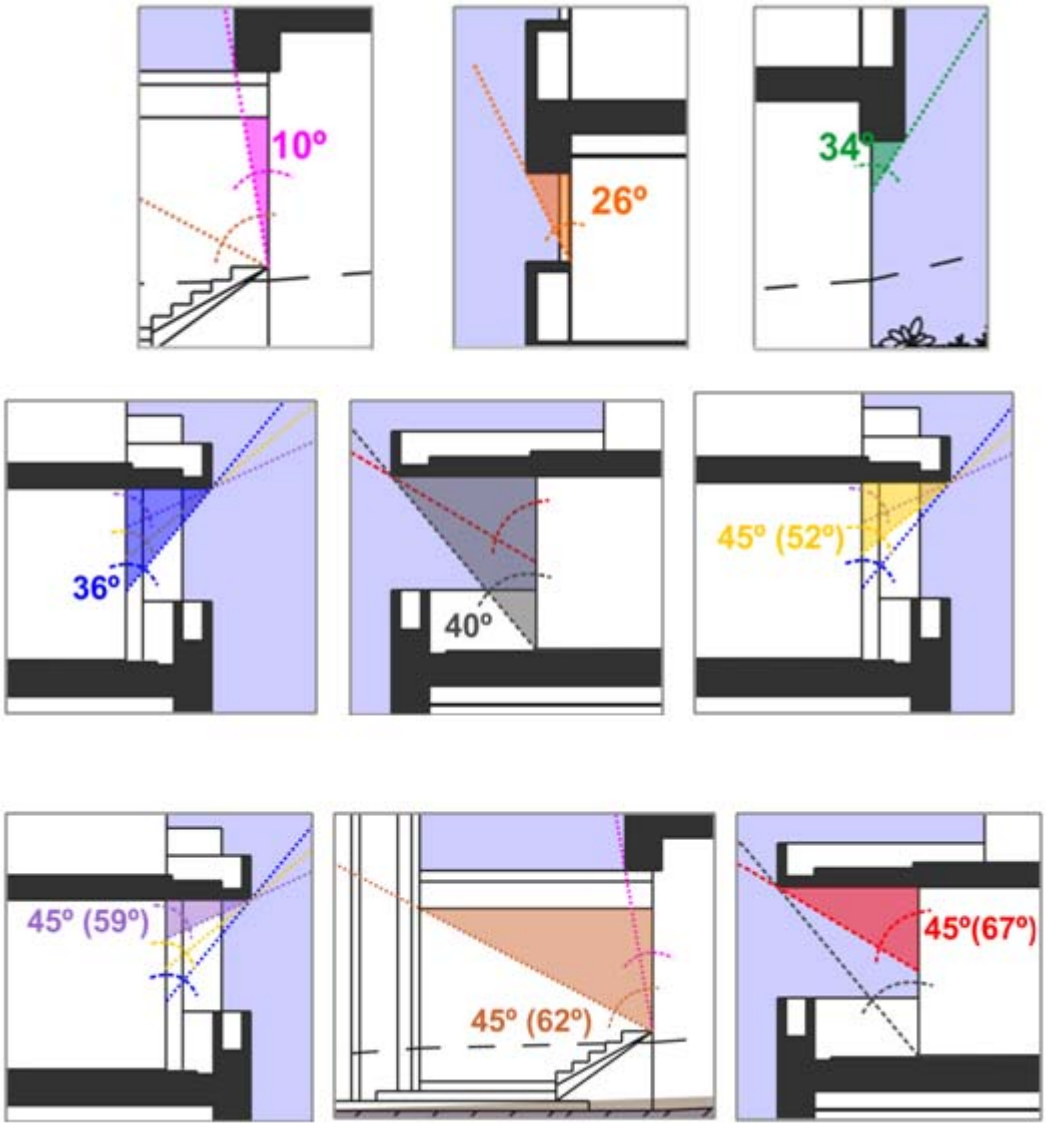


Figura 58- Representação dos ângulos verticais das fachadas norte e sul

APÊNDICE D - Cálculos do PAF_T

Tabela 52- Áreas de abertura das fachadas norte e sul

Tabela 53- PAF_T total

Fachada	**A. Fachada**	**A. Abertura**	**PAFt**
	[m^2]	**[m^2]**	**[%]**
Fachada Norte	1197,93	434,01	36,23
Fachada Leste	370,01	0,00	0
Fachada Oeste	370,01	0,00	0
Fachada Sul	1197,93	290,20	24,23
TOTAL	**3135,87**	**724,21**	**23,09**

Figura 59- Classificação das janelas no prédio IBAM

APÊNDICE E - Eficiência energética do sistema de iluminação

Obs. As unidades das variáveis definidas nas seguintes tabelas são:
x = C comprimento (m)
y = L largura (m)
z = h altura (m)
Área m²
E iluminância (lux)
P potência (W)
DPIa densidade potência de iluminação absoluta (W/m²)
DPI_{RF} densidade de potência de iluminação relativa final (W/m² /100 lux)

Tabela 54- Eficiência energética do sistema de iluminação no subsolo.

Ambientes	A0-01	A0-02		A0-03	A0-04	A0-05	A0-06	A0-07	
	escadas	corredor		sala panéis controle	sala transformadores	corredor	sala condensadores	sala elevadores	
x=C	3,1	At	5,57	2,55	5,36	9,2	7,44	At	40,71
y=L	1,2	Apt	5,57	5,75	4,15	1,6	4,15	Apt	40,71
z=h	3,1	Ap	34,28	3,1	3,15	3,15	3,15	Ap	85,56
Area	3,72	5,57		14,66	22,24	14,72	30,88	40,71	
K	0,28	0,32		0,57	0,74	0,43	0,85	0,95	
E (lm)	300	100		100	100	100	100	100	
N.Luminárias	1	1		1	1	1	1	-	
Pot	60	60		60	60	60	60	450	
Pot total	60	60		60	60	60	60	450	
DPIa	16,13	10,78		4,09	2,70	4,08	1,94	11,05	
DPIRF	5,38	10,78		4,09	2,70	4,08	1,94	11,05	
Nível	D	E		B	B	B	A	E	
EqNum	2	1		4	4	4	5	1	

Figura 60- Ambientes do subsolo

Tabela 55- Ambientes do térreo

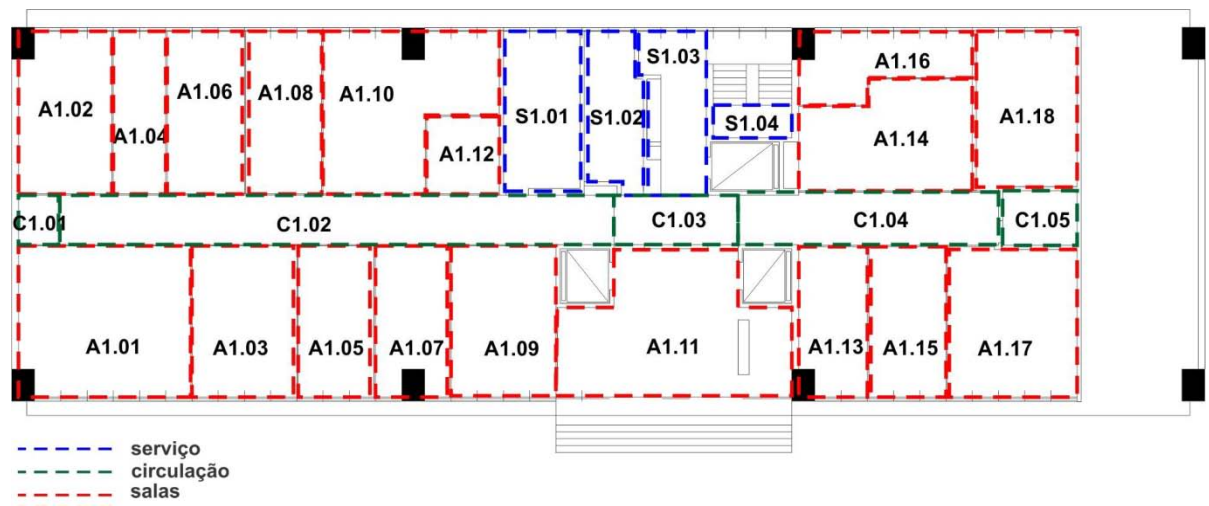
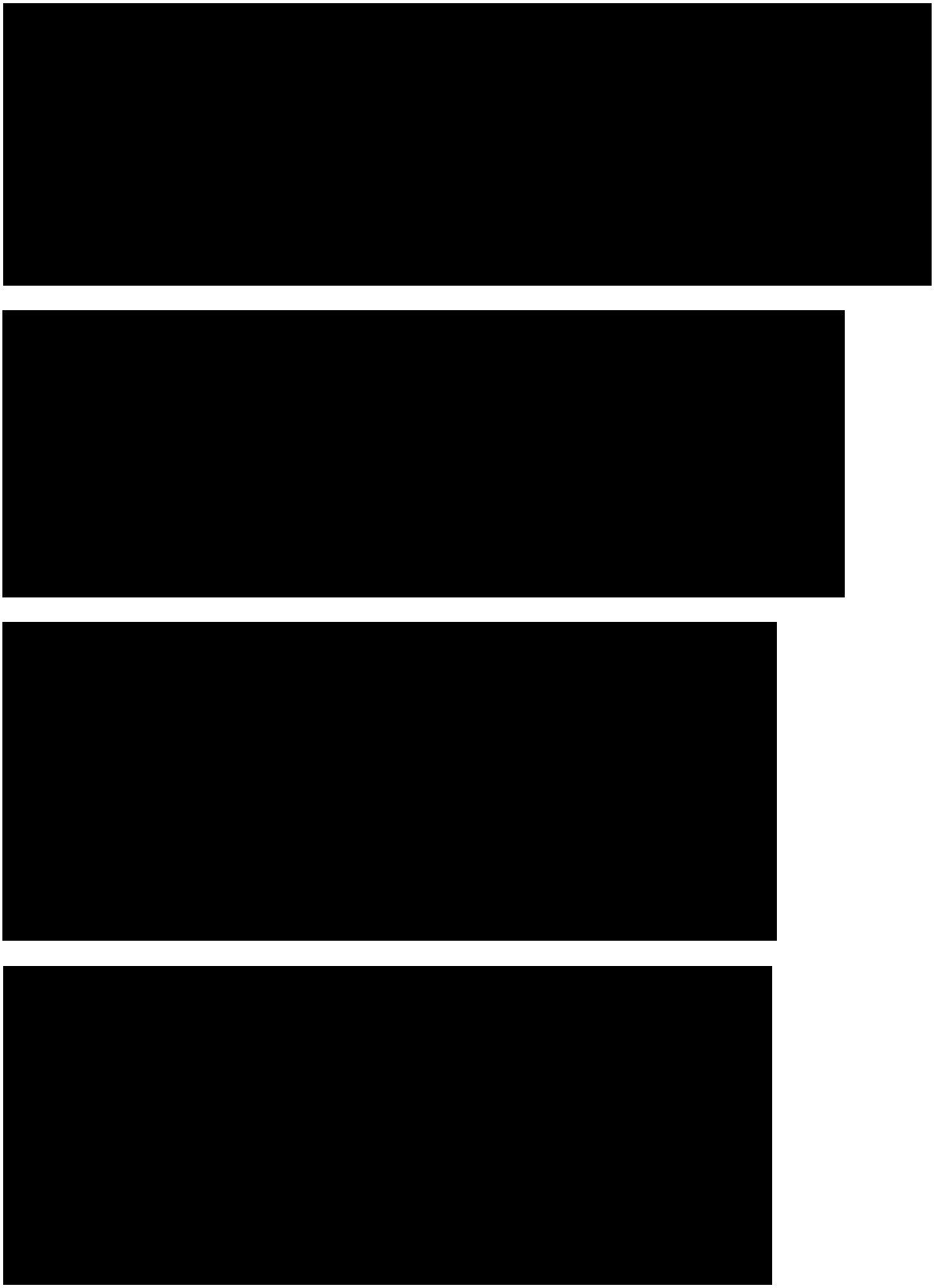


Figura 61- Ambientes do térreo

Tabela 56- Eficiência energética dos ambientes no segundo pavimento.



[redacted]

[redacted]

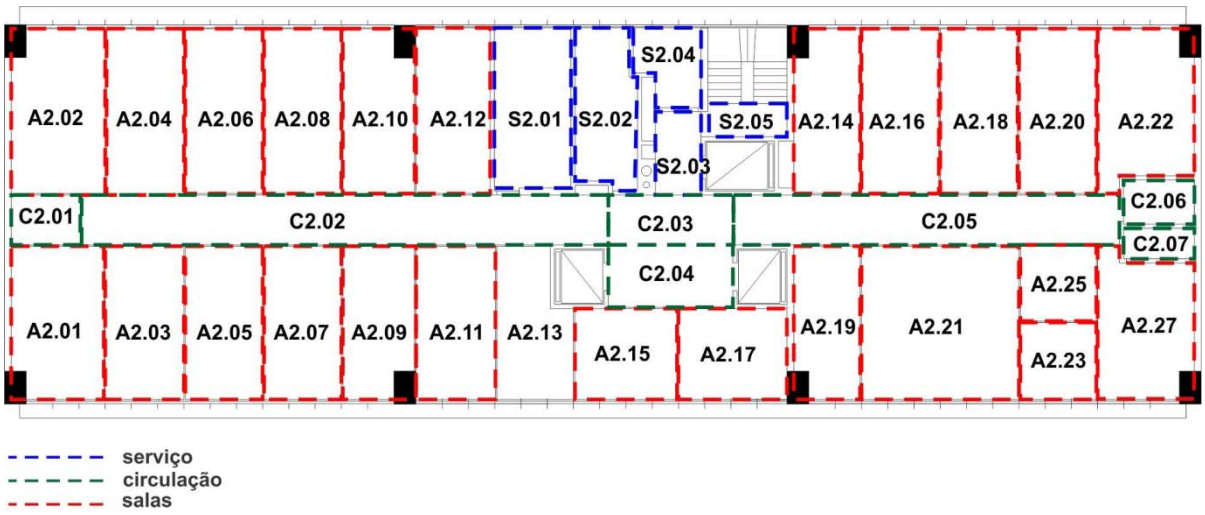


Figura 62- Ambientes do segundo pavimento

Tabela 57- Eficiência energética dos ambientes no terceiro pavimento

[redacted]

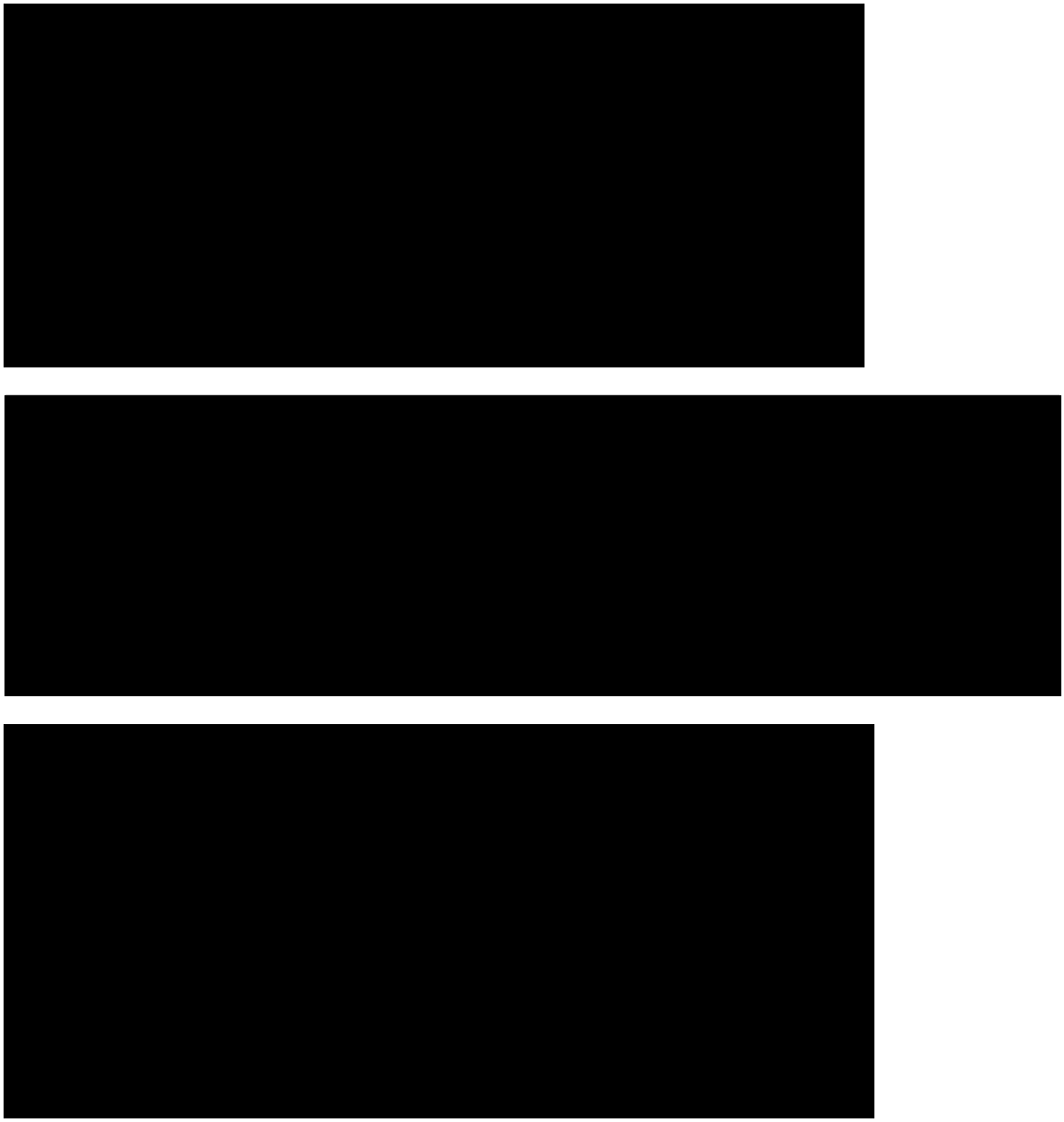


Figura 63- Ambientes do terceiro pavimento

Tabela 58- Eficiência energética do sistema de iluminação no quarto pavimento

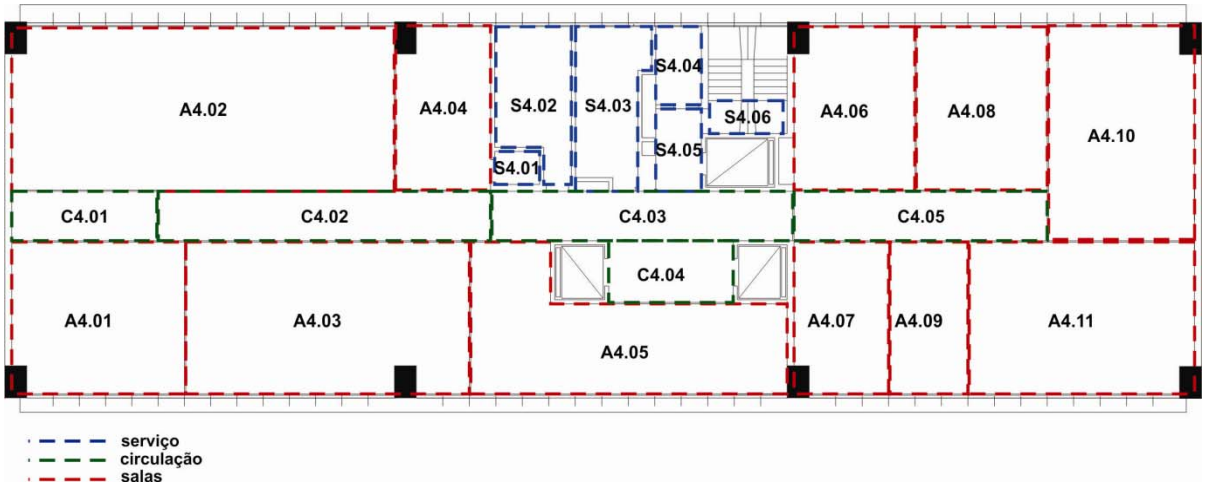


Figura 64- Ambientes do quarto pavimento

Tabela 59- Eficiência energética dos ambientes do quinto pavimento

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

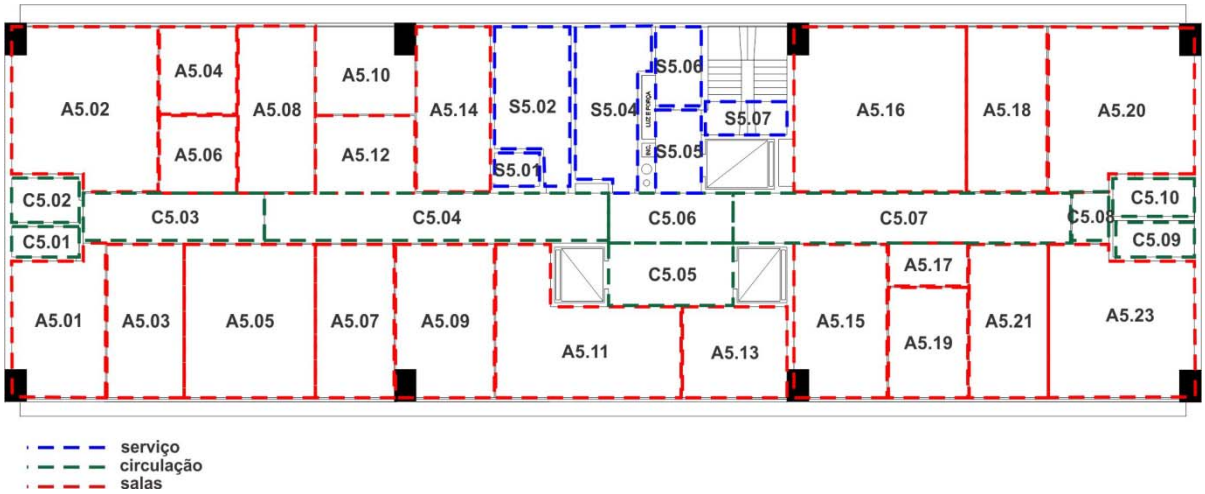


Figura 65- Ambientes do quinto pavimento

Tabela 60- Eficiência energética do sistema de iluminação no sexto pavimento

[redacted]

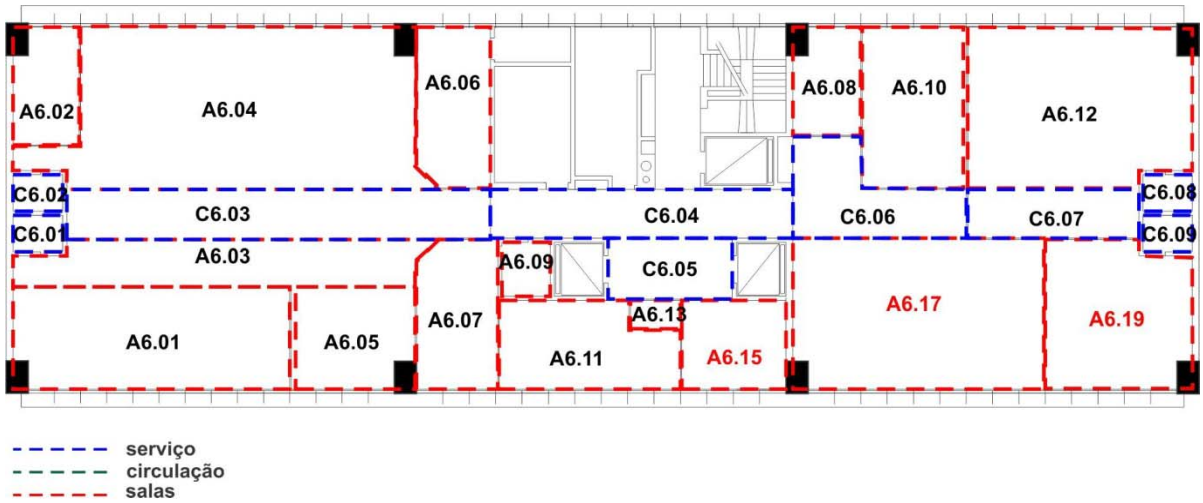
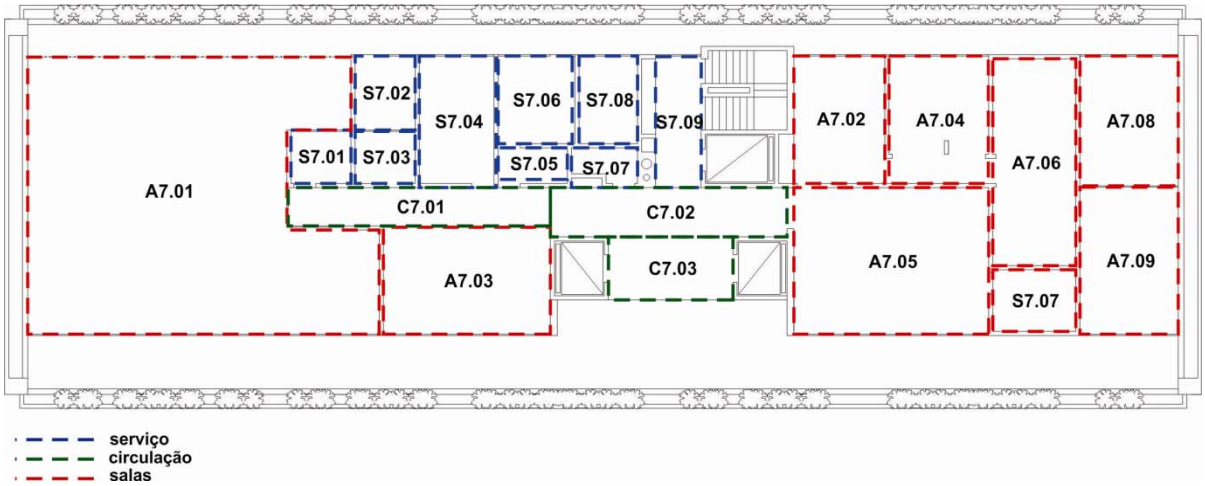


Figura 66- Ambientes do sexto pavimento

Figura 67- Ambientes do sétimo pavimento ou cobertura



Obs.: Este pavimento não contabilizou para o estudo por estar desabitado

.

APÊNDICES F - Sistemas individuais de condicionamento de ar

Figura 68- Condicionamento de ar individual no Térreo

Figura 69- Condicionamento de ar individual no quarto pavimento

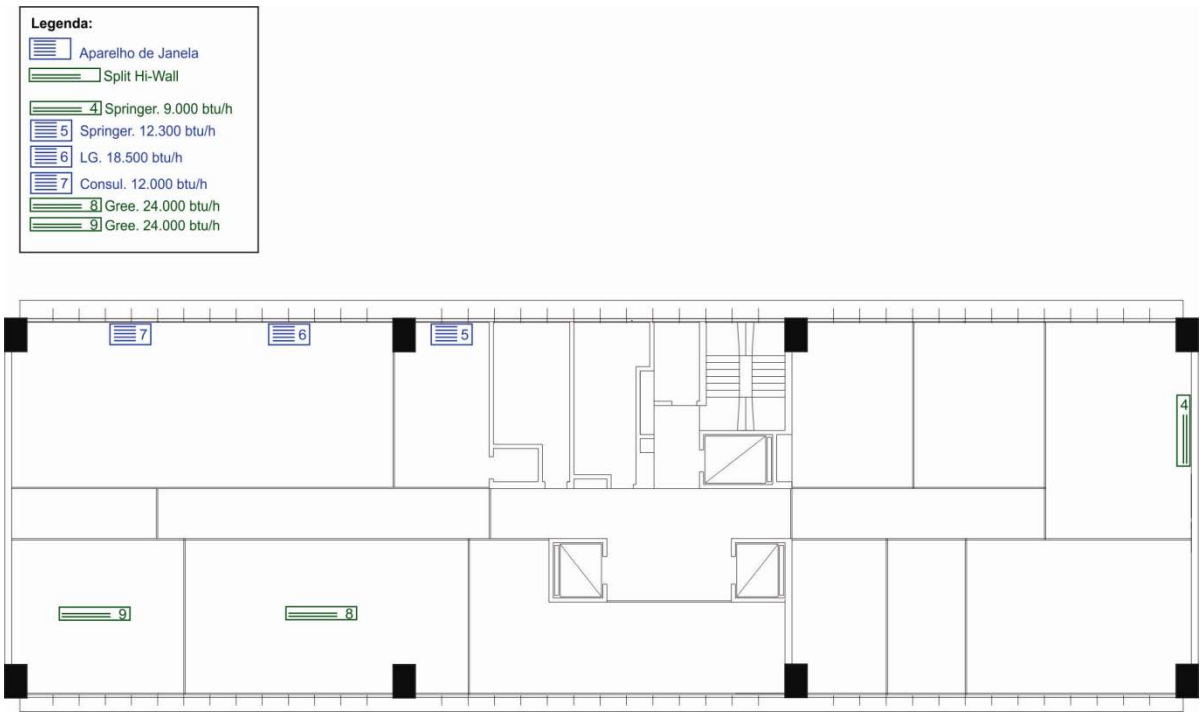


Figura 70- Condicionamento de ar individual no sexto pavimento

ANEXO A - Especificações do vidro laminado

cebrace

Especificações de Vidros

Cliente: Esther	**Obra:**	**Metragem:**	**Data:** 10.6.10
Contato:			
Tel:			
Email:			

Samuel A. Gadia
Especificação Técnica
cel: (21) 7811-2277
ID: 55*45*5962

				Especificação 1	Especificação 2
Código do Vidro				Rv4	V3.V3.i
Vidro 1				Reflecta float verde 4mm	Verde 3mm
Intercalar					PVB incolor
Vidro 2					Verde 3mm
Propriedade	**Descrição**		**Sigla**	**Medição**	**Medição**
Fatores Luminosos	Transmissão de luz (%)		**TL**	**31**	**76**
	Reflexão (%)	Externa	**RLe**	39	7
		Interna	**RLi**	52	7
Fatores de Energia	Transmissão energética (%)		**TE**	29	46
	Reflexão energética (%)	Externa	**REe**	22	6
		Interna	**REi**	38	6
	Absorção		**Abs. %**	50	49
	Fator Solar		**FS**	0,42	0,58
	Coef. de sombreamento		**CS**	**0,48**	**0,67**
Transmissão Térmica	Fator U		**U W/m²K**	5,8	5,7
	Heat Gain		**RHG W/m²**	358	476

O Programa utilizado esta aprovado pelo TNO S&I para executar ITC (Cálculos tipo inicial) com o objetivo de um relatório ITT de acordo com a EN 673 e EN 410.

Os valores são calculados segundo as normas EN 410 (valores de energia luminosa energética) e a EN 673 (coeficiente de transmissão térmica Ug).

Os valores calculados são valores médios (calculados no centro do vidro) dados a titulo indicativo e sobre reserva de modificações.

A tolerância é de +/- 3% para os valores de energia luminosa e energética e de +/- 0,1 W/m2K para o coeficiente de transmissão térmica U.

Pequenas variações podem ocorrer dependendo da tolerância de produção e tipo de instrumento utilizado para a medida das propriedades óticas.

ANEXO B - Especificações técnicas de condicionamento de ar central

Carrier

Product Data

AQUASNAP® 30RB060-390 Air-Cooled Chillers

60 to 390 Nominal Tons
(210 to 1370 kW)

ARI* capacity ratings

Carrier

UNIT 30RB	CAPACITY (Tons)	CAPACITY kW	COMP kW	FAN kW	TOTAL POWER kW	FULL LOAD		IPLV		COOLER FLOW RATE (gpm)	COOLER PD (ft)	COOLER PD (kPa)
						EER	COP	EER	COP			
060	57.1	200.7	60.2	10.3	70.5	9.7	2.85	13.2	3.87	136.6	9.1	26.80
070	66.5	233.8	73.2	10.3	83.5	9.6	2.80	13.4	3.93	159.1	11.9	35.35
080	76.0	266.9	85.0	10.3	95.3	9.6	2.80	14.2	4.16	181.6	7.1	21.11
090	86.5	303.9	91.2	15.5	106.7	9.7	2.85	13.5	3.96	206.8	9.1	26.80
100	95.8	336.6	104.1	15.5	119.6	9.6	2.81	13.6	3.99	229.1	10.9	32.36
110	105.5	370.7	116.7	15.5	132.2	9.6	2.80	13.7	4.02	252.3	9.0	26.62
120	118.5	416.3	129.6	18.1	147.7	9.6	2.82	13.7	4.02	283.2	11.1	32.94
130	127.3	447.2	137.7	20.6	158.3	9.6	2.82	13.6	3.99	304.3	12.7	37.61
150	144.5	507.6	158.6	20.6	179.3	9.7	2.83	13.8	4.04	345.4	7.7	22.76
160	153.1	537.8	162.9	25.8	188.7	9.7	2.85	13.4	3.93	366.0	8.6	25.38
170	166.5	585.0	182.4	25.8	208.2	9.6	2.81	13.5	3.96	398.1	10.0	29.73
190	188.6	662.6	205.8	31.0	236.7	9.6	2.80	13.4	3.93	450.9	12.7	37.59
210	201.9	709.4	217.8	31.0	248.7	9.7	2.85	13.6	3.99	482.5	14.6	43.10
225	214.4	753.3	237.1	31.0	268.1	9.6	2.81	13.8	4.04	512.5	16.3	48.31
250	238.0	836.3	261.8	36.1	298.0	9.6	2.81	13.6	3.99	569.0	19.9	58.87
275	260.3	914.7	284.3	41.3	325.6	9.6	2.81	13.7	4.02	622.4	23.6	69.76
300	282.7	993.4	308.4	46.5	354.9	9.6	2.80	13.5	3.96	675.9	27.6	81.53
315	306.1	1075.6	325.7	51.6	377.4	9.7	2.85	13.4	3.9	731.9	8.6	25.57
330	319.6	1122.8	345.3	51.6	396.9	9.7	2.83	13.5	4.0	764.0	10.0	29.73
345	333.0	1170.1	364.8	51.6	416.5	9.6	2.81	13.5	4.0	796.2	10.0	29.73
360	355.1	1247.7	388.2	56.8	445.0	9.6	2.80	13.5	4.0	849.0	12.7	37.76
390	377.2	1325.3	411.5	62.0	473.5	9.6	2.80	13.4	3.9	901.8	12.7	37.76

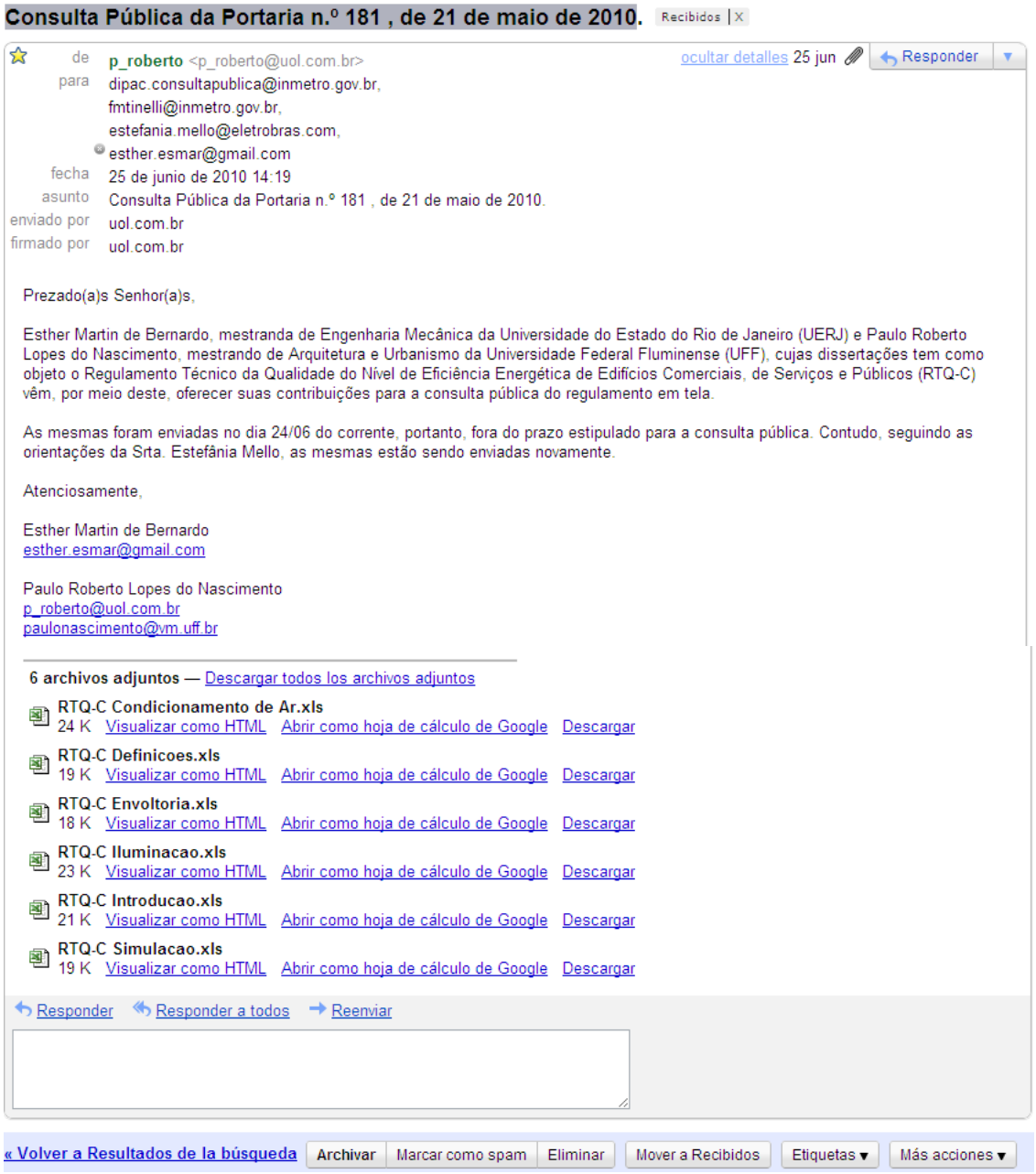
LEGEND

COP — Coefficient of Performance
EER — Energy Efficiency Ratios
IPLV — Integrated Part Load Value
PD — Pressure Drop

*Air Conditioning and Refrigeration Institute.

NOTE: Based on ARI standard rating conditions.

ANEXO C - Contribuições RTQ - 2009 enviadas à Consulta Pública INMETRO da portaria Nº181



Consulta Pública da Portaria n.º 181 , de 21 de maio de 2010. Recibidos | X

de **p_roberto** <p_roberto@uol.com.br> ocultar detalles 25 jun Responder

para dipac.consultapublica@inmetro.gov.br, fmtinelli@inmetro.gov.br, estefania.mello@eletrobras.com, esther.esmar@gmail.com

fecha 25 de junio de 2010 14:19

asunto Consulta Pública da Portaria n.º 181 , de 21 de maio de 2010.

enviado por uol.com.br

firmado por uol.com.br

Prezado(a)s Senhor(a)s,

Esther Martin de Bernardo, mestranda de Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e Paulo Roberto Lopes do Nascimento, mestrando de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal Fluminense (UFF), cujas dissertações tem como objeto o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) vêm, por meio deste, oferecer suas contribuições para a consulta pública do regulamento em tela.

As mesmas foram enviadas no dia 24/06 do corrente, portanto, fora do prazo estipulado para a consulta pública. Contudo, seguindo as orientações da Srta. Estefânia Mello, as mesmas estão sendo enviadas novamente.

Atenciosamente,

Esther Martin de Bernardo
esther.esmar@gmail.com

Paulo Roberto Lopes do Nascimento
p_roberto@uol.com.br
paulonascimento@vm.uff.br

6 archivos adjuntos — Descargar todos los archivos adjuntos

RTQ-C Condicionamento de Ar.xls 24 K Visualizar como HTML Abrir como hoja de cálculo de Google Descargar

RTQ-C Definicoes.xls 19 K Visualizar como HTML Abrir como hoja de cálculo de Google Descargar

RTQ-C Envoltoria.xls 18 K Visualizar como HTML Abrir como hoja de cálculo de Google Descargar

RTQ-C Iluminacao.xls 23 K Visualizar como HTML Abrir como hoja de cálculo de Google Descargar

RTQ-C Introducao.xls 21 K Visualizar como HTML Abrir como hoja de cálculo de Google Descargar

RTQ-C Simulacao.xls 19 K Visualizar como HTML Abrir como hoja de cálculo de Google Descargar

Responder Responder a todos Reenviar

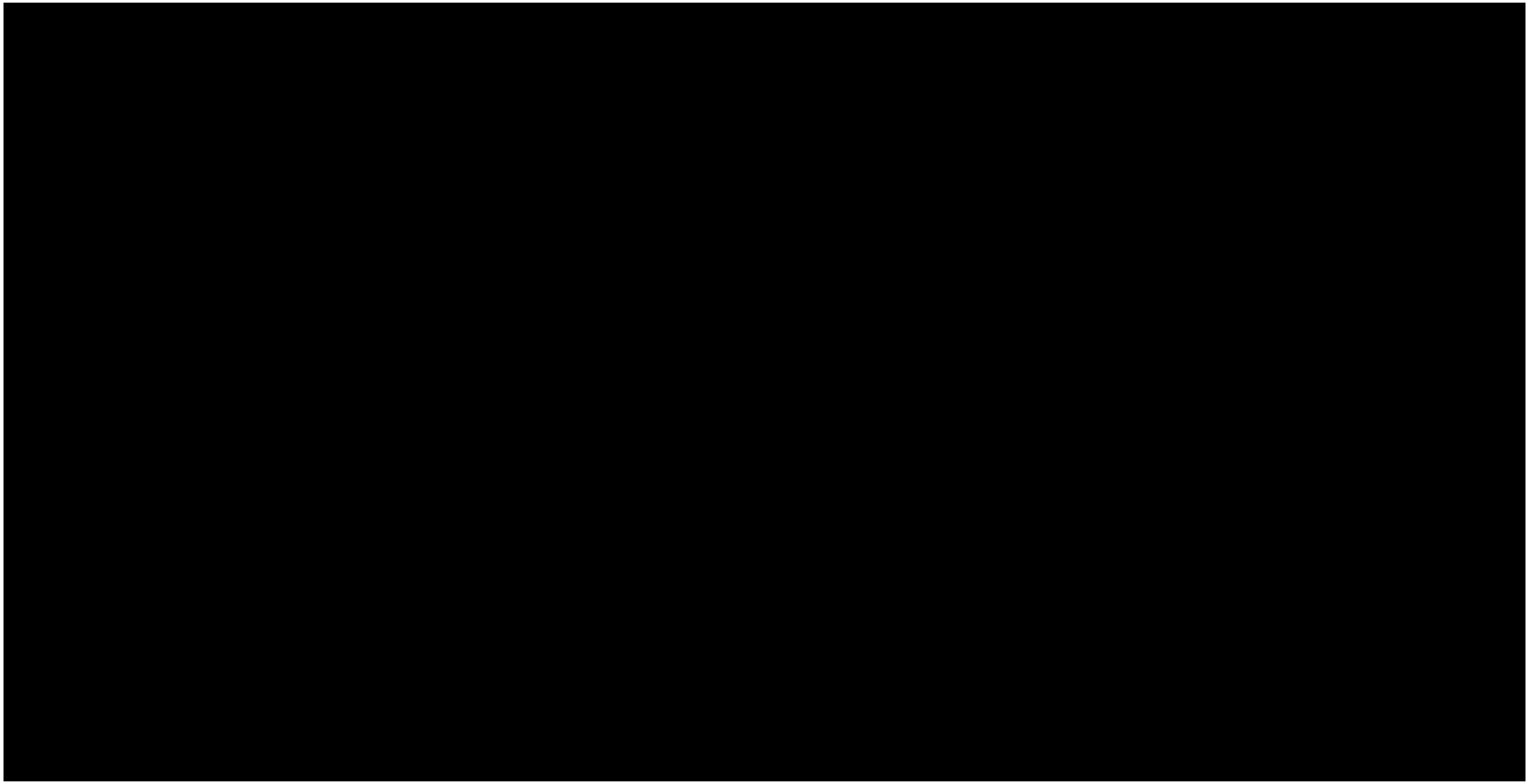
« Volver a Resultados de la búsqueda | Archivar | Marcar como spam | Eliminar | Mover a Recibidos | Etiquetas ▾ | Más acciones ▾

Obs.Email enviado ao INMETRO sobre as contribuições ao Regulamento

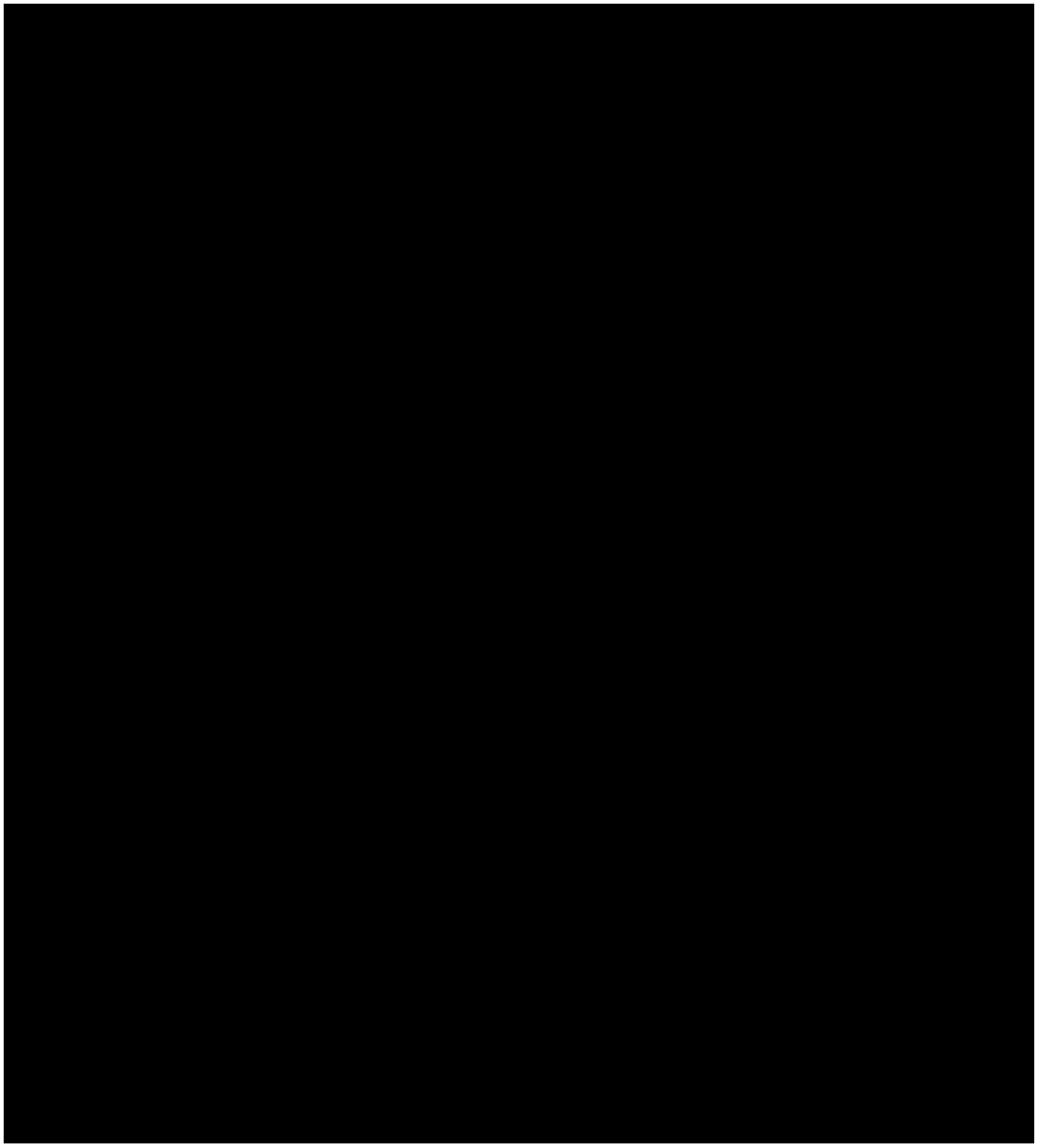
1 Definições

2 Introdução

3 Envoltória



4 Iluminação



5 Condicionamento de Ar

6 Simulação