

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA - ELETROTÉCNICA**

**GUILHERME SMANIOTTO DE OLIVEIRA
PEDRO HENRIQUE VEIGA SYDNEY
PIATAN SFAIR PALAR**

**REALIZAÇÃO DE UMA AUDITORIA COM BASE NAS DISPOSIÇÕES
ESTABELECIDAS POR UM SELO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E
PROPOSTA DE ADEQUAÇÕES CONSTRUTIVAS AO BLOCO D DA
UTFPR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Curitiba
2013

GUILHERME SMANIOTTO DE OLIVEIRA
PEDRO HENRIQUE VEIGA SYDNEY
PIATAN SFAIR PALAR

**REALIZAÇÃO DE UMA AUDITORIA COM BASE NAS DISPOSIÇÕES
ESTABELECIDAS POR UM SELO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E
PROPOSTA DE ADEQUAÇÕES CONSTRUTIVAS AO BLOCO D DA
UTFPR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de TCC 2, do Curso Engenharia Industrial Elétrica - Ênfase Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Msc. Gerson M. Tiepolo.

Curitiba
2013

Guilherme Smaniotto de Oliveira
Pedro Henrique Veiga Sydney
Piatan Sfair Palar

Realização de uma auditoria com base nas disposições estabelecidas por um selo de eficiência energética e proposta de adequações construtivas ao bloco D da UTFPR

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Industrial Elétrica - Ênfase Eletrotécnica (matriz 518) do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 11 de setembro de 2013.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Profa. Annemahlen Gehrke Castagna, Ma.
Professora responsável pelos Trabalhos de Conclusão do Curso
de Engenharia Industrial Elétrica - Ênfase Eletrotécnica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Prof. Gerson Maximo Tiepolo, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Gerson Maximo Tiepolo, Me.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Paulo Sérgio Walenia, Esp.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica.

RESUMO

OLIVEIRA, Guilherme S. de; PALAR, Piatan S; SYDNEY, Pedro H. V. Realização de uma auditoria com base nas disposições estabelecidas por um selo de eficiência energética e proposta de adequações construtivas ao bloco D da UTFPR. 2013. 148 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação do Curso Superior de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Este trabalho apresenta um estudo técnico e comparativo entre os sistemas de certificação LEED, AQUA e PROCEL Edifica, bem como a elaboração de uma auditoria no bloco D da UTFPR baseada no atendimento dos pré-requisitos do selo PROCEL Edifica, que através de comparação com os outros selos, nota-se que é o que melhor compreende as prioridades do presente estudo. Com a realização da auditoria, chega-se a conclusão de que as instalações não atendem, em sua totalidade, aos pré-requisitos específicos abordados pelo selo PROCEL Edifica. A partir disso, são discriminadas ações que podem ser tomadas para que a edificação se adeque aos quesitos do selo, e para que haja um ganho em eficiência energética.

Palavras-chave: PROCEL Edifica. LEED. AQUA. Eficiência energética. Auditoria.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Guilherme S. de; PALAR, Piatan S; SYDNEY, Pedro H. V. Conducting an audit under the provisions established by a seal of energy efficiency and propose constructive adjustments to the bloco D of UTFPR. 2013. 148 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação do Curso Superior de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

This paper presents a technical and comparative study between the systems LEED, AQUA and PROCEL Edifica, as well as the conducting of an audit in bloco D da UTFPR based on meeting the prerequisites of the seal PROCEL Edifica, which by comparison with the other seals, can be noticed that it is the one that best comprehend the priorities of the present study. With the audit, is reached the conclusion that the facilities do not meet in their entirety, the specific prerequisites covered by the seal PROCEL Edifica. From this, are discriminated the actions that can be taken so that the building fits the requisites of the seal, and results in a gain in energy efficiency.

Keywords: PROCEL Edifica. LEED. AQUA. Energy efficiency. Auditing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Categorias de Avaliação - Sistema AQUA	29
Figura 2 - - Exigências para a certificação AQUA	43
Figura 3 - Certificações LEED	46
Figura 4 - Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações.	55
Figura 5 - Exemplo de divisão de zonas de controle de iluminação em um ambiente com mais de 250 m ²	66
Figura 6 - Exemplo de fileira de luminárias próxima a janela, com acionamento independente.....	67
Figura 7 - Variáveis da equação geral.....	83
Figura 8 - Visão geral do processo de coleta e verificação de informações.....	91
Figura 9 - Localização do bloco D na UTFPR - Curitiba.....	93
Figura 10 - Telhado dos blocos A, B, C e D da UTFPR.	97
Figura 11 - Telhado inclinado de chapas de fibrocimento com laje em concreto normal e câmara de ar não ventilada.	98
Figura 12 - Elemento isolado.....	102
Figura 13 - Vista em perspectiva.....	103
Figura 14 - Iluminação zenital no bloco D.	107
Figura 15 - Layout D001, D002 e D003.....	112
Figura 16 - Layout D004, D005 e D006.....	112
Figura 17 - Layout DAELT.....	114
Figura 18 - Layout D102, D103, D104, D105 e D106.....	114
Figura 19 - Layout CITEC.	116
Figura 20 - Layout CTSE.....	116
Figura 21 Layout PPGTE.	118
Figura 22 - Layout CPGEI.	118
Figura 23 - Exemplo de não conformidade ao critério de aproveitamento da iluminação natural da sala de coordenação de engenharia do DAELT.....	119
Figura 24 - Exemplo de conformidade ao critério de aproveitamento da iluminação natural da sala de coordenação do CPGEI.	119
Figura 25 - Área do 1° andar do bloco D da UTFPR.	121
Figura 26 - Aparelho de ar condicionado dividido entre dois ambientes.	124
Figura 27 - Exemplo de má distribuição de luminárias.....	130

Figura 28 - Luminária instalada entre dois ambientes.....	131
Figura 29 - Condensadoras sombreadas no corredor entre o bloco C e o bloco D.	133
Figura 30 - Condensadoras não sombreadas.	133
Figura 31 - Aparelho de ar condicionado do ambiente CITEC-10.....	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício.....	70
Tabela 2 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido - Método das atividades do edifício.....	72
Tabela 3 - Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação nos níveis A e B.	77
Tabela 4 - Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação no nível C.	79
Tabela 5 - Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação no nível D.	80
Tabela 6 - Equivalentes numéricos para ventilação natural.	82
Tabela 7 - Classificação Geral	84
Tabela 8 - Espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de aquecimento.....	148
Tabela 9 - Espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração.	148

LISTA DE SIGLAS

ACV	Análise do Ciclo de Vida
AHS	Ângulo Horizontal de Sombreamento
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento
BEM	Banco Energético Nacional
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPI	Equipamento de Proteção Individual
GBCB	<i>Green Building Council Brasil</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HQE	<i>Houte Qualié Environnementale</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LACIT	Laboratório de Ciências Térmicas
LANOE	Laboratório de Nanoestruturas
LEED	<i>Leadership in Energy and Enviromental Design</i>
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NR	Norma Regulamentadora
NUFER	Núcleo de Prototipagem e Ferramental
NUPES	Núcleo de Pesquisa em Engenharia Simultânea
PAFT	Percentual de Área de Abertura na Fachada Total
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
POC	Percentual de Horas Ocupadas em Conforto
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
RAC-C	Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.
RTQ	Regulamento Técnico de Qualidade
RTQ-C	Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais

SGE Sistema de Gestão do Empreendimento
USGBC *U.S Green Building Council*

LISTA DE SIMBOLOS

α	Absortância à radiação solar;
A_a	Área da seção A;
A_b	Área da seção B;
A_c	Área da seção C;
AC	Área útil dos ambientes condicionados;
Ai	Elemento de vedação;
ANC	Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada,
APT	Área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
AU	Área útil;
COP	Coefficiente de performance;
CT	Capacidade térmica;
EqNumCA	Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
EqNumDPI	Equivalente numérico do sistema de iluminação
EqNumEnv	Equivalente numérico da envoltória;
EqNumV	Equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente;
$\lambda_{arg\ amassa}$	Condutividade térmica da argamassa;
$\lambda_{cerâmica}$	Condutividade térmica da cerâmica;
$\lambda_{Concreto}$	Condutividade térmica da laje de concreto.
$\lambda_{Fibrocimento}$	Condutividade térmica da telha de fibrocimento;
λ	Condutividade térmica do componente;
λ_{reboco}	Condutividade térmica do reboco;
$e_{arg\ amassa}$	Espessura da argamassa;
$e_{cerâmica}$	Espessura da cerâmica;
$e_{Concreto}$	Espessura da laje de concreto;
$e_{Fibrocimento}$	Espessura da telha de fibrocimento;
e	Espessura do componente e;

e_{reboco}	Espessura do reboco;
FS_t	Fator solar para elementos translúcidos;
K	Kelvin;
m	Metro;
PN	Potência nominal do aparelho (W).
R_{se}	Resistência superficial externa;
R_{si}	Resistência superficial interna;
R_{ar}	Resistência térmica da câmara de ar;
R_{tob}	Resistência térmica da cobertura;
R_a	Resistência térmica da seção A;
R_b	Resistência térmica da seção B;
R_c	Resistência térmica da seção C;
R_t	Resistência térmica do componente;
R_{Tcob}	Resistência térmica total da cobertura;
R_{tpar}	Resistência térmica da parede externa;
R_{Tpar}	Resistência térmica total das paredes externas;
τ	Transmitância à radiação solar;
U_{cob}	Transmitância térmica da cobertura;
U_{par}	Transmitância térmica das paredes externas;
U	Transmitância térmica do componente;
U_{edif}	Transmitância térmica do edifício;
U_i	Transmitância térmica da superfície associada;
W	Watt

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro de avaliação da categoria 2.3.4.1.....	32
Quadro 2 - Quadro de avaliação da categoria 2.3.4.2.....	34
Quadro 3 - Quadro de avaliação da subcategoria 2.3.10.1	38
Quadro 4 - Quadro de avaliação da subcategoria 2.3.10.1 (Continuação)	39
Quadro 5 - Quadro de avaliação da subcategoria 2.3.10.2.....	40
Quadro 6 - Síntese dos pré-requisitos da envoltória	58
Quadro 7 - Comparação entre os limites de transmitância térmica para os níveis A, B, C e D.	60
Quadro 8 - Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas.	61
Quadro 9 - Critérios de Avaliação dos Componentes Transparentes e Translúcidos.	64
Quadro 10 - Pré-requisitos para Cada Nível de Eficiência.	65
Quadro 11 - Relação entre áreas de ambientes e áreas de controle independente.	66
Quadro 12 - Percentual de Verificação do Sistema de Iluminação.	74
Quadro 13 - Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)	76
Quadro 14 - Número de Amostras de Aparelhos de Ar Condicionado a Serem Analisadas.....	81
Quadro 15 - Características Sistema AQUA e LEED	86
Quadro 16 - Características das Metodologias entre LEED e AQUA.....	87
Quadro 17 - Comparativo entre as certificações AQUA, LEED e PROCEL.	89
Quadro 18 - Propriedades térmicas do fibrocimento e do concreto normal.	98
Quadro 19 - Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas.	99
Quadro 20 - Resistência térmica superficial interna e externa.	100
Quadro 21 - Propriedades térmicas da cerâmica e da argamassa.	102
Quadro 22 - Levantamento do pavimento térreo com relação a contribuição de luz natural.	111
Quadro 23 - Levantamento do primeiro andar com relação a contribuição de luz natural.	113
Quadro 24 - Levantamento do segundo andar com relação a contribuição de luz natural.	115
Quadro 25 - Levantamento do terceiro andar com relação a contribuição de luz natural.	117

Quadro 26 - DPIL 1° andar do bloco D.....	121
Quadro 27 - Levantamento dos aparelhos de ar condicionado por ambiente do bloco D.....	123
Quadro 28 - Coeficiente de performance dos aparelhos que possuem a opção de aquecimento.....	127
Quadro 29 - Síntese de conformidade dos pré-requisitos específicos.	135

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
ABSTRACT	5
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE SIGLAS	9
LISTA DE SIMBOLOS.....	11
LISTA DE QUADROS	13
SUMÁRIO.....	15
1. INTRODUÇÃO	20
1.1 TEMA	20
1.1.1 Delimitação do tema.....	21
1.2 PROBLEMA E PREMISSAS	21
1.3.1 Objetivo geral	22
1.3.2 Objetivos específicos.....	22
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	23
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	24
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE	25
2.2 SISTEMAS DE AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE CONSTRUÇÕES	26
2.3 CERTIFICAÇÃO AQUA.....	28
2.3.1 Relação do Edifício com o seu Entorno	30
2.3.2 Escolha Integrada de Produtos, Sistemas e Processos Construtivos:	30
2.3.3 Canteiro de Obras com Baixo Impacto Ambiental:.....	31
2.3.4 Gestão da energia.....	31
2.3.4.1 Redução do Consumo de Energia por Meio da Concepção Arquitetônica	31
2.3.4.2 Redução do Consumo de Energia Primária e dos Poluentes Associados	33

2.3.4.3	Avaliação Total da Categoria	35
2.3.5	Gestão da Água	35
2.3.6	Gestão dos Resíduos de Uso e Operação do Edifício	36
2.3.7	Manutenção: Permanência do Desempenho Ambiental	36
2.3.8	Conforto Higrotérmico	36
2.3.9	Conforto Acústico	37
2.3.10	Conforto Visual	37
2.3.10.1	Garantia de Iluminância Natural Ótima Evitando seus Inconvenientes.....	37
2.3.10.2	Iluminação Artificial Confortável.....	40
2.3.10.3	Avaliação Total da Categoria	41
2.3.11	Conforto Olfativo:	41
2.3.12	Qualidade Sanitária dos Ambientes.....	42
2.3.13	Qualidade Sanitária do Ar	42
2.3.14	Qualidade Sanitária da Água	42
2.3.15	Obtenção da Certificação.....	43
2.4	CERTIFICAÇÃO LEED	44
2.4.1	Tipos de Certificações LEED	45
2.4.1.1	LEED for Schools.....	47
2.4.1.1.1	Prevenção da Poluição na Atividade da Construção	47
2.4.1.1.2	Avaliação Ambiental do Local.....	48
2.4.1.1.3	Redução do Uso da Água.....	48
2.4.1.1.4	Comissionamento dos Sistemas de Energia	49
2.4.1.1.5	Desempenho Mínimo Energético.....	50
2.4.1.1.6	Gestão Fundamental de Gases Refrigerantes	50
2.4.1.1.7	Coleta e Armazenamento de Materiais Recicláveis.....	51
2.4.1.1.8	Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interno.....	51
2.4.1.1.9	Controle da Fumaça do Cigarro.....	52

2.4.1.1.10	Desempenho Acústico Mínimo	52
2.5	CERTIFICAÇÃO PROCEL EDIFICA	53
2.5.1	Etiquetagem de Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos	53
2.5.2	Pré-requisitos Gerais.....	56
2.5.3	Bonificações.....	57
2.5.4	Envoltória	58
2.5.4.1	Transmitância Térmica.....	59
2.5.4.2	Cores e Absortância da Superfície	60
2.5.4.3	Iluminação Zenital.....	61
2.5.4.4	Avaliação da Envoltória	62
2.5.5	Sistema de Iluminação	64
2.5.5.1	Divisão de Circuitos	65
2.5.5.2	Contribuição da Luz Natural.....	66
2.5.5.3	Desligamento Automático do Sistema de Iluminação	67
2.5.5.3.1	Determinação do Nível de Eficiência do Sistema de Iluminação	68
2.5.5.3.1.1	Método da Área do Edifício	68
2.5.5.3.1.2	Método das Atividades do Edifício	71
2.5.5.3.1.3	Avaliação do Sistema de Iluminação.....	74
2.5.6	Condicionamento de Ar.....	74
2.5.6.1	Proteção das Unidades Condensadoras	75
2.5.6.2	Isolamento Térmico para Dutos de Ar	75
2.5.6.3	Condicionamento de Ar por Aquecimento Artificial	75
2.5.6.4	Procedimento de Determinação da Eficiência	75
2.5.6.5	Avaliação do Sistema de Condicionamento de Ar	80
2.5.6.6	Ambientes Naturalmente Ventilados ou não Condicionados	81
2.5.7	Cálculo Para Classificação Geral do Edifício	82

2.6	COMPARATIVO ENTRE AS CERTIFICAÇÕES NO CONTEXTO BRASILEIRO	85
3	AUDITORIA	90
3.1	DEFINIÇÕES.....	90
3.2	PRINCÍPIOS DE AUDITORIA	92
3.2.1	Integridade	92
3.2.2	Apresentação Justa.....	92
3.2.3	Devido Cuidado Profissional	92
3.2.4	Confidencialidade.....	92
3.2.5	Independência.....	93
3.3	AMBIENTE AUDITADO.....	93
3.4	AVALIAÇÃO DO BLOCO D COM BASE NOS PRÉ-REQUISITOS GERAIS DO SELO PROCEL EDIFICA	95
3.4.1	Circuitos Elétricos.....	95
3.4.2	Aquecimento de Água	95
3.4.3	Elevadores	95
3.4.4	Constatações Referentes aos Pré-requisitos Gerais	96
3.5	AVALIAÇÃO DO BLOCO D COM BASE NOS PRÉ-REQUISITOS ESPECIFICOS DO SELO PROCEL EDIFICA.....	96
3.5.1	Envoltória	96
3.5.1.1	Transmitância Térmica.....	96
3.5.1.1.1	Transmitância Térmica da Cobertura (<i>Ucob</i>).....	96
3.5.1.1.1.1	Verão.....	98
3.5.1.1.1.2	Inverno	101
3.5.1.1.2	Transmitância Térmica das Paredes Externas (<i>Upar</i>)	101
3.5.1.2	Coeficiente de Absortância da Superfície	106
3.5.1.3	Iluminação Zenital.....	106
3.5.2	Iluminação.....	109

3.5.2.1	Divisão de Circuitos	109
3.5.2.2	Contribuição da Luz Natural.....	110
3.5.2.3	Desligamento Automático do Sistema de Iluminação	119
3.5.2.4	Exemplo de Cálculo da Eficiência do Sistema de Iluminação.....	120
3.5.3	Ar Condicionado.....	123
3.5.3.1	Proteção das Unidades Condensadoras	125
3.5.3.2	Isolamento Térmico Para Dutos de Ar.....	125
3.5.3.3	Condicionamento de Ar por Aquecimento Artificial	126
4	CONSTATAÇÕES DA AUDITORIA E PROPOSTAS DE MELHORIAS	128
4.1	CONSTATAÇÕES E PROPOSTAS DE MELHORIAS DA ENVOLTÓRIA	128
4.2	CONSTATAÇÕES E PROPOSTAS DE MELHORIA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	130
4.3	CONSTATAÇÕES E PROPOSTAS DE MELHORIA REFERENTES AO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	132
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS.....	136
6	REFERÊNCIAS	138
	ANEXOS	144
	ANEXO A – Checklist LEED para Novas Construções (GBCBrasil, 2009)	144
	ANEXO B – Exemplos de Possibilidades de ENCE (RAC-C, 2010, p. 16)	146
	ANEXO C – Tabelas de Espessuras Mínimas de Tubulações para Sistemas de Aquecimento e Refrigeração.....	148

1. INTRODUÇÃO

Em meados de 2001 uma série de apagões assombrou a sociedade brasileira. Essa crise no sistema energético fez com que uma questão muito importante, que é a eficiência energética, ganhasse força através da conscientização de empresários e de governantes. (LUMIÈRE, 2003)

Nesta época, então, surgiram vários programas que tinham por objetivo reduzir o consumo de energia, como exemplo tem-se a parceria entre a Eletrobrás e o Ministério de Minas e Energia que criaram regulamentações para aparelhos como: refrigeradores, equipamentos de iluminação, ar-condicionado, entre outros. As primeiras regulamentações ocorreram para aparelhos já classificados no sistema PROCEL, com a promessa de expansão desses programas (LUMIÈRE, 2003).

Uma projeção da EPE (Empresa de Pesquisa Energética) entre os anos de 2012 e 2021 mostra que o aumento médio de consumo para a classe comercial é de 5,8% ao ano, seguido do aumento residencial, que tem uma projeção de aumento de 4,5% ao ano, sendo estas duas classes as que mais aumentarão o consumo nesse período. (EPE, 2011, p. 54)

Para um aumento significativo como este, novas formas de diminuição no consumo de energia devem ser adotadas, e é diante deste contexto que o presente trabalho será desenvolvido.

1.1 TEMA

Estudo de métodos para aumentar a eficiência energética em edificações, através da análise das certificações existentes nesse contexto, e de possíveis aplicações no que diz respeito a instalações elétricas.

1.1.1 Delimitação do tema

Estudo da EPE revela que o setor comercial juntamente com o residencial representam cerca de 45% de toda a energia consumida no país. (EPE/BEN, 2012)

Foram implantados no Brasil diversos sistemas de certificações que têm por objetivo um consumo mais consciente de energia, diminuindo o gasto energético e consequentemente os impactos sobre o meio ambiente.

Como exemplo disso temos as certificações LEED, AQUA e PROCEL Edifica, as quais analisam quesitos importantes tanto na fase de projeto, como na parte de execução da obra.

Dentre os quesitos que são avaliados pelos sistemas de certificação anteriormente citados, o presente trabalho irá se delimitar aos estudos referentes aos tópicos que visam um melhor aproveitamento da energia elétrica, e, por meio da elaboração de uma auditoria, propor adequações às instalações do bloco “D” da UTFPR.

1.2 PROBLEMA E PREMISSAS

A baixa eficiência das edificações existentes, tanto na concepção do projeto como na sua implantação nos remete a um grande problema de desperdício de energia.

A utilização dos métodos prescritos nas certificações permite a implantação de projetos mais eficientes, sendo obtida assim, uma redução no consumo de energia elétrica com impactos positivos e diretos no meio ambiente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Pesquisar e analisar os modelos de certificação em eficiência energética, com ênfase na redução do consumo de energia elétrica, e elaborar uma auditoria no bloco “D” da UTFPR de forma a identificar as conformidades e não conformidades de acordo com um dos modelos pesquisados.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudo dos métodos de certificação de eficiência energética existentes para edificações no Brasil;
- Analisar as características dos métodos de certificação quanto aos aspectos de eficiência na instalação elétrica;
- Escolha do método de certificação que compreenda os melhores aspectos com relação a readequação do bloco D da UTFPR visando a eficiência energética;
- Elaboração de uma auditoria que permita analisar se as instalações do bloco D da UTFPR estão, ou não, em conformidade com as disposições estabelecidas previamente pelo método de certificação que foi escolhido;
- Propor medidas que devam ser adotadas para uma completa abordagem dos itens compreendidos pela certificação, discriminando os que permitam a obtenção de resultados a curto-prazo;

1.4 JUSTIFICATIVA

Visando um uso racional de energia elétrica e uma política de conservação, torna-se necessária uma mudança na concepção de projetos. A renovação de ideias e conceitos é fundamental para a obtenção de uma progressão tecnológica alinhada aos padrões ambientais.

Existem alterações simples que podem ser feitas em projetos e que poderiam reduzir significativamente o consumo de energia, alterações estas que variam desde uma divisão específica de circuitos de iluminação, até uma disposição diferenciada de janelas no projeto arquitetônico.

Com a aplicação dos critérios descritos pelos sistemas de certificação, podem-se formular propostas pertinentes, tanto para readequações de projetos existentes, como para a elaboração de novos projetos, tornando-os mais eficientes em termos de energia e menos danosos ao meio ambiente.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho será desenvolvido da seguinte maneira:

- Elaboração do referencial teórico;
- Análise e escolha do método de certificação que melhor aborda os quesitos referentes a eficiência, em termos de energia elétrica;
- Levantamento das instalações do bloco D da UTFPR;
- Elaboração de uma auditoria, referente às instalações do ambiente anteriormente citado, com base no método de certificação escolhido, visando à eficiência energética;
- Proposta das medidas a serem tomadas para que seja concedido o selo ao bloco D da UTFPR;
- Análise das medidas que podem ser realizadas para obtenção de resultados satisfatórios a curto-prazo;
- Conclusões e trabalhos futuros.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será dividido em seis capítulos.

O primeiro capítulo apresentará a delimitação do tema, assim como os problemas, premissas, objetivos e a metodologia referentes ao estudo do tema.

No segundo capítulo se encontrará o referencial teórico sobre os modelos de certificação em eficiência energética, embasando a escolha da metodologia que servirá de parâmetro para a elaboração da auditoria.

No terceiro capítulo será apresentada a auditoria, bem como as etapas e procedimentos utilizados para a realização da mesma.

Como resultado da análise do capítulo anterior, será exposta, no capítulo quatro, a listagem completa das ações que devem ser tomadas para que o projeto se enquadre nos padrões de etiquetagem impostos pelo selo escolhido.

No quinto capítulo serão feitas as considerações finais, bem como a sugestão de trabalhos futuros e, no sexto capítulo, ficarão as referências.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

As sociedades buscam o desenvolvimento, e isto em muitos pontos está diretamente ligado ao aumento da quantidade de energia utilizada. A energia é necessária para se criar bens a partir dos recursos naturais e para fornecer muitos dos serviços dos quais a sociedade é beneficiada.

A demanda global por energia triplicou nos últimos 50 anos e pode triplicar novamente nos próximos 30 anos. Mas as mais variadas formas de obtenção de energia não são infinitas e vários são os problemas de um aumento desenfreado e exponencial do consumo de energia: aumento do efeito estufa, chuvas ácidas, aquecimento global, aumento do nível dos oceanos, poluição do ar, poluição de rios e córregos, entre outros (PROCEL EDUCAÇÃO, 2006).

Economicamente falando, o desenvolvimento sustentável é considerado como a capacidade de as sociedades sustentarem-se de forma autônoma, gerando riquezas e bem-estar a partir de seus próprios recursos e potencialidades, resguardando os recursos e o patrimônio natural dos diferentes povos e países (GIANSANTI, 1998). As últimas décadas presenciaram uma pequena revolução em nossos conceitos e em nossa compreensão do papel desempenhado pela energia nas diversas sociedades. Esta revolução ocorreu mediante o emprego, a implementação e a aceitação da conservação de energia (HINRICHS, 2003).

“Além da justificativa usual e direta de que o uso racional de energia interessa por si mesmo, como de resto são oportunas todas as medidas de redução das perdas e de racionalização técnico-econômica dos fatores de produção, é conveniente observar o caráter estratégico e determinante que o suprimento de eletricidade apresenta em todos os processos produtivos. Ainda que representando uma parcela por vezes reduzida dos custos totais, via de regra a energia não possui outros substitutos senão a própria energia, sem a qual os processos não se desenvolvem. Talvez energia possa ser apenas parcialmente substituída por conhecimento, por informação, de modo a reduzir os desperdícios e melhorar o desempenho dos sistemas energéticos. Esta substituição de energia por inteligência, melhorando a eficiência energética é cada vez mais relevante.” (PROCEL EDUCAÇÃO, 2006).

2.2 SISTEMAS DE AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO DE CONSTRUÇÕES

Para Aulicino (2008), a conscientização da atual dependência dos recursos naturais e da grande demanda de energia aplicada à estrutura social vigente, foi despertada com as crises do petróleo na década de 1970. A partir daí, o desenvolvimento tendeu na direção do equilíbrio entre tecnologia, economia e ambiente, de forma a existir um comportamento justo e igualitário entre eles.

A questão ambiental ganhou importância a nível global na Conferência de Estocolmo em 1972 na Suécia, onde foi ressaltado o fato de que as ações que um país toma podem afetar toda uma região ou até mesmo o planeta.

No final dos anos 80 as avaliações ambientais começaram a surgir de forma mais sistemática, juntamente com isso, de acordo com Pinheiro (2006), surgiu a preocupação com a avaliação das características dos materiais e produtos, sendo analisado o ciclo de vida dos mesmos. O objetivo foi o de fornecer ferramentas para que se pudesse escolher os materiais ambientalmente mais adequados.

Análise do Ciclo de Vida (ACV):

...a ACV constitui o procedimento que permite analisar formalmente, a complexa interação de um sistema – que pode ser um material, uma componente ou conjunto de componentes – com o ambiente, ao longo de todo o seu ciclo de vida, caracterizando o que se tornou conhecido como enfoque do cradle-to-grave (berço ao túmulo). (PINHEIRO, 2006)

Segundo Pinheiro (2006), o desenvolvimento de sistemas que avaliassem ambientalmente a construção civil foi, inicialmente, um exercício de estruturação de uma série de conhecimentos numa abordagem prática.

De acordo com Lucas (2011), o consumo abusivo de água e eletricidade está diretamente relacionado com o nível de conforto e de qualidade de vida da sociedade atual.

A falta de qualidade nas construções é outro fator que faz com que haja excesso de utilização dos recursos naturais, sendo que estas construções não conseguem atender às necessidades que os usuários exigem, tais como: nível de conforto térmico ou acústico, ventilação, qualidade do ar, além de não possibilitarem uma boa iluminação natural, o que leva a consumos excessivos de energia elétrica, em função da grande quantidade de lâmpadas e luminárias instaladas. (LUCAS, 2011)

Para o mesmo autor, o setor da construção civil ainda é responsável pelo consumo exagerado de recursos materiais, o que aumenta o impacto sobre o ambiente. Pode-se perceber isso pela baixíssima utilização de materiais mais sustentáveis (de origem natural ou local), que possuem baixo valor de energia agregado (energia utilizada desde a extração até o produto final), pois esses materiais são muito escassos.

A deficiente gestão ambiental que existe durante todo o ciclo de vida da construção faz com que os resíduos de construção, utilização e demolição não seja minimizado, aumentando mais ainda os danos ao meio ambiente. (LUCAS, 2011)

Dentro deste contexto é que surgiram sistemas que avaliam e certificam as construções, possibilitando que sejam minimizados os impactos gerados pela construção civil sobre o meio ambiente.

Um edifício de qualidade não depende apenas da boa aplicação dos critérios existentes em sistemas de certificação, mas sim de um trabalho de cooperação entre os diversos setores envolvidos desde o projeto, passando pela construção e chegando até a utilização do edifício, sendo assim, tanto arquitetos, engenheiros, empreendedores e executores.

Porém, é necessário salientar a importância dos hábitos de cada usuário da edificação, pois um edifício eficiente com usuários ineficientes pode se tornar um edifício ineficiente.

Com a dedicação de todos, pode-se aumentar consideravelmente a eficiência energética da edificação.

Neste contexto, a seguir, são apresentadas as possibilidades de melhoria na eficiência energética em edificações através dos métodos de certificação AQUA, LEED e PROCEL Edifica.

2.3 CERTIFICAÇÃO AQUA

A certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental) foi o primeiro método de certificação ambiental para edifícios criado no Brasil. Esta certificação foi implantada no Brasil pela Fundação Vanzolini e é uma adaptação do sistema francês HQE (Houte Qualié Environnementale), feita para a realidade brasileira. (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2010).

De acordo com Aulicino (2008), este estudo foi desenvolvido com o objetivo de limitar os impactos, tanto da construção de um edifício novo como para a reabilitação de algum edifício já existente, seja sobre o meio ambiente ou sobre o conforto e saúde dos usuários no ambiente interno, assim como qualidade do ambiente externo.

Na metodologia da certificação são envolvidas: a eco-construção e a eco-gestão, com o gerenciamento dos impactos decorrentes.

São definidos então: sistemas e processos construtivos, canteiros de obras de baixo impacto, escolha integrada de produtos usados na construção, além da gestão da energia, da água, dos resíduos e da manutenção do edifício em uso, etc. Esta certificação também pode avaliar o conforto acústico, higrotérmico (referente a umidade e calor), visual e olfativo da habitação. (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2007)

De acordo com Leite (2011, p. 12), o tempo de construção de um edifício é apenas uma pequena parcela de sua vida útil e, dessa forma, construir um edifício com sustentabilidade garante que além das fases de planejamento e implantação, a fase de ocupação, manutenção e demolição terão menores impactos para o meio ambiente.

Segundo a Fundação Vanzolini (2007), os referenciais técnicos brasileiros para a certificação são estruturados em duas partes:

O SGE (Sistema de Gestão do Empreendimento) é a primeira, e trata da gestão que o empreendedor deve estabelecer para que se assegure a qualidade ambiental final da construção. Esta, segundo Oliveira et al (2011, p. 4) pode ser dividida em quatro estruturas:

- Comprometimento do empreendedor, onde os elementos de análise solicitados são descritos, para então ser definido o perfil ambiental

que deverá ter o empreendimento e as exigências que irão formalizar este comprometimento;

- Implementação e funcionamento, onde as exigências referentes à organização são descritas;
- Gestão do empreendimento, no qual são descritas as exigências referentes ao monitoramento e análises críticas dos processos, de avaliação da QAE (Qualidade Ambiental do Edifício) e de correções e ações corretivas;
- Aprendizagem, onde as exigências referentes à aprendizagem da experiência e do balanço do empreendimento são descritas;

A QAE (Qualidade Ambiental do Edifício) é a segunda, e avalia o desempenho do empreendimento de acordo com as características técnicas e arquitetônicas do mesmo. A avaliação do empreendimento para a certificação é dada em três momentos: no pré-projeto, na concepção e ao final da execução da obra.

O referencial de avaliação é estruturado em quatorze categorias, que serão descritas na sequência do capítulo, e estão distribuídas em quatro grupos como mostra a Figura 1:

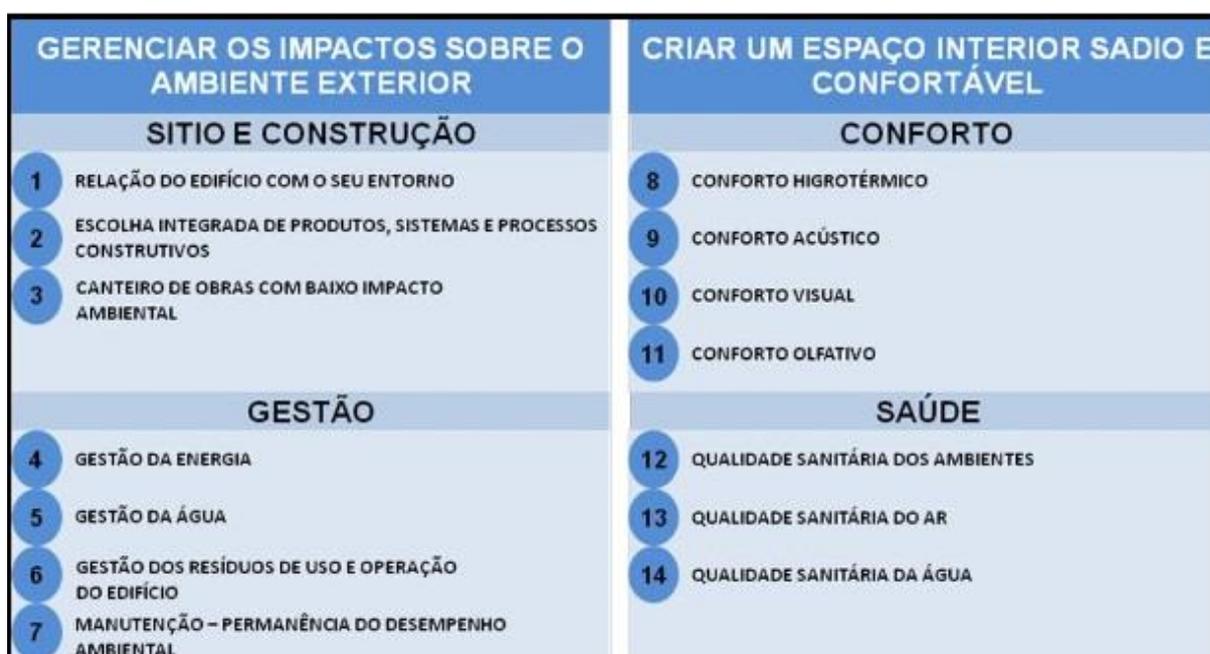


Figura 1 - Categorias de Avaliação - Sistema AQUA

Fonte: Referencial Técnico de Certificação Edifícios Habitacionais 2013, v2, p.8.

De acordo com a Fundação Vanzolini (2007), a QAE (Qualidade Ambiental do Edifício) é expressa segundo três níveis:

- Bom: Práticas correntes e legislação;
- Superior: Boas práticas;
- Excelente: Melhores práticas;

A seguir, baseado no REFERENCIAL TÉCNICO DE CERTIFICAÇÃO Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA Escritórios - Edifícios escolares (2007), serão descritos os quesitos de avaliação de cada uma das quatorze categorias.

2.3.1 Relação do Edifício com o seu Entorno

Esta categoria avalia como o empreendimento valoriza o próprio local da obra, bem como os impactos ambientais do empreendimento em si. Aborda também, conforto ambiental exterior (como o empreendimento está preparado para lidar com questões como o vento e os efeitos danosos de precipitações), conforto acústico exterior, conforto visual exterior, e de espaços externos saudáveis. Outro aspecto que é avaliado também é o impacto que este empreendimento terá na sua vizinhança, ou seja, se o mesmo limitará o direito à luminosidade, ao sol, às vistas e à tranquilidade (ruídos) (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 43).

2.3.2 Escolha Integrada de Produtos, Sistemas e Processos Construtivos:

A seguinte categoria avalia se os materiais utilizados na obra estão em conformidade com a vida útil desejada do empreendimento, que varia de 10 a 100 anos e, se estes estão de forma a diminuir os impactos ambientais na construção. Verifica também a adaptabilidade desta obra para futuras reformas, bem como a desmontabilidade e a separação dos produtos quando a obra estiver concluindo seu tempo de vida útil estipulado. Analisa também os antecedentes dos fabricantes dos

produtos utilizados na construção (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 62).

2.3.3 Canteiro de Obras com Baixo Impacto Ambiental:

A terceira categoria estipula medidas para minimizar os resíduos do canteiro de obras, tanto da fase de construção, como modernização e até mesmo de desconstrução. Os resíduos também são avaliados quanto ao seu reaproveitamento e destino final. A categoria ainda verifica os incômodos causados pelo canteiro de obras como os de: natureza sonora, visual ou poluição do ar (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 79).

2.3.4 Gestão da energia

A presente categoria avalia os esforços realizados na obra para reduzir o consumo de energia elétrica. Está dividida para critérios de avaliação de acordo com as duas subcategorias, a seguir.

2.3.4.1 Redução do Consumo de Energia por Meio da Concepção Arquitetônica

Segundo o Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA (2007, p. 93), para a avaliação desta subcategoria, existem duas preocupações que devem ser atendidas pelo projeto, conforme o Quadro 1:

Preocupação	Indicador	Critério de avaliação	
		Título	Nível
Item 1: Melhorar a aptidão da envoltória para limitar desperdícios	Transmitância Térmica ponderada da envoltória U_{edif} (W/m ² .K)	Explicitação do valor absoluto da Transmitância Térmica U_{edif} $U_{edif} < U_{edif-base}^{(1)}$	S
Item 2: Melhorar a aptidão do edifício para reduzir suas necessidades energéticas	Necessidades energéticas do edifício Partido arquitetônico (implantação, porte, orientação e aspecto geral do edifício)	Explicitação do valor absoluto das necessidades energéticas totais e das necessidades energéticas por uso final ($C_{resfriamento}$, $C_{iluminação}$) Justificativa da otimização do partido arquitetônico em função do contexto e dos objetivos ambientais do empreendedor ^{(2) (3)}	S

Quadro 1 - Quadro de avaliação da categoria 2.3.4.1.

Fonte: Adaptado do REFERENCIAL TÉCNICO DE CERTIFICAÇÃO Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA Escritórios - Edifícios escolares (2007, p. 93).

Para se obter o nível Superior na categoria do Item 1, é utilizado um edifício base teórico com o mesmo volume e área de piso do edifício a ser avaliado. Então calcula-se a transmitância térmica do edifício e do edifício base, sendo que a do edifício deve ser menor. Para calcular a transmitância térmica, pode-se usar a seguinte equação (01):

$$U_{edif} = \frac{\sum U_i * A_i}{\sum A_i} \quad (01)$$

onde U_i é a transmitância térmica da superfície associada ao elemento de vedação A_i .

Para o edifício base, são utilizados os seguintes valores de transmitância térmica (em W/m².K): parede: 2,4; portas não totalmente de vidro: 3,0; cobertura: 1,2; vidros: 6,5.

Já para se obter o nível Superior na categoria do item 2, devem ser utilizados produtos e técnicas que auxiliem a diminuir a quantidade de energia solicitada, tanto para resfriamento como para iluminação artificial, como por exemplo: isolamento térmico adequado das vedações e cobertura, cores claras para fachadas e ambientes internos, ventilação natural por convecção, cobertura ventilada e/ou vegetalizada, planos vegetais na fachada, iluminação natural maximizada em todos

os ambientes, orientação Sul, envidraçamento das partes altas das fachadas, poços de luz e iluminação zenital, evitando a irradiação direta. Estas ações e técnicas devem estar justificadas em função dos objetivos ambientais do empreendedor da obra, analisando cada fachada do ponto de vista energético, para que haja tanta economia de energia quanto possível, tanto no inverno como no verão, sem prejudicar o conforto dos usuários.

Caso o nível superior seja alcançado nos itens 1 e 2, a subcategoria em questão é avaliada como SUPERIOR. Caso contrário, não é dada nenhuma avaliação a esta subcategoria.

2.3.4.2 Redução do Consumo de Energia Primária e dos Poluentes Associados

De acordo com o Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA (2007, p. 96), na avaliação dessa subcategoria, existem três tipos de preocupações, conforme o Quadro 2:

Preocupação	Indicador	Critério de avaliação	
		Título	Nível
Item 1: Reduzir o consumo de energia primária devida ao resfriamento, à iluminação, ao aquecimento de água, à ventilação e aos equipamentos auxiliares	Coeficiente de consumo de energia primária (ep) Cep: <ul style="list-style-type: none"> ▪ expresso em kWh/ano.m²área útil ▪ calculado segundo simulação computacional do edifício proposto para o empreendimento 	Explicitação do valor absoluto do coeficiente Cep (kWh-ep/ano e kWh-ep/ano.m ² área útil (1)) e detalhado por uso final (resfriamento; iluminação; aquecimento de água; ventilação; equipamentos auxiliares) Cep ≤ Cep _{ref} (2)	B
		Explicitação do valor absoluto do coeficiente Cep (kWh-ep/ano e kWh-ep/ano.m ² área útil (1)) e detalhado por uso final (resfriamento; iluminação; aquecimento de água; ventilação; equipamentos auxiliares) Cep ≤ 0,90 Cep _{ref} (2)	S
		Explicitação do valor absoluto do coeficiente Cep (kWh-ep/ano e kWh-ep/ano.m ² área útil (1)) e detalhado por uso final (resfriamento; iluminação; aquecimento de água; ventilação; equipamentos auxiliares) Cep ≤ 0,80 Cep _{ref} (2)	E
Item 2: Limitar os poluentes gerados pelo consumo de energia	<u>Quantidades:</u> <ul style="list-style-type: none"> ▪ equivalentes de CO₂ gerados pelo uso de energia 	Cálculo da quantidade de CO ₂ gerada por diferentes modalidades de energia (3) Justificativa para a escolha energética correspondente ao melhor compromisso em vista da emissão de poluentes e dos objetivos ambientais do empreendedor	S
Item 3: Utilizar energias renováveis locais	Emprego de modalidades energéticas locais de origem renovável (4)	Explicitação da porcentagem de cobertura das necessidades pelas energias locais de origem renovável (detalhada por uso final energético) Justificativa da pertinência da modalidade (5)	E

Quadro 2 - Quadro de avaliação da categoria 2.3.4.2

Fonte: Adaptado do REFERENCIAL TÉCNICO DE CERTIFICAÇÃO Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA Escritórios - Edifícios escolares (2007, p. 98).

Para se verificar qual nível de avaliação será obtido na subcategoria do item 1, deve-se calcular o coeficiente de consumo de energia primária e compará-lo a um valor de referência, que será calculado com o mesmo edifício base utilizado na subcategoria referente a Redução do Consumo de Energia por Meio da Concepção Arquitetônica. Para a definição de área útil, nesta categoria, excluem-se áreas de passagem ou que não são relacionadas à atividade fim do edifício, como por exemplo: garagens, banheiros, terraços, entre outros.

Na subcategoria do item 3, entende-se por energias renováveis locais: painéis solares térmicos (para o aquecimento de água e/ou calefação de ambientes); painéis solares fotovoltaicos (para a produção de eletricidade utilizada no empreendimento); etc.

Para a subcategoria do item 2 receber o nível de avaliação BOM, basta ter cumprido a preocupação do item 1 com pelo menos o nível BOM. Para se receber o nível SUPERIOR, deve ter obtido ao menos o nível SUPERIOR nas preocupações do item 1 e 2. Já para a subcategoria que trata da Redução do Consumo de Energia Primária e dos Poluentes Associados receber o nível de avaliação EXCELENTE, deve ter recebido o nível EXCELENTE nas preocupações do item 1 e 2, e o nível SUPERIOR na preocupação do item 2.

2.3.4.3 Avaliação Total da Categoria

Para a categoria “Gestão da Energia” receber um nível de qualificação BOM, deve ter ao mínimo recebido o nível BOM na subcategoria que diz respeito a Redução do Consumo de Energia Primária e dos Poluentes Associados. Para obter o nível SUPERIOR, as duas subcategorias anteriores devem ter sido classificadas como SUPERIOR. Se o empreendimento adquiriu o nível SUPERIOR na subcategoria referente a Redução do Consumo de Energia por Meio da Concepção Arquitetônica e EXCELENTE na subcategoria que diz respeito a Redução do Consumo de Energia Primária e dos Poluentes Associados, então a gestão de energia neste edifício recebe a classificação de EXCELENTE (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 99).

2.3.5 Gestão da Água

Esta categoria visa, acima de tudo, avaliar as medidas tomadas pelo edifício para reduzir o consumo de água potável, utilizando redutores de pressão, economizadores de água e água não potável onde possível e, aperfeiçoar a gestão

das águas pluviais através das ações de retenção, infiltração no solo e tratamento das águas provenientes da chuva (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 103).

2.3.6 Gestão dos Resíduos de Uso e Operação do Edifício

A presente categoria avalia as ações tomadas pelos responsáveis pela obra para minimizar os resíduos finais durante o uso e operação do edifício. Medidas como reuso, reciclagem, regeneração, incineração, compostagem, facilitação da coleta e triagem são avaliadas pelos medidores da categoria (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p.119).

2.3.7 Manutenção: Permanência do Desempenho Ambiental

Esta categoria verifica se há meios para acompanhamento e controle, bem como facilidade de manutenção e acesso simples à intervenção durante o uso e operação dos sistemas de aquecimento e resfriamento, de ventilação, de iluminação e de gestão da água (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 126).

2.3.8 Conforto Higrotérmico

Nesta categoria são avaliadas as implementações arquitetônicas, técnicas de climatização natural e sistemas automatizados para aperfeiçoar o conforto na temperatura interna dos ambientes, tanto no inverno quanto no verão (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 139).

2.3.9 Conforto Acústico

A nona categoria verifica os esforços dedicados ao isolamento acústico dos ambientes do edifício, bem como a acústica interna de seus ambientes de acordo com sua finalidade e elementos arquitetônicos espaciais, para que os usuários não sejam atrapalhados pelos ruídos externos mas também preservando um contato auditivo com o ambiente ao redor, não se isolando acusticamente do seu entorno (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 155).

2.3.10 Conforto Visual

Esta categoria avalia a iluminação dos ambientes em termos de conforto às tarefas específicas, de maneira a aproveitar ao máximo a luz do sol. É dividida em duas subcategorias.

2.3.10.1 Garantia de Iluminância Natural Ótima Evitando seus Inconvenientes

Segundo o Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA (2007, p. 184), para esta subcategoria há cinco preocupações, que estão dispostas no Quadro 4:

Preocupação	Indicador	Critério de avaliação	
		Título	Nível
Item 1: Dispor de acesso à luz do dia nos ambientes de permanência prolongada	Disponibilidade de acesso à luz do dia em parte dos ambientes de permanência prolongada por acesso direto ou por componentes de passagem de luz (6) (elementos translúcidos internos como os colocados sobre portas, divisórias, etc.)	Escritórios: 100% Salas de aula: 100%	B
		Escritórios: 100% Salas de aula: 100% Outros espaços: acesso à luz do dia, mas sem exigência de porcentagem (sala de reunião, centro de documentação, espaço de alimentação, espaços internos de convivência)	E
Item 2: Dispor de acesso a vistas externas a partir das zonas onde se encontram os ocupantes nos ambientes de permanência prolongada	Disponibilidade de acesso a vistas externas no sentido horizontal do plano de visão em parte dos ambientes de permanência prolongada (a partir das estações de trabalho) (1) (2)	Salas de aula, escritórios com divisórias e com áreas de trabalho livres de grandes dimensões: 100 % Outros espaços: 40% (salas de reunião, centro de documentação, espaço de alimentação, espaços internos de convivência)	B
		Salas de aula, escritórios com divisórias e com áreas de trabalho livres de grandes dimensões: 100% Outros espaços: 60% (salas de reunião, centro de documentação, espaço de alimentação, espaços internos de convivência)	E
Item 3: Dispor de iluminância natural mínima nas áreas onde se encontram os ocupantes	<p>Fator de Luz do Dia (FLD) até uma certa profundidade (3)</p> <p>Condições particulares (não cumulativas):</p> <ul style="list-style-type: none"> reduzir os limites em 0,5% em ambientes utilizados de forma intermitente; reduzir os limites em 0,5% quando estão previstos planos de trabalho verticais. <p>Em casos de edifícios de escritórios com áreas de trabalho livres de grandes dimensões: disposição das estações de trabalho de forma a melhorar a iluminância natural daquelas localizadas na 2ª fileira e nas demais fileiras, em relação à fachada.</p>	Escritórios: FLD ≥ 1,5% para 80% dos ambientes, FLD ≥ 1,0% para os demais ambientes Salas de aula: FLD ≥ 1,5% em pelo menos 80% dos ambientes, FLD ≥ 1,0% para os demais ambientes	B
		Escritórios: FLD ≥ 2,0% para 80% dos ambientes, FLD ≥ 1,5% para os demais ambientes Salas de aula: FLD ≥ 2,0% para pelo menos 80% dos ambientes, FLD ≥ 1,5% para os demais ambientes	S
		Escritórios: FLD ≥ 2,0% para 80% dos ambientes, FLD ≥ 1,5% para os demais ambientes Salas de aula: FLD ≥ 2,0% para 80% dos ambientes, FLD ≥ 1,5% para os demais ambientes No caso de escritórios com áreas de trabalho livres de grandes dimensões, estudo das condições de iluminância natural: soluções satisfatórias (4) (5)	E

Quadro 3 - Quadro de avaliação da subcategoria 2.3.10.1

Fonte: Adaptado do REFERENCIAL TÉCNICO DE CERTIFICAÇÃO Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA Escritórios - Edifícios de serviço (2007, p. 185).

Preocupação	Indicador	Critério de avaliação	
		Título	Nível
Item 4: Dispor de luz do dia nas áreas de circulação	Áreas de circulação dispendo de luz do dia ⁽⁶⁾	Áreas de recepção dispendo de luz do dia	S
		Áreas de recepção dispendo de luz do dia 50% das áreas de circulação dispendo de luz do dia ⁽¹⁾	E
Item 5: Evitar o ofuscamento direto ou indireto	Soluções adotadas para evitar o ofuscamento direto e indireto devido ao sol nos locais sensíveis e muito sensíveis ao ofuscamento	Tratamento dos ambientes muito sensíveis ao ofuscamento: soluções satisfatórias	B
		Ambientes sensíveis e muito sensíveis ao ofuscamento: <ul style="list-style-type: none"> ▪ identificação dos ambientes que apresentam estas situações; ▪ estudo das condições de ofuscamento; ▪ soluções satisfatórias. 	S
		Ambientes sensíveis e muito sensíveis ao ofuscamento: <ul style="list-style-type: none"> ▪ identificação dos ambientes que apresentam estas situações; ▪ estudo das condições de ofuscamento; ▪ soluções satisfatórias; ▪ escolha dos elementos de proteção solar móveis. 	E

Quadro 4 - Quadro de avaliação da subcategoria 2.3.10.1 (Continuação)

Fonte: Adaptado do REFERENCIAL TÉCNICO DE CERTIFICAÇÃO Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA Escritórios - Edifícios de serviço (2007, p. 185).

Para obter-se a qualificação BOM nesta subcategoria, as preocupações do itens 1, 2, 3 e 5 devem ter obtido a qualificação BOM. Para se obter SUPERIOR na subcategoria 2.3.10.1, as preocupações dos itens 1 e 2 devem ter no mínimo a avaliação BOM e as preocupações dos itens 3, 4 e 5 como SUPERIOR. Para ser avaliada como EXCELENTE a subcategoria 2.3.10.1, duas combinações são possíveis, e a primeira é: BOM na preocupação do item 2, SUPERIOR na do item 3 e EXCELENTE nos itens 1, 4 e 5. A segunda combinação é: SUPERIOR nas preocupações dos itens 3 e 4 e EXCELENTE nos itens 1, 2 e 5.

2.3.10.2 Iluminação Artificial Confortável

De acordo com o Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA (2007, p. 188), esta subcategoria dispõe, também, de cinco preocupações, dispostas no Quadro 5:

Preocupação	Indicador	Critério de avaliação	
		Título	Nível
Item 1: Dispor de um nível de iluminância ótimo de acordo com as atividades previstas	Nível de iluminância médio a ser mantido nos ambientes, de acordo com seus usos ⁽¹⁾ ⁽²⁾	Escritórios: 500 lux (tabela 1 de [E]), com possíveis alterações, de acordo com item 5.2.4.2 ⁽²⁾ Edifícios escolares ⁽²⁾ 300 lux, com possíveis alterações, de acordo com itens 5.2.4.2 e 5.2.4.3 de [E] (salas de aula de ensino fundamental e médio) e 500 lux (salas de aula no período noturno e para adultos), observando-se as mesmas recomendações de ABNT (1992) [E] ⁽²⁾	B
Item 2: Garantir uma boa uniformidade de iluminação de fundo para os ambientes com mais de 20 m ²	Coeficiente de uniformidade $U = E_{\text{mínima}} / E_{\text{média}}$ ou Relação máxima d/h ⁽⁴⁾	$U \geq 0,7$ (ou $U \geq 0,6$) ⁽⁵⁾ ou Relação d/h de $d/h \leq 1,2$ até $d/h \leq 2,3$ ⁽³⁾	S
		$U \geq 0,8$ (ou $U \geq 0,7$) ⁽⁵⁾ ou Relação e/h de $d/h \leq 1$ até $d/h \leq 2$ ⁽³⁾	E
Item 3: Evitar o ofuscamento devido à iluminação artificial e buscar um equilíbrio das luminâncias do ambiente luminoso interno	Soluções adotadas para evitar o ofuscamento por iluminação artificial nos ambientes sensíveis e muito sensíveis ao ofuscamento Soluções adotadas para garantir um bom equilíbrio das luminâncias com a iluminação artificial	Identificação dos ambientes Estudo das condições de ofuscamento Soluções satisfatórias	B
		Estudo das condições de equilíbrio das luminâncias do meio interno Soluções satisfatórias	S
Item 4: Garantir uma qualidade agradável da luz emitida	Garantir temperaturas de cor Tc e índices de reprodução de cores IRC adaptados às atividades dos ambientes	Para atividades rotineiras ⁽⁶⁾ : Tc ≥ 3000 K e IRC ≥ 80 Para atividades que requerem identificação precisa das cores: Tc ≥ 5000 K e IRC ≥ 90	B
Item 5: Controle do meio visual pelos usuários	Soluções adotadas para permitir aos usuários o controle de seu meio visual	Soluções satisfatórias para os escritórios e edifícios escolares	S

Quadro 5 - Quadro de avaliação da subcategoria 2.3.10.2

Fonte: Adaptado do REFERENCIAL TÉCNICO DE CERTIFICAÇÃO Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA Escritórios - Edifícios escolares (2007, p. 188).

Para obter o nível BOM na subcategoria 2.3.10.2, as preocupações dos itens 1, 3 e 4 devem ter adquirido o nível BOM. Para o nível SUPERIOR, devem ser alcançados os níveis SUPERIOR nas preocupações dos itens 2, 3 e 5 e, pelo menos BOM nos itens 1 e 4. Para a subcategoria 2.3.10.2 ser classificada como excelente, deve ter atingido o nível EXCELENTE na preocupação do item 2, além de SUPERIOR nos itens 3 e 5, além de BOM nos itens 1 e 4.

2.3.10.3 Avaliação Total da Categoria

A avaliação da categoria de conforto visual é dada da seguinte forma: BOM, caso tenha alcançado o nível BOM nas subcategorias 2.3.10.1 e 2.3.10.2; SUPERIOR, caso tenha adquirido no mínimo um nível SUPERIOR e um BOM entre as duas subcategorias. E, será classificada como EXCELENTE na categoria Conforto Visual, os empreendimentos que tenham alcançado no mínimo um nível EXCELENTE e um SUPERIOR nas subcategorias anteriormente citadas (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 188).

2.3.11 Conforto Olfativo:

Esta categoria visa garantir aos usuários um odor agradável ao ambiente, analisando para tal fim os esforços realizados pelos projetistas para garantir uma ventilação eficaz e um controle das fontes de odor desagradável (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 193).

2.3.12 Qualidade Sanitária dos Ambientes

Avaliar a presença de fontes emissoras de ondas eletromagnéticas de baixa frequência e analisar o seu impacto eletromagnético, é uma das preocupações desta categoria. A outra está direcionada a área de higiene específica, em ambientes onde haja estocagem de resíduos, interação com animais, sanitários e cozinhas (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 203).

2.3.13 Qualidade Sanitária do Ar

Muito semelhante à categoria 2.3.11, a presente categoria também avalia a garantia de ventilação eficaz e controle das fontes de poluição, mas com um viés mais dedicado à substâncias nocivas aos seres humanos, tais como: substâncias químicas gasosas, fumaça de cigarros, poeiras e partículas, entre outros (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 215).

2.3.14 Qualidade Sanitária da Água

A última categoria da QAE verifica a qualidade da água destinada a utilização humana, respeitando os níveis de potabilidade. Para tanto, são analisados itens como: a qualidade dos materiais utilizados nas redes internas, sua proteção e controle de temperatura, bem como os tratamentos anticorrosivos e anti-incrustação (Referencial Técnico de Certificação – Edifícios do setor de serviços – Processo AQUA, 2007, p. 227).

2.3.15 Obtenção da Certificação

Para se obter a certificação AQUA, é necessário um número mínimo de categorias com padrão “excelente”, e um número máximo de categorias com a qualificação “bom”.

A Figura 2 ilustra as exigências necessárias para a certificação AQUA:

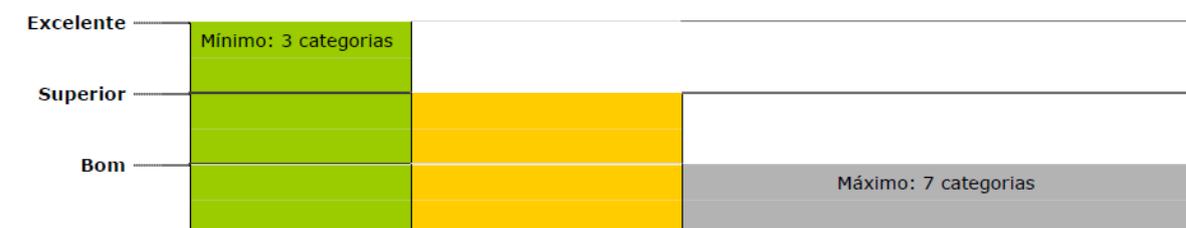


Figura 2 - - Exigências para a certificação AQUA

Fonte: Referencial Técnico de Certificação, Fundação Vanzolini (2007, p. 12).

Sendo assim, pela análise da Figura 2, nota-se que para que a construção receba a certificação AQUA, dentre as 14 categorias de avaliação, ela deve ter no mínimo três categorias consideradas excelentes e, no máximo 7 categorias consideradas boas.

Segundo a Fundação Vanzolini (2007), com a certificação AQUA, o comprador saberá que a sua habitação será mais saudável e confortável, além de que, o seu patrimônio será valorizado com o passar do tempo e apresentará custos reduzidos de condomínio (gastos de água, energia, conservação e manutenção).

2.4 CERTIFICAÇÃO LEED

De acordo com Dantas, Dantas e Pimenta (2010, p. 3), o LEED – Leadership in Energy and Environmental Design (Liderança em Energia e Planejamento Ambiental), iniciou-se em 1998 como uma das certificações para as chamadas “construções verdes”.

Esse certificado avalia uma construção quanto ao seu design e suas estratégias construtivas que visam à sustentabilidade, tais como: economia de energia, eficiência com a água, redução das emissões de gases estufa, qualidade ambiental interior, utilização de recursos renováveis e sensibilização para os impactos gerados pela sua extração.

De acordo com Stefanuto e Henkes (2012), a Certificação LEED demonstra o quanto uma construção sustentável está buscando para colaborar com a preservação dos recursos naturais, evitando, ao mesmo tempo, os impactos ambientais.

Desenvolvido pelo USGBC - U.S Green Building Council (Consulado Americano das Construções Verdes), o LEED possui um checklist que é disponibilizado aos construtores. Esse checklist possui identificações e implementações práticas e mensuráveis de projeto, construção, operação e manutenção de “construções verdes”. (DANTAS; DANTAS; PIMENTA, 2010, p. 3)

De acordo com Leite (2011, p. 24), a certificação é feita em diferentes níveis, dependendo do grau de proteção ambiental que foi obtido no empreendimento. O método de avaliação é feito através da análise dos documentos que contém os itens obrigatórios e classificatórios.

Existem diferentes níveis de certificação, que é dada por um sistema de pontos que varia dependendo da categoria da certificação. Ainda na fase de projeto, existem requisitos mínimos que determinam se existe ou não a possibilidade do projeto ser certificado. (LEITE, 2011, p. 24)

Para Dantas, Dantas e Pimenta (2010, p.3), o sistema LEED de classificação possui algumas áreas-chave que funcionam como base para a criação do checklist de avaliação do empreendimento, sendo essas áreas:

- Sítios sustentáveis: essa categoria sugere que a escolha do local de construção e o manejo do mesmo seja feita levando em

consideração a mitigação dos impactos nos ecossistemas e cursos d'água;

- Eficiência com água: aqui é encorajado o uso racional da água, dentro e fora da edificação;
- Energia e atmosfera: nessa categoria são propostas diversas estratégias de economia de energia, como: iluminações eficientes, uso de fontes renováveis e limpas, etc.;
- Materiais e recursos: aqui é destacado o uso de materiais de produção limpa, bem como a reciclagem dos materiais;
- Qualidade ambiental interna: nessa categoria são buscadas estratégias para melhorar o ar interno, a iluminação natural, a acústica da construção, etc.;
- Localização e articulação: essa categoria encoraja a construção longe de locais que sejam sensíveis ambientalmente, procurando locais com infraestrutura adequada;
- Conscientização e educação: aqui são estimuladas a existência de ferramentas que permitam que os inquilinos e profissionais da construção saibam o que são “construções verdes” e consigam utilizar melhor as suas características;
- Inovação em design: essa categoria dá bonificações em forma de pontos para projetos que utilizarem tecnologias inovadoras, bem como estratégias que melhorem o desempenho da edificação em categorias não especificadas pela LEED;
- Prioridade regional: aqui são pesquisadas e identificadas as necessidades ambientais de cada região, adequando o LEED para elas;

2.4.1 Tipos de Certificações LEED

De acordo com GBCB (Green Building Council Brasil, 2011), no Brasil existem atualmente os seguintes tipos de certificação LEED:

- LEED NC: Novas construções e grandes projetos de renovação;
- LEED ND: Desenvolvimento de bairro (localidades);
- LEED CS: Projetos da envoltória e parte central do edifício;
- LEED Retail NC e CI: Lojas de varejo;
- LEED Healthcare: Unidades de Saúde;
- LEED OB_OM: Operação de manutenção de edifícios existentes;
- LEED Schools: Escolas;
- LEED CI: Projeto de interiores e edifícios comerciais;

Independentemente das categorias, o LEED oferece quatro níveis de certificação que dependem da pontuação total obtida no checklist, estes níveis são:

- LEED Certified (Básico);
- LEED Silver (Prata);
- LEED Gold (Ouro);
- LEED Platinum (Platina);

A Figura 2 mostra os símbolos de cada uma das certificações:



Figura 3 - Certificações LEED
Fonte: GBC Brasil (2011).

O Anexo A traz um checklist LEED para novas construções.

Como o presente trabalho se destina à elaboração de uma auditoria nas instalações da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), será abordado no próximo tópico os requisitos mínimos necessários para a obtenção da certificação LEED for Schools.

2.4.1.1 LEED for Schools

O checklist do LEED 2009 for Schools – New Construction and Major Renovation (Novas Construções de Grandes Reformas) (2009), apresenta como requisitos mínimos para que se obtenha a certificação os seguintes tópicos:

- Prevenção da Poluição na Atividade da Construção;
- Avaliação Ambiental do Local;
- Redução no Uso da Água;
- Comissionamento dos Sistemas de Energia;
- Desempenho Mínimo Energético;
- Gestão Fundamental de Gases Refrigerantes;
- Coleta e Armazenamento de Materiais Recicláveis;
- Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interno;
- Controle da Fumaça do Cigarro;
- Desempenho Acústico Mínimo;

2.4.1.1.1 Prevenção da Poluição na Atividade da Construção

Nessa abordagem tem-se o intuito de reduzir a poluição proveniente das atividades da construção através do controle da erosão, assoreamento fluvial e controle da poeira gerada.

O requisito é a criação e implementação de um plano de controle da erosão e sedimentação de todas as atividades de construção que estão associadas ao projeto, devendo cumprir os seguintes objetivos:

- Evitar a perda de solo, durante a construção, através do escoamento da água e/ou da erosão eólica, incluindo a proteção superficial do solo, armazenando-a para reutilização;
- Prevenir a sedimentação da rede de esgoto e dos córregos;
- Prevenir a poluição do ar;

Algumas estratégias que podem ser adotadas são: a criação de um plano de controle de erosão e sedimentação durante a fase de concepção do projeto; realização de sementeiras temporárias e permanentes; utilização de armadilhas de sedimentos e bacias sedimentares (LEED 2009 for Schools, New Construction and Major Renovation, 2009, p. 1).

2.4.1.1.2 Avaliação Ambiental do Local

Segundo LEED 2009 for Schools, New Construction and Major Renovation, (2009, p. 2), deve-se garantir que o local foi avaliado contra contaminação ambiental. Se contaminado, que a mesma tenha sido corrigida para proteger a saúde dos usuários.

Para descobrir se o local possui alguma contaminação química devem-se realizar estudos atuais e levantar os dados passados do terreno. Podem ser adotadas algumas das seguintes estratégias:

- Utilizar a base de dados dos arquivos federais, estaduais e locais das agências reguladoras;
- Analisar registros privados de usos atuais e passados do terreno;
- Fazer análise de fotografias aéreas históricas;

2.4.1.1.3 Redução do Uso da Água

Este item tem o intuito de aumentar a eficiência da água no interior dos edifícios de modo a reduzir a carga nos sistemas de esgoto e abastecimento de água municipal.

Como exemplos de estratégias podem ser citadas: adesão de equipamentos de alta eficiência como por exemplo: sanitários e mictórios ligados a sistemas de compostagem, para reduzir a demanda de água potável; uso de fontes alternativas de água, como: água da chuva e água dos condensadores de ar condicionado (LEED 2009 for Schools, New Construction and Major Renovation, 2009, p. 25).

2.4.1.1.4 Comissionamento dos Sistemas de Energia

De acordo com o LEED 2009 for Schools, New Construction and Major Renovation (2009, p. 33), este requisito tem a finalidade de garantir que os sistemas relacionados com a energia do projeto estão instalados, calibrados e estão sendo operados de acordo com os requisitos de projeto.

Alguns dos benefícios do comissionamento incluem redução no uso de energia, menores custos operacionais, melhoria da produtividade dos ocupantes e garantia de que o desempenho dos sistemas estão em concordância com os requisitos de projeto.

Os requisitos deste item são:

- A realização das atividades do processo de comissionamento deve ser acompanhada de um indivíduo com autoridade para liderar, analisar e fiscalizar as mesmas;
- O responsável pela fiscalização das atividades do processo de comissionamento deve ter experiência comprovada em pelo menos dois projetos de construção;
- Deve ser desenvolvido e implementado um plano de comissionamento;
- Deve ser verificada a instalação e o desempenho dos sistemas a serem comissionados;
- Deve ser elaborado um relatório de comissionamento;
- Os processos de comissionamento devem ser realizados para os seguintes sistemas relacionados com a energia: aquecimento, ventilação, ar condicionado, sistemas de refrigeração e controles associados, controles de iluminação artificial e natural, sistemas domésticos de água quente, sistemas de energias renováveis;

2.4.1.1.5 Desempenho Mínimo Energético

Este tópico tem por objetivo estabelecer parâmetros para o nível mínimo de eficiência energética para construção e, propor sistemas de redução dos impactos ambientais e econômicos associados ao uso excessivo de energia.

Uma meta de classificação de desempenho energético para o projeto de instalações deve ser estabelecida:

- Opção 1: através de simulação, novas construções deverão apresentar uma melhoria de 10% no seu desempenho, enquanto que para grandes obras de renovação, a melhoria deve ser de pelo menos 5%. Para efeitos de análise,
- Opção 2: para adotar esta opção o projeto deve ter área útil menos que 60960m² (200.000ft²), este deve cumprir todos os critérios aplicáveis conforme estabelecido no guia: Advanced Energy Design (Projetos Avançados de Energia), para a zona bioclimática em que o edifício está localizado;
- Opção 3: o projeto deve estar conciliado com as medidas normativas identificadas no guia: Advanced Building Core Performance (Núcleo Avançado de Desempenho de Construções). Uma estratégia a ser tomada, pode ser utilizar um modelo de simulação computacional para avaliar o desempenho energético e identificar as medidas de eficiência energética mais rentáveis. Quantificar o desempenho de energia em comparação com o edifício de referência (LEED 2009 for Schools, New Construction and Major Renovation, 2009, p. 35).

2.4.1.1.6 Gestão Fundamental de Gases Refrigerantes

Tem como escopo promover a redução da destruição da camada de ozônio, zerando o uso de sistemas de condicionamento de ar, ventilação e refrigeração baseados em CFC (clorofluorcarbono). Equipamentos, tais como: frigoríficos, pequenos refrigeradores de água e qualquer outro equipamento que contém menos

que 0,5 libras (0,226kg), não são considerados parte do sistema de construção e, não estão sujeitos aos requisitos deste item

No caso de grandes reformas, existe a possibilidade de utilização de sistemas a base de CFC, porém é necessário a realização de um inventário para identificar os equipamentos que utilizam esse fluido refrigerante, e fornecer um cronograma de reposição para os mesmos (LEED 2009 for Schools, New Construction and Major Renovation, 2009, p. 37)

2.4.1.1.7 Coleta e Armazenamento de Materiais Recicláveis

O alvo deste tópico é facilitar a redução dos resíduos gerados pelos ocupantes da construção, que são transportados e depositados em aterros. Para que isso seja possível, é necessária uma área dedicada, de fácil acesso para a coleta e armazenagem de materiais para reciclagem. Estes devem incluir no mínimo as seguintes categorias de coleta de lixo: papel, papelão, vidro, plásticos e metais.

Vale ainda a identificação dos manipuladores de resíduos locais, e compradores dos materiais que possam ser reciclados, instruir os ocupantes sobre os procedimentos de reciclagem e considerar o emprego de prensas de papelão e trituradores de latas de alumínio (LEED 2009 for Schools, New Construction and Major Renovation, 2009, p. 49).

2.4.1.1.8 Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interno

Visando uma contribuição para o conforto e bem estar dos ocupantes, são estabelecidos níveis de desempenho mínimo da qualidade do ar interno nos edifícios.

Para espaços mecanicamente ventilados, deve-se respeitar taxas de ventilação ou o código local aplicável que for mais rigoroso.

Em edifícios ventilados naturalmente, o padrão das instalações deverá estar em conformidade com ASHRAE 62,1-2007, tópico 5.1.

Os sistemas de ventilação deverão atender ou exceder as taxas mínimas de ventilação do ar externo, conforme descrito na norma anteriormente citada (LEED 2009 for Schools, New Construction and Major Renovation, 2009, p. 59).

2.4.1.1.9 Controle da Fumaça do Cigarro

Eliminar a exposição dos ocupantes do edifício, as superfícies interiores e os sistemas de distribuição de ar de ventilação da fumaça ambiental proveniente do tabaco.

Além de ser proibido o fumo no interior do edifício, é vetado também o uso do tabaco em distâncias menores que 7,62m (25ft) da entrada do edifício, entradas de ar e janelas operáveis (LEED 2009 for Schools, New Construction and Major Renovation, 2009, p. 60).

2.4.1.1.10 Desempenho Acústico Mínimo

Este tópico tem o intento de garantir salas de aula silenciosas, para que os professores possam falar com a turma sem forçar as suas vozes, e que, os alunos possam se comunicar de forma eficaz uns com os outros e com o professor.

Aplicação de materiais absorventes de som em tetos e outras superfícies é uma possível medida a ser tomada (LEED 2009 for Schools, New Construction and Major Renovation, 2009, p. 61).

2.5 CERTIFICAÇÃO PROCEL EDIFICA

O selo de etiquetagem PROCEL Edifica faz parte do PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem) e surgiu em 2003, sendo instituído pela ELETROBRAS/PROCEL, atuando conjuntamente com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil (PROCEL INFO, 2006).

Este selo avalia uma edificação, classificando ela de acordo com o seu nível de eficiência energética. O processo de etiquetagem ocorre de forma distinta, podendo ser para edifícios comerciais, de serviço e públicos, ou para edifícios residenciais.

O programa PROCEL Edifica dá suporte a aplicação da LEI 10.295/0, que fala sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia, regulamentando e etiquetando as edificações brasileiras em termos de eficiência energética (PORTELA JUNIOR, 2012, p. 14).

2.5.1 Etiquetagem de Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos

De acordo com Bertolotti (2011, p. 16), a avaliação dos edifícios comerciais, públicos e de serviço, em termos do desempenho energético é feita através do RTQ (Regulamento Técnico de Qualidade) (INMETRO, 2010).

Este regulamento é aplicável a edifícios cuja área útil mínima seja de 500m², e/ou cuja tensão de abastecimento seja igual ou superior a 2,3 kV. Nesta avaliação, são contemplados os edifícios não condicionados, parcialmente condicionados ou condicionados.

Segundo os Manual para Aplicação do RTQ-C e RAC-C (2010, p. 62), todos os pré-requisitos gerais que estão no regulamento devem ser obrigatoriamente cumpridos para que a edificação possa receber a etiquetagem completa de nível de eficiência A, B ou C.

De acordo com Bertolletti (2011, p.17), após um edifício ser considerado apto a participar do processo de etiquetagem, ou seja, ter cumprido todos os pré-requisitos gerais, o seu nível de desempenho irá variar de “A” (mais eficiente) até “E” (menos eficiente), sendo que esse desempenho será avaliado pelos seguintes tópicos:

- Envoltória;
- Iluminação;
- Condicionamento de ar;

Cada tópico é analisado separadamente e a sua classificação é dada de forma individual, sendo assim, pode-se obter uma ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) geral ou uma ENCE parcial.

Para a ENCE geral, cada um dos sistemas é avaliado e recebe uma classificação conforme o desempenho. Após esta análise, a ENCE geral irá apresentar o desempenho energético do edifício através da média dos três sistemas avaliados.

Já para a ENCE parcial é fornecida a etiqueta após análise de um ou dois sistemas, sendo que são possíveis as seguintes combinações:

- Envoltória;
- Envoltória e Sistema de Iluminação;
- Envoltória e Condicionamento de ar.

Conforme o Manual para Aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C(2010, p. 9), para a classificação geral, os três itens, juntamente com bonificações (que serão citadas posteriormente), são reunidos em uma equação que determinará o nível de eficiência do edifício. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), apresenta os níveis finais e parciais do edifício de acordo com a Figura 4:



Figura 4 - Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edificações.

Fonte: Manual de Aplicação dos Regulamentos RQT-C e RAC-C, p. 9.

Parcelas do edifício também podem ter a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar avaliados, resultando numa classificação final.

Tanto para a avaliação geral, como para a parcial do edifício, pesos são atribuídos para cada requisito e, de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação.

Os pesos são distribuídos da seguinte forma:

- Envoltória: 30%;
- Sistema de Iluminação: 30%;
- Sistema de Condicionamento de Ar: 40%;

2.5.2 Pré-requisitos Gerais

De acordo com o RTQ-C(2010, p. 17), para os níveis “A” e “B” além dos requisitos que serão citados nos itens 2.5.4, 2.5.5 e 2.5.6 (Envoltória, Sistema de Iluminação e Condicionamento de ar, respectivamente), devem ser cumpridos, para o edifício ser elegível a etiquetagem, os seguintes requisitos mínimos:

- Circuito elétrico com possibilidade de medição: a medição deve ser feita no local, por um profissional que possua o EPI (Equipamento de Proteção Individual) adequado de acordo com a NR 6, e que seja capacitado de acordo com a NR 10. A medição deve ser feita com o acionamento diferenciado dos sistemas de equipamentos, iluminação e condicionamento de ar. Isto não se aplica a:
 - Edificações cuja data de construção seja anterior a publicação do RTQ-C (junho de 2009);
 - Hotéis, desde que possuam desligamento automático para os quartos;
 - Edificações com múltiplas unidades autônomas de consumo;

Para edifícios que possuam demanda que justifique a utilização de sistemas de aquecimento de água, deverão ser satisfeitos, de acordo com nível de eficiência desejado, os seguintes requisitos:

- Nível “A”: 100% da demanda de água quente deve ser, comprovadamente, atendida por pelo menos um dos itens a seguir:
 - Sistema de aquecimento solar;
 - Aquecedores a gás do tipo: instantâneo;
 - Sistemas de aquecimento de água por bombas de calor;
 - Caldeiras a gás;
- Nível “B”: 70% ou mais da demanda de água quente deve ser, comprovadamente, atendida por pelo menos um dos mesmos itens citados para a obtenção do nível “A”;
- Nível “C”: para edificações que tenham apenas aquecimento elétrico da água, ou que o aquecimento solar e a gás atendam menos de 70% da demanda e sejam complementados por sistemas elétricos, atingirão, no máximo, o nível “C”, desde que atendam os pré-requisitos a seguir:

- Os aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas devem: possuir eficiência energética superior a 95%, participar do PBE (Programa Brasileiro de Etiquetagem) e possuir potência menor ou igual a 4600W;
- Aquecedores elétricos de hidromassagem devem seguir os mesmos moldes referentes a eficiência energética e etiquetagem, porém, possuir potência menor ou igual a 5000W;
- Aquecedores elétricos por acumulação devem possuir etiqueta com classificação “A”, segundo regulamento específico do PBE/Inmetro;

Quanto aos elevadores, de acordo com o nível de eficiência desejado, os seguintes pré-requisitos devem ser cumpridos:

- Nível “A”:
 - Para edifícios existentes, o acionamento do elevador deve ser feito através de inversor de frequência;
 - Para edifícios que foram construídos a partir da data de publicação do RTQ-C (julho de 2009), o acionamento deve ser micro processado com inversor de frequência e frenagem regenerativa, e máquinas sem engrenagem;
- Nível “B”:
 - Para os edifícios construídos após a publicação do RTQ-C (julho de 2009), o acionamento será nos moldes do citado anteriormente no nível “A”, porém sem a necessidade de frenagem regenerativa;

2.5.3 Bonificações

Iniciativas com o intuito de promover a economia de energia, sendo eles justificados e a economia gerada comprovada, serão consideradas bonificações e poderão receber até um ponto na classificação geral.

Como exemplo disso, podem ser utilizados:

- Sistemas e equipamentos que racionalizem o uso da água;

- Sistemas ou fontes renováveis de energia;
- Sistema de cogeração e inovações técnicas;
- Sistemas de aproveitamento da iluminação natural;

A redução referente ao consumo anual de água deve ser de no mínimo 40% para que seja concedido o ponto na classificação geral através da bonificação.

Já os sistemas que visam a redução no consumo de energia, devem comprovar uma economia anual no uso da mesma de pelo menos 30%.

Esses percentuais podem ser atingidos por meio de combinações proporcionais de cada item, não havendo a necessidade de um único item atingir toda a redução proposta (Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C, 2010, p.68).

2.5.4 Envoltória

A envoltória de uma edificação, de acordo com o Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C (2010, p.31), fica restrita as partes construídas acima do solo, e pode ser compreendida como as partes do edifício que ficam em contato com o meio exterior, isto é: compõem os fechamentos dos ambientes internos em relação ao ambiente externo.

Cada nível de eficiência possui pré-requisitos específicos que devem ser atendidos, sendo que quanto maior o nível de eficiência desejado, mais rigorosos eles são. O Quadro 6 traz uma síntese dos pré-requisitos envolvidos na envoltória de acordo com o nível de eficiência:

Nível de eficiência	Transmitância térmica da cobertura e paredes exteriores	Cores e absorvância de superfícies	Iluminação zenital
A	X	X	X
B	X	X	X
C e D	X		

Quadro 6 - Síntese dos pré-requisitos da envoltória

Fonte: Adaptado do Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C (2010, p. 71)

Como pode ser observado no Quadro 6, o nível de eficiência E não é apresentado, podendo se concluir que, caso após a avaliação o edifício não se enquadrar em nenhuma das configurações apresentadas, ele será automaticamente classificado com o nível E de eficiência.

2.5.4.1 Transmitância Térmica

De acordo com a NBR 15220-1 (2005, p.2), transmitância pode ser entendida como o inverso do somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa.

Segundo o RTQ-C (2010, p.24), o nível “A” apresenta duas transmitâncias térmicas para a cobertura, esses valores estão relacionados diretamente com o condicionamento dos ambientes do ultimo pavimento e da zona bioclimática da região que se localiza a edificação, que pode ser encontrada na NBR 15220-3.

Nas zonas bioclimáticas 1 e 2, o limite máximo da transmitância térmica deve ser de 0,5 W/m²K para ambientes que são condicionados artificialmente, e 1,0 W/m²K para ambientes não condicionados.

Valores menos rigorosos são determinados para as zonas bioclimáticas de 3 a 8, sendo que nestas o limite máximo da transmitância térmica deve ser de 1,0 W/m²K para ambientes que são condicionados artificialmente, e 2,0 W/m²K para ambientes não condicionados.

Já para a transmitância térmica das paredes do nível “A”, divide os limites de desempenho mínimo em três agrupamentos de zonas bioclimáticas:

- Zonas 1 e 2: limite de 1,0 W/m²K;
- Zonas 3 a 6: limite de 3,7 W/m²K;
- Zonas 7 e 8: limite de 2,5 W/m²K, para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m²K, e 3,7 W/m²K para paredes com capacidade térmica superior a 80kJ/m²K;

Para a concessão do nível “B”, tem-se pré-requisitos similares aos do nível “A”, porem com limites máximos menos rigorosos.

Nas coberturas a transmitância térmica máxima é de 1,0 W/m²K, para zonas bioclimáticas 1 e 2 que são condicionados artificialmente e 1,5 W/m²K para ambientes não condicionados. Sendo 1,5 W/m²K para as outras zonas que não possuem condicionamento de ar e 2,0 W/m²K para as que possuem.

Com relação a transmitância térmica das paredes externas, são apresentadas tal como no nível “A”, porém, as zonas bioclimáticas 1 e 2 apresentam limite máximo igual a 2,0 W/m²K.

Por fim, para o nível “C” e “D”, nas coberturas, independentemente da zona bioclimática, a transmitância térmica não deve ultrapassar 2,0 W/m²K.

Para as paredes externas, nas zonas de 1 a 6, o limite máximo de transmitância térmica é de 3,7 W/m²K, já para as zonas 7 e 8 os limites serão iguais aos estabelecidos para o nível “A”.

Estes dados, para zona bioclimática 1, podem ser melhor interpretados através do Quadro 7:

	Nível A (W/m ² K)	Nível B (W/m ² K)	Níveis C e D (W/m ² K)
Transmitância da Parede	1,0	2,0	3,7
Transmitância da Cobertura Ambiente Condicionado	0,5	1,0	2,0
Transmitância da Cobertura Ambiente Não Condicionado	1,0	1,5	2,0

Quadro 7 - Comparação entre os limites de transmitância térmica para os níveis A, B, C e D.

Fonte: Adaptado do Manual para Aplicações do RTQ-C e RAC-C (2010, p. 71)

2.5.4.2 Cores e Absortância da Superfície

Segundo a NBR 15220-1 (2005, p.3), absortância pode ser entendida como o quociente da taxa de radiação absorvida por uma superfície pela taxa de radiação incidente sobre a mesma. Pode ser utilizado, como indicação da absortância, as cores das superfícies, sendo que cores mais claras têm absortâncias mais baixas (Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C, 2010, p. 73).

O RTQ-C (2010, p. 26) determina que, para as zonas bioclimáticas de 2 a 8, a máxima absorptância do revestimento externo de paredes e coberturas respeite o limite de $\alpha < 0,5$ do espectro solar. Isto vale tanto para o nível “A” como para o nível “B” de eficiência.

Para regiões frias, como Curitiba-PR, que se encontram na zona bioclimática 1, este pré-requisito é excluído para que, no inverno, o edifício obtenha ganhos térmicos mais elevados, devido a índices maiores de absorptância da radiação.

2.5.4.3 Iluminação Zenital

De acordo com a NBR 15215-1 (2005, p. 3), iluminação zenital é definida como a porção de luz natural produzida pela luz que entra através dos fechamentos superiores dos espaços internos.

Segundo o Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C (2010, p. 74), aberturas zenitais permitem que a luz natural penetre nos ambientes internos, possibilitando a redução do consumo de eletricidade em iluminação.

As edificações que possuem aberturas zenitais devem atender aos limites do Quadro 8:

Percentual de Abertura Zenital	0 a 2 %	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
Fator Solar	0,87	0,67	0,52	0,3

Quadro 8 - Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura zenital para coberturas.

Fonte: Adaptado de RTQ-C (2010, p. 25)

Entende-se por: “percentual de abertura zenital”, a razão entre as aberturas zenitais que formam um ângulo menor que 60° com o plano horizontal e a área total da cobertura da edificação.

Nota-se pela tabela que o fator solar diminui conforme aumenta o percentual de abertura zenital, isso deve ocorrer para que a entrada de luz não implique em um aumento da carga térmica no ambiente.

2.5.4.4 Avaliação da Envoltória

Para esta avaliação, segundo RAC-C (2010, p. 25), os seguintes tópicos são abordados:

1. Orientação do edifício:

- Será verificado, através de uma bússula ou de equipamento do tipo GPS (Global Positioning System), o ângulo do plano de uma das fachadas do edifício com o alinhamento do logradouro mais próximo, sendo que esse ângulo não poderá ter uma variação maior do que dois graus (2°) em relação ao ângulo que foi especificado no projeto;

2. Fechamentos e Revestimentos da Envoltória:

- Nos edifícios com a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), os materiais utilizados na envoltória deverão apresentar fotografias, notas fiscais ou processos que comprovem a composição das paredes e coberturas executadas na obra, lembrando que as fotografias devem ser datadas e localizadas em planta devidamente.
No caso de construtores e incorporadores que possuam programas de qualidade da construção civil, a utilização desta estrutura poderá ser utilizada como forma de comprovação da qualidade dos materiais utilizados;
- Em edifícios que a construção data de antes da publicação do RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edifícios), no caso da não existência de provas referentes aos materiais que foram utilizados na construção, a avaliação poderá ser feita através de um laudo do responsável técnico, devendo haver uma explanação detalhada a respeito dos materiais que foram utilizados e das camadas que foram aplicadas na construção da envoltória;
- A comprovação para isolantes térmicos deverá ser feita com laudo do fabricante, contendo no mínimo os seguintes dados: material utilizado, espessura, condutividade térmica, método de

ensaio utilizado e a temperatura média do ensaio. Tudo isso juntamente com o documento fiscal que comprova a aquisição dos isolantes térmicos;

Nota: A instalação dos isolantes térmicos também deve ser registrada por fotografias que mostrem em quais superfícies os mesmos foram aplicados.

- Edificações construídas após junho de 2009, porém que possuam avaliação RTQ-C após a sua construção, sem fotografias comprovando os materiais que foram utilizados na envoltória, a composição das paredes e cobertura deverá ser feita através de notas de compra;

3.AVS e AHS (Ângulo Vertical de Sombreamento e Ângulo Horizontal de Sombreamento):

- Os ângulos deverão ser medidos no local, sendo esta medição feita com trena manual ou eletrônica, seguindo a amostragem obtida para a área de aberturas envidraçadas. Os ângulos não poderão ter uma variação maior do que 5% com relação aos ângulos que foram especificados no projeto;

4.Absortância da Envoltória

- A absortância será medida através de espectrômetro ou espectrofotômetro, sendo utilizado o método de medição das refletâncias. Com o valor das refletâncias referentes a cada comprimento de onda, será calculada a refletância total, utilizando o método de cálculo da absortância, sendo que essa não poderá ter uma variação maior do que 10% em relação ao que foi especificado em projeto;

5.Componentes Transparentes e Translúcidos:

- Os vidros e acrílicos que foram utilizados na Envoltória deverão possuir um laudo técnico do fabricante contendo as propriedades térmicas e ópticas (transmissão luminosa, reflexão luminosa interna e externa, absorção, coeficiente de sombreamento, fator solar e transmitância), juntamente com o documento fiscal que comprova a aquisição dos produtos, que

deverá conter as descrições das especificações técnicas do produto de acordo com o laudo apresentado;

- A conferência das aberturas envidraçadas, bem como a verificação das conformidades das especificações em projeto dos materiais utilizados na construção do edifícios serão realizadas através de uma amostra aleatória, de acordo com os critérios do Quadro 9:

Área Envidraçada (m ²)	PAFT Máximo (%)	Percentual a ser conferido (%)
50,00 a 300,00	≤ 50	30
	≤ 100	40
300,01 a 600,00	≤ 50	25
	≤ 100	35
600,01 a 1250,00	≤ 50	20
	≤ 100	30
1250,01 a 2500,00	≤ 50	15
	≤ 100	25
≥ 2500,01	≤ 50	12,5
	≤ 100	15

Quadro 9 - Critérios de Avaliação dos Componentes Transparentes e Translúcidos.
Fonte: Adaptado de RAC-C (2010, p. 27)

2.5.5 Sistema de Iluminação

Uma edificação que possui um sistema de iluminação eficiente fornece a iluminância necessária para cada ambiente com o menor consumo de energia possível. A definição dos sistemas eficientes de iluminação é dada através da densidade de potência instalada do sistema de iluminação. (Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C, p. 98)

O Quadro 10 indica os pré-requisitos necessários para cada nível de eficiência:

Pré Requisito	Nível A	Nível B	Nível C
Divisão dos Circuitos	Sim	Sim	Sim
Contribuição da Luz Natural	Sim	Sim	
Desligamento Automático so Sistema de Iluminação	Sim		

Quadro 10 - Pré-requisitos para Cada Nível de Eficiência.

Fonte: Adaptado do Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C (p. 100)

2.5.5.1 Divisão de Circuitos

Para o critério de divisão de circuitos, segundo o Manual para Aplicação do Regulamento RTQ-C e RAC-C (2010, p 100), algumas definições são adotadas, sendo elas:

- Em cada ambiente deve existir no mínimo um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna com facilidade, sendo que este deve estar localizado de forma a permitir a visão clara de todo o ambiente;
- Em ambientes cuja área seja inferior a 250 m², é permitido que um só controle manual seja instalado para todo o ambiente.
- Em ambientes cuja área seja maior que 250 m², o RTQ-C determina que o controle do ambiente seja dividido em parcelas menores de no máximo 250 m², cada uma possuindo um controle independente para ser possível a setorização do sistema;
- Ambientes com áreas maiores que 1000 m², o sistema deve ser dividido em parcelas com áreas máximas de 1000 m²;

O Quadro 11 ilustra a divisão do sistema de acordo com a área:

Área Total de Piso do Ambiente	Área máxima de piso da parcela iluminada por um sistema com controle independente
< 250 m ²	250 m ²
> 250 m ² e <1000 m ²	250 m ²
> 1000 m ²	1000 m ²

Quadro 11 - Relação entre áreas de ambientes e áreas de controle independente.

Fonte: Adaptado do Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C (p. 100)

A Figura 5 exemplifica a divisão dos circuitos em uma área maior que 250 m²:

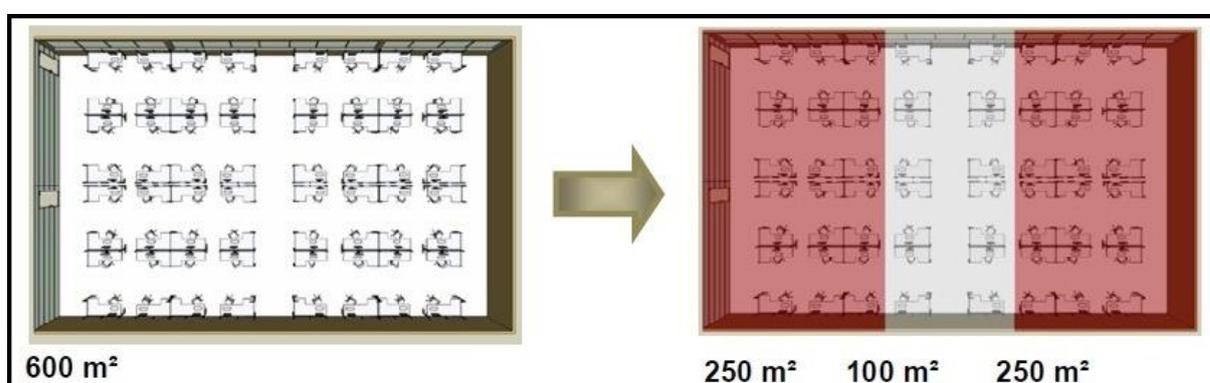


Figura 5 - Exemplo de divisão de zonas de controle de iluminação em um ambiente com mais de 250 m².

Fonte: Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C (p. 101)

2.5.5.2 Contribuição da Luz Natural

O RTQ-C determina que as luminárias localizadas próximas às janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente, para o caso em que a iluminação natural possa suprir a iluminância adequada ao plano de trabalho.

As luminárias não precisam estar necessariamente alinhadas umas as outras, mas o sistema deve estar alinhado à janela, sendo assim, o posicionamento das luminárias é outro importante fator no projeto luminotécnico.

A Figura 6 traz um exemplo de acionamento independente de luminárias próximas às janelas:

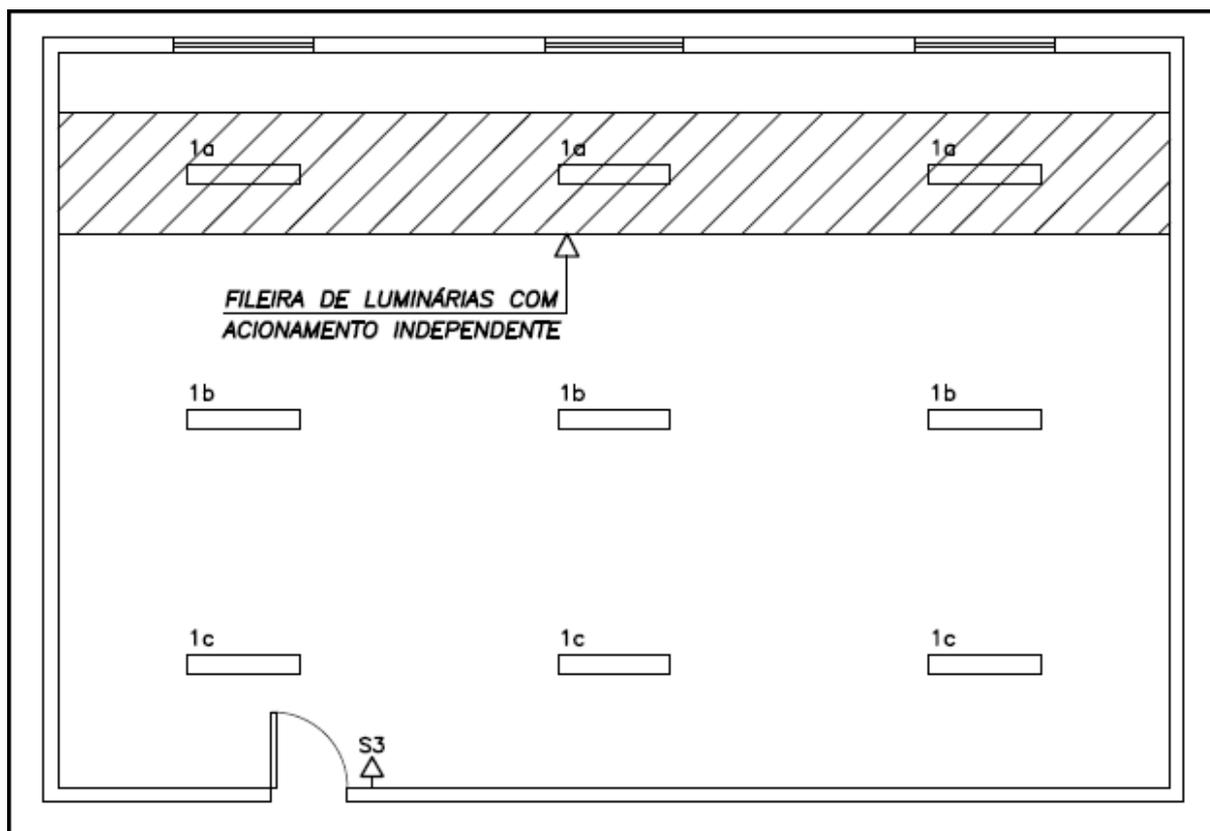


Figura 6 - Exemplo de fileira de luminárias próxima a janela, com acionamento independente.

Fonte: Os autores.

2.5.5.3 Desligamento Automático do Sistema de Iluminação

O RTQ-C determina que devem ser utilizados dispositivos para o desligamento da iluminação nos ambientes maiores que 250m² quando ninguém se encontrar neles. No RQT-C estão estipulados três métodos para garantir que a iluminação de ambientes não ocupados não permaneça ligada:

- Sistema automático que desligue a iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para uma área máxima de até 2500 m²;
- Um sensor de presença que faça o desligamento da iluminação 30 minutos após o ambiente estar desocupado;
- Um sinal de outro controle ou sistema de alarme que mostre que o ambiente em questão está desocupado;

Em ambientes com área superior a 250 m², é obrigatória a aplicação de um destes métodos para se obter o nível “A”. O cumprimento deste pré-requisito não elimina a necessidade de se existir um controle manual para o local, visando permitir que o usuário controle a iluminação de acordo com a sua necessidade (Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C, 2010, p. 102).

Cada método tem objetivos diferentes e o cumprimento de um não irá substituir o atendimento do outro.

2.5.5.3.1 Determinação do Nível de Eficiência do Sistema de Iluminação

O Manual para Aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C (2010, p. 103) estabelece o limite de potência de iluminação interna para os espaços internos dos edifícios. Pode ser realizada esta avaliação do sistema de iluminação através de dois métodos: Método da área do edifício e o Método das atividades do edifício.

2.5.5.3.1.1 Método da Área do Edifício

O método da área do edifício avalia o edifício como um todo, e determina limites de densidade de potência em iluminação de acordo com as principais atividades da edificação. Este sistema de avaliação deve ser utilizado para edificações com até 3 atividades principais, ou, para atividades que ocupem pelo menos 30% da área da mesma.

Alguns passos devem ser seguidos para a avaliação do sistema de iluminação:

1. De acordo com a Tabela 1, identificar a densidade de potência de iluminação limite (DPIL-W/m²) para cada nível de eficiência e a principal atividade do edifício;
2. Determinar a área iluminada do edifício;
3. Encontrar a potência limite do edifício através da multiplicação entre a área iluminada e a DPIL;

- 4.No caso do edifício possuir mais de uma atividade principal, a DPIL deve ser determinada para cada atividade e a área iluminada para cada uma. A soma das potências limites para cada atividade do edifício será a potência limite total para o edifício;
- 5.Comparar a potência limite e a potência total instalada no edifício, determinando o nível de eficiência do sistema de iluminação;
- 6.Verificar o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes, após determinado o nível de eficiência alcançado pelo edifício;
- 7.Se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação (Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C, 2010, p. 103).

Tabela 1 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido - Método da área do edifício

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14,0	15,7
Hospedagem, Dormitório	6,6	7,6	8,6	9,6
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Igreja/Templo	11,3	13,0	14,7	16,4
Restaurante	9,6	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7
Penitenciária	10,4	12,0	13,5	15,1
Posto de Saúde/Clinica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Fonte: Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (2010, p. 44)

A Tabela 1 apresenta apenas 4 níveis de eficiência, sendo que o RTQ-C define 5 níveis. Desta forma, se o limite relativo da Densidade de Potência de Iluminação do nível “D” for ultrapassado, a classificação deste ambiente será automaticamente “E”.

2.5.5.3.1.2 Método das Atividades do Edifício

Este método enfatiza cada uma das atividades desempenhadas no edifício, e deve ser utilizado em casos que o método anterior não possa ser aplicado.

A avaliação dos ambientes é feita separadamente através dos seguintes procedimentos:

1. De acordo com a Tabela 2, identificar adequadamente as atividades encontradas no edifício;
2. Na mesma tabela, para cada nível de eficiência para cada uma das atividades, encontrar a densidade de potência de iluminação limite (DPIL-W/m²);
3. Em caso de não identificação da atividade correspondente na tabela, utilizar uma atividade equivalente;
4. Calcule a potência limite para cada atividade, através da multiplicação da área iluminada de cada atividade pela DPIL. Soma-se as potências limites das atividades para determinar a potência limite do edifício;
5. Realizar a comparação da potência limite do edifício com a potência de iluminação instalada no edifício, identificando o EqNum (equivalente numérico) do sistema de iluminação;
6. Se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação (Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C, 2010, p.109).

Tabela 2 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido - Método das atividades do edifício.

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	RCR				
Armazém, Atacado						
Material pequeno/leve	0,80	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Material médio/volumoso	1,20	4	5,00	6,00	7,0	8,00
Átrio - por metro de altura						
até 12,20 m de altura	-	-	0,30 ¹	0,36 ¹	0,42 ¹	0,48 ¹
acima de 12,20 m de altura	-	-	0,20 ¹	0,24 ¹	0,28 ¹	0,32 ¹
Auditórios e Anfiteatros						
Auditório	0,80	6	8,50	10,20	11,90	13,60
Centro de Convenções	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Cinema	1,20	4	5,00	6,00	7,00	8,00
Teatro	0,60	8	26,20	31,44	36,68	41,92
Banco/Escritório - Área de atividades bancárias	0,80	6	14,90	17,88	20,86	23,84
Banheiros	0,60	8	5,00	6,00	7,00	8,00
Biblioteca						
Área de arquivamento	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Área de leitura	1,20	4	10,00	12,00	14,00	16,00
Área de estantes	1,20	4	18,40	22,08	25,76	29,44
Casa de Máquinas	0,80	6	6,00	7,20	8,40	9,60
Centro de Convenções - Espaço de exposições	1,20	6	15,60	18,72	21,84	24,96
Circulação	≈2,4m largura		7,10	8,52	9,94	11,36
Comércio						
Área de vendas	0,80	6	18,10	21,72	25,34	28,96
Pátio de área comercial	1,20	4	11,80	14,16	16,52	18,88
Provador	0,60	8	10,20	12,24	14,28	16,32
Cozinhas	0,80	6	10,70	12,84	14,98	17,12
Depósitos	0,80	6	5,00	6,00	7,0	8,00
Dormitórios - Alojamentos	0,60	8	4,10	4,92	5,74	6,56
Escadas	0,60	10	7,40	8,88	10,36	11,84
Escritório	0,60	8	11,90	14,28	16,66	19,04
Escritório - Planta livre	1,20	4	10,50	12,60	14,70	16,80
Garagem	1,20	4	2,00	2,40	2,80	3,20
Ginásio/Academia						
Área de Ginástica	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Arquibancada	1,20	4	7,50	9,00	10,50	13,00
Esportes de ringue	1,20	4	28,80	34,56	40,32	46,08
Quadra de esportes - classe 4 ²	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Quadra de esportes - classe 3 ³	1,20	4	12,90	15,48	18,06	20,64
Quadra de esportes - classe 2 ⁴	1,20	4	20,70	24,84	28,98	33,12
Quadra de esportes - classe 1 ⁵	1,20	4	32,40	38,88	45,36	51,84
Hall de Entrada- Vestíbulo	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Cinemas	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Hotel	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Salas de Espetáculos	0,80	6	8,00	9,60	11,20	12,80

Fonte: RTQ-C (2010, p. 45)

Tabela 2 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido - Método das atividades do edifício.

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	RCR				
Hospital						
Circulação	<2,4m largura		9,60	11,52	13,44	15,36
Emergência	0,80	6	24,30	29,16	34,02	38,88
Enfermaria	0,80	6	9,50	11,4	13,3	15,2
Exames/Tratamento	0,60	8	17,90	21,48	25,06	28,64
Farmácia	0,80	6	12,30	14,76	17,22	19,68
Fisioterapia	0,80	6	9,80	11,76	13,72	15,68
Sala de espera, estar	0,80	6	11,50	13,80	16,10	18,40
Radiologia	0,80	6	14,20	17,04	19,88	22,72
Recuperação	0,80	6	12,40	14,88	17,36	19,84
Sala de Enfermeiros	0,80	6	9,40	11,28	13,16	15,04
Sala de Operação	0,80	6	20,30	24,36	28,42	32,48
Quarto de pacientes	0,80	6	6,70	8,04	9,38	10,72
Suprimentos médicos	0,80	6	13,70	16,44	19,18	21,92
Igreja, templo						
Assentos	1,20	4	16,50	19,8	23,10	26,40
Altar, Coro	1,20	4	16,50	19,8	23,10	26,40
Sala de comunhão - nave	1,20	4	6,90	8,28	9,66	11,04
Laboratórios						
para Salas de Aula	0,80	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Médico/Ind./Pesq.	0,80	6	19,50	23,40	27,30	31,20
Lavanderia	1,20	4	6,50	7,80	9,10	10,40
Museu						
Restauração	0,80	6	11,00	13,20	15,40	17,60
Sala de exibição	0,80	6	11,30	13,56	15,82	18,08
Oficina – Seminário, cursos	0,80	6	17,10	20,52	23,94	27,36
Oficina Mecânica	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Quartos de Hotel	0,80	6	7,50	9,00	10,50	13,00
Refeitório	0,80	6	11,50	13,80	16,10	18,40
Restaurante- salão	1,20	4	9,60	11,52	13,44	15,36
Hotel	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Lanchonete/Cafê	1,20	4	7,00	8,40	9,80	11,20
Bar/Lazer	1,20	4	14,10	16,92	19,74	22,56
Sala de Aula, Treinamento	1,20	4	10,20	12,24	14,28	16,32
Sala de espera, convivência	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	0,80	6	11,90	14,28	16,66	19,04
Vestiário	0,80	6	8,1	9,72	11,34	12,96
Transportes						
Área de bagagem	1,20	4	7,50	9,00	10,50	12,00
Aeroporto – Pátio	1,20	4	3,90	4,68	5,46	6,24
Assentos - Espera	1,20	4	5,80	6,96	8,12	9,28
Terminal - bilheteria	1,20	4	11,60	13,92	16,24	18,56

Fonte: RTQ-C (2010, p. 45)

2.5.5.3.1.3 Avaliação do Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação, de acordo com RAC-C(2010, p. 27), será analisado através da comparação das especificações que foram estabelecidas em projeto com as que se encontram nos ambientes construídos, e serão verificadas através de amostra aleatória conforme os critérios do Quadro 12:

Área do Edifício (m ²)	Percentual a ser Verificado (%)
≤ 500	30
500,01 a 1000,00	25
1000,01 a 2000,00	20
2000,01 a 5000,00	15
> 5000,00	12,5

Quadro 12 - Percentual de Verificação do Sistema de Iluminação.
Fonte: Adaptado de RAC-C(2010, p. 27)

Para luminárias, lâmpadas e reatores, a verificação será através da comparação entre as especificadas em projeto e as instaladas. O documento fiscal que comprova a compra dos produtos, juntamente com o laudo técnico do fabricante deverá ser entregue, contendo no mínimo os seguintes dados técnicos:

- Luminária: número de lâmpadas que comporta;
- Reatores: número de lâmpadas que atende e potência total;
- Lâmpadas: potência;

A densidade de potência instalada na edificação não poderá ter uma variação maior do que 5% quando comparada à que foi especificada em projeto. (RAC-C, 2011, p. 27)

2.5.6 Condicionamento de Ar

Para os sistemas de condicionamento de ar, existem pré-requisitos apenas para o nível “A” de eficiência, sendo que estes, juntamente com o nível de eficiência do equipamento, determinam o nível de eficiência de um sistema de

condicionamento de ar (Manual para aplicação dos regulamentos RTQ-C e RAC-C, 2010, p. 115). Os pré-requisitos para se obter o nível “A” de eficiência serão descritos a seguir:

2.5.6.1 Proteção das Unidades Condensadoras

Cada equipamento será avaliado separadamente e deverão estar sombreados permanentemente e com ventilação adequada para não interferir em sua eficiência (Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C, 2010, p.115).

2.5.6.2 Isolamento Térmico para Dutos de Ar

Os sistemas de aquecimento e refrigeração deverão respeitar as espessuras mínimas para o isolamento das tubulações. Estas tabelas podem ser encontradas no Anexo C (Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C, 2010, p.115).

2.5.6.3 Condicionamento de Ar por Aquecimento Artificial

De acordo com este pré-requisito, os aparelhos que possuem ciclo reverso devem apresentar um coeficiente de desempenho para aquecimento maior ou igual a 3,0 W/W, através do método definido na norma AHRI 340/360.

2.5.6.4 Procedimento de Determinação da Eficiência

Os edifícios condicionados artificialmente devem, obrigatoriamente, ter o nível de eficiência do seu sistema conhecido. Os equipamentos do tipo janela e Split

que possuem a etiquetagem do ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) terão o seu nível de eficiência avaliado através da classificação concedida pela mesma, que se dá por meio de tabelas de identificação do Inmetro e do seu equivalente numérico que pode ser visto no Quadro 13:

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

Quadro 13 - Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

Fonte: Adaptado de Manual para Aplicação dos Regulamentos RQT-C e RAC-C (2010, p. 59)

Os sistemas de condicionamento de ar não regulamentados pelo Inmetro serão classificados de acordo com os níveis e requisitos exigidos pelo RTQ-C.

No nível “A”, os aparelhos de ar condicionado devem atender aos requisitos mínimos de eficiência exigidos pela Tabela 3:

Tabela 3 - Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação nos níveis A e B.

<i>Tipo de equipamento</i>	<i>Capacidade</i>	<i>Tipo de aquecimento</i>	<i>Subcategoria ou condição de classificação</i>	<i>Eficiência mínima</i>	<i>Procedimento de teste</i>		
<i>Condicionadores de ar resfriados a ar</i>	$\geq 19 \text{ kW e } < 40 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	3,28 COP 3,34 ICOP	<i>AHRI 340/360</i>		
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	3,22 COP 3,28 ICOP			
	$\geq 40 \text{ kW e } < 70 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	3,22 COP 3,28 ICOP			
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	3,16 COP 3,22 ICOP			
	$\geq 70 \text{ kW e } < 223 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	2,93 COP 2,96 ICOP			
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	2,87 COP 2,90 ICOP			
	$\geq 223 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	2,84 COP 2,87 ICOP			
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	2,78 COP 2,81 ICOP			
	<i>Condicionadores de ar resfriados a água</i>	$< 19 \text{ kW}$	<i>Todos</i>	<i>Split e unitário</i>		3,54 COP 3,60 ICOP	<i>AHRI 210/240</i>
		$\geq 19 \text{ kW e } < 40 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>		3,37 COP 3,43 ICOP	<i>AHRI 340/360</i>
<i>Outros</i>			<i>Split e unitário</i>	3,31 COP 3,37 ICOP			
$\geq 40 \text{ kW e } < 70 \text{ kW}$		<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	3,22 COP 3,28 ICOP			
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	3,16 COP 3,22 ICOP			
$\geq 70 \text{ kW}$		<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	3,22 COP 3,25 ICOP			
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	3,16 COP 3,19 ICOP			

Fonte: Manual para Aplicação do RTQ-C e RAC-C (2010, p. 125)

Além dos requisitos que constam na Tabela 3, todo sistema de condicionamento de ar deve atender aos itens específicos a seguir:

- Cálculo de carga térmica: para realização dos cálculos das cargas térmicas de projeto do sistema de aquecimento e resfriamento de ar, devem ser seguidas normas e manuais de engenharia, como a norma NBR 16401 e o ASHRAE Handbook of fundamentals;
- Controle de temperatura por zona: termostatos e controle de temperatura devem ser independentes para cada zona térmica;
- Faixa de temperatura de controle: os termostatos de controle devem atuar junto ao suprimento da energia para aquecimento e

resfriamento, garantindo um controle de temperatura ajustado para trabalhar com faixa igual ou superior a 3°;

- Aquecimento suplementar: caso exista a necessidade de um sistema de aquecimento por bomba de calor somado a um aquecimento suplementar, deve-se garantir a existência de mecanismos de controle de forma que o aquecimento suplementar seja utilizado apenas nos casos em que a bomba de calor não seja suficiente para suprir a carga de aquecimento;
- Aquecimento e resfriamento simultâneo: de modo a evitar o funcionamento simultâneo dos dois sistemas (aquecimento e resfriamento), os termostatos devem ser interconectados, impedindo um desperdício de energia;
- Sistema de desligamento automático: a edificação deve fazer uso de pelo menos um dos seguintes sistemas de desligamento automático:
 - Sensores de ocupação;
 - Temporizador de acionamento manual;
 - Interligação com o sistema de segurança e alarmes;
 - Controles que podem acionar e desativar o sistema sob diferentes condições de rotina de operação;
- Isolamento de zonas: deve ser garantido que nenhuma zona térmica possua área maior do que 2300m² e, garantir que seja individualizada por pavimento. Sistemas de automação como os do item anterior, que garantam o desligamento automático do suprimento de ar condicionado, devem ser previstos para as áreas isoladas;
- Controles e dimensionamento do sistema de ventilação: os ventiladores devem atender a limites de potência quando a potência total de ventilação for superior a 4,4kW. Áreas com densidade de ocupação superior a 100pessoas/100m² devem deter de mecanismos de redução automática de tomada de ar externo;
- Controles e dimensionamento dos sistemas hidráulicos: caso o sistema de condicionamento de ar possua um sistema hidráulico servido por bombeamento com potência superior a 7,5kW, o mesmo deve atender a requisitos específicos relativos a sistemas de vazão de líquido

variável, isolamento de bombas, e controles de reajuste da temperatura de água gelada e quente;

- Equipamentos de rejeição de calor: sistemas como condensadores a ar, torres de resfriamento abertas, torres de resfriamento com circuito fechado e condensadores evaporativos, em que o ventilador é acionado por um motor com potência igual ou superior a 5,6kW, é necessário utilização de dispositivos capazes de reduzir automaticamente a carga dos mesmos em função da temperatura de saída do fluido do dispositivo de rejeição do calor ou temperatura/pressão de condensação do dispositivo (Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C, 2010, p.117).

Para o nível “B” os condicionadores de ar devem atender aos requisitos mínimos de eficiência apresentados pela Tabela 3, não sendo necessária a conformidade com os itens específicos anteriormente prescritos para o nível “A”.

Já para o nível “C”, os pré-requisitos estão apresentados na Tabela 4:

Tabela 4 - Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação no nível C.

<i>Tipo de equipamento</i>	<i>Capacidade</i>	<i>Tipo de aquecimento</i>	<i>Subcategoria ou condição de classificação</i>	<i>Eficiência mínima</i>	<i>Procedimento de teste</i>
<i>Condicionadores de ar resfriados a ar</i>	$\geq 19 \text{ kW e } < 40 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	3,02 COP	<i>AHRI 340/360</i>
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	2,96 COP	
	$\geq 40 \text{ kW e } < 70 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	2,84 COP	
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	2,78 COP	
	$\geq 70 \text{ kW e } < 223 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	2,78 COP 2,84 IPLV	
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	2,72 COP 2,78 IPLV	
	$\geq 223 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	2,70 COP 2,75 IPLV	
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	2,64 COP 2,69 IPLV	
<i>Condicionadores de ar resfriados a água</i>	$\geq 19 \text{ kW e } < 40 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	3,37 COP	<i>AHRI 340/360</i>
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	3,31 COP	
	$\geq 40 \text{ kW e } < 70 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	3,22 COP	
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	3,16 COP	
	$\geq 70 \text{ kW}$	<i>Resistência elétrica</i>	<i>Split e unitário</i>	2,70 COP 3,02 IPLV	
		<i>Outros</i>	<i>Split e unitário</i>	2,64 COP 2,96 IPLV	

Fonte: Manual para Aplicação do RTQ-C e RAC-C (2010, p. 129)

O nível “D”, tem os seus pré-requisitos especificados de acordo com a Tabela 5:

Tabela 5 - Eficiência mínima de condicionadores de ar para classificação no nível D.

<i>Tipo de equipamento</i>	<i>Capacidade</i>	<i>Tipo de aquecimento</i>	<i>Subcategoria ou condição de classificação</i>	<i>Eficiência mínima</i>	<i>Procedimento de teste</i>
<i>Condicionadores de ar resfriados a ar</i>	$\geq 19 \text{ kW e } < 40 \text{ kW}$	<i>Todos</i>	<i>Split e unitário</i>	<i>2,61 COP</i>	<i>AHRI 210/240</i>
	$\geq 40 \text{ kW e } < 70 \text{ kW}$	<i>Todos</i>	<i>Split e unitário</i>	<i>2,494 COP</i>	<i>AHRI 340/360</i>
	$\geq 70 \text{ kW e } < 223 \text{ kW}$	<i>Todos</i>	<i>Split e unitário</i>	<i>2,49 COP 2,20 IPLV</i>	
	$\geq 223 \text{ kW}$	<i>Todos</i>	<i>Split e unitário</i>	<i>2,40 COP 2,20 IPLV</i>	
<i>Condicionadores de ar resfriados a água</i>	$\geq 19 \text{ kW e } < 40 \text{ kW}$	<i>Todos</i>	<i>Split e unitário</i>	<i>3,08 COP</i>	<i>AHRI 210/240</i>
	$\geq 40 \text{ kW e } < 70 \text{ kW}$	<i>Todos</i>	<i>Split e unitário</i>	<i>2,81 COP</i>	<i>AHRI 340/360</i>
	$\geq 70 \text{ kW}$	<i>Todos</i>	<i>Split e unitário</i>	<i>2,81 COP 2,64 IPLV</i>	

Fonte: Manual para Aplicação do RTQ-C e RAC-C (2010, p. 134)

2.5.6.5 Avaliação do Sistema de Condicionamento de Ar

Para os sistemas de condicionamento de ar individuais (Split e janela), a verificação das conformidades será através da comparação entre as especificadas em projeto e as encontradas nos ambientes. Já a avaliação dos sistemas de condicionamento de ar do tipo central será através da emissão de um laudo técnico.(RAC-C, 2010, p. 28)

Nas unidades individuais, anteriormente citadas, deverão ser apresentadas as etiquetas de classificação das unidades, juntamente com o documento fiscal que comprova a sua aquisição. A verificação dos aparelhos instalados será através de amostra aleatória de acordo com o número de unidades, como apresenta o Quadro 14:

Unidades	Número de Amostras
10	10
20	17
30	24
40	29
50	34
75	43
100	50
150	59
200	66
250	70
300	73
400	78
500	81
600	83
700	85
800	86
900	87
1000	88
1500	94
2000	95
2500	96
3000	97
4000	98
5000	98
10000	99
15000	99
20000	100

Quadro 14 - Número de Amostras de Aparelhos de Ar Condicionado a Serem Analisadas.
Fonte: Adaptado de RAC-C (2010, p. 28)

O Anexo “B” apresenta exemplos de possibilidades de ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia)

2.5.6.6 Ambientes Naturalmente Ventilados ou não Condicionados

Áreas de longa permanência não condicionadas, deverão ser examinadas através de simulação. O ambiente interno das áreas não condicionadas será

classificado conforme o percentual de horas ocupadas em conforto dos usuários. Os índices são apresentados na Tabela 6:

Tabela 6 - Equivalentes numéricos para ventilação natural.

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

Fonte: Manual para aplicação do RTQ-C e RAC-C (2010, p. 160).

Mesmo utilizando o método prescritivo para as avaliações parciais de envoltória, iluminação e condicionamento de ar, a simulação se torna obrigatória para ambientes não condicionados quando se deseja a obtenção da etiqueta geral.

O método da simulação deve seguir pré-requisitos específicos como:

- Um programa computacional de simulação termo-energética que atenda os critérios exigidos pelo RTQ-C (Regulamento técnico de Qualidade – Edifícios Comerciais, de Serviços Públicos, 2010, p. 72);
- O arquivo climático utilizado deve seguir as características contidas na página 73 do RTQ-C;

2.5.7 Cálculo Para Classificação Geral do Edifício

O cálculo para classificação geral do edifício é feito através da equação representada pela Figura 7:

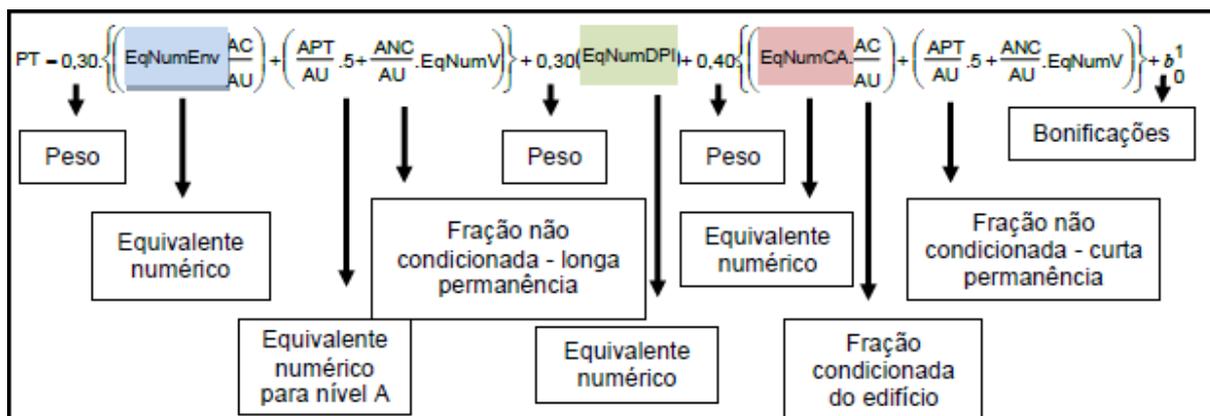


Figura 7 - Variáveis da equação geral

Fonte: Manual Para Aplicação do RTQ-C e RAC-C (2010, p. 61)

Onde:

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;

APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método da simulação;

AC: área útil dos ambientes condicionados;

AU: área útil;

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

Sendo que os valores dos equivalentes numéricos são obtidos através do Quadro 13.

O número de pontos obtidos após o cálculo geral irá definir a classificação geral da edificação de acordo com a Tabela 7:

Tabela 7 - Classificação Geral

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

Fonte: Manual Para Aplicação do RTQ-C e RAC-C (2010, p 61)

2.6 COMPARATIVO ENTRE AS CERTIFICAÇÕES NO CONTEXTO BRASILEIRO

De acordo com Nascimento (2010, p. 55), a “conscientização verde” da população interfere em tópicos fundamentais no mundo dos negócios, e através dela:

- Os consumidores começam a exigir maior responsabilidade ambiental das empresas, fazendo com que um novo modelo econômico voltado para a preservação seja discutido;
- A regulamentação ambiental torna-se mais rigorosa e efetiva;
- Tecnologias limpas começam a se tornar competitivas e viáveis, substituindo tecnologias que causam um maior impacto ambiental;
- O potencial retorno dos investimentos em “projetos verdes” passam a ser reconhecidos pelos detentores do capital;

Até o ano de 2006, apenas 500 empreendimentos eram sustentáveis no mundo todo. Esse número passou para 100mil edifícios e mais de 1 milhão de residências no ano de 2011.(ESTADÃO, 2011)

A escolha do método a ser utilizado para se ter uma construção sustentável é de fundamental importância para que esta seja adequada a realidade climática, energética e legislativa do país em questão. (Bertoletti, 2011, p. 20)

O sistema de certificação norte-americano LEED, embora desenvolvido com foco nas peculiaridades e regionalismos de seu país, tem sido amplamente utilizado para avaliar e certificar edificações brasileiras.

O GBC Brasil interpreta e adapta a metodologia do LEED ao sistema nacional, embora a adaptação ainda não tenha sido concluída.

O AQUA, apesar de ser originário de um sistema de certificação francês, já foi criado especificamente para construções brasileiras. Apesar de seu alto custo, aos poucos este selo vem sendo implantado no país.

Já o sistema PROCEL Edifica, criado no próprio país, diferentemente das certificações LEED e AQUA, que abordam vários aspectos ambientais, possui o foco centrado na eficiência energética da construção. Este sistema de certificação emitiu etiquetas para cerca de 30 edifícios no Brasil. (PROCEL INFO, 2011)

Os certificados LEED e AQUA são enquadrados como certificações ambientais, podendo então ser dito que a finalidade de ambos é assegurar que um

empreendimento seja realmente sustentável, e que reduz, efetivamente, os impactos sobre o meio ambiente. (LEITE, 2011, p. 35)

Porém, os dois certificados possuem diferenças entre si em termos da sua metodologia, sendo importante conhecê-las para saber qual certificação deve ser adotada. As diferentes estruturas podem ser analisadas no Quadro 15:

Aspectos	Escopo da Avaliação	Método de Aplicação	Categorias Avaliadas	Resultados
LEED	Ambiental	Atendimentos de itens obrigatórios e classificatórios. Classificação do edifício.	Local sustentável, energia, uso eficiente da água, materiais e recursos, qualidade do ambiente interno inovação e processo de projeto.	Quatro níveis: Certificado, prata ouro e platina. Por pontuação total obtida.
AQUA	Ambiental	Atendimento de um perfil ambiental. Certificação ou não certificação do edifício	Eco-construção, Eco-gestão, Conforto e Saúde.	Não há classificação. A certificação é obtida a partir do atendimento ao perfil de desempenho ambiental escolhido.

Quadro 15 - Características Sistema AQUA e LEED
Fonte: Adaptado de Valente (2009, p. 45)

Já o Quadro 16 mostra as características das metodologias aplicadas em ambos os processos de certificação.

Característica	AQUA	LEED
Modelo e Rede	Rede global com critérios locais, baseados no modelo francês.	Modelo norte-americano com representações globais
Adequação dos critérios ao Brasil	Sim	Não
Etapas de Avaliação	Programação, concepção e execução	Concepção
Tipologia de Edifícios Atuais	Edifícios de escritórios, escolares e hotéis	Núcleo central, fachada, edifícios de escritórios, comerciais, residenciais, lotes, bairros, hospitais, lojas e escolas
Tipologia de Edifícios Futuros	Edifícios comerciais, logística, hospitais, esporte e lazer	Laboratórios
Abrangência	Meio ambiente, conforto e saúde	Meio ambiente, conforto e saúde
Forma de Expressão do resultado	Perfil de desempenho nos diferentes temas	Nível global de desempenho

Quadro 16 - Características das Metodologias entre LEED e AQUA
Fonte: Adaptado de Valente (2009, p. 46)

De acordo com Bertolotti (2011, p 44), um estudo comparativo feito através de simulações entre o sistema LEED e PROCEL Edifica, referente a uma edificação residencial, chegou as seguintes conclusões:

- O edifício de referência do PROCEL-Edifica é mais exigente em termos do consumo energético;
- A iluminação do edifício referência do sistema LEED é a maior responsável pelo consumo energético, sendo que esse fato é prejudicial de duas maneiras: aumento no consumo direto de energia, e aumento na carga térmica, fazendo com que haja uma sobrecarga sobre os sistemas de condicionamento de ar;

Todos os sistemas são referência em questões de eficiência energética.

Em termos de impactos ambientais, as certificações LEED e AQUA se sobressaem, tendo em vista que a certificação PROCEL Edifica está enfocada no desempenho do consumo energético da edificação. Entre a LEED e a AQUA, para o âmbito brasileiro, a vantagem está para a AQUA que já foi desenvolvida considerando os sistemas energéticos, políticos e climáticos do país, enquanto o

sistema LEED possui estas características voltadas para o seu país de origem, os Estados Unidos.

O sistema PROCEL, desde a sua fundação, é direcionado ao uso racional da energia elétrica. Com a criação do PROCEL Edifica, a sua abrangência foi ampliada e reorganizada com a finalidade de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais das edificações, promovendo o aumento na sua eficiência energética.

Levando em consideração o fato de que o escopo deste trabalho é a realização de uma auditoria para analisar as instalações do Bloco D da UTFPR Curitiba, foi elaborado um quadro comparativo entre as certificações.

O Quadro 17 mostra qual é o melhor modelo de certificação a ser utilizado para análise do ambiente estudado.

Certificação/Avaliação/ Escopo da Avaliação	Método de Aplicação	Categoria de Desempenho	Designação/ Certificação	Pontuação
LEED	Atendimento de Itens Obrigatórios e Classificatórios dos Edifícios	Ambientes Sustentáveis	Pontuação Máxima	110
		Eficiência da Água	Nível Platina	>80
		Energia e Atmosfera	Nível Ouro	60 a 79
		Materiais e Recursos	Nível Prata	50 a 59
		Qualidade Interna do Ar	Pontuação Mínima	40 a 49
		Inovação e Processo de Projeto		
AQUA	Atendimento do Perfil Ambiental. Certificação ou Não dos Edifícios	Relações dos edifícios com o seu entorno	Excelente	NA
		Escolha Integrada de Produtos		
		Canteiros de Obra com Baixo Impacto Ambiental		
		Gestão de Energia		
		Gestão da Água	Superior	
		Gestão de Resíduos de Uso e Operação do Edifício		
		Manutenção - Permanência de Desempenho Ambiental		
		Conforto Higrotérmico		
		Conforto Acústico	Bom	
		Conforto Visual		
		Conforto Olfativo		
		Qualidade Sanitária dos Ambientes		
		Qualidade Sanitária do Ar		
		Qualidade Sanitária da Água		
PROCEL EDIFICA	Comprovação de Níveis de Eficiência	Envoltória	A	$\geq 4,5$ a 5
			B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
		Iluminação	C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
			D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
		Condicionamento de Ar	E	$< 1,5$

Quadro 17 - Comparativo entre as certificações AQUA, LEED e PROCEL.

Fonte: Os autores.

A implantação de certificados como o LEED e o AQUA, são muito abrangentes e possuem seu foco em questões ambientais que divergem do estudo realizado, como: eficiência da água, localização sustentável, conforto acústico, conforto olfativo, qualidade sanitária do ar e outros itens que se delimitam as etapas de construção da obra.

Diante destes fatores apresentados, o sistema adotado como base para a elaboração do trabalho proposto será o PROCEL Edifica.

3 AUDITORIA

A auditoria é caracterizada pela confiança em alguns princípios. Convém que estes princípios ajudem a tornar a auditoria uma ferramenta eficaz e confiável em apoio às políticas de gestão e controles, fornecendo informações sobre as quais uma organização pode agir para melhorar seu desempenho. (NBR ISSO 19011, 2012, p. 9)

3.1 DEFINIÇÕES

Auditoria consiste em um exame sistemático, minucioso e documentado para obter registros e apresentações de fatos (evidências da auditoria), ou outras informação, pertinentes a um conjunto de procedimentos, ou requisitos, usados como uma referência (critérios da auditoria) (NBR ISO 19011, 2012, p. 6).

Ou seja, será realizado um levantamento das instalações do bloco D da UTFPR – Campus Curitiba, para averiguar se as mesmas estão ou não em conformidade com os requisitos especificados pelo sistema de certificação PROCEL Edifica.

O estudo em questão conduz uma auditoria interna, onde o cliente da auditoria é o próprio auditado. Este é um tipo de auditoria conduzida pela própria organização ou em seu nome, cuja finalidade é a análise crítica pela direção, ou outros propósitos internos, nesse caso para se obter informações para uma possível melhoria na eficácia do sistema de gestão da energia.

As constatações de auditoria, nada mais são do que a comparação dos resultados da avaliação dos registros e fatos do objeto de estudo, com os critérios ou conjuntos de procedimentos adotados como referência para a auditoria, indicando conformidade ou não conformidade, além de conduzir à identificação de oportunidades para melhoria ou registros de boas práticas (NBR ISO 19011, 2012, p. 7).

O escopo de uma auditoria pode ser definido como a abrangência e os limites da mesma. Inclui-se no mesmo uma descrição das localizações físicas, unidades organizacionais, atividades e processos. No caso do trabalho proposto, o

escopo é a análise das instalações de uma parcela da edificação da UTFPR – Campus Curitiba (Bloco D).

A visão geral do processo de uma auditoria pode ser vista através da Figura 8:

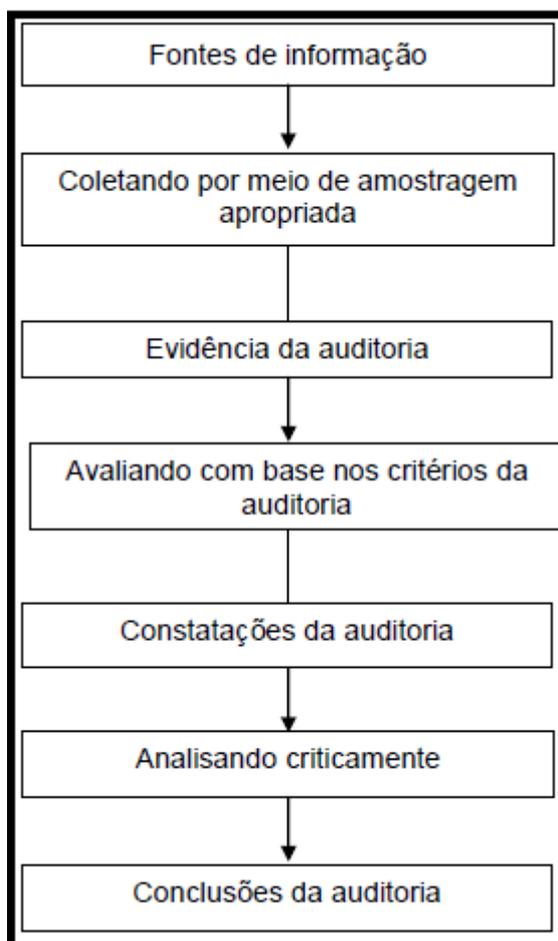


Figura 8 - Visão geral do processo de coleta e verificação de informações.
Fonte: NBR ISO 19011 (2012, p. 32)

3.2 PRINCÍPIOS DE AUDITORIA

3.2.1 Integridade

A equipe que conduz a auditoria, deve realizar o seu trabalho com honestidade e responsabilidade, demonstrando competência enquanto realiza o trabalho. Obrigatoriamente desempenhar o seu trabalho de forma imparcial e garantir conformidade com quaisquer requisitos legais aplicados (NBR ISO 19011, 2012, p. 10).

3.2.2 Apresentação Justa

É conveniente que as constatações, conclusões e relatórios de auditoria, transmitam com veracidade e precisão as atividades de auditoria. (NBR ISO 19011, 2012, p. 10).

3.2.3 Devido Cuidado Profissional

A tarefa a ser executada e a confiança depositada pelo cliente da auditoria nos auditores, exige dos auditores a realização do seu trabalho com o devido cuidado (NBR ISO 19011, 2012, p. 10).

3.2.4 Confidencialidade

A proteção das informações obtidas durante o trabalho e a discrição no uso das mesmas é de extrema importância. O auditor, ou o cliente da auditoria, não deve

usar as informações de forma inapropriada para ganhos pessoais, ou de maneira prejudicial para o legítimo interesse do auditado (NBR ISO 19011, 2012, p. 10).

3.2.5 Independência

Quando for possível, é de bom grado que os auditores sejam independentes da atividade que está sendo auditada. Para auditorias internas, convém que os auditores sejam independentes das operações gerenciais da função que está sendo auditada. (NBR ISO 19011, 2012, p. 10).

3.3 AMBIENTE AUDITADO

O ambiente escolhido para realização da auditoria foi o bloco D da UTFPR Campus Curitiba. O bloco é composto por 4 andares e a sua localização pode ser observada na situação representada pela Figura 9:

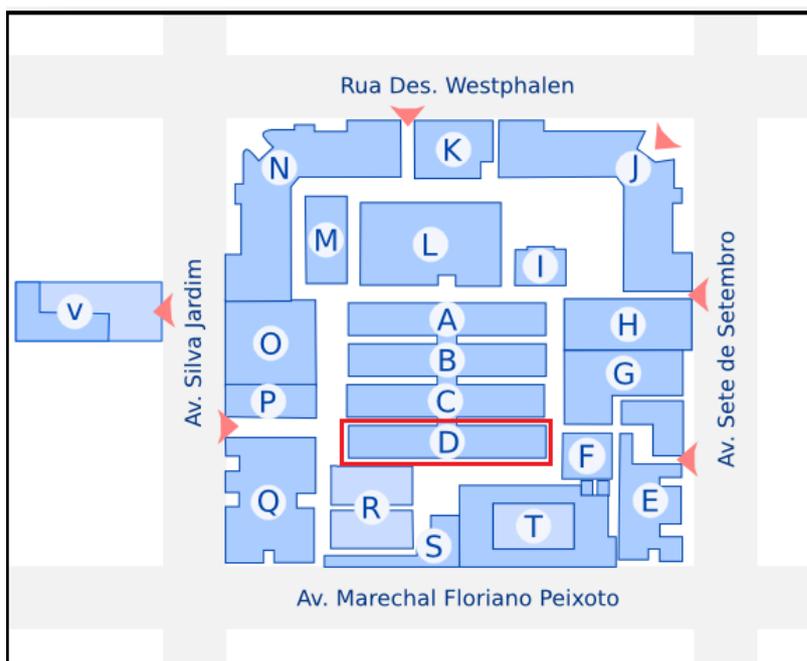


Figura 9 - Localização do bloco D na UTFPR - Curitiba.
Fonte: Adaptado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2013).

Cada um dos quatro andares do bloco D possui uma área total construída de 650m², sendo que todos eles possuem uma divisão central que corresponde à área de circulação.

No terceiro andar, localizam-se o PPGTE e o CPGEII.

O CPGEII é dividido em dezessete salas comuns, uma sala de coordenação e uma secretaria. Já o PPGTE possui sete salas de professor, uma sala de estudos, um laboratório, uma sala de reuniões, uma sala para a coordenação do PPGTE, uma para a coordenação do DEPOG, uma sala para assistentes e uma recepção/copa. Além disso, o andar ainda possui um banheiro ao lado da escadaria.

No segundo andar localiza-se o NUFER e o NUPES.

O NUFER é composto por quatro salas, uma copa, um banheiro e dois laboratórios. O NUPES possui uma secretaria, uma recepção, uma sala de equipamentos, uma administradora de rede, uma sala de coordenação, dois laboratórios, uma sala de prototipagem, uma sala de reuniões e seis salas. Assim como o terceiro andar, o segundo também possui um banheiro localizado ao lado da escada.

No primeiro andar encontra-se de um lado o DAELT e de outro 5 salas destinadas a laboratórios.

O DAELT é composto por uma recepção, uma secretaria, circulação interna e doze salas.

Neste andar também existe um banheiro localizado ao lado da escadaria.

O pavimento térreo possui, como um todo, 6 ambientes de estudo, sendo eles: D001, D002, D003, D004, D005 e D006.

O D006 possui um laboratório e um almoxarifado. O D005 é composto pelo LACIT, sala de professores e laboratório de informática, ele possui seis salas, uma secretaria, um almoxarifado e uma sala de micros. No D004 está localizado o LANOE, que possui duas salas. O Laboratório de Ergonomia fica localizado no D003 e é dividido em 3 salas. No D002 fica localizado o laboratório de fotônica, enquanto no D001 se localiza o laboratório de projetos.

Com base no levantamento realizado nestas instalações através da verificação in loco e da análise das plantas baixas, foram realizadas as análises das conformidades e não conformidades do bloco D com relação ao selo PROCEL Edifica.

3.4 AVALIAÇÃO DO BLOCO D COM BASE NOS PRÉ-REQUISITOS GERAIS DO SELO PROCEL EDIFICA

Com relação aos requisitos gerais, verificou-se que:

3.4.1 Circuitos Elétricos

De acordo com o RTQ-C, em edificações cuja data de construção seja anterior a junho de 2009, este pré-requisito geral torna-se dispensável de conformidade junto ao regulamento. Portanto, para a instalação do bloco D, este item não precisa ser atendido.

3.4.2 Aquecimento de Água

Este pré-requisito geral não se aplica ao objeto de estudo, pois o bloco D não caracteriza uma edificação com elevada demanda de água quente. Sendo assim, da mesma forma que o item anterior, não existe a necessidade de conformidade.

3.4.3 Elevadores

Como o bloco D não possui elevadores, não existe a necessidade de constatações referentes a este pré-requisito.

3.4.4 Constatações Referentes aos Pré-requisitos Gerais

O bloco estudado ainda é plausível de ser classificado em qualquer nível de eficiência, uma vez que as evidências anteriormente citadas revelam que o mesmo não transgrediu nenhuma das restrições impostas pelo regulamento.

3.5 AVALIAÇÃO DO BLOCO D COM BASE NOS PRÉ-REQUISITOS ESPECÍFICOS DO SELO PROCEL EDIFICA

3.5.1 Envoltória

De acordo com o que foi exposto no item 2.5.4.1, os pré-requisitos específicos referentes à envoltória são: transmitância térmica, cores e absorvância da superfície e iluminação zenital. Os tópicos a seguir expõem a conformidade ou não dos mesmos para as instalações levantadas no bloco D da UTFPR.

3.5.1.1 Transmitância Térmica

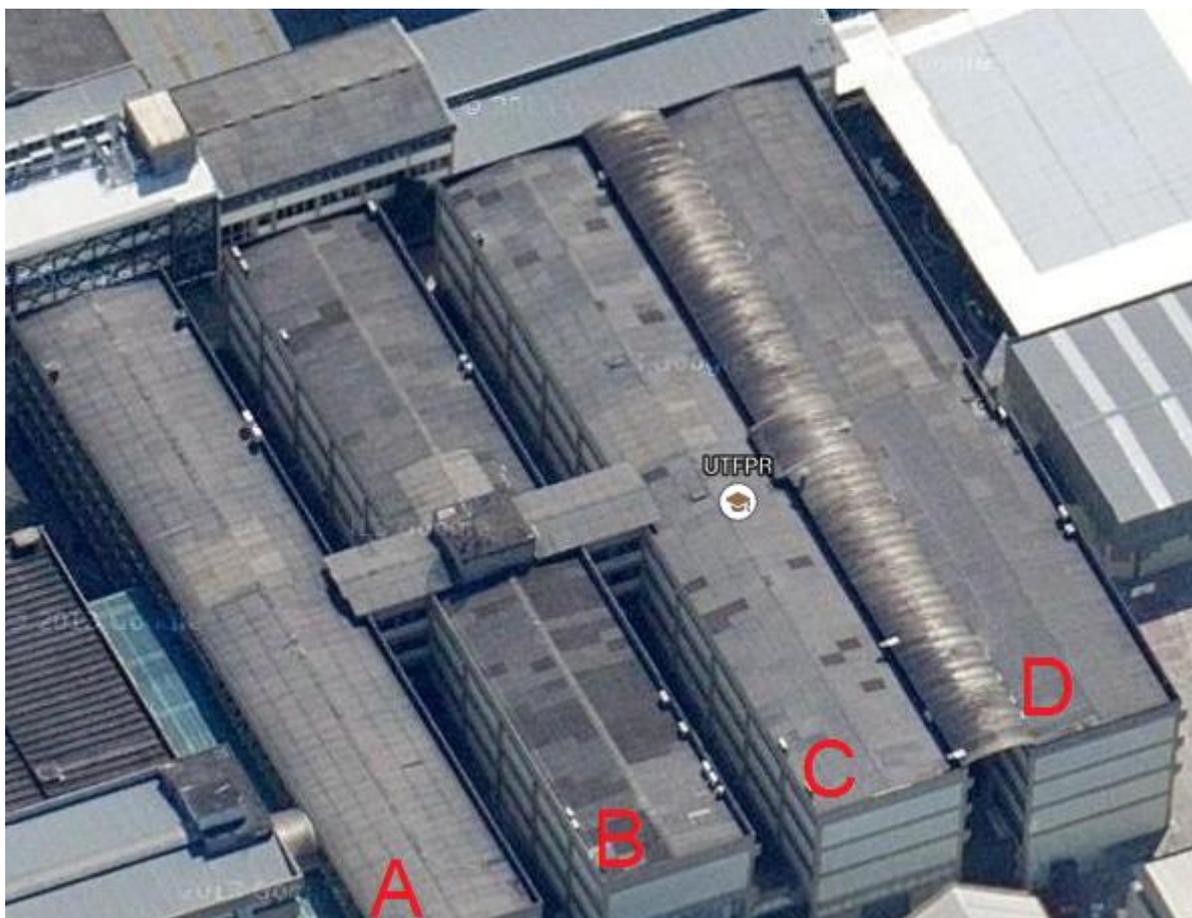
O estudo da transmitância térmica se divide em dois tópicos: a transmitância térmica da cobertura e a transmitância térmica das paredes externas, que serão expostos nos itens a seguir.

3.5.1.1.1 Transmitância Térmica da Cobertura (U_{cob})

Foi evidenciada a seguinte configuração da cobertura:

- Telhado com inclinação de 5°, com duas abas, de chapas de fibrocimento, espessura de 6mm, com laje em concreto e câmara de ar não ventilada;

A Figura 10 traz uma vista aérea do telhado do bloco D.



**Figura 10 - Telhado dos blocos A, B, C e D da UTFPR.
Fonte: Google Maps, (Agosto de 2013)**

Para o cálculo da transmitância térmica da cobertura foi utilizada a NBR 15220 – Parte 2 (2005).

O melhor método de avaliar as propriedades térmicas de cada material que constitui a cobertura seria o laboratorial, porém isto é inviável.

O Quadro 18 traz os valores de densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) dos materiais da cobertura, que serão necessários para o cálculo da transmitância da mesma:

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	c (kJ/kgK)
Fibrocimento	1800	0,65	0,84
Concreto normal	2300	1,75	1

Quadro 18 - Propriedades térmicas do fibrocimento e do concreto normal.

Fonte: Adaptado da NBR 15220 – Parte 2, (2005)

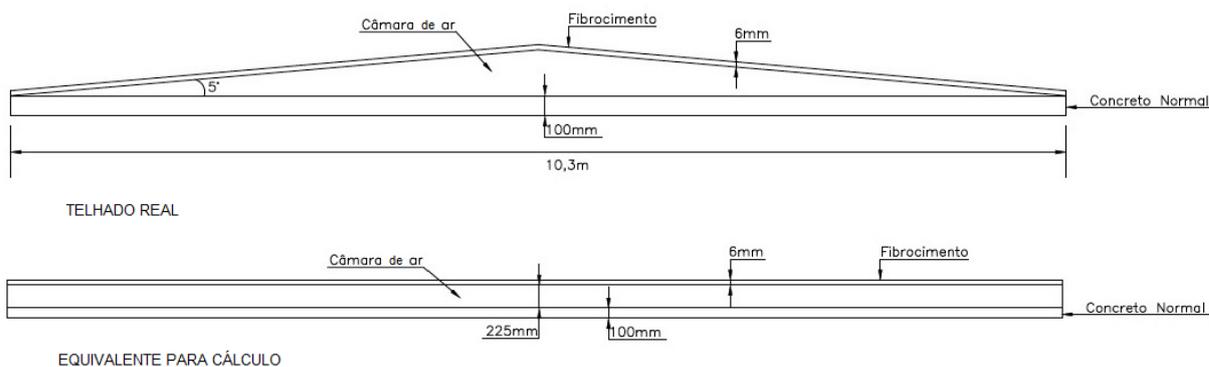


Figura 11 - Telhado inclinado de chapas de fibrocimento com laje em concreto normal e câmara de ar não ventilada.

Fonte: Os autores.

Serão realizados dois cálculos para avaliar o nível de transmitância térmica. O primeiro deles considerando o verão como estação do ano, e o segundo considerando o inverno.

3.5.1.1.1.1 Verão

Para obtenção do valor da resistência térmica da câmara de ar (R_{ar}), são utilizados os dados do Quadro 19:

Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura "e" da câmara de ar cm	Resistência térmica R_{ar} $m^2.K/W$		
		Direção do fluxo de calor		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
		⇒	⇑	⇓
Superfície de alta emissividade $\varepsilon > 0,8$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,14	0,13	0,15
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,16	0,14	0,18
	$e > 5,0$	0,17	0,14	0,21
Superfície de baixa emissividade $\varepsilon < 0,2$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,29	0,23	0,29
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,37	0,25	0,43
	$e > 5,0$	0,34	0,27	0,61

Quadro 19 - Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas.
Fonte: Adaptado da NBR 15220 – Parte 2 (2005).

Considerando que a superfície de cobertura tem alta emissividade (quantidade de radiação emitida a um corpo negro sob a mesma temperatura), espessura maior que 5cm e sabendo que para a situação de verão a direção do fluxo de calor é descendente, pode-se obter um R_{ar} igual a 0,21 (m^2K/W).

Através disso, pode-se calcular a resistência térmica da cobertura, utilizando a Equação 02:

$$R_{icob} = \frac{e_{Fibrocimento}}{\lambda_{Fibrocimento}} + R_{ar} + \frac{e_{Concreto}}{\lambda_{Concreto}} = \frac{0,006}{0,65} + 0,21 + \frac{0,1}{1,75} = 0,2764(m^2.K)/W \quad (02)$$

Em que:

R_{icob} é a resistência térmica da cobertura;

$e_{Fibrocimento}$ é a espessura da telha de fibrocimento;

$\lambda_{Fibrocimento}$ é a condutividade térmica da telha de fibrocimento;

R_{ar} é a resistência térmica da câmara de ar;

$e_{Concreto}$ é a espessura da laje de concreto;

$\lambda_{Concreto}$ é a condutividade térmica da laje de concreto.

Considerando o fluxo de calor com direção descendente, obtém-se através do Quadro 20 os valores das resistências térmicas superficiais interna e externa, (R_{se} e R_{si}):

$R_{si} (m^2.K)/W$			$R_{se} (m^2.K)/W$		
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

Quadro 20 - Resistência térmica superficial interna e externa.

Fonte: Adaptado da NBR 15220 – Parte 2 (2005).

O cálculo da resistência térmica total da cobertura (R_{Tcob}) se dá através da Equação 03:

$$R_{Tcob} = R_{si} + R_{tcob} + R_{se} = 0,17 + 0,2764 + 0,04 = 0,4864(m^2K/W) \quad (03)$$

Em que:

R_{Tcob} é a resistência térmica total da cobertura;

R_{si} é a resistência superficial interna;

R_{tcob} é a resistência térmica da cobertura;

R_{se} é a resistência superficial externa.

Após encontrado o valor da resistência térmica total, calcula-se a transmitância térmica a partir da Equação 04:

$$U_{cob} = \frac{1}{R_{Tcob}} = \frac{1}{0,4864} = 2,056(W/m^2K) \quad (04)$$

Em que:

U_{cob} é a transmitância térmica da cobertura;

R_{Tcob} é a resistência térmica total da cobertura.

3.5.1.1.1.2 Inverno

De forma similar ao cálculo feito para a transmitância térmica no item anterior, porém considerando a direção do fluxo de calor ascendente, que é a situação correspondente ao inverno se obtém a partir do Quadro 19, $R_{ar} = 0,14$ (m^2K/W).

A partir desse dado, utilizando a Equação 02 se obtém $R_t = 0,2064$ (m^2K/W).

Para a nova direção do fluxo, o Quadro 20 atribui uma resistência superficial interna (R_{si}) igual a 0,10 (m^2K/W).

Fazendo a substituição destes valores na Equação 03, e considerando o mesmo valor para a resistência superficial externa (R_{se}), é definida uma nova resistência térmica total (R_{Tcob}), igual a 0,3464.

Por fim, através da Equação 04 calcula-se a transmitância térmica para este caso, que é de: 2,887 (W/m^2K).

3.5.1.1.2 Transmitância Térmica das Paredes Externas (U_{par})

Através de levantamento chegou-se a conclusão de que as paredes do bloco D são de alvenaria comum e utilizam unidades de cerâmica (tijolo), rebocadas em ambas as faces. Contudo não foi possível descobrir as dimensões e as características construtivas das unidades cerâmicas. Para efeito de cálculo será considerada uma parede composta de tijolos cerâmicos de 6 furos, cujas dimensões são: 9cm x 14cm x 24cm. Os cálculos serão realizados de acordo com os critérios estabelecidos pela NBR 15220 – Parte 2 (2005).

O Quadro 21 traz os valores de densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) dos materiais das paredes externas, que serão necessários para o cálculo da transmitância térmica das mesmas:

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/mK)	c (kJ/kgK)
Cerâmica	1600	0,90	0,92
Argamassa	2000	1,15	1,00

Quadro 21 - Propriedades térmicas da cerâmica e da argamassa.

Fonte: Adaptado da NBR 15220 – Parte 2 (2005).

A configuração utilizada para representar a parede de tijolos cerâmicos de seis furos rebocados em ambas as faces, pode ser visualizada através da Figura 12 e da Figura 13:

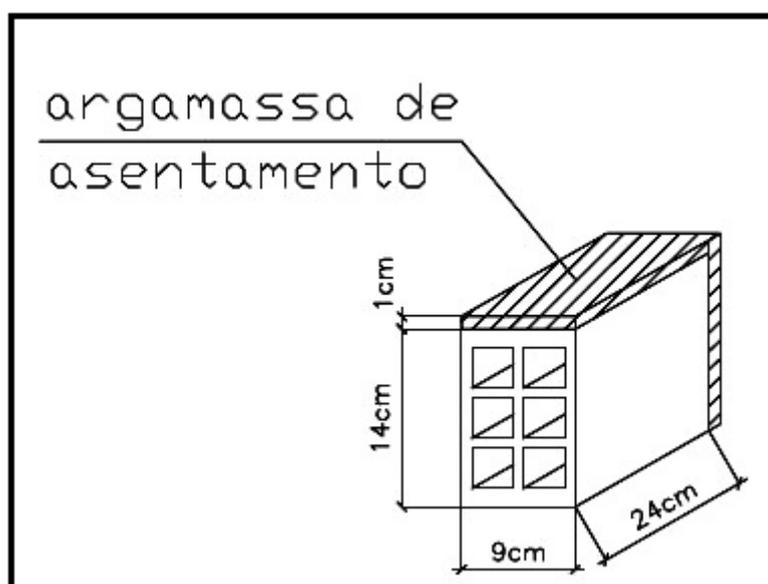


Figura 12 - Elemento isolado.

Fonte: Os autores.

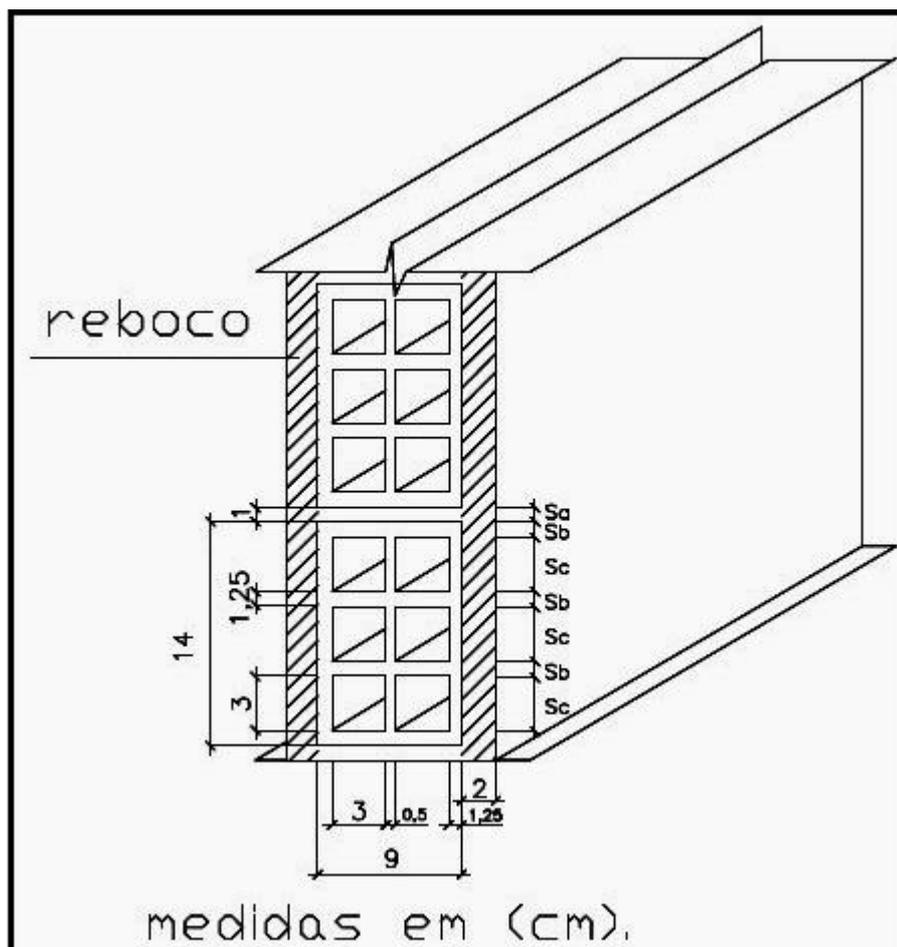


Figura 13 - Vista em perspectiva.

Fonte: Os autores.

A Figura 13 pode ser resumida pela seguinte descrição:

- Argamassa interna com espessura de 2cm (reboco);
- Bloco cerâmico de dimensões 9cm x 14cm x 24cm;
- Argamassa Externa com espessura de 2cm (reboco);
- Argamassa de assentamento com espessura de 1cm.

O cálculo da resistência térmica da parede é dividida em três seções que estão expostas na Figura 13 (S_a , S_b e S_c):

Seção A (reboco + argamassa + reboco), sua área é calculada através da Equação 05:

$$A_a = 0,01 \times 0,24 + 0,01 \times 0,15 = 0,0039 \text{m}^2 \quad (05)$$

A resistência térmica referente a esta seção é calculada através da Equação 06:

$$R_a = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{arg\ amassa}}{\lambda_{arg\ amassa}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} = \frac{0,02}{1,15} + \frac{0,09}{1,15} + \frac{0,02}{1,15} = 0,11304(m^2.K)/W \quad (06)$$

Seção B (reboco + tijolo + reboco), sua área é calculada através da Equação (07):

$$A_b = 0,0125 \times 0,24 = 0,003m^2 \quad (07)$$

A resistência térmica referente a esta seção é calculada através da Equação 08:

$$R_b = \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} = \frac{0,02}{1,15} + \frac{0,09}{0,9} + \frac{0,02}{1,15} = 0,13478(m^2.K)/W \quad (08)$$

Seção C (reboco + tijolo + câmara de ar + tijolo + câmara de ar + tijolo + reboco), sua área é calculada através da Equação 09:

$$A_c = 0,03 \times 0,24 = 0,0072m^2 \quad (09)$$

Para a câmara de ar, foi utilizado o Quadro 19, foi considerado uma superfície de alta emissividade, uma espessura da câmara de ar do tijolo de 3cm e uma direção horizontal do fluxo de calor, obtendo-se um $R_{ar} = 0,16(m^2K)/W$.

A resistência térmica referente a esta seção é calculada através da Equação 10:

$$\begin{aligned} R_c &= \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}} + \frac{e_{reboco}}{\lambda_{reboco}} = \\ &= \frac{0,02}{1,15} + \frac{0,0125}{0,9} + 0,16 + \frac{0,005}{0,9} + 0,16 + \frac{0,0125}{0,9} + \frac{0,02}{1,15} = 0,38811(m^2.K)/W \quad (10) \end{aligned}$$

Portanto a resistência térmica da parede, calculada pela Equação 11, será:

$$R_{tpar} = \frac{A_a + 4xA_b + 3xA_c}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{4xA_b}{R_b} + \frac{3xA_c}{R_c}} = \frac{0,0039 + 4x0,003 + 3x0,0072}{\frac{0,0039}{0,11304} + \frac{4x0,003}{0,13478} + \frac{3x0,0072}{0,38811}} = 0,2093(m^2.K) / W \quad (11)$$

Em que:

R_{tpar} é a resistência térmica da parede externa;

e_{reboco} é a espessura do reboco;

$e_{arg\ amassa}$ é a espessura da argamassa;

$e_{cerâmica}$ é a espessura da cerâmica;

$\lambda_{arg\ amassa}$ é a condutividade térmica da argamassa;

$\lambda_{cerâmica}$ é a condutividade térmica da cerâmica;

λ_{reboco} é a condutividade térmica do reboco;

R_{ar} é a resistência térmica da câmara de ar;

A_a é a área da seção A;

A_b é a área da seção B;

A_c é a área da seção C;

R_a é a resistência térmica da seção A;

R_b é a resistência térmica da seção B;

R_c é a resistência térmica da seção C;

A resistência térmica total das paredes externas é dada pela Equação 12, sendo que os valores das resistências térmicas superficiais interna e externa foram retiradas do Quadro 20, considerando uma direção horizontal do fluxo de calor:

$$R_{Tpar} = R_{si} + R_{tpar} + R_{se} = 0,13 + 0,2093 + 0,04 = 0,3793(m^2K / W) \quad (12)$$

Em que:

R_{Tpar} é a resistência térmica total das paredes externas;

R_{si} é a resistência superficial interna;

R_{par} é a resistência térmica das paredes externas;

R_{se} é a resistência superficial externa.

Por fim, a Equação 13 permite o cálculo da transmitância térmica das paredes externas:

$$U_{par} = \frac{1}{R_{Tpar}} = \frac{1}{0,3793} = 2,6364(W / m^2 K) \quad (13)$$

Em que:

U_{par} é a transmitância térmica das paredes externas;

R_{Tpar} é a resistência térmica total das paredes externas.

3.5.1.2 Cores e Absortância da Superfície

Como pode ser observado no que foi descrito no item 2.5.4.2, para locais onde a zona climática é 1, como é o caso de Curitiba, este pré-requisito é excluído para que, no inverno, o edifício obtenha ganhos térmicos mais elevados, devido a índices maiores de absortância da radiação.

3.5.1.3 Iluminação Zenital

O item 2.5.4.3 estabelece que para o caso de existir uma abertura zenital, o limite de fator solar máximo para o percentual de abertura zenital estabelecido pelo Quadro 8, deve ser atendido.

No terceiro andar do bloco D, existe uma abertura zenital de telhas de fibra de vidro, como pode ser observado na Figura 14:



Figura 14 - Iluminação zenital no bloco D.
Fonte: Os autores.

Como não foi possível levantar a espessura da telha de fibra de vidro, para efeitos de cálculo será adotada a telha fibra vidro ondulada translúcida incolor 2,0 x 0,95 m, espessura 0,8 mm (Ref.: Cosmoplast), pois é a especificação mais comum encontrada entre vários fornecedores.

Segundo a NBR 15220-2 (2005), o fator solar para elementos translúcidos é calculado a partir da Equação (14):

$$FS_t = U \cdot \alpha \cdot R_{se} \cdot \tau \quad (14)$$

Em que:

FS_t é o fator solar para elementos translúcidos;

U é a transmitância térmica do componente;

α é a absorvância à radiação solar;

R_{se} é a resistência superficial externa e;

τ é a transmitância à radiação solar.

Para o cálculo da transmitância térmica é utilizada a Equação 15:

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (15)$$

Onde:

U é a transmitância térmica do componente e;

R_t é a resistência térmica do componente.

Para isso, deve ser calculado inicialmente o valor de R_t , que se dá pela Equação 16:

$$R_t = \frac{e}{\lambda} \quad (16)$$

Em que:

R_t é a resistência térmica do componente;

e é a espessura do componente e;

λ é a condutividade térmica do componente.

Como foi citado anteriormente, a telha de fibra de vidro adotada para o cálculo possui espessura de 0,8mm. A condutividade térmica da fibra de vidro, segundo a PROTOLAB, é de 0,048 (W/mK).

Sendo assim, através da Equação 16, a R_t da telha de fibra de vidro é 0,0167 (m²K/W). Com isso, através da Equação 15, obtém-se $U = 60$ (W/m²K).

Quanto a absorvância à radiação solar (α), sabe-se que ela é complementar à transmitância à radiação solar (τ). Através das especificações da Cosmoplast, a transmitância à radiação solar desta telha é de 0,81, sendo assim a sua absorvância tem um valor igual a 0,19.

A resistência superficial externa (R_{se}) é obtida através do Quadro 20, que, para um fluxo de calor descendente, possui um valor de 0,04 (m²K/W).

Substituindo todos os valores na Equação 14, é obtido o valor do fator solar para elementos translúcidos (FS_t), que é igual a: 0,3693.

O percentual de abertura zenital é calculado dividindo-se a área da abertura zenital pela área total da cobertura.

Através de análise das plantas baixas e de inspeção in loco, foi encontrada uma área de abertura zenital igual a 25m² e, uma área de 650m² para a cobertura.

Isso equivale a um percentual de abertura zenital (PAZ) de: 3,84%.

Comparando os dados obtidos (PAZ = 3,84% e $FS_t = 0,3693$) com os limites estabelecidos pelo Quadro 8, chega-se a conclusão de que este pré-requisito é atendido.

3.5.2 Iluminação

Os pré-requisitos específicos da iluminação são divididos entre: divisão de circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático da iluminação. Estes itens serão expostos nos tópicos a seguir.

3.5.2.1 Divisão de Circuitos

Através de análise das plantas baixas de todos os ambientes do bloco D da UTFPR (documentação concedida pelo Engenheiro Ramires Hermann Mowka, do DEPRO – Departamento de Projetos e Obras da UTFPR) e verificação in loco, chega-se a conclusão que este pré-requisito é atendido, uma vez que ele determina que para áreas de ambientes inferiores a 250m², o acionamento do sistema da iluminação pode ser feito através de um único comando manual, que é o caso do bloco D, que não possui nenhum ambiente com mais de 250m² e todos os ambientes possuem, pelo menos, um dispositivo de acionamento manual.

3.5.2.2 Contribuição da Luz Natural

Como citado no item 2.5.5.2, ambientes que possuam aberturas, como janelas, voltadas para o ambiente externo, e possuam mais de uma fileira de luminárias, devem possuir um controle manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível.

Para uma melhor compreensão dos ambientes da bloco D, a análise do mesmo será dividida entre seus 4 andares.

O Quadro 22 traz a análise do primeiro andar conforme levantamento, discriminando os ambientes que apresentam conformidade, não conformidade e aqueles que não necessitam análise de conformidade devido ao fato de não possuírem mais de uma fileira de luminárias paralela à janela ou não possuírem aberturas voltadas ao ambiente externo.

Ambiente	Divisões Internas	Conformidade	Não Conformidade	Não Necessita Conformidade
D001	Laboratório de Projetos		X	
D002	FOTON		X	
D003	D003-1		X	
	D003-2		X	
	D003-3		X	
D004	D004-1		X	
	D004-2	Sem acesso		
D005	D005-1		X	
	D005-2			X
	D005-3			X
	D005-4		X	
	D005-5		X	
	D005-6		X	
	Secretaria		X	
	Circulação			X
	Sala de micros		X	
D006	LACIT		X	
	Almoxarifado		X	
CABINE QDG	-	Sem acesso		

Quadro 22 - Levantamento do pavimento térreo com relação a contribuição de luz natural.

Fonte: Os autores.

A localização de cada um dos ambientes pode ser vista através da Figura 15 e da Figura 16:

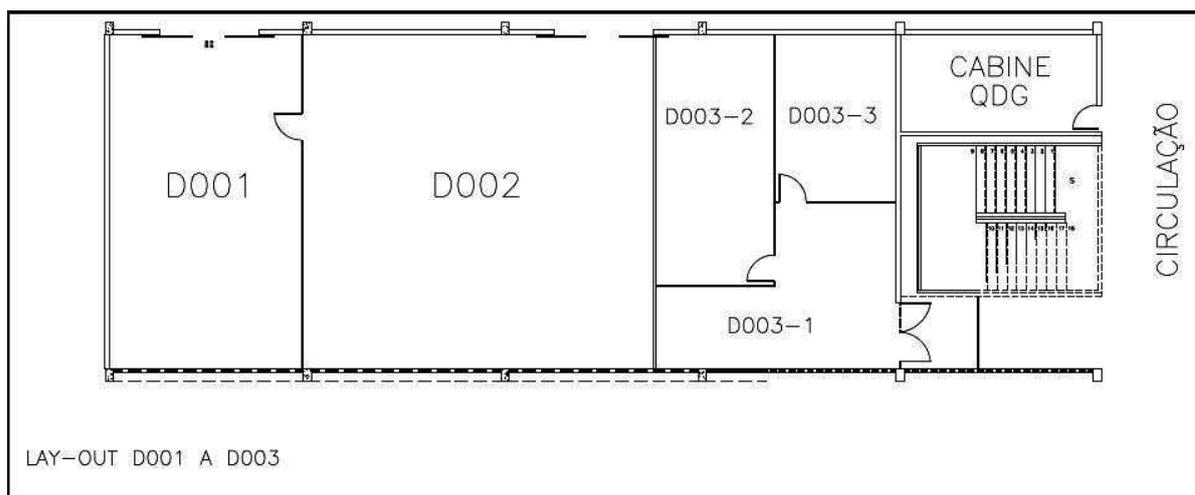


Figura 15 - Layout D001, D002 e D003
Fonte: Os autores.

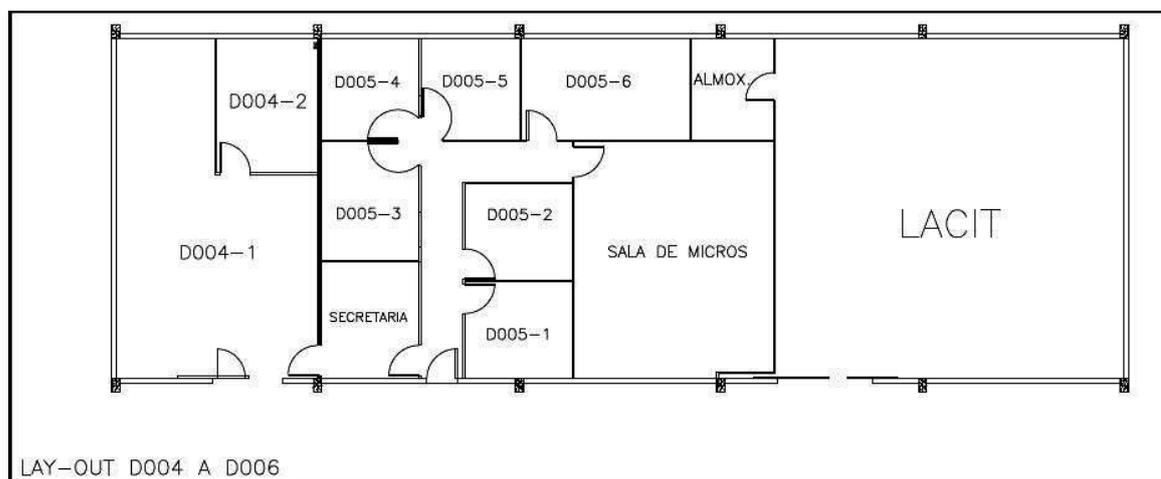


Figura 16 - Layout D004, D005 e D006.
Fonte: Os autores.

O Quadro 23 traz a mesma análise, porém para o primeiro andar do bloco D:

Ambiente	Divisões Internas	Conformidade	Não Conformidade	Não Necessita Conformidade
DAELT (D101)	DAELT-1		X	
	DAELT-2		X	
	DAELT-3		X	
	DAELT-4		X	
	DAELT-5		X	
	DAELT-6		X	
	DAELT-7		X	
	DAELT-8		X	
	DAELT-9		X	
	DAELT-10			X
	DAELT-11			X
	DAELT-12			X
	Recepção		X	
	Secretaria		X	
Circulação			X	
D102	Laboratório 1		X	
D103	Laboratório 2		X	
D104	Laboratório 3		X	
D105	Laboratório 4		X	
D106	Laboratório 5		X	
Circulação	Circulação-1			X
	Circulação-2		X	
	Circulação-3			X
Banheiro	-			X

Quadro 23 - Levantamento do primeiro andar com relação a contribuição de luz natural.

Fonte: Os autores.

A localização dos ambientes pode ser vista na Figura 17 e na Figura 18:

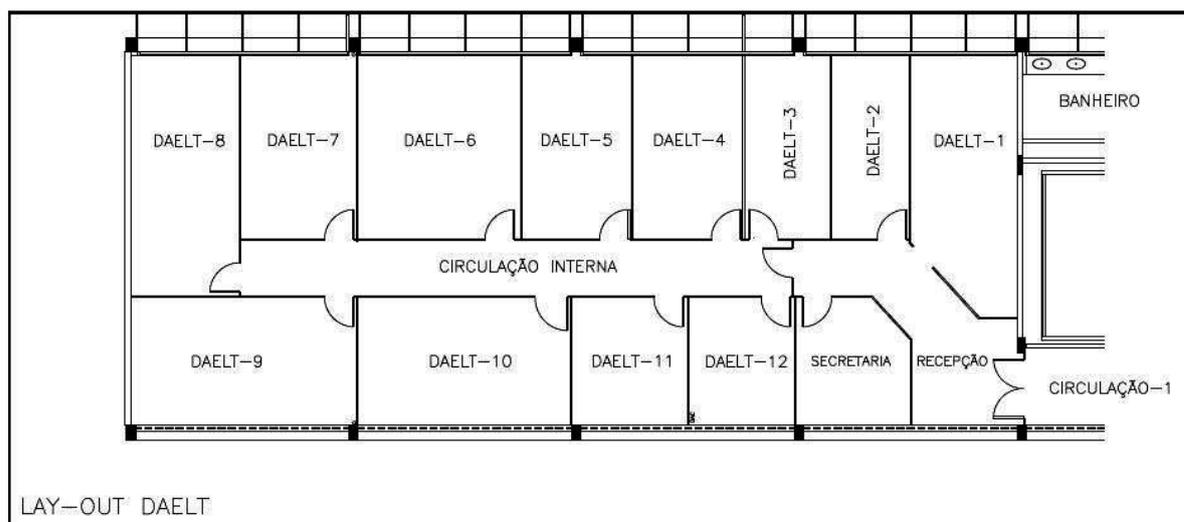


Figura 17 - Layout DAELT.
Fonte: Os autores.

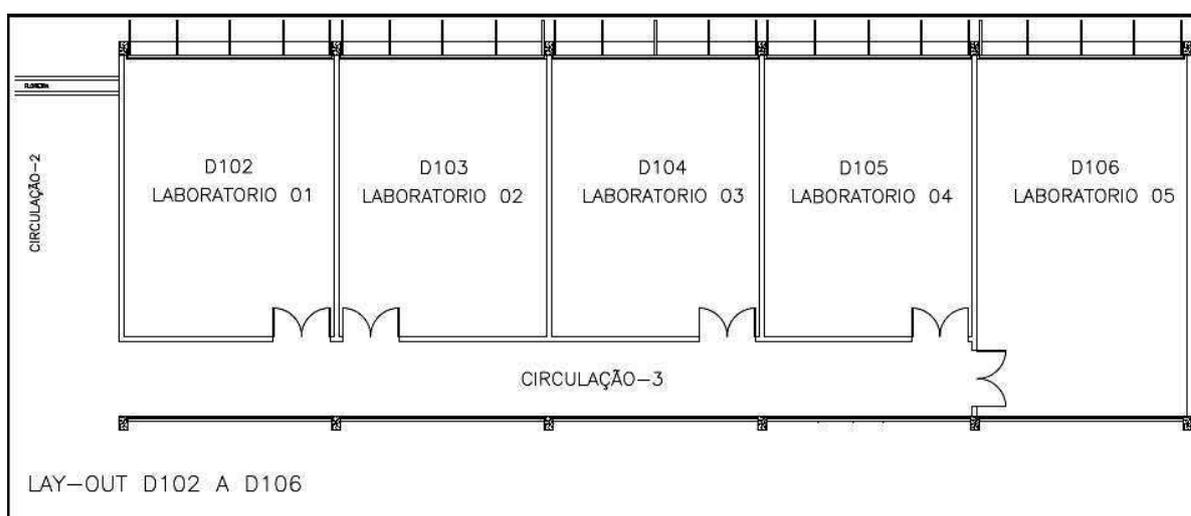


Figura 18 - Layout D102, D103, D104, D105 e D106
Fonte: Os autores.

A análise para o segundo andar é apresentada pelo Quadro 24:

Ambiente	Divisões Internas	Conformidade	Não Conformidade	Não Necessita Conformidade
CITEC	CITEC-1			X
	CITEC-2			X
	CITEC-3			X
	CITEC-4			X
	CITEC-5			X
	CITEC-6	X		
	CITEC-7		X	
	CITEC-8		X	
	CITEC-9		X	
	CITEC-10		X	
	CITEC-11		X	
	Secretaria		X	
	Recepção			X
	Circulação			X
CTSE	CTSE-1		X	
	CTSE-2		X	
	CTSE-3		X	
	CTSE-4		X	
	CTSE-5		X	
	CTSE-6		X	
	Copa			X
	Circulação			X
	Banheiro			X
Circulação	Circulação 1			X
	Circulação 2		X	
Banheiro	-			X

Quadro 24 - Levantamento do segundo andar com relação a contribuição de luz natural.

Fonte: Os autores.

A localização dos ambientes supracitados pode ser vista através da Figura 19 e da Figura 20:

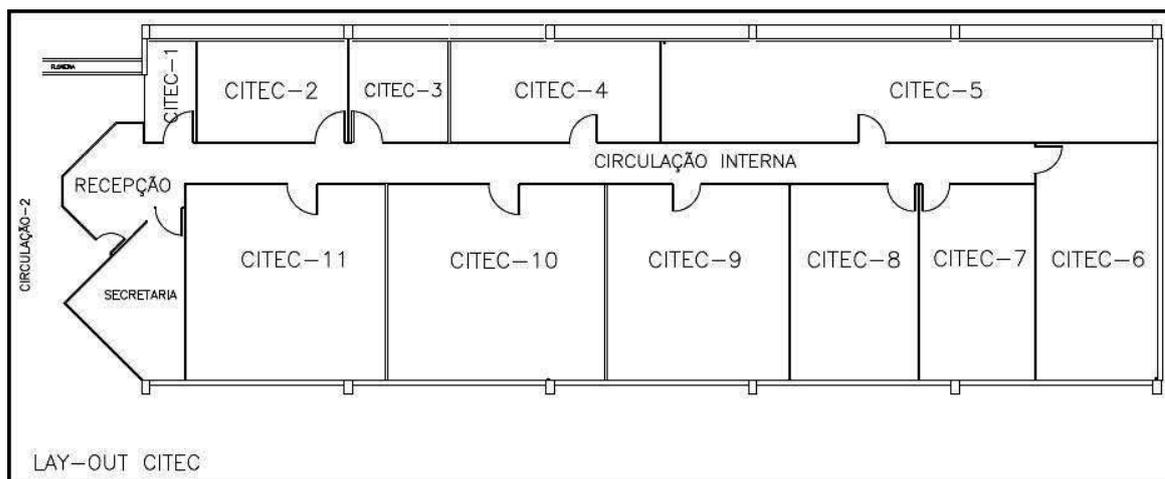


Figura 19 - Layout CITEC.
Fonte: Os autores.

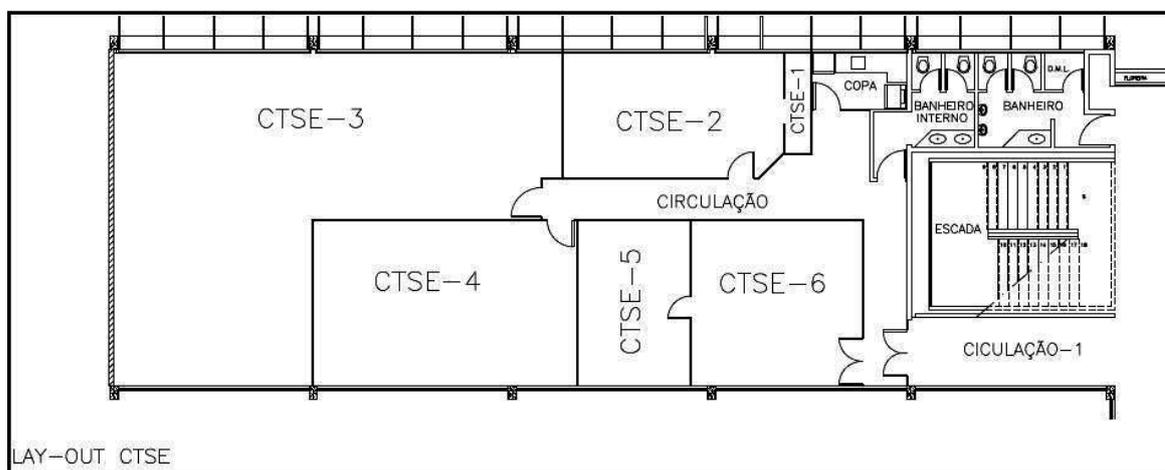


Figura 20 - Layout CTSE.
Fonte: Os autores.

O levantamento do terceiro pavimento é apresentado no Quadro 25:

Ambiente	Divisões Internas	Conformidade	Não Conformidade	Não Necessita Conformidade	
CPGEI	CPGEI-1	X			
	CPGEI-2	X			
	CPGEI-3	X			
	CPGEI-4	X			
	CPGEI-5	X			
	CPGEI-6	X			
	CPGEI-7	X			
	CPGEI-8	X			
	CPGEI-9	X			
	CPGEI-10	X			
	CPGEI-11	X			
	CPGEI-12	X			
	CPGEI-13	X			
	CPGEI-14	X			
	CPGEI-15	X			
	CPGEI-16	X			
	CPGEI-17	X			
	CPGEI-18	X			
	Secretaria	X			
	Recepção			X	
Circulação				X	
PPGTE	PPGTE-1	X			
	PPGTE-2	X			
	PPGTE-3	X			
	PPGTE-4	X			
	PPGTE-5	X			
	PPGTE-6			X	
	PPGTE-7	X			
	PPGTE-8	X			
	PPGTE-9			X	
	PPGTE-10	X			
	PPGTE-11	X			
	PPGTE-12	X			
	PPGTE-13			X	
	PPGTE-14	X			
	Recepção				X
	Sala técnica				X
Circulação				X	
Circulação	Circulação-1			X	
	Circulação-2		X		
Banheiro	-			X	

Quadro 25 - Levantamento do terceiro andar com relação a contribuição de luz natural.
Fonte: Os autores.

A localização dos ambientes pode ser vista na Figura 21 e na Figura 22:

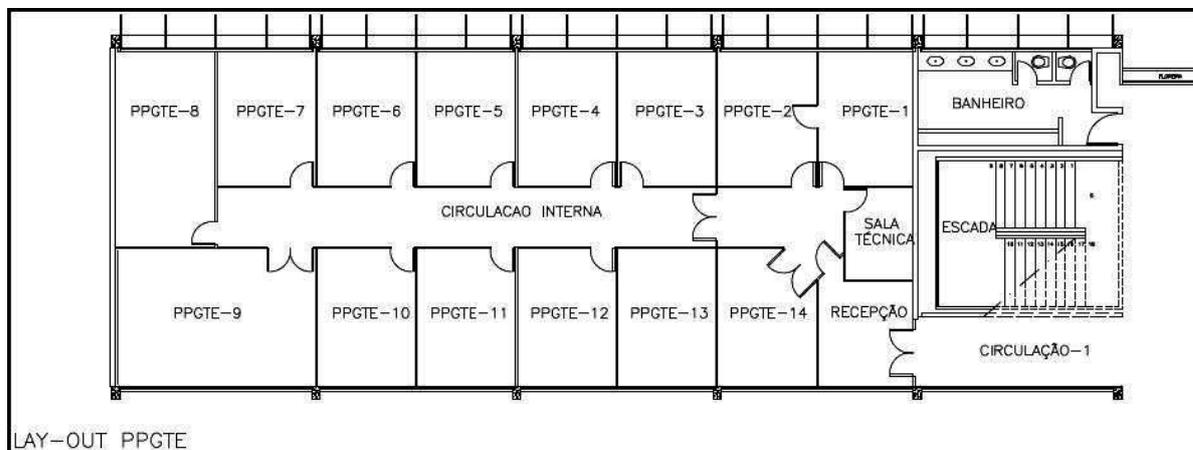


Figura 21 Layout PPGTE.
Fonte: Os autores.

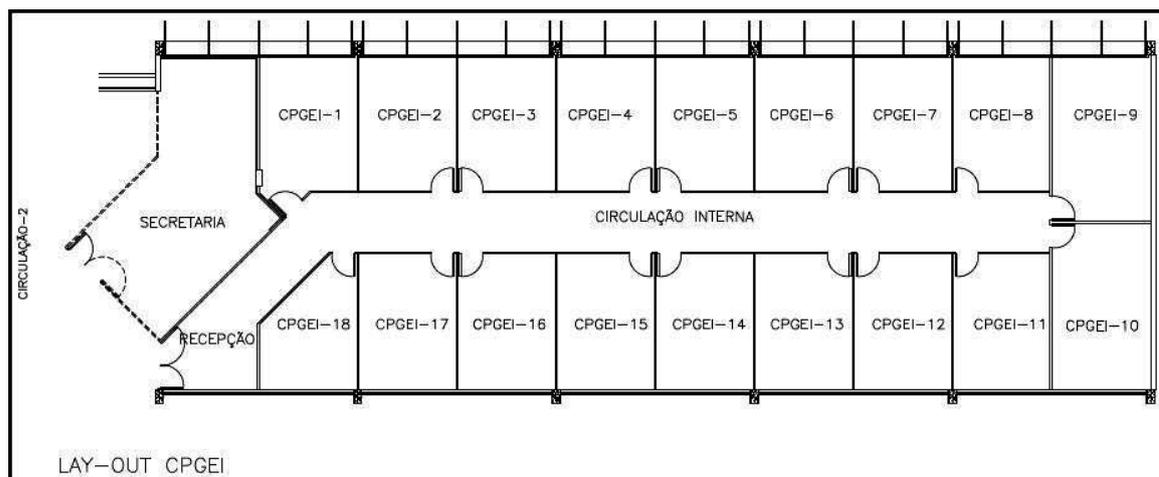


Figura 22 - Layout CPGEI.
Fonte: Os autores.

Como pode ser analisado através dos quadros anteriormente apresentados, vários ambientes do bloco D apresentam não conformidade com o pré-requisito de aproveitamento da iluminação natural.

Como existe a necessidade de que todas as salas estejam em conformidade, este pré-requisito não é atendido.

A Figura 23 exemplifica a não conformidade da sala de coordenação de engenharia do DAELT (Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da UTFPR), onde o comando da iluminação não é independente para as luminárias próximas às janelas.



Figura 23 - Exemplo de não conformidade ao critério de aproveitamento da iluminação natural da sala de coordenação de engenharia do DAELT.

Fonte: Os Autores.

Já a Figura 24, traz como exemplo a sala de coordenação do CPGEI, que atende ao pré-requisito de aproveitamento da iluminação natural:



Figura 24 - Exemplo de conformidade ao critério de aproveitamento da iluminação natural da sala de coordenação do CPGEI.

Fonte: Os autores.

3.5.2.3 Desligamento Automático do Sistema de Iluminação

Segundo o que foi descrito no item 2.5.5.3, os ambientes que possuírem mais de 250m² de área, deverão possuir um dispositivo automático de desligamento para o sistema de iluminação. Como o bloco D não possui nenhum ambiente com

mais de 250m², não existe a necessidade de uso de nenhum dispositivo, portanto o pré-requisito é atendido.

3.5.2.4 Exemplo de Cálculo da Eficiência do Sistema de Iluminação

Como exemplo de cálculo da eficiência do sistema de iluminação, será feito o cálculo do método das áreas para o 1º andar do bloco D. Será utilizado o método das áreas, pois, como citado no item 2.5.5.3.1.1, este sistema é utilizado para edificações com até 3 atividades principais, ou, para atividades que ocupem pelo menos 30% da área da mesma, que é o caso do bloco D da UTFPR – Campus Curitiba.

Seguindo o procedimento do método das áreas, que foi explanado no item 2.5.5.3.1.1, inicialmente, através da Tabela 1, localiza-se a densidade de potência de iluminação limite (DPIL-W/m²) de acordo com a principal atividade do edifício.

Nesse caso, a função do edifício é: Escola/Universidade, e a DPIL para cada nível de eficiência é:

- Nível A: 10,7;
- Nível B: 12,3;
- Nível C: 13,9;
- Nível D: 15,5;

Em seguida, será determinada a DPIL de acordo com a área total do 1º andar do bloco D, que, de acordo com medição feita na planta com auxílio do software Autocad, é de 650m². Planta cedida pelo DEPRO (Departamento de Projetos e Obras da UTFPR – Campus Curitiba).

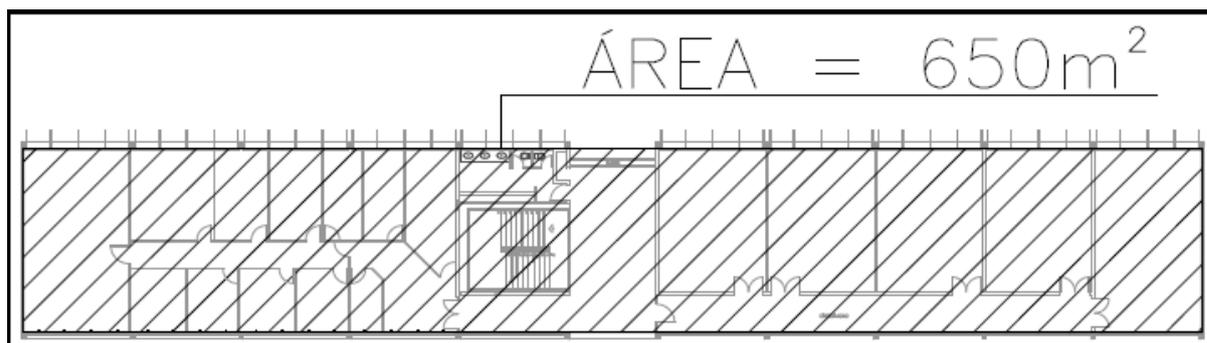


Figura 25 - Área do 1º andar do bloco D da UTFPR.

Fonte: Adaptado do Projeto de Iluminação DAELT e Laboratórios, 1999, prancha 1.

Sendo assim, a DPIL para a área do bloco D, pode ser vista através do Quadro 26:

Função do Edifício	DPIL - Nível A (W/m²)	DPIL - Nível B (W/m²)	DPIL - Nível C (W/m²)	DPIL - Nível D (W/m²)
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Área (m²)	Potência limite - Nível A (W)	Potência limite - Nível B (W)	Potência limite - Nível C (W)	Potência limite - Nível D (W)
650	6955	7995	9035	10075

Quadro 26 - DPIL 1º andar do bloco D.

Fonte: Os autores.

O próximo passo é descobrir a potência total de iluminação instalada para poder compara-la com os limites estabelecidos pelo Quadro 26.

Através de análise da planta de iluminação fornecida pelo DEPRO e de verificação in loco, é possível perceber que o sistema de iluminação é composto por 164 luminárias com 1 lâmpada fluorescente 1x32W, 2 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 2x32 e 84 reatores 2x32W.

Supondo que cada reator possua uma potência de 70W, tem-se uma potência total de 5880W.

Fazendo a comparação com os valores do Quadro 26, o nível de eficiência encontrado é A, e seu equivalente numérico, de acordo com o Quadro 13, é 5.

Deve ser ressaltado que o Quadro 26 que estabelece a DPIL parte da prerrogativa de que todos os ambientes avaliados atendam ao nível mínimo de iluminância exigido pela norma NBR ISO 8995-1 (2013), fato este que não foi validado experimentalmente no presente trabalho.

Porém, ao se observar os pré-requisitos específicos de iluminação, nota-se através da análise da planta, que algumas salas não atendem ao pré-requisito estabelecido no item 3.5.2.2, que diz respeito à contribuição da luz natural.

Ambientes que não acatam a este pré-requisito possuem no máximo o nível de eficiência C, e sendo assim, deve-se fazer a média ponderada entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam os pré-requisitos e a eficiência e potência instalada encontrada para o sistema de iluminação.

Pelo levantamento feito, 17 ambientes não preenchem o pré-requisito que diz respeito à contribuição da luz natural (ver Quadro 23), e a potência de iluminação total somada desses ambientes é: 4900W (140 luminárias com uma lâmpada fluorescente de 32W. e 70 reatores 2x32W).

Para o nível C, que é o estabelecido para os ambientes que não cumprem o pré-requisito de contribuição da luz natural, o equivalente numérico, de acordo com o Quadro 13, é 3.

Fazendo a ponderação através da Equação 17, tem-se:

$$\frac{(980 \times 5) + (4900 \times 3)}{5880} = 3.334 \quad (17)$$

Utilizando a Tabela 7, pode-se concluir que o do sistema de iluminação do 1º andar do bloco D possui o nível C de eficiência.

3.5.3 Ar Condicionado

Para melhor avaliar os pré-requisitos específicos referentes ao sistema de condicionamento de ar, foi feito um levantamento em todos os ambientes do bloco D. Os dados obtidos através deste levantamento podem ser resumidos pelo Quadro 27:

Ambiente	N° de Aparelhos	Tipo de aparelho	Especificação		Selo de Eficiência	
			Potência Nominal (W)	Marca / Modelo		
			Aparelho	Aparelho 1		
Pavimento Térreo	D002	2	Split	5880 / 6326	MIDEA - MPC-60 HR V2 KOMEKO - KOP60QC G2 UE220	-
	D003-1	1	Split	3510	SOURCE ONE - CHC35B26LS1	-
	D003-3	1	Split	3510	SOURCE ONE - CHC35B26LS1	-
	D004-1	1	Split	1646	KOMEKO - KOS18QC - G2C	C
	D004-2	1	Split	946	KOMEKO - KOS09QC - G2	C
	D005-1	1	Split	1120	KOMEKO - KOS12QC - G2A	A
	D005-2		Split	Divide Split com a D005-1		
	D005-3	1	Split	1120	KOMEKO - KOS12QC - G2A	A
	Secretaria		Split	Divide Split com a D005-3		
	D005-4	1	Split	1120	KOMEKO - KOS12QC - G2A	A
	D005-5		Split	Divide Split com a D005-4		
	D005-6	1	Split	1120	KOMEKO - KOS12QC - G2A	A
Sala de Micros	1	Split	3720	SPRINGER - 42XQC036515LC	C	
Primeiro Andar	Não possui aparelhos de ar condicionado.				-	
Segundo Andar	CITEC-2	1	Split	Evaporadoras da marca SPRINGER sem especificações e dados de placa.	-	
	CITEC-3	1	Split		-	
	CITEC-4	1	Split		-	
	CITEC-5	2	Split		-	
	CITEC-6	1	Split		-	
	CITEC-7	1	Split		-	
	CITEC-8	1	Split		-	
	CITEC-9	1	Split		-	
	CITEC-10	1	Split		-	
	CITEC-11	1	Split		-	
	CTSE-2	1	Split		-	
	CTSE-3	3	Split		-	
	CTSE-4	2	Split		-	
	CTSE-5	1	Split		-	
CTSE-6	1	Split	-			
Terceiro Andar	PPGTE-7	1	Janela	981	LG WGE105FGA/220	A
	PPGTE-8	1	Janela	981	LG WGE105FGA/220	A
	CPGEI-18	1	Janela	1340	ELGIN EJQ 10.000-2	E

Quadro 27 - Levantamento dos aparelhos de ar condicionado por ambiente do bloco

D.

Fonte: Os autores.

No Quadro 27, estão descritos os ambientes que possuem condicionamento de ar, a potência do aparelho, seu modelo, e o seu nível de eficiência energética.

Os ambientes em que foi descrito que existe uma divisão de Split, como o D005-1 e D005-2, possuem a sua unidade evaporadora instalada entre suas divisórias, como mostra a Figura 26:



**Figura 26 - Aparelho de ar condicionado dividido entre dois ambientes.
Fonte: Os autores.**

A localização de cada ambiente pode ser encontrada através da Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20, Figura 21 e Figura 22.

Como foi exposto no item 2.5.6, para o sistema de condicionamento de ar, existem pré-requisitos específicos somente para o nível A de eficiência. Estes pré-requisitos serão avaliados nos próximos tópicos.

3.5.3.1 Proteção das Unidades Condensadoras

Este pré-requisito diz respeito à proteção das unidades condensadoras quanto ao seu sombreamento. Dos ambientes avaliados, os que possuem as condensadoras em áreas sombreadas são:

- D002 – MIDEA – MCP-60 HR V2;
- D003 – 1 - SOURCE ONE - CHC35B26LS1;
- D003 – 3 - SOURCE ONE - CHC35B26LS1;
- D004 – 1 - KOMECO - KOS18QC - G2C;
- D005 – 1/D005 – 2 - KOMECO - KOS12QC - G2A;
- D005 – 3/Secretaria - KOMECO - KOS12QC - G2A;
- Sala de Micros - SPRINGER - 42XQC036515LC, e;
- CPGEI - ELGIN EJQ 10.000-2.

Os demais equipamentos não são sombreados permanentemente, portanto não cumprem o pré-requisito.

3.5.3.2 Isolamento Térmico Para Dutos de Ar.

Para avaliação deste pré-requisito, seria necessária uma análise laboratorial das instalações existentes, ou então, o respectivo projeto de ar condicionado dos equipamentos.

Fatores como a condutividade térmica do isolamento, faixa de temperatura do fluido e comprimento da tubulação, seriam necessários para que, através da Tabela 8 e da Tabela 9 (Anexo C), fosse possível a comparação das espessuras do isolamento das tubulações existentes dos sistemas de aquecimento e refrigeração, com os valores mínimos estabelecidos.

Uma análise específica dos itens supracitados é inviável para o presente trabalho, sendo assim não é possível a verificação de conformidade ou não conformidade do pré-requisito em questão.

3.5.3.3 Condicionamento de Ar por Aquecimento Artificial

De acordo com o item 2.5.6.3, a norma AHRI 340/360 é a indicada pelo PROCEL como referência para o cálculo do coeficiente de performance dos aparelhos de ar condicionado que possuem a opção de aquecimento, porém, ela se limita a unidades de condicionamento de ar cuja capacidade térmica seja superior a 65000 btu/h.

Nenhuma das unidades condensadoras encontradas no bloco D se enquadra nesse nível de capacidade térmica, portanto, para efeito de cálculo, será utilizada a AHRI 210/240.

Esta norma define como coeficiente de performance (COP), a razão entre a taxa média de aquecimento entregue e a taxa média de energia elétrica consumida pela condensadora.

Através da Equação 18, serão calculados, no Quadro 28, os coeficientes de performance dos aparelhos onde foi possível a obtenção dos dados de placa.

$$COP = \frac{CT}{PN} \quad (18)$$

Em que:

COP é o coeficiente de performance;

CT é a capacidade térmica (W), e;

PN é a potência nominal do aparelho (W).

Ambiente	Aparelho	CT (W)	PN (W)	COP = CT/PN
D002	MIDEA - MPC-60 HR V2	17580	5880	2,990
D002	KOMECO - KOP60QC G2 UE220	17580	6326	2,779
D004-1	KOMECO - KOS18QC - G2C	5274	1646	3,204
D004-2	KOMECO - KOS09QC - G2	2784	946	2,943
D005-1/D005-2	KOMECO - KOS12QC - G2A	3516	1120	3,139
D005-3/Secretaria	KOMECO - KOS12QC - G2A	3516	1120	3,139
D005-4/D005-5	KOMECO - KOS12QC - G2A	3516	1120	3,139
D005-6	KOMECO - KOS12QC - G2A	3516	1120	3,139
Sala de Micros	SPRINGER - 42XQC036515LC	10548	3720	2,835
CPGEI-18	ELGIN EJQ 10.000-2	2930	1340	2,187

Quadro 28 - Coeficiente de performance dos aparelhos que possuem a opção de aquecimento.

Fonte: Os autores.

Os ambientes que apresentaram valores de COP menores do que 3,0 (W/W), não estão aptos a receber o nível de eficiência A, referente à ENCE parcial de sistemas de condicionamento de ar.

4 CONSTATAÇÕES DA AUDITORIA E PROPOSTAS DE MELHORIAS

Para tornar este tópico mais objetivo, as constatações e propostas de melhorias serão divididas entre os três sistemas individuais de avaliação do selo PROCEL Edifica, que são: envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar.

4.1 CONSTATAÇÕES E PROPOSTAS DE MELHORIAS DA ENVOLTÓRIA

Dos três pré-requisitos específicos estabelecidos pelo sistema de avaliação da envoltória, o único que não é atendido é o da transmitância térmica.

De acordo com a NBR 15220 – Parte 3 (2005), Curitiba se encontra na zona bioclimática 1. Visto isso, e comparando os valores de transmitância calculados nos itens 3.5.1.1.1 e 3.5.1.1.2, com os limites de propriedades térmicas que foram expostos no Quadro 7, pode ser constatado que:

- Para a cobertura: os valores de transmitância térmica encontrados, tanto para o inverno como para o verão ($U_{cob} = 2,887$ e $2,056$ W/m²K, respectivamente), ultrapassam os limites definidos para os níveis de eficiência A, B, C e D,
- Para as paredes externas: o valor da transmitância calculado ($U_{par} = 2,6364$ W/m²K) extrapola os limites definidos para os níveis A e B.

O fato da transmitância térmica da cobertura não cumprir os níveis de eficiência mínimos estipulados, faz com que o pré-requisito específico da transmitância térmica não seja atendido e, de acordo com Quadro 6, a envoltória é automaticamente classificada com o nível E de eficiência.

Para que o pré-requisito de transmitância térmica seja atendido, são necessárias adequações construtivas da cobertura do bloco D.

O fato de a transmitância térmica ser inversamente proporcional a resistência térmica leva a conclusão de que se for aumentada a resistência térmica da cobertura, automaticamente será atingido menores valores de transmitância térmica.

Para aumento da resistência térmica, poderia ser adotada a substituição das telhas de fibrocimento, por outras de mesmo material, porém com espessuras maiores.

A substituição das telhas de fibrocimento, por telhas compostas de outros materiais que possuam uma condutividade térmica menor, também implicaria em um ganho de resistência térmica da cobertura. Tais telhas podem ser fabricadas com materiais como o poliuretano.

Outra medida que pode ser tomada é a aplicação de materiais de baixa emissividade sob as telhas de fibrocimento existentes, o que alteraria a natureza da superfície da câmara de ar e possibilitaria o aumento da sua resistência térmica, aumentando a resistência térmica da cobertura e conseqüentemente diminuindo os valores da transmitância térmica. Dentre esses materiais pode ser destacado o uso de: isopor, poliuretano, lã de rocha e lã de vidro.

Em vistas ao atendimento do pré-requisito específico em questão, qualquer uma das medidas traria resultados satisfatórios em um curto período de tempo.

4.2 CONSTATAÇÕES E PROPOSTAS DE MELHORIA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Dos três pré-requisitos específicos referentes ao sistema de iluminação, o único que não foi atendido é o que diz respeito à contribuição da iluminação natural.

Para que o pré-requisito seja atendido, fica como sugestão a readequação do acionamento das luminárias dos ambientes supracitados que não estão em conformidade. Sendo assim, é necessário o acionamento independente das luminárias que ficam mais próximas à janela.

No âmbito de agregar outras formas de melhoria para o sistema de iluminação, foram identificadas, através de levantamento, algumas práticas prejudiciais a um eficiente sistema de iluminação.

Na Figura 27 pode ser visto um exemplo de má distribuição de luminárias no DAELT:



Figura 27 - Exemplo de má distribuição de luminárias.
Fonte: Os autores.

Na Figura 28 tem-se outro exemplo de má distribuição de luminárias, onde a mesma se encontra dividida entre dois ambientes do CTSE (copa e a circulação).



Figura 28 - Luminária instalada entre dois ambientes.

Fonte: Os autores.

Pensando em aperfeiçoar o sistema de iluminação, segue uma lista de outras medidas que podem ser tomadas com vistas à eficiência energética:

- Realizar limpeza e manutenção das lâmpadas e luminárias periodicamente;
- Substituição dos reatores, luminárias e lâmpadas por outros mais eficientes;
- Utilização de mecanismos de desligamento automático para evitar desperdício de energia com iluminação em locais desocupados;
- Redistribuição das luminárias, de forma a obter uma distribuição regular;
- Utilização de difusores nas luminárias para redução do ofuscamento.

4.3 CONSTATAÇÕES E PROPOSTAS DE MELHORIA REFERENTES AO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

Dos três pré-requisitos específicos para o sistema de condicionamento de ar, o que diz respeito à proteção das unidades condensadoras, bem como o que trata do condicionamento de ar por aquecimento artificial, não foram atendidos. O pré-requisito que se refere ao isolamento térmico para dutos de ar não foi passível de verificação de conformidade, conforme foi exposto no item 3.5.3.2.

Como a avaliação dos pré-requisitos é feita apenas para o nível A de eficiência, o fato de os pré-requisitos não estarem em conformidade não implica em uma não concessão do selo, mas sim, que o ambiente que não atender a qualquer um dos pré-requisitos não obterá o nível A de eficiência.

A avaliação geral do sistema de ar condicionado é feita através de ponderação das médias de eficiência de cada um dos ambientes, sendo assim, o fato de um ambiente não possuir o nível A de eficiência, não exclui a possibilidade de o sistema como um todo obter este nível.

Como proposta de melhoria, indica-se mudar as condensadoras localizadas em áreas não sombreadas para áreas que possuem sombreamento em tempo integral, como o corredor central entre o bloco C e D, como pode ser visto através da Figura 29.

A Figura 30 apresenta um dos casos em que as condensadoras não são sombreadas, estando em desacordo com o pré-requisito em questão:



Figura 29 - Condensadoras sombreadas no corredor entre o bloco C e o bloco D.
Fonte: Os autores.



Figura 30 - Condensadoras não sombreadas.
Fonte: Os autores.

Para que o pré-requisito que diz respeito ao condicionamento de ar por aquecimento artificial seja atendido, a sugestão é a substituição das unidades que

não apresentam um coeficiente de performance igual ou maior que 3,0, por outros que atendam a esta especificação.

Com o levantamento foram encontrados alguns casos em que os aparelhos não apresentavam bom funcionamento, ou até mesmo não funcionavam, caso da evaporadora do ambiente D004-1.

Outros casos inusitados de utilização também foram encontrados, como pode ser observado na Figura 31, em que foi utilizado fita adesiva para direcionamento da saída de ar da evaporadora.



**Figura 31 - Aparelho de ar condicionado do ambiente CITEC-10.
Fonte: Os autores.**

Como forma de aumentar a eficiência do sistema de condicionamento de ar, outras sugestões são:

- Realizar manutenções e limpeza periodicamente dos aparelhos de ar condicionado, e;
- Substituir os aparelhos que não funcionam, ou possuem baixa eficiência, por outros mais modernos e eficientes.

O Quadro 29 traz uma síntese da conformidade ou não conformidade dos pré-requisitos de cada um dos três sistemas de avaliação do selo PROCEL Edifica:

Pré-requisitos		Atende	Não Atende
Envoltória	Transmitância Térmica		X
	Cores e Absortância da Superfície	X	
	Iluminação Zenital	X	
Iluminação	Divisão de Circuitos	X	
	Contribuição da Luz Natural		X
	Desligamento Automático do Sistema de Iluminação	X	
Ar Condicionado	Proteção das Unidades Consumidoras		X
	Isolamento Térmico para Dutos de Ar	Não passível de verificação	
	Condicionamento de Ar por Aquecimento Artificial		X

Quadro 29 - Síntese de conformidade dos pré-requisitos específicos.

Fonte: Os autores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Com o presente trabalho, deparou-se com uma questão muito complicada que é a análise e estudo de eficiência energética em instalações antigas. Existe uma grande complexidade quando se deseja adquirir formas mais eficientes de aproveitamento de energia nesses casos, pois muitas vezes elas são inviáveis, sendo que a adoção de sistemas de certificação como o PROCEL Edifica, se torna mais passível de obtenção de resultados satisfatórios quando existe uma conscientização já na fase de projeto.

Para instalações existentes e antigas, como a UTFPR, uma forma de aumentar a eficiência do sistema é a adoção de boas práticas, tanto por parte da gestão do edifício, como pelos usuários do mesmo.

Mesmo edificações que possuem um sistema eficiente, podem ter seus níveis de eficiência prejudicados devido à má utilização, má conservação e falta de manutenção de equipamentos.

Para o caso específico deste trabalho, que é a análise do bloco D, pode-se perceber que as instalações estão distantes de cumprir os pré-requisitos específicos avaliados pelo sistema PROCEL Edifica, ou seja, vários ajustes preliminares tornam-se necessários para que se inicie um processo de adequação da instalação como um todo, em vista de se obter a certificação para o sistema, se assim for desejado.

O processo de etiquetagem é longo e trabalhoso, onde a auditoria das instalações do bloco D, deu o passo inicial para que seja feita uma análise específica e detalhada de cada sistema que é compreendido pelo selo PROCEL Edifica, gerando a possibilidade de um trabalho conjunto entre diversos ramos da engenharia, podendo ser agregada a envoltória à área de engenharia civil, e o sistema de condicionamento de ar à área da engenharia mecânica como exemplos.

Os objetivos propostos no início do trabalho foram atingidos, as conformidades e não conformidades dos pré-requisitos específicos de acordo com o selo escolhido foram listadas para todos os ambientes passíveis de avaliação, assim como, foi feita a listagem das medidas que podem ser tomadas para haja conformidade com os pré-requisitos do selo.

O ganho que pode ser obtido com o processo vai desde uma melhor compreensão de todo bloco em termos de conforto térmico, iluminação, geração de

condições melhores de trabalho, até a possibilidade de redução no valor da fatura de energia elétrica.

Como proposta para trabalhos futuros, fica a expansão deste estudo de conformidade dos pré-requisitos para toda a UTFPR, bem como, o estudo de implantação do selo PROCEL Edifica para as futuras instalações da UTFPR, possibilitando a aplicação das conformidades desde a fase de projeto.

6 REFERÊNCIAS

ANSI/AHRI Standard 340/360 – PERFORMANCE RATING OF COMMERCIAL AND INDUSTRIAL UNITARY AIR-CONDITIONING AND HEAT PUMP EQUIPAMENT, 2004, 18p. Disponível em: <[http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/standards%20pdfs/Superseded%20Standards/AHRI%20\(ARI\)%20Standard%20340-360-2004.pdf](http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/standards%20pdfs/Superseded%20Standards/AHRI%20(ARI)%20Standard%20340-360-2004.pdf)>. Acesso em Agosto de 2013.

ANSI/AHRI Standard 210/240 - Performance Rating of Unitary Air-Conditioning & Air-Source Heat Pump Equipment. 2008, 126p. Disponível em: <http://www.ahrinet.org/App_Content/ahri/files/standards%20pdfs/ANSI%20standards%20pdfs/ANSI.AHRI%20Standard%20210.240%20with%20Addenda%201%20and%202.pdf>. Acesso em Agosto de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-1**: Iluminação natural – Parte 1- Conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR15220-1**: Desempenho térmico de edificações – Parte 1 – Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR15220-2**: 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, 2005.

_____. **NBR 5410**: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR ISO 19010**: Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR ISO 8995 – 1**: Iluminação de ambientes de trabalho: Parte 1 – Interior. Rio de Janeiro, 2013.

ASHARAE 62,1-2007 - Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. 2007, 10p. Disponível em: <https://www.ashrae.org/File%20Library/docLib/Public/20100608_62_1_2007_g_r_t_final.pdf>. Acesso em Junho 2013.

AULICINO, P. **Análise de Métodos de Avaliação de Sustentabilidade do Ambiente Construído**: O Caso dos Conjuntos Habitacionais. São Paulo, 2008. 143 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BERTOLETTI, Luana, E. P. **COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS DE REFERÊNCIA USANDO AS CERTIFICAÇÕES LEED E PROCEL-EDIFICA**, 2011, 47 f, Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica), Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

COSMOPLAST, Telhas onduladas e translúcidas. Disponível em: <<http://www.cosmoplast.com.br/telhas-translucida.html#especificacoes>>. Acesso em agosto de 2013.

DANTAS, Petterson, M.; DANTAS, Ceres, V. da C.; PIMENTA, Handson, C. D. **COMPREENSÃO DOS ELEMENTOS DE RELEVÂNCIA DA CERTIFICAÇÃO LEED NA SUA TIPOLOGIA: NOVAS CONSTRUÇÕES**. São Carlos, 12 a 15 out. 2010, 14 f, Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STP_121_787_17453.pdf>. Acesso em Abril de 2013.

DEEKE, Vania; CASAGRANDE Jr, Eloy,F.; SILVA, Maclovia, C. da. **EDIFICAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR**, 10 f, Disponível em: <<http://media.ilang.com/PAT/Upload/170548/exemplo%20-%20edifica%C3%A7%C3%B5es%20sustent%C3%A1veis.pdf>> Acesso em Março de 2013.

EDIFICAÇÕES AQUA E LEED for schools. 2010, 90 f, Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Eficiência Energética, Lumière, maio de 2003.Ed. 61. Disponível em: <http://www.ada.eng.br/art_01.html>. Acesso em Abril de 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética, **Projeção da demanda de energia elétrica**, 2001, 79p, Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20120104_1.pdf>. Acesso em Março de 2013.

ESTADÃO, **Brasil é o 5º no mundo em selo verde para construção sustentável**, 2011, Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,brasil-e-o-5-no>>

mun-do-em-selo-verde-para-construcao-sustentavel,671834,0.htm>. Acesso em Abril de 2013.

FUNDAÇÃO VANZOLINI, **Referencial Técnico de Certificação** Edifícios do Setor de Serviços – Processo AQUA, 2007, 241 f, Disponível em: <<http://pga.pgr.mpf.gov.br/licitacoes-verdes/sustentabilidade-e-compras-publicas/certificacao%20Aqua.pdf>>. Acesso em Março de 2013.

FUNDAÇÃO VANZOLINI **Certificação AQUA chega aos edifícios e conjuntos habitacionais no Brasil**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/jornal/news/read/34>>. Acesso em Abril de 2013

FUNDAÇÃO VANZOLINI, Referencial Técnico de Certificação – Edifícios Habitacionais, versão 2, 122p. São Paulo, 2013. Acesso em Agosto de 2013.

GIANSANTI, Roberto, **O Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 1998, 110p, ed 10 – São Paulo, Brasil.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, **Certificação LEED**, Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/?p=certificacao>>. Acesso em Abril de 2013.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, **LEED para Novas Construções 2009 Registro Projeto Checklist**, 2009, 2 f, Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/sistema/certificacao/CheckListLEEDNCv.3Portugues.pdf>>. Acesso em Abril de 2013.

HILGENBERG, Fabíola, B. **SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL PARA EDIFÍCIOS: ESTUDO DE CASO : AQUA**, 2010, 153 f, Dissertação (Mestrado em Construção Civil), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

HINRICHS, Roger, **Energia e Meio Ambiente**, 2004, 543 p. Disponível em: <http://books.google.com.br/books/about/Energia_e_Meio_Ambiente.html?hl=pt-BR&id=brw6Px76Zf8C>. Acesso em Março de 2013.

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, **REQUISITOS DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS, DE SERVIÇOS E PÚBLICOS**, 2010, 61 f, Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/services/procel-info/Simuladores/DownloadSimulator.asp?DocumentID=%7B57008062%2DAAC5%2>

D49F0%2DA0F8%2D9A701A35F77E%7D&ServiceInstUID=%7B5E202C83%2DF05D%2D4280%2D9004%2D3D59B20BEA4F%7D>. Acesso em Abril de 2013.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, **REQUISITOS DE AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS**, 2011, 59 f, Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/services/procelinfo/Simuladores/DownloadSimulator.asp?DocumentID=%7B0C04CA46%2D7919%2D441C%2DB853%2D4AA9AE06FCC8%7D&ServiceInstUID=%7B5E202C83%2DF05D%2D4280%2D9004%2D3D59B20BEA4F%7D>>. Acesso em Abril de 2013.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, **REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS**, 2012, 137 f, Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7BF7464D4C-CE30-4137-A741-C889BCB15E3F%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>, Acesso em Abril de 2013.

LEED 2009 FOR SCHOOLS – NEW CONSTRUCTIONS AND MAJOR RENOVATIONS, US Green Building Council, 2009, 87p. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/sistema/certificacao/RaitingSystemSchoolsNC.pdf>>. Acesso em Junho de 2013.

LEITE, Vinicius F. **CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL – SISTEMAS LEED E AQUA**, 2011, 50 f, Dissertação (Graduação em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

LUCAS, Vanessa, S. **CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – SISTEMA DE AVALIAÇÃO E CERTIFICAÇÃO**. 2011, 175 f, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

MEDEIROS, Heloisa **Etiqueta de Eficiência Energética em Edificações**. FINESTRA, ed 56, março de 2009. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/procel-edifica-etiqueta-de-11-12-2009.html>>. Acesso em 12 de abril de 2012.

MINISTÉRIO DE ESTADO DO TRABALHO E EMPREGO, **Norma Regulamentadora 6 –NR6 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL – EPI**. 2001, disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DC56F8F012DCDAD35721F50/NR-06%20\(atualizada\)%202010.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DC56F8F012DCDAD35721F50/NR-06%20(atualizada)%202010.pdf)> Acesso em Abril de 2013.

MINISTÉRIO DE ESTADO DO TRABALHO E EMPREGO, Norma Regulamentadora 10 – NR10 - **SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE**, 2004, Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr10.htm>> Acesso em Abril de 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **EPE-BEN - Balanço Energético Nacional 2012**. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf>, Acesso em Março de 2013.

NASCIMENTO, Admilson, L; MACIEL, Evandro; **CERTIFICADO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS AQUA, LEED E PROCEL EDIFICA**, Santo André, p 49 – 56, 2010, Disponível em: <<http://www.leonardo-energy.org.br/wp-content/uploads/2011/06/CERTIFICADO-AMBIENTAL-DE-EDIF%C3%8DCIOS-AQUA-LEED-E-PROCEL-EDIFICA1.pdf>>. Acesso em Abril de 2013.

OLIVEIRA, M. L.; SILVEIRA, C. B.; QUELHAS, O. L. G.; LAMEIRA, V. J. **Análise da Aplicação da Certificação AQUA em Construções Civas no Brasil**. São Paulo, 18 mai 2011, 9 f, Disponível em:<http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6A/7/Oliveira_ML%20-%20Paper%20-%206A7.pdf> Acesso em Abril de 2013.

PINHEIRO, Manuel D. **Ambiente e Construção Sustentável**. 2006, 243 f. Disponível em: <http://www.lidera.info/resources/ACS_Manuel_Pinheiro.pdf>. Acesso em Abril de 2013.

PORTELA JUNIOR, Edison, A. **ESPLANADA SUSTENTÁVEL - 1ª OFICINA**, 2012, 66 f. Disponível em: <<http://www.orcamentofederal.gov.br/eficiencia-do-gasto/Procel%20-%20Edifica.pdf>> Acesso em Abril de 2013.

PROCEL, **Manual de Aplicação dos Regulamentos: RTQ-C, RAC-C**,2001, 159p, Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAenfAL/manual-rtq-c-rac-c>>. Acesso em Abril de 2013

PROCEL INFO **Etiquetagem em Edificações**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={89E211C6-61C2-499A-A791-DACD33A348F3}>>>. Acesso em: 10 de abril de 2012.

PROCEL/ELETOBRAS **Regulamento Para Concessão do Selo Procel Eletrobrás de Economia de Energia.** Disponível em: <<http://www.conscienciaampla.com.br/wp-content/uploads/2011/08/Regulamento-do-Selo-Procel-de-Economia-de-Energia.pdf>>. Acesso em Fevereiro de 2013.

PROGRAMA DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL. **Ministério das Minas e Energia: Iluminação eficiente é exemplo para o setor público.** Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BAE81473E-313C-4AD9-9E17-54EFA8733AF6%7D&Team=¶ms=itemID=%7B10540D15-3325-4B4D-9564-845DD08B24B6%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em: Junho de 2013.

PROTOLAB, Laboratório de Propriedades Físicas e Prototipação. Disponível em: <http://www.protolab.com.br/Outra_Condutividade_Termica.htm>. Acesso em Agosto de 2013.

SILVA, Roberto C. da **PROPOSTA DE MELHORIAS PARA A FASE DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES PÚBLICAS SOB O FOCO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL:** Estudo de caso de um edifício de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. 2012, 174 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil) Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

STEFANUTO, Ágata, P. O.; HENKES, Jairo, A. **CRITÉRIOS PARA OBTENÇÃO DA CERTIFICAÇÃO LEED:** UM ESTUDO DE CASO NO SUPERMERCADO PÃO DE AÇÚCAR EM INDAIATUBA/SP, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 282 - 332, out. 2012/mar.2013. Disponível em: <http://aplicacoes.unisul.br/ojs/index.php/gestao_ambiental/article/download/1211/1005>. Acesso em Abril de 2013.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos.** Curitiba: UTFPR, 2008. 115 p.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/curitiba/estrutura-universitaria/diretorias/dirppg/programas/cpgei/localizacao>>. Acesso em Agosto de 2013.

VALENTE, Josie, P. **CERTIFICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL:** COMPARATIVO ENRE LEED E HQE. 2009, 65 f, Dissertação (Graduação em Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

ANEXOS

ANEXO A – Checklist LEED para Novas Construções (GBCBrasil, 2009)



Nome do Projeto:
Endereço do Projeto:

LEED para Novas Construções 2009

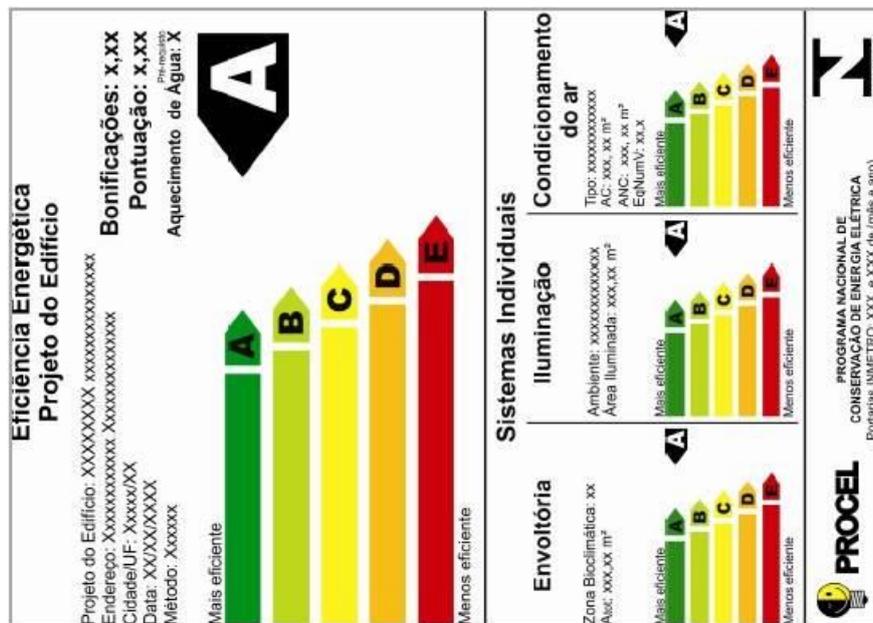
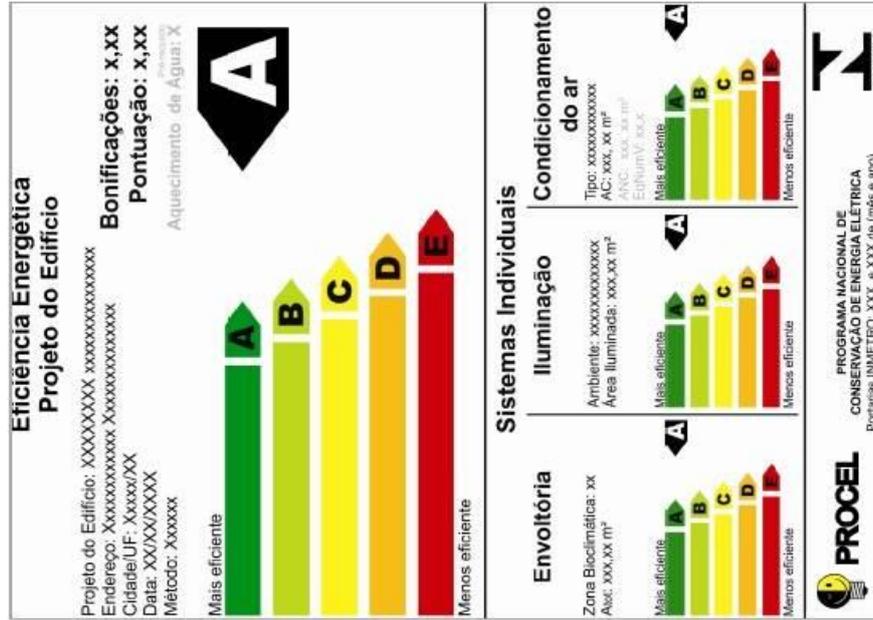
Registro Projeto Checklist



Yes	T	No	Espaço Sustentável		28 Pontos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pré-requisito 1	Prevenção da poluição na atividade da Construção	Requisito
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 1	Seleção do Terreno	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 2	Densidade Urbana e Conexão com a Comunidade	5
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 3	Remediação de áreas contaminadas	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4.1	Transporte Alternativo, Acesso ao Transporte público	6
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4.2	Transporte Alternativo, Bicicletário e Vestiário para os ocupantes	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4.3	Transporte Alternativo, Uso de Veículos de Baixa emissão	3
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4.4	Transporte Alternativo, Área de estacionamento	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 5.1	Desenvolvimento do espaço, Proteção e restauração do Habitat	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 5.2	Desenvolvimento do espaço, Maximizar espaços abertos	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 6.1	Projeto para águas pluviais, Controle da quantidade	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 6.2	Projeto para águas pluviais, Controle da qualidade	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 7.1	Redução da ilha de calor, Áreas Descobertas	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 7.2	Redução da ilha de calor, Áreas Cobertas	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 8	Redução da Poluição Luminosa	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Uso Racional da Água		10 Pontos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pré-requisito 1	Redução no Uso da Água	Requisito
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 1	Uso eficiente de água no paisagismo	2 a 4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Redução de 50%	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Uso de água não potável ou sem irrigação	4
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 2	Tecnologias Inovadoras para águas servidas	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 3	Redução do consumo de água	2 a 4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Redução de 30%	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Redução de 35%	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Redução de 40%	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Energia e Atmosfera		35 Pontos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pré-requisito 1	Comissionamento dos sistemas de energia	Requisito
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pré-requisito 2	Performance Mínima de Energia	Requisito
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pré-requisito 3	Gestão Fundamental de Gases Refrigerantes, Não uso de CFC's	Requisito
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 1	Otimização da performance energética	1 a 19
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12% Prédios novos ou 8% Prédios reformados	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		14% Prédios novos ou 10% Prédios reformados	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		16% Prédios novos ou 12% Prédios reformados	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		18% Prédios novos ou 14% Prédios reformados	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		20% Prédios novos ou 16% Prédios reformados	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		22% Prédios novos ou 18% Prédios reformados	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		24% Prédios novos ou 20% Prédios reformados	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		26% Prédios novos ou 22% Prédios reformados	8
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		28% Prédios novos ou 24% Prédios reformados	9
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		30% Prédios novos ou 26% Prédios reformados	10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		32% Prédios novos ou 28% Prédios reformados	11
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		34% Prédios novos ou 30% Prédios reformados	12
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		36% Prédios novos ou 32% Prédios reformados	13
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		38% Prédios novos ou 34% Prédios reformados	14
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		40% Prédios novos ou 36% Prédios reformados	15
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		42% Prédios novos ou 38% Prédios reformados	16
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		44% Prédios novos ou 40% Prédios reformados	17
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		46% Prédios novos ou 42% Prédios reformados	18
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		48% Prédios novos ou 44% Prédios reformados	19
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 2	Geração local de energia renovável	1 a 7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1% Energia Renovável	1
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3% Energia Renovável	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5% Energia Renovável	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7% Energia Renovável	4
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		9% Energia Renovável	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		11% Energia Renovável	6
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		13% Energia Renovável	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 3	Melhoria no comissionamento	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4	Melhoria na gestão de gases refrigerantes	2
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 5	Medições e Verificações	3
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 6	Energia Verde	2

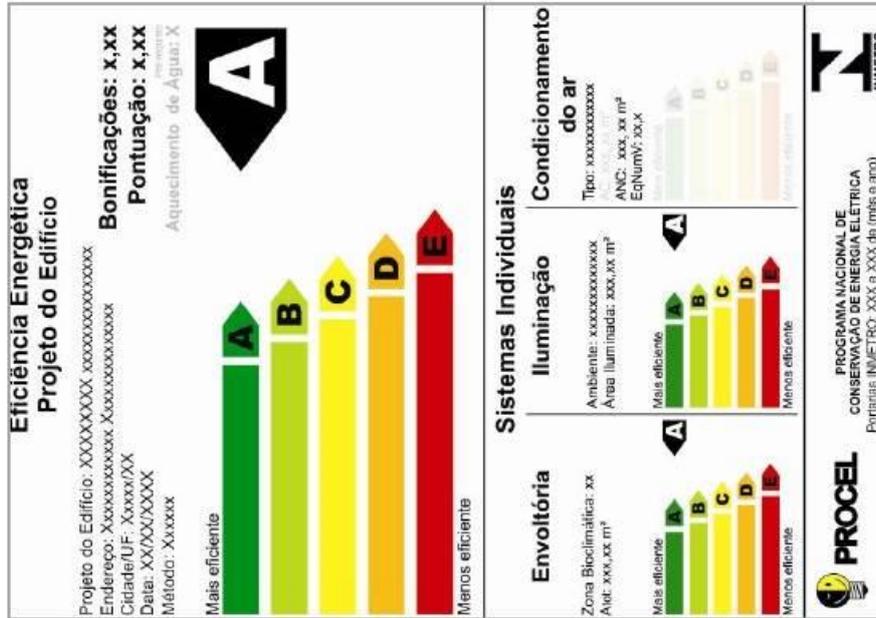
Yes	T	No	Materials e Recursos		14 Pontos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pré-requisito 1	Depósito e Coleta de materiais recicláveis	Requisito
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 1.1	Reuso do edifício , Manter Paredes, Pisos e Coberturas Existentes	1 a 3
				Reuso de 55%	1
				Reuso de 75%	2
				Reuso de 95%	3
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 1.2	Reuso do Edifício , Manter Elementos Internos não estruturais	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 2	Gestão de Resíduos da Construção	1 a 2
				Destinar 50% para o reuso	1
				Destinar 75% para o reuso	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 3	Reuso de Materiais	1 a 2
				Reuso de 5%	1
				Reuso de 10%	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4	Conteúdo Reciclado	1 a 2
				10% do Conteúdo	1
				20% do Conteúdo	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 5	Materiais Regionais	1 a 2
				10% dos Materiais Extraído, Processado e Manufaturado Regionalmente	1
				20% dos Materiais Extraído, Processado e Manufaturado Regionalmente	2
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 6	Materiais de Rápida Renovação	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 7	Madeira Certificada	1
Yes	T	No	Qualidade Ambiental Interna		15 Pontos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pré-requisito 1	Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interno	Requisito
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pré-requisito 2	Controle da fumaça do cigarro	Requisito
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 1	Monitoração do Ar Externo	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 2	Aumento da Ventilação	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 3.1	Plano de Gestão de Qualidade do Ar , Durante a Construção	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 3.2	Plano de Gestão de Qualidade do Ar , Antes da ocupação	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4.1	Materiais de Baixa Emissão , Adesivos e Selantes	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4.2	Materiais de Baixa Emissão , Tintas e Vernizes	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4.3	Materiais de Baixa Emissão , Carpetes e sistemas de piso	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 4.4	Materiais de Baixa Emissão , Madeiras Compostas e Produtos de Agrofibras	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 5	Controle Interno de poluentes e produtos químicos	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 6.1	Controle de Sistemas , Iluminação	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 6.2	Controle de Sistemas , Conforto Térmico	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 7.1	Conforto Térmico , Projeto	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 7.2	Conforto Térmico , Verificação	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 8.1	Iluminação Natural e Paisagem , Luz do dia	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 8.2	Iluminação Natural e Paisagem , Vistas	1
Yes	T	No	Inovação e Processo do Projeto		6 Pontos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 1	Inovação no Projeto : Insira o título	1 a 5
				Inovação ou Performance Exemplar	1
				Inovação ou Performance Exemplar	1
				Inovação ou Performance Exemplar	1
				Inovação	1
				Inovação	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 2	Profissional Acreditado LEED®	1
Yes	T	No	Créditos Regionais		4 Pontos
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crédito 1	Prioridades Regionais	1 a 4
				Prioridades Ambientais Especificas da Região	1
				Prioridades Ambientais Especificas da Região	1
				Prioridades Ambientais Especificas da Região	1
				Prioridades Ambientais Especificas da Região	1
Yes	T	No	Total de Pontuação do Projeto (Estimativa de Certificação)		110 Pontos
			Certificado: 40-49 pontos Prata: 50-59 pontos Ouro: 60-79 pontos Platinum: 80 pontos ou mais		

ANEXO B – Exemplos de Possibilidades de ENCE (RAC-C, 2010, p. 16)

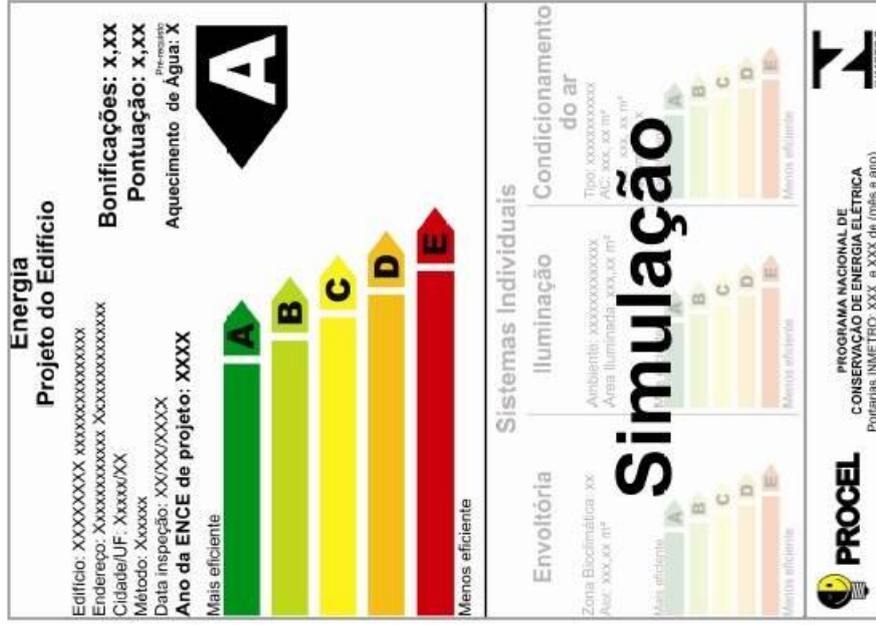


Para avaliação Geral de edifícios sem necessidade de cumprir pré-requisito de aquecimento de água e apenas condicionamento artificial.

Para avaliação Geral de edifícios com pré-requisito de aquecimento de água e ventilação natural além do condicionamento artificial.



Para avaliação Geral de edifícios que possuem somente ventilação natural



Para avaliação pelo método da simulação

ANEXO C – Tabelas de Espessuras Mínimas de Tubulações para Sistemas de Aquecimento e Refrigeração

Tabela 8 - Espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de aquecimento.

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Comprimento da tubulação (cm)				
	Condutividade térmica (W/m.K)	Faixa temperatura (°C)	< 63,5	63,5 a 100	100 a 250	250 a 500	≥ 500
$T \geq 177$	0,046 a 0,049	121	6,4	7,6	7,6	10,2	10,2
$122 < T < 177$	0,042 a 0,046	93	3,8	6,4	7,6	7,6	7,6
$94 < T < 121$	0,039 a 0,043	66	3,8	3,8	5,1	5,1	5,1
$61 < T < 93$	0,036 a 0,042	52	2,5	2,5	2,5	3,8	3,8
$41 < T < 60$	0,032 a 0,040	38	1	1	2,5	2,5	2,5

Fonte: Manual de aplicação dos regulamentos RTQ-C e RAC-C, 2010, p. 115)

Tabela 9 - Espessura mínima de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração.

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Comprimento da tubulação (cm)				
	Condutividade térmica (W/m.K)	Faixa temperatura (°C)	< 63,5	63,5 a 100	100 a 250	250 a 500	≥ 500
$4 < T < 16$	0,032 a 0,040	38	1,3	1,3	2,5	2,5	2,5
$T < 4$	0,032 a 0,040	38	1,3	2,5	2,5	2,5	2,5

Fonte: Manual de aplicação dos regulamentos RTQ-C e RAC-C, 2010, p. 116)