

**APLICAÇÃO DO REGULAMENTO
TÉCNICO DA QUALIDADE DO NÍVEL DE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS**

2011

MÁRCIA MAYUMI UTIYAMA

APLICAÇÃO DO REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE DO
NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS

Trabalho de Graduação apresentado
ao Conselho de Curso de Graduação
em Engenharia Elétrica da
Faculdade de Engenharia do
Campus de Guaratinguetá,
Universidade Estadual Paulista,
como parte dos requisitos para
obtenção do diploma de Graduação
em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Alves Dias

Guaratinguetá
2011

U899a Utiyama, Márcia Mayumi
Aplicação do regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética em edificações residenciais / Márcia Mayumi Utiyama – Guaratinguetá : [s.n], 2011.
96 f : il.
Bibliografia: f. 94

Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.
Orientador: Prof. Dr. Rubens Alves Dias

1. Energia elétrica - conservação I. Título

CDU 620.9

**APLICAÇÃO DO REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE DO NÍVEL DE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS**


MÁRCIA MAYUMI UTIYAMA


**ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

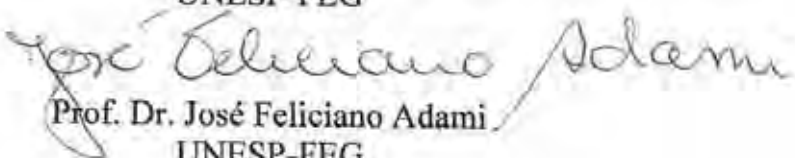
**APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

Prof. Dr. Samuel Euzédice de Lucena
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Rubens Alves Dias
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. Durval Luiz Silva Ricciulli
UNESP-FEG


Prof. Dr. José Feliciano Adami
UNESP-FEG

Dezembro de 2011

de modo especial, à Deus pela vida e pelas bênçãos alcançadas e aos meus pais Fumye e Yassuo que representam grandes exemplos de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por guiar-me e fortalecer-me nesta caminhada,
à minha mãe (Fumye) pela dedicação e pelo amor incondicional, e ao meu pai (Yassuo) pelo exemplo de honestidade e sabedoria,
à Keiko e ao Kiyoshi pelo incentivo e por acreditar no meu sonho de ingressar na UNESP,
aos meus tios, à minha avó e aos meus primos por todo o apoio e carinho,
ao meu orientador, Prof. Dr. Rubens Alves Dias, pelo conhecimento transmitido e pela oportunidade de desenvolver um assunto de que tanto gostei,
aos meus antigos amigos pelos ótimos anos de amizade e por sempre acreditarem em mim,
aos meus amigos da faculdade pelo companheirismo ao longo desta caminhada e pela amizade que levarei para vida toda,
aos professores do departamento por todo o conhecimento adquirido ao longo desses cinco anos,
aos funcionários da faculdade que desde o primeiro dia de aula foram sempre muito gentis,
ao Danilo, à Carmen e ao Paulo pela oportunidade de estagiar na Drell.

“Semeie um pensamento, colha uma ação,
semeie uma ação, colha um hábito,
semeie um hábito, colha um caráter,
semeie um caráter, colha um destino.”.

Provérbio Chinês

UTIYAMA, M. M. **Aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais**. 2011. 94 f. Trabalho de graduação. (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

Pesquisas mostram que cada vez mais o consumo energético por parte das residências cresce de forma acelerada e sem um planejamento adequado, devido ao crescimento populacional e portanto um aumento no consumo energético. Com a atual preocupação da sustentabilidade e da eficiência energética por parte das indústrias, há a necessidade de provar à população que há muitas maneiras de incorporar os hábitos sustentáveis ao seu dia-a-dia, começando pela sua própria residência.

A certificação da qualidade do nível de eficiência energética em edificações residenciais, mostra como uma habitação pode influenciar e melhorar questões tão enraizadas sobre ações sustentáveis em nosso país.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, nível de eficiência energética, equivalente numérico da envoltória, edificações residenciais.

UTIYAMA, M. M. **Quality technical rules implementation based on energy level efficiency in residential buildings**. 2011. 94 f. Undergraduate Final Work. (Bachelor in Electrical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Univ Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

The research shows that increasing the consumption of energy by households is growing rapidly and without adequate planning, due to population growth and therefore an increase in energy consumption. With the current concerns of sustainability and energy efficiency by industry, there is the need to prove to population that there are many ways to incorporate sustainable practices to their daily lives, starting from by their own residence. The quality certification of the energy efficiency level in residential buildings, shows how one can influence and improve housing issues on sustainable actions as rooted in our country.

KEYWORDS: Sustainability, energy efficiency, level equivalent number of the envelope, residential buildings.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - Máquina a vapor de Watt.....	19
FIGURA 2.1 - Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE.....	27
FIGURA 2.2 - Fluxograma do Processo de Avaliação da Conformidade.....	29
FIGURA 2.3 - Consumo de eletricidade no Brasil no setor residencial.....	30
FIGURA 3.1 - Mapa do zoneamento bioclimático brasileiro.....	35
FIGURA 3.2 - Mapa da média anual de Temperatura.....	47
FIGURA 3.3 - Atlas Solarimétrico do Brasil - Radiação solar diária no mês de Junho.....	49
FIGURA 4.1 - Planta baixa da edificação de um pavimento.....	70
FIGURA 4.2 - Detalhe do tijolo de oito furos.....	72
FIGURA 4.3 - Etiqueta de eficiência energética para edificações residenciais	88

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Consumo energético em 2005 no Brasil, por setor.....	30
TABELA 3.1 - Equivalente Numérico para cada Nível de Eficiência.....	33
TABELA 3.2 - Pontuações e seus respectivos Níveis de Eficiência.....	33
TABELA 3.3 - Regiões Geográficas e seus coeficientes.....	34
TABELA 3.4 - Zonas Bioclimáticas com seus respectivos limites de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica.....	37
TABELA 3.5 - Absorvância solar das superfícies.....	37
TABELA 3.6 - Constantes da equação (3.4).....	41
TABELA 3.7 - Relação entre o Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente para Resfriamento, Condição (GH_R) e a eficiência para zona bioclimática 3.....	44
TABELA 3.8 - Constantes da equação (3.5).....	44
TABELA 3.9 - Relação entre o Equivalente Numérico da Envoltória do ambiente para Aquecimento, consumo relativo para aquecimento e eficiência, para zona bioclimática 3....	45
TABELA 3.10 - Fator de minoração para a determinação do volume mínimo de armazenamento.....	53
TABELA 3.11 - Níveis de eficiência para bombas de calor.....	55
TABELA 3.12 - Níveis de eficiência para aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas.....	56
TABELA 3.13 - Níveis de eficiência para aquecedores elétricos de hidromassagem.....	56
TABELA 3.14 - Coeficiente de redução da porosidade.....	58
TABELA 3.15 - Constantes da equação (3.31).....	59
TABELA 3.16 - Relação entre o Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente para Refrigeração, a Condição e a Eficiência para a zona bioclimática 3.....	60
TABELA 3.17 - Classificação do Nível de Eficiência das bombas centrífugas.....	64
TABELA 3.18 - Classificação do Nível de Eficiência para elevadores.....	65
TABELA 4.1 - Características levantadas para o pré-requisito - Absorvância Solar.....	72
TABELA 4.2 - Características utilizadas para o pré-requisito - Transmitância Térmica ...	73
TABELA 4.3 - Características utilizadas para o pré-requisito - Capacidade Térmica.....	74
TABELA 4.4 - Características utilizadas para o pré-requisito - Ventilação Natural.....	74
TABELA 4.5 - Variáveis calculadas / definidas a partir dos dados da sala de estar.....	76
TABELA 4.6 - Resultados dos $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ dos ambientes de permanência prolongada.....	78
TABELA 4.7 - Resultado dos $EqNumEnvAmbA$ para os ambientes de permanência prolongada.....	79
TABELA 4.8 - Verificação da porosidade da edificação.....	82
TABELA 4.9 - Verificação do centro geométrico das aberturas dos ambientes de permanência prolongada.....	83
TABELA 4.10 - Verificação da profundidade.....	84
TABELA 4.11 - Resultados obtidos para a edificação unifamiliar.....	87

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 - Classificação da eficiência de sistemas de aquecimento solar	52
QUADRO 3.2 - Bonificações	61
QUADRO 3.3 - Classificação da iluminação artificial para áreas comuns de uso frequente	63
QUADRO 3.4 - Definição da categoria de uso dos elevadores.....	65
QUADRO 3.5 - Bonificações para áreas comuns.....	68
QUADRO 4.1 - Características da edificação do estudo de caso	71
QUADRO 4.2 - Pré-requisitos atendidos.....	76
QUADRO 4.3 - Aparelhos e suas características	81
QUADRO 4.4 - Verificação da eficiência energética das lâmpadas da edificação unifamiliar	85
QUADRO 4.5 - Características do refrigerador utilizado na edificação unifamiliar	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
CA	Sistema de condicionamento de ar
CASBEE	<i>Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency</i>
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CONPET	Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
DIPAC	Divisão de Programas de Avaliação da Conformidade
DPI	Sistema de iluminação
EA	Energia e Atmosfera
EU	Edificação Unifamiliar
EM	Edificação Multifamiliar
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EQ	Qualidade Ambiental Interna
GBCA	<i>Green Building Council of Australia</i>
HQE	Haute Qualité Environnementale
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IISBE	<i>Internacional Initiative for Sustainable Built</i>
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
MR	Materiais e Recursos
NBR	Norma Brasileira
OIA	Organismo de Inspeção Acreditado
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
RTQ-C	Regulamento Técnico da qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços Públicos
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
SS	Espaço Sustentável – Site
UH	Unidades Habitacionais Autônomas
USGBC	<i>US Green Building Council</i>
WE	Uso Racional da Água
ZB	Zona Bioclimática

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Absortância Solar	[1]
A_A	Área efetiva de abertura para ventilação	m^2
AAb_L	Área de abertura na fachada que é voltada para o Leste	m^2
AAb_N	Área de abertura na fachada que é voltada para o Norte	m^2
AAb_O	Área de abertura na fachada que é voltada para o Oeste	m^2
AAb_S	Área de abertura na fachada que é voltada para o Sul	m^2
Ab_s	Abertura voltada para o Sul	[1]
A_p	Área do piso do ambiente	m^2
AP_{ambL}	Área da parede externa que é voltada para o Leste	m^2
AP_{ambN}	Área da parede externa que é voltada para o Norte	m^2
AP_{ambO}	Área da parede externa que é voltada para o Oeste	m^2
AP_{ambS}	Área da parede externa que é voltada para o Sul	m^2
A_{parInt}	Área das paredes internas	m^2
AU_{amb}	Área útil da envoltória	m^2
A_1	Somatório das áreas das aberturas para ventilação localizadas nas fachadas que possui a maior área de abertura para ventilação	m^2
A_2	Somatório das áreas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações	m^2
BS	Número de bacias sanitárias	[1]
BS_{AP}	Quantidade de bacias sanitárias que utilizam água pluvial	[1]
BS_E	Número de bacias sanitárias que fazem o uso da descarga com duplo acionamento	[1]
c	Calor específico da água	$cal/g \cdot ^\circ C$
C_A	Consumo Relativo Anual para Aquecimento	[1]
C_{altura}	Razão entre o pé direito da edificação e a área útil do ambiente	[1/m]
CH	Número de chuveiros	[1]
CH_E	Número de chuveiros que possuem dispositivo de restrição da vazão	[1]
COP	Coeficiente de Performance	W/W
ΔT	Período de tempo	h
CT	Capacidade Térmica	$kJ/(m^2K)$

$E_{A_{\text{mês}}}$	Energia solar mensal absorvida pelo coletor	<i>kWh/mês</i>
$E_{I_{\text{mês}}}$	Radiação solar mensal incidente nos coletores	<i>kWh/m²</i>
$E_{P_{\text{mês}}}$	Energia solar mensal não aproveitada pelos coletores solares	<i>kWh/mês</i>
E_{qNumAA}	Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água	[1]
$E_{qNumEnv_A}$	Equivalente Numérico da Envoltória para Aquecimento	[1]
E_{qNumB}	Equivalente Numérico das bombas centrífugas	[1]
$E_{qNumElev}$	Equivalente Numérico para os elevadores	[1]
$E_{qNumEnv_{Resf}}$	Equivalente Numérico da Envoltória para Resfriamento	[1]
$E_{qNumIlum}$	Numérico do sistema de iluminação artificial	[1]
E_{qNumS}	Equivalente Numérico da sauna	[1]
E_{qNumEq}	Equivalente Numéricos dos equipamentos	[1]
$E_{U_{\text{mês}}}$	Energia útil mensal coletada	<i>kWh/mês</i>
f	Fração solar mensal	[1]
F	Fração solar anual	[1]
F_{armaz}	Fator de minoração	[1]
F'_R / F_R	Fator de correção do conjunto coletor/trocador	[1]
F_{RU_L}	Coefficiente global de perdas do coletor	<i>W/m²K</i>
$F_R(\tau\alpha)_n$	Fator de eficiência óptica	[1]
FS	Fator de simultaneidade de uso em uma hora	[1]
$FS_{individual}$	Fator de simultaneidade de uso na UH	[1]
F_{vent}	Razão entre a área da abertura para ventilação em relação a área da abertura do vão	[1]
GH_R	Graus-hora para Resfriamento	[1]
H_{dia}	Radiação solar incidente no plano inclinado	<i>kWh/m².dia</i>
I	Intensidade da radiação solar	<i>W/m²</i>
K_1	Fator de correção para armazenamento	[1]
K_2	Fator de correção para o aquecimento solar	[1]
$m_{máximo}$	Vazão máxima de água demandada simultaneamente	<i>litros/h</i>
N	Número de dias por mês	[1]
η	Eficiência	[1]
OUTROS	Número de pontos que podem utilizar a água pluvial exceto as bacias sanitárias	[1]
OUTROS_{AP}	Número de outros pontos que utilizam a água pluvial exceto as	[1]

	bacias sanitária	
P	Potência	<i>W</i>
PAA	Potência total instalada para aquecimento de água	<i>W</i>
PB	Potência total instalada para as bombas centrífugas	<i>W</i>
PD	Pé direito da edificação	<i>m</i>
PEq	Potência total instalada para os equipamentos	<i>W</i>
P_{ilum}	potência total instalada para iluminação	<i>W</i>
PT_{AC}	Pontuação total das áreas comuns	[1]
PS	Potência total instalada para a sauna	<i>W</i>
Q	Potência útil	<i>kW</i>
Q_{dia}	Consumo diário de água quente	<i>l/dia</i>
R_T	Resistência Térmica	<i>m²K/W</i>
S_C	Área da superfície do coletor solar	<i>m²</i>
SomA_{parext}	Somatório das áreas das paredes externas do ambiente	<i>m²</i>
($\tau\alpha$) / ($\tau\alpha$)_n	Modificador do ângulo de incidência	[1]
T	Quantidade de torneiras exceto as existentes nas áreas de uso comum	[1]
T_{AC}	Temperatura mínima admissível da água quente	<i>°C</i>
T_{ACS}	Temperatura utilizada para a quantidade de água quente utilizada	<i>°C</i>
T_{AF}	Temperatura de água fria vinda da rede	<i>°C</i>
T_{água fria}	Temperatura da água fria do local de instalação	<i>°C</i>
T_{AMB}	Temperatura ambiente do local	<i>K</i>
T_{ambiente}	Temperatura média anual do local	<i>°C</i>
T_{armaz}	Temperatura de armazenamento da água	<i>°C</i>
T_{consumo}	Temperatura de utilização da água	<i>°C</i>
T_e	Temperatura de entrada no coletor	<i>K</i>
T_E	Número de torneiras que possuam dispositivos de controle da vazão	[1]
U	Transmitância Térmica	<i>W/(m²K)</i>
V	volume de acumulação solar	<i>l</i>
V_{armaz}	Volume de Armazenamento	<i>m³</i>
V_{consumo}	Volume do consumo diário de água a ser aquecido	<i>m³</i>
V_{diário}	Volume diário consumido de água quente armazenada	<i>l</i>

$V_{\text{individual}}$	Volume de consumo diário de água quente por unidade habitacional	l
V_{pico}	Volume de pico de água quente	l
V_{recup}	Vazão de recuperação	l/h
λ	Condutividade Térmica	W/mK
ρ	Massa específica	kg/m^3

SUMÁRIO

1	CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA RESIDENCIAL.....	19
1.1	INTRODUÇÃO	19
1.2	AS JUSTIFICATIVAS PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS SUSTENTÁVEIS.....	20
1.3	DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	21
2	A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DA CERTIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES.....	22
2.1	INTRODUÇÃO	22
2.2	A CERTIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES NO MUNDO	22
2.3	A CERTIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES NO BRASIL.....	24
2.4	O DESEMPENHO ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	30
3	ELEMENTOS CONCEITUAIS PARA A CERTIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS.....	32
3.1	INTRODUÇÃO	32
3.2	APRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS INICIAIS.....	32
3.3	O MÉTODO PRESCRITIVO - UNIDADE HABITACIONAL AUTÔNOMA.....	34
3.3.1	EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES.....	34
3.3.2	EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES	62
3.3.2.1	ÁREAS DE USO COMUM.....	62
4	APLICAÇÃO DA PORTARIA INMETRO Nº449	69
4.1	INTRODUÇÃO	69
4.2	A ESCOLHA E SUAS CARACTERÍSTICAS	69
4.3	O ESTUDO DE CASO	69
4.3.1	DETERMINAÇÃO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA PARA EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES - EqNumEnv	71
4.3.1.1	PRÉ-REQUISITO - ABSORTÂNCIA SOLAR	71
4.3.1.2	PRÉ-REQUISITO - TRANSMITÂNCIA TÉRMICA	72
4.3.1.3	PRÉ-REQUISITO - CAPACIDADE TÉRMICA DAS PAREDES EXTERNAS E DA COBERTURA	73
4.3.1.4	PRÉ-REQUISITO - VENTILAÇÃO NATURAL.....	74
4.3.1.5	PRÉ-REQUISITO - ILUMINAÇÃO NATURAL.....	75
4.3.2	CÁLCULO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA PARA RESFRIAMENTO - EqNumEnv _{Resfr}	76
4.3.2.1	CÁLCULO DO GH _R	76
4.3.3	CÁLCULO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA PARA AQUECIMENTO - EqNumEnv _A	79
4.3.3.1	CÁLCULO DO C _A	79
4.3.4	CÁLCULO FINAL PARA A DETERMINAÇÃO DO EqNumEnv	80
4.3.5	CÁLCULO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA - EqNumAA.....	80
4.3.5.1	PRÉ-REQUISITO PARA SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA.....	80
4.3.5.2	CÁLCULO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO PARA SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA - EqNumAA.....	81
4.3.6	CÁLCULO DAS BONIFICAÇÕES.....	81
4.3.6.1	BONIFICAÇÃO 1 (b1) - VENTILAÇÃO NATURAL	82
4.3.6.2	BONIFICAÇÃO 2 (b2) - ILUMINAÇÃO NATURAL	83
4.3.6.3	BONIFICAÇÃO 3 (b3) - USO RACIONAL DE ÁGUA.....	84
4.3.6.4	BONIFICAÇÃO 4 (b4) - CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL DE AR.....	85

4.3.6.5 BONIFICAÇÃO 5 (b5) - ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	85
4.3.6.6 BONIFICAÇÃO 6 (b6) - VENTILADOR DE TETO	85
4.3.6.7 BONIFICAÇÃO 7 (b7) - REFRIGERADORES	86
4.3.6.8 BONIFICAÇÃO 8 (b8) - MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA	86
4.3.6.9 SOMA DAS BONIFICAÇÕES	86
4.3.7 CÁLCULO PARA A PONTUAÇÃO TOTAL DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA	87
4.4 COMENTÁRIOS	88
4.4.1 ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS DO EqNumEnv (ENVOLTÓRIA)	88
4.4.2 ANÁLISE DO EqNumEnv (ENVOLTÓRIA)	89
4.4.3 ANÁLISE DO EqNumEnvAA (SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA)	89
4.4.4 ANÁLISE DAS BONIFICAÇÕES	90
4.4.4.1 ANÁLISE DA BONIFICAÇÃO 1 (b1 - VENTILAÇÃO NATURAL).....	90
4.4.4.2 ANÁLISE DA BONIFICAÇÃO 2 (b2 - ILUMINAÇÃO NATURAL).....	91
4.4.4.3 ANÁLISE DA BONIFICAÇÃO 3 (b3 - USO RACIONAL DE ÁGUA).....	91
4.4.4.4 ANÁLISE DA BONIFICAÇÃO 4 (b4 - CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL DE AR	91
4.4.4.5 ANÁLISE DA BONIFICAÇÃO 5 (b5 - ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL)	91
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS.....	94

CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA RESIDENCIAL

1.1 INTRODUÇÃO

Com o impulso da Revolução Industrial iniciada na Inglaterra, no século XVIII, máquinas a vapor criadas por Thomas Newcomen começaram a ser utilizadas em 1720, para a extração de água das minas. Estas máquinas tiveram como base os projetos do engenheiro militar inglês Thomas Savery e do físico francês Denis Papin.

Por volta de trinta anos depois, James Watt teve contato com o motor a vapor de Newcomen, na Universidade de Glasgow, e desta forma melhorou seu mecanismo de funcionamento elevando a temperatura do vapor e depois resfriando-o durante a expansão. Assim, com as modificações implementadas por Watt, foi possível movimentar equipamentos industriais e até mesmo transportes da época, como as locomotivas como ilustra a Figura 1.1.

Em 1830, foi utilizada pela primeira vez uma nova forma de energia, a elétrica que inicialmente era utilizada para comunicação entre os telégrafos. E em 1878, foi utilizada de forma a produzir luz e, posteriormente, para veículos (BRANCO, 2010).



Figura 1.1 - Máquina a vapor de James Watt (CAMBRIDGE PHYSICS, s.d)

Após o surgimento da energia elétrica, a humanidade tornou-se totalmente dependente desta para qualquer tipo de atividade, tornando-se um recurso necessário para o desenvolvimento de um país.

Com o consumo excessivo de recursos naturais na produção de energia, surgiu a necessidade de racionalizar o uso de energia elétrica. Porém o grande desafio é equilibrar as necessidades, já que a energia já está atrelada diretamente ao desenvolvimento econômico. E assim, muitos pensam erroneamente que racionalizar, seria regredir a economia de uma nação. Isso ainda é agravado pelo fato que a medida que a população mundial cresce, o consumo aumenta de forma exagerada, gerando o desperdício.

Assim, o principal meio de obter-se um desenvolvimento que não prejudique o meio ambiente de forma a manter os recursos para gerações futuras, passou a ser um objetivo almejado, chamado de desenvolvimento sustentável, que corresponde a adoção de práticas mais conscientes do uso de energia, mantendo o consumo natural necessário de todo indivíduo, porém sem desperdícios. E é através de pequenas práticas que se inicia o hábito do consumo responsável.

1.2 AS JUSTIFICATIVAS PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS SUSTENTÁVEIS

Cerca de 12% da energia produzida no Brasil é desperdiçada, isso equivale a 40% das residências no país (RAMOS, 2000). Para combater este desperdício, há o Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), da Eletrobrás. A necessidade de uma melhor administração do consumo energético, deu origem a expressão eficiência energética, esta que trata de proporcionar uma melhor forma de consumo de energia e água diminuindo custos e introduzindo elementos que possibilitam um melhor gerenciamento energético e hídrico, melhorando o uso das fontes de energia (ABESCO, s.d).

Como o consumo consciente parte de pequenas práticas é importante que o hábito de racionalização comece no seu próprio ambiente diário, ou seja, nas residências. Assim, com a grande necessidade de aumentar a eficiência energética, a PROCEL lançou no ano de 2010, um Selo que qualifica o nível de eficiência energética de uma residência, para que se possa verificar as características da edificação, bem como observar quais melhorias deveriam ser feitas para que a habitação torne-se uma “residência verde”. Desta forma, incentivando o uso racional de energia, bem como implantar melhorias em sua própria residência de forma a aumentar a sua eficiência energética, cria-se um hábito consciente e

sustentável para o indivíduo desde o seu o próprio lar. A maioria dos programas de incentivo é direcionada a racionalização de energia em indústrias. Então poucos atentam-se ao fato de que se o hábito cotidiano não for modificado, não adiantará apenas incentivar as indústrias. Dessa forma, primeiro deve-se modificar pequenas atitudes do dia-a-dia, para que se tenha uma conservação de energia mais sólida e mais duradoura, por isso o objeto de estudo deste trabalho, refere-se especialmente às residenciais, onde concentram-se os hábitos diários.

1.3 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Na divisão do trabalho buscou-se organizar os conteúdos de tal forma a facilitar o seu entendimento, bem como difundir os conceitos relacionados com a certificação das edificações residenciais.

No segundo capítulo o tema escolhido é desenvolvido com mais profundidade, descrevendo sobre aspectos do consumo energético no Brasil, bem como o processo de certificação de eficiência energética é abordado por outros países e também no Brasil.

Depois de apresentado e desenvolvido o tema, o capítulo três direciona-o para um tipo de etiquetagem de eficiência energética residencial, criado e desenvolvido pelo INMETRO em parceria com outros órgãos. Neste capítulo é apresentado o procedimento detalhado e adequado para que uma residência obtenha a certificação de eficiência energética, como os pré-requisitos necessários para aplicar determinado item da certificação e o procedimento correspondente para a obtenção final do nível de eficiência energética. E para exemplificar este procedimento, no capítulo quatro é desenvolvido um estudo de caso, para que se possa observar as etapas necessárias para obter-se a etiqueta, e também sugestões para que a construção venha a obter um melhor desempenho energético e sustentável.

No último capítulo é realizado o fechamento do trabalho através de conclusões obtidas com o estudo do assunto, o qual está relacionado com a importância de uma consciência sustentável.

2 A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ATRAVÉS DA CERTIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES.

2.1 INTRODUÇÃO

O progresso tecnológico e industrial, além de ser o principal agente transformador da economia, modificou também, os costumes e hábitos das pessoas em geral, principalmente no setor do consumo de energia.

O homem primitivo tinha como energia total consumida, 2×10^3 kcal/dia com alimentação, o homem caçador consumia 6×10^3 kcal/dia dentre alimentação, moradia e comércio. O homem agrícola primitivo consumia por volta de 12×10^3 kcal/dia dentre alimentação, moradia, comércio e indústria e agricultura. Já o homem agrícola avançado consumia 20×10^3 kcal/dia dentre a alimentação, moradia, comércio, indústria e agricultura, e transportes. E o homem industrial e o homem tecnológico, 77×10^3 kcal/dia e 230×10^3 kcal/dia respectivamente (GOLDEMBERG; LUCON, 2008). Isso mostra a relação cada vez maior entre o homem e a energia.

A renda de um determinado país, pode ser um indicativo do estilo de consumo de energia da população, bem como os interesses e prioridades. Lembrando que a renda não é o único fator diferencial, há diversos outros fatores que influenciam, por exemplo no Brasil, o consumo energético de uma família que habita na cidade de Gramado é muito diferente de uma família que mora em Fortaleza; por motivos que começam desde o clima até o tipo de economia.

Com tantos problemas ambientais, a consciência sobre eficiência energética é cada vez mais necessária. Além das vantagens ambientais, a produção de bens envolverá menos custo, garantindo subsídios para outros setores. É um investimento com retorno contínuo, pois a energia será economizada, recuperando assim recursos energéticos para gerações futuras.

2.2 A CERTIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES NO MUNDO

Os Estados Unidos possuem um órgão responsável por este tipo de certificação é o *US Green Building Council (USGBC)*, esta certificação é denominada *Leadership in Energy and Environmental Design, LEED* (USGBC, 2000). A proposta desta certificação é o incentivo de construções sustentáveis, e seus sistemas de classificação podem ser aplicados tanto em edificações comerciais quanto em residenciais.

O *Internacional Initiative for Sustainable Built* (IISBE, s.d.) também possui uma proposta de promover uma política sobre construções sustentáveis que seja aceita mundialmente, através da troca de informações e da conscientização dos problemas existentes em relação a sustentabilidade. O sistema utilizado chamava-se *GBTool*, atualmente foi reformulado para *SBTool*, cuja principal mudança foi a simplificação de sua utilização e a flexibilidade da ferramenta que pode ser adaptada para qualquer tipo de construção. O IISBE está presente no Canadá, na República Checa, na Itália, em Israel, na Coreia, em Portugal, na Espanha e em Taiwan.

Na Austrália, há o *Green Building Council of Australia* (GBCA, 2002) que possui o objetivo bem similar ao IISBE: o incentivo de construções ecológicas através de projetos, programas e tecnologias.

Já o *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM, 1990), é um dos métodos de avaliação ambiental mais conhecidos do país. A avaliação é realizada através de pessoas treinadas e credenciadas. O BREEAM utiliza um sistema simples de compreensão e sustenta uma norma técnica com um rigoroso controle de qualidade. Possui escritórios instalados em todo o Reino Unido e na Irlanda.

Na França, há o *Haute Qualité Environnementale* (HQE, 1996) que propõe um sistema de avaliação de edifícios visando a sustentabilidade, analisando a energia e o ambiente, o custo, a saúde e o conforto. Trata-se de uma ferramenta que gerencia projetos independentemente do tamanho da construção, e que conta com forte apoio político.

A China possui o *PE International* (PE International, 1991), uma organização especialista em sustentabilidade, fornece soluções através de dois softwares: o “*GaBi*” para sustentabilidade do produto, e o “*SoFi*” para a sustentabilidade corporativa. Empresas do mundo todo são clientes do *PE International*, como a Siemens e a Toyota. Tem como objetivo aumentar o nível de sustentabilidade do imóvel para torná-lo mais valorizado no mercado imobiliário.

O Japão tem o *Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency* (CASBEE, 2001) que consiste numa ferramenta para analisar e classificar o desempenho ambiental de uma edificação. Este sistema conta com uma política que visa uma avaliação simples e versátil; porém sempre preocupando-se com as questões geográficas do país.

Pode-se notar que muitos países possuem políticas bem similares, alguns são mais conhecidos mundialmente, outros estão em fase de crescimento e adaptações. Mas todas possuem um objetivo de promover a sustentabilidade.

Se houvesse a possibilidade da criação de um único método mundial, haveria a necessidade da adaptação de vários itens para cada tipo de clima, topografia, economia, política e cultura.

Em alguns países o certificado é obrigatório, e a tendência é que todos adotem como uma medida necessária para qualquer tipo de edificação.

Além de ser uma medida que promove a conservação da natureza, reduz os custos com a energia, ou seja, aumenta a eficiência energética; valorizando assim a edificação numa compra ou venda. São esses os principais motivos que fazem com que cada vez mais, países adotem essa política como oficial e obrigatória.

2.3 A CERTIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES NO BRASIL

A Fundação Vanzolini, criada por professores da Universidade de São Paulo (USP), criou a primeira metodologia para certificações de construções sustentáveis, representada por um Selo de Alta Qualidade Ambiental (AQUA, 2008). Este Selo, teve como inspiração o Selo HQE da França, já citado anteriormente.

O AQUA procurou adequar o HQE, para o Brasil. Foram elaborados 14 critérios, divididos em 4 sub itens: Eco-construção, gestão, conforto e saúde. E são classificados entre bom, superior e excelente.

Antes do Selo AQUA, algumas empresas procuravam o Selo americano USGBC, porém alguns critérios não eram compatíveis com o Brasil.

Um dos fatos mais interessantes é que se tem notado nas construções realizadas através do Selo AQUA, que o investimento feito no empreendimento atendendo as normas e critérios, tem sido recuperado ao longo do tempo com a economia em vários itens, como por exemplo na energia consumida.

O empreendedor tem muitas vantagens, dentre elas a diferenciação do seu empreendimento devido a alta qualidade ambiental certificada por este Selo AQUA. O Selo visa melhorar não só a sustentabilidade da construção, mas também o conforto e a estética, e portanto maior qualidade de vida dos moradores. O controle do projeto é acompanhado durante todo o processo, através do referencial técnico Processo AQUA – Qualidade Ambiental do Edifício, QAE (AQUA, 2008).

A Caixa Econômica Federal criou em 2009, uma metodologia que classifica o nível de sustentabilidade de construções habitacionais, dimensionado devidamente para a economia brasileira. Esta idéia surgiu a partir do princípio de que havia uma necessidade de uma maior

contribuição com o meio ambiente, já que a sustentabilidade é o que motiva a inovação em todos os sentidos. Para que houvesse também, uma larga contribuição na redução de impactos ambientais, pois uma vez planejado e dimensionado de forma que os recursos ambientais sejam conservados e a eficiência energética aumentada, a natureza será beneficiada, criando também um ambiente mais agradável e saudável aos moradores.

Segundo Coelho (2010), uma habitação tem a necessidade de ser muito bem planejada de forma que as condições bioclimáticas e geográficas sejam aproveitadas da melhor forma, para que haja uma melhor gestão de resíduos.

O tratamento de resíduos, tem sido um dos assuntos mais discutidos e estudados atualmente, pois alguns ainda não possuem medidas mitigatórias. Então a prevenção continua sendo uma boa maneira de reduzir este problema.

O Selo Azul CAIXA, foi desenvolvido por professores de universidades públicas que possuem experiência e conhecimento em sustentabilidade e projetos habitacionais.

Este Selo foi criado pela preocupação em incorporar a sustentabilidade no dia-a-dia da população brasileira, para que todos tivessem consciência dos problemas como emissão de resíduos, a mudança climática e a importância da conservação das águas. Assim, o impacto ambiental é a principal resultante do crescente aumento de consumo energético.

A adesão a este Selo é voluntária e as habitações que se submetem a esta análise, são classificadas em níveis de gradação: ouro, prata e bronze. Para se obter a gradação bronze, é necessário atender aos 19 critérios obrigatórios, para obter-se a gradação prata é necessário atender além dos 19 critérios obrigatórios, mais 6 critérios de livre escolha; e para a gradação ouro, é necessário dos 19 critérios obrigatórios mais 12 de livre escolha. Estes critérios estão organizados numa tabela dividido em 53 itens e suas respectivas classificações. As classificações são divididas em 6 categorias: Qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais (LAMBERTS; CARLO, 2010).

As edificações são analisadas desde a construção até a fase da ocupação, inclusive as manutenções. Como pré-requisito, esta metodologia exige uma série de documentos obrigatórios antes de ser aceito no programa, e todo o processo em andamento é acompanhado e verificado mensalmente. O projeto todo é realizado atendendo a norma NBR 9050 (ABNT, 2004), cujo objetivo é estabelecer critérios para projetos e execuções, em relação às condições de acessibilidade.

Além de toda a vantagem vista pelo lado ambiental, há também vantagem no lado comercial, já que há um melhor custo-benefício da habitação, o Selo torna-se um diferencial

na compra e venda do imóvel. Empresas construtoras, empresas públicas de habitação e movimentos sociais são os principais públicos alvos do Selo Azul da Caixa.

Em 2007, foi criado o *Green Building Council Brasil* (GBC, 2007), um dos vinte e um membros do *World Green Building Council*. Esta organização não governamental, possui o apoio de várias empresas que também se preocupam com a questão ambiental. Possui o método de certificação *Leadership in Energy & Environmental Design*, adaptado para o Brasil. Há um comitê avaliador que estuda cinco diferentes critérios de avaliação LEED: Materiais e Recursos (MR), Energia e Atmosfera (EA), Espaço Sustentável – Site (SS), Qualidade Ambiental Interna (EQ) e o Uso Racional da Água (WE). O GBC possui uma meta de conscientizar o país sobre questões ambientais, através da construção sustentável.

O processo de etiquetagem de eficiência energética de edificações do *Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica* (PROCEL), teve como idéia pioneira a aprovação da Lei nº10.295 que consiste na *Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia*. E assim, desencadeou o Decreto 4.059 no mesmo ano, que estabeleceu “Níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas”. Este mesmo Decreto Nº4.059, criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT – EDIFICAÇÕES). Este grupo, por sua vez, criou uma secretaria denominada Secretaria Técnica de Edificações (ST – EDIFICAÇÕES), para que se estudasse e discutisse mais sobre os indicadores de eficiência energética.

Em 2003, a Eletrobrás e o PROCEL criaram o *Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações* (PROCEL EDIFICA). O Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, Universidades, Centros de Pesquisa; são os principais parceiros nessa atuação. O PROCEL EDIFICA foi criado com o intuito de promover o uso consciente dos recursos naturais em edificações em todas as etapas do projeto.

Com a entrada do INMETRO em 2005 no processo, houve a necessidade da criação de mais uma comissão técnica (CT – EDIFICAÇÕES), para que se estudasse a formulação da *Etiqueta Nacional de Conservação de Energia* (ENCE).

E assim originou-se o *Regulamento Técnico da qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços Públicos – RTQ-C*, Portaria nº181 e Decreto nº 6.275 (INMETRO, 2010).

O RTQ-C, classifica o nível de eficiência energética de edificações, o edifício é avaliado e etiquetado sob autorização do INMETRO, através de classificações da envoltória (Env), do sistema de iluminação (DPI), dos sistema de condicionamento de ar (CA) e outras bonificações. E com o método prescritivo, chega-se a um resultado que representa a pontuação final da edificação. O DPI e o Env, possuem o peso de 30%, já o CA possui o maior peso com 40%, além das bonificações.

Este processo de etiquetagem abrange duas etapas: avaliação do projeto e avaliação do edifício. A Figura 2.1, representa um modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) completo para o nível A, ou seja, com a classificação geral levando em consideração a envoltória, a iluminação e o condicionamento de ar; bem como estes sistemas avaliados individualmente abaixo da classificação do edifício completo. Esta Etiqueta também é concedida de forma parcial, por exemplo, um edifício que foi avaliado somente a parte de envoltória e de condicionamento de ar; neste caso, somente estes dos sistemas são evidenciados na Etiqueta.



Figura 2.1 – Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE (INMETRO, 2010)

Em 25 de novembro de 2010, com o intuito de contribuir e complementar o processo de melhoria da eficiência energética do país foi criada a portaria N°449, Decreto 6.275: “Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais” – RTQ-R (INMETRO, 2010), cujo assunto é o objeto de estudo deste trabalho.

Este documento explana métodos para a classificação de edificações residenciais em relação à eficiência energética da mesma, sempre atendendo às normas da ABNT.

As edificações abordadas no RTQ-R são classificadas em Unidades Habitacionais Autônomas (UH), edificações multifamiliares e áreas de uso comum.

As Unidades Habitacionais Autônomas, que consiste em edificações unifamiliares isoladas ou condomínios horizontais, são avaliadas em dois quesitos: a avaliação da envoltória e a avaliação do sistema de aquecimento da água e itens como ventilação natural, iluminação natural, dentre outros itens, são contados como bonificações que contribuem com a elevação do nível de eficiência. Nas edificações multifamiliares, a avaliação é feita com o resultado ponderado de cada Unidade Habitacional. E as áreas de uso comum, são avaliadas diferentemente de acordo com a área, se é de uso frequente ou se é de uso eventual, e também são contadas as bonificações.

Um nível de eficiência é associado a um equivalente numérico, para chegar-se a este valor é necessária a realização de cálculos através de equações específicas criadas para este documento. O método prescritivo, leva em consideração a região geográfica, dividida em: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Cada equivalente numérico da envoltória é determinado de acordo com o ambiente para resfriamento ou ambiente para aquecimento; divididas em zonas bioclimáticas. O nível de eficiência varia de “A” a “E”, ou seja, do mais eficiente ao menos eficiente.

Para adquirir a etiqueta é necessário que anteriormente haja um processo de solicitação: o solicitante precisa pedir através de várias documentações determinadas, a solicitação formal ao Organismo de Inspeção Acreditado¹ (OIA), este encaminhará os documentos ao INMETRO/DIPAC. Caso a solicitação seja aceita, poderá dar continuidade ao processo que é demonstrado pela Figura 2.2. Esta que mostra o processo total através de um fluxograma simplificado.

¹ “Pessoa jurídica, de direito público ou privado, que obteve o reconhecimento formal da Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO quanto à sua competência para realizar os serviços de inspeção de projeto e/ou de edificações construídas para determinar o nível de eficiência energética da edificação, tendo como base o RTQ-R” (INMETRO, 2010)



Figura 2.2 - Fluxograma do Processo de Avaliação da Conformidade (INMETRO, 2011)

Este assunto (RTQ-R) é um dos focos de trabalho do Ministério de Minas e Energia, que propõe Normas Sustentáveis para as obras da Copa do Mundo de 2014; para promover a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE.

2.4 O DESEMPENHO ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

No processo de construção e utilização de uma casa ou um edifício residencial, há muita energia envolvida que se dimensionados, podem ser melhor visualizados. Na Tabela 2.1, pode-se notar que o setor residencial é o que detém maior porcentagem no consumo energético; e na Figura 2.3, estão os principais agentes deste consumo; tendo como principais consumidores geladeiras e freezers, com 30% de participação.

Tabela 2.1 – Consumo Energético em 2005 no Brasil, por setor (MME; 2006)

SETOR	Gás Natural	Lenha	Diesel	Óleo Combustível	Gás Liquefeito de Petróleo	Eletricidade	Carvão Vegetal	% dos 3 Setores
Residencial	41%	99%	0%	0%	89%	49%	88%	72%
Comercial	49%	1%	45%	73%	4%	32%	12%	17%
Público	11%	0%	55%	27%	7%	19%	0%	11%

As construções em geral, originam grandes impactos ambientais, seja pelo seu consumo energético, pelo uso de materiais, pelos resíduos e pelas mudanças na composição e características do solo (GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

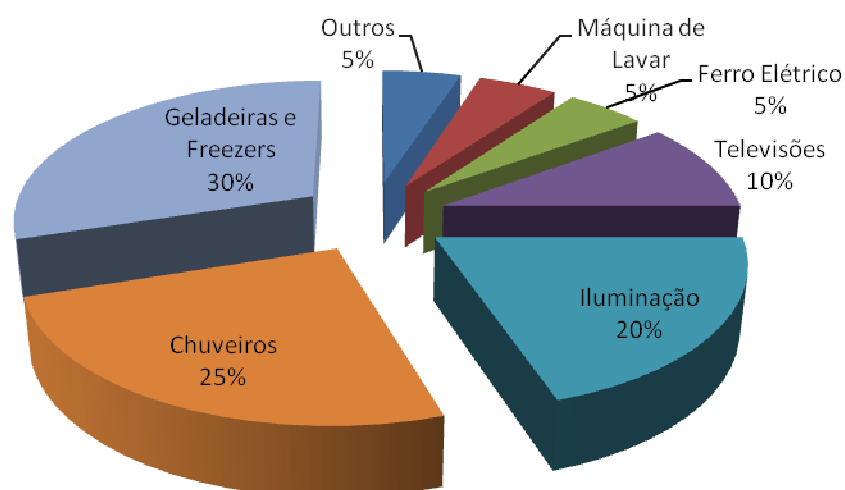


Figura 2.3 – Consumo de eletricidade no Brasil no setor residencial (GOLDEMBERG; LUCON, 2008)

A instalação e construção de uma habitação está altamente relacionada com a saúde dos moradores, pois dependendo do modo que foi realizada, acarretará uma má influência na qualidade do ar.

Conservar a energia, ou seja, aumentar a eficiência energética de um país, significaria poupar as fontes finitas de energia, acarretando em diversos retornos positivos como a redução de gases poluentes, aumento na eficiência econômica gerando um fortalecimento da economia do país, devido à redução não só do consumo energético, mas do consumo da água e outros insumos. A falta de energia pode gerar conflitos não só na economia, mas também, gerar conflitos políticos, na sociedade em geral e restrições ambientais (GOLDEMBERG; LUCON; 2008).

Algumas medidas tomadas dentro da própria edificação, podem ser adotadas como forma de eficiência energética residencial, como por exemplo, numa máquina de lavar, pode-se usar menor quantidade de água e menor temperatura de lavagem e secagem. As lâmpadas podem ser trocadas por outras com maior eficiência, e pode haver controladores automáticos, em função da luz solar.

O primeiro passo para que haja uma consciência do uso racional de energia de promover a eficiência energética como uma das maiores prioridades da atualidade é começar a analisar a situação em longo prazo, e verificar que investindo em políticas favoráveis ao meio ambiente hoje, no futuro haverá um retorno sempre positivo, tanto em questão financeira, quanto de saúde e ambiental. Para que estas idéias tenham força é necessário investir em informação à população, mostrando claramente o custo-benefício e a importância de aumentar a preocupação com o meio ambiente. O que certamente significa não só diminuir o consumo de energia elétrica e o uso da água, mas mudar o estilo de vida.

Cada país possui uma cultura, uma política, características geográficas, economia, religião e climas diferenciados, por estes motivos, cabe a cada país, adequar nos seus padrões, o estilo de vida que mais colabore com o meio ambiente. O Brasil, inclusive, possui regiões com diferentes características climáticas, geográficas e econômicas, principalmente; o que gera uma diferenciação no consumo de energia.

O processo de etiquetagem vem como um aliado da eficiência energética, podendo ser o início para a mudança de estilo de vida, pois se adequando uma habitação para a melhoria do consumo energético, mostra a conscientização, as ações diferenciadas e favoráveis para o consumo energético do país.

3 ELEMENTOS CONCEITUAIS PARA A CERTIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

3.1 INTRODUÇÃO

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R, teve como colaboradores o Ministério de Minas e Energia (MME), o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), o Grupo Técnico Edificações do CGIEE, a Secretaria do Grupo Técnico de Edificações (GT Edificações), a Comissão Técnica de Edificações (CT Edificações), o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), a Equipe do Programa Brasileiro de Etiquetagem/INMETRO, a Eletrobrás, a Equipe da Eletrobrás/Procel Edifica e o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC (LabEEE).

Neste capítulo são descritas todas as etapas para a classificação quanto ao nível de eficiência energética de uma residência: suas equações, seu sistema de pontuação, suas bonificações; todo o processo de avaliação necessário para chegar-se a um resultado sobre a eficiência energética da edificação, representada através da etiqueta, o ENCE.

Todo o conteúdo do item 3.2 tem como referência o anexo da portaria INMETRO N°449/2010.

3.2 APRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS INICIAIS

Todo este processo de etiquetagem quanto ao nível de eficiência energética é exclusivamente destinado à qualificação de edificações residenciais, ou seja, locais dedicados ao repouso, a alimentação, aos serviços domésticos e a higiene pessoal. Para casos extras de edificações cuja função seja tanto para uso residencial, quanto para comercial; este terá de ser tratado de forma isolada.

As edificações residenciais são divididas em 2 categorias e cada uma tem um modo de ser analisada e qualificada por razões que são vistas a seguir. A principal denominação que precede as duas categorias é chamada de “Unidades Habitacionais Autônomas”, imóveis dedicados à moradia, e à partir desta, derivam-se as duas categorias, “Edificações Unifamiliares”, uma unidade habitacional autônoma, ou conceituada basicamente como casas. E “Edificações Multifamiliares”, representando as edificações que possuem mais de uma unidade habitacional autônoma (exceto hotéis e similares). A esta última categoria há

ainda uma subcategoria, que corresponde às “Áreas de uso comum de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais”, que são as área de uso coletivo, usadas frequentemente ou eventualmente. Por exemplo, as garagens e elevadores são considerados de uso frequente, e bicicletários e salões de festa são considerados de uso eventual.

A classificação da edificação é feita através da pontuação final obtida através de tabelas, equações e análises; sempre acompanhadas de NBR's que são desenvolvidas ao longo dos sub itens. E esta classificação varia desde o nível máximo A ao nível mínimo E, ou seja, do nível de mais eficiência ao nível menos eficiente. E para cada nível de eficiência um Equivalente Numérico (EqNum), conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Equivalente Numérico para cada Nível de Eficiência

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

Para chegar-se a um Nível de Eficiência, há uma pontuação associada ao mesmo (Tabela 3.2); esta pontuação é obtida através de uma equação principal cujas variáveis são obtidas através de outras equações, e as constantes obtidas de tabelas com valores já estabelecidos. Estes cálculos são apresentados em partes, de acordo com as divisões estabelecidas anteriormente (3.3 Unidades Habitacionais Autônomas, 3.3.1 Edificações Unifamiliares, 3.3.2 Edificações Multifamiliares e 3.3.2.1 Áreas de Uso Comum). Apesar de serem calculados de formas diferentes, o modo de classificação quanto a pontuação é o mesmo:

Tabela 3.2 – Pontuações e seus respectivos Níveis de Eficiência

Pontuação (PT)	Nível de Eficiência
$PT \geq 4,5$	A
$3,5 \leq PT < 4,5$	B
$2,5 \leq PT < 3,5$	C

Tabela 3.2 - Pontuações e seus respectivos Níveis de Eficiência (continuação)

Pontuação (PT)	Nível de Eficiência
$1,5 \leq PT < 2,5$	D
$PT < 1,5$	E

Como no Brasil há diferentes climas ao longo de todo o território nacional, o coeficiente utilizado nas equações varia de acordo com a região geográfica que a edificação se encontra na Tabela 3.3. Porém uma alteração deve ser feita nas regiões norte e nordeste, caso a edificação tenha um sistema de aquecimento de água, será alterada para o valor de 0,65.

Tabela 3.3 – Regiões geográficas e seus coeficientes

Coeficiente	Região Geográfica				
	Norte	Nordeste	Centro - Oeste	Sudeste	Sul
a	0,95	0,90	0,65	0,65	0,65

Estas informações e as Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3 são comuns às duas categorias (edificações unifamiliares e multifamiliares), portanto são utilizadas da mesma forma.

3.3 O MÉTODO PRESCRITIVO – UNIDADES HABITACIONAIS AUTÔNOMAS

Pela própria definição descrita no documento RTQ-R (INMETRO, 2010), uma unidade habitacional autônoma é um “Bem imóvel destinado à moradia e dotado de acesso independente, sendo constituído por no mínimo, banheiro, dormitório, cozinha e sala, podendo estes três últimos ser conjugados. Corresponde a uma unidade de uma edificação multifamiliar (apartamento) ou a uma edificação unifamiliar (casa)”.

3.3.1 EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES

“Edificação que possui uma única unidade habitacional autônoma (UH) no lote” (INMETRO, 2010).

A pontuação para a classificação do nível de eficiência da edificação unifamiliar, pode ser calculada através da equação (3.1):

$$PT_{EU} = (a \cdot EqNumEnv) + [(1 - a) \cdot EqNumAA] + Bonificações \quad (3.1)$$

A pontuação total da edificação unifamiliar (PT_{EU}) é dada pela equação (3.1), sendo o coeficiente “a”, dado de acordo com as regiões geográficas descritas na Tabela 3.3. O Equivalente Numérico do Desempenho Térmico da Envoltória ($EqNumEnv$), o Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água ($EqNumAA$) e as Bonificações são determinadas por outras equações, que serão desenvolvidas posteriormente.

Antes de ser calculado o $EqNumEnv$, há alguns pré-requisitos a serem analisados, caso não sejam atendidos, o Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente ($EqNumEnvAmb$) que é um dos faores que $EqNumEnv$ depende, será classificado como nível “E”.

Primeiramente, a zona bioclimática da edificação deve ser definida, de acordo com o mapa de zoneamento bioclimático brasileiro (Figura 3.1), que divide as regiões em 8 zonas, determinado pela NBR 15220-3 (ABNT, 2005), que trata do zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.

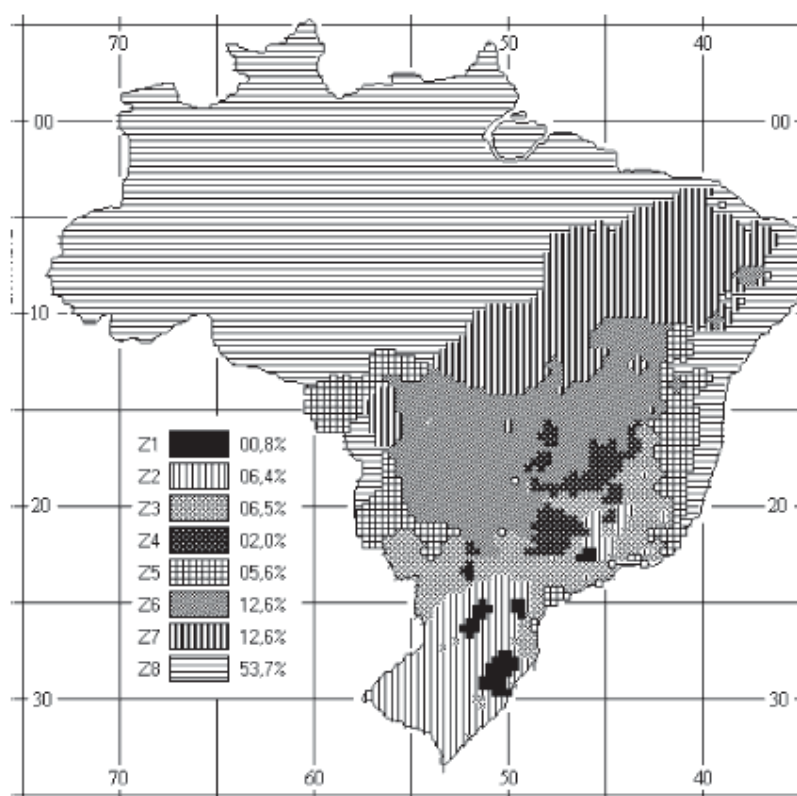


Figura 3.1 – Mapa do zoneamento bioclimático brasileiro (NBR 15220-3, 2005).

São cinco pré-requisitos que são necessários serem analisados antes dos cálculos do EqNumEnv. Os três primeiros pré-requisitos são analisados juntos, pois são de acordo com a zona bioclimática (região geográfica homogênea em relação aos fatores climáticos).

A absorptância solar (**primeiro pré-requisito**), citada na Tabela 3.4, é o resultado da média ponderada das absorptâncias de cada parede externa e cada cobertura da edificação, pela área que ocupam. As coberturas que são vegetadas, as aberturas (áreas da envoltória que são abertas ou com fechamento translúcido ou transparente que permitam a entrada de luz e/ou ar, como janelas ou com mais da metade da área de vidro; exclui-se as molduras opacas onde são fixados os vidros, chamados de caixilhos), as áreas envidraçadas das aberturas, as aberturas zenitais (abertura para iluminação natural, com inclinação inferior a 60° em relação ao plano horizontal) com até 2% da área da cobertura, áreas cobertas por coletores ou painéis solares, paredes ou coberturas que possuam a sua superfície sempre com sombra (exceto a sombra do entorno), fachadas (superfícies externas verticais ou com inclinação maior que 60°) na divisa do terreno que encostam em outra edificação, não são incluídas nos cálculos, ou seja, não precisam atender o pré-requisito. Porém os pisos de áreas sem fechamentos laterais localizados sobre ambientes de permanência prolongada (ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, como sala de estar, sala de jantar, dormitórios, escritórios, sala de televisão e similares) como varandas, a sua cobertura deve ser contabilizada.

E para casos específicos onde há vidro em frente à parede, há duas situações consideradas, primeiro quando o vidro está em contato direto com a parede e segundo, quando há uma câmara de ar entre a parede e o vidro. No primeiro caso, a absorptância total é dada pela transmitância à radiação solar do vidro multiplicado pela absorptância da parede, e este resultado somado a absorptância do vidro. Estes parâmetros são obtidos normalmente através dos catálogos dos fabricantes.

E para o segundo caso, onde há uma câmara de ar, a absorptância pode ser obtida pela multiplicação entre o fator solar do vidro pela absorptância da parede. O fator solar do vidro, pode ser obtido pela multiplicação da transmitância térmica, absorptância solar e a resistência superficial externa, este resultado somado à transmitância à radiação solar do vidro.

Na NBR 15220-2 (ABNT, 2005) (referente ao desempenho térmico de edificações), há alguns valores para a absorptância solar das superfícies (Tabela 3.5).

Tabela 3.4 – Zonas Bioclimáticas com seus respectivos limites de absorptância solar, transmitância térmica e capacidade térmica

Zona Bioclimática	Componente	Absortância Solar (Adimensional)	Transmitância Térmica [W/(m²K)]	Capacidade Térmica [kJ/(m²K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem Exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem Exigência	$U \leq 2,30$	Sem Exigência
ZB3 a ZB6	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem Exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem Exigência
ZB7	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem Exigência
$\alpha > 0,4$		$U \leq 1,50$	Sem Exigência	
ZB8	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Sem Exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	Sem Exigência
	Cobertura	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem Exigência
$\alpha > 0,4$		$U \leq 1,50$	Sem Exigência	

Tabela 3.5 – Absortância solar das superfícies

Tipo de Superfície	α
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25
 Caição nova	0,12/0,15
 Concreto aparente	0,65/0,80
 Telha de barro	0,75/0,80
 Tijolo aparente	0,65/0,80
 Reboco claro	0,30/0,50
 Revestimento asfáltico	0,85/0,98
 Vidro incolor	0,06/0,25
 Vidro colorido	0,40/0,80

Tabela 3.5 - Absortância Solar das superfícies (continuação)

Tipo de Superfície	α
Vidro metalizado	0,35/0,80
Pintura branca	0,20
Pintura amarela	0,30
Pintura verde clara	0,40
Pintura “alumínio”	0,40
Pintura verde escura	0,70
Pintura vermelha	0,74
Pintura preta	0,97

O **segundo pré-requisito** é a transmitância térmica, também descrita na Tabela 3.4; que é o inverso da resistência térmica. A resistividade térmica, normalmente é determinada através de medições, porém se não houver, pode ser calculada pela razão entre a espessura da camada (m) pela condutividade térmica do material (W/m.K). Na tabela B.3 da NBR 15220-2 (ABNT, 2005) há alguns valores indicativos de condutividade térmica.

A transmitância térmica da edificação é a média ponderada das transmitâncias de cada ambiente, dividida pelas respectivas áreas que ocupam.

Coberturas de garagem, aberturas, casa de máquinas, reservatórios de água e aberturas zenitais com até 2% da área da cobertura não são considerados no cálculo da transmitância térmica. Porém, as áreas externas de permanência prolongada, como varandas, devem ser contabilizadas no cálculo.

O **terceiro pré-requisito** é a capacidade térmica, que pode ser dada pelo produto entre condutividade térmica, resistência térmica, calor específico do material e densidade de massa aparente do material. Ou mesmo pelo produto entre a espessura da camada, calor específico e a densidade de massa aparente do material.

Há algumas observações extras sobre a zona bioclimática 8 (ZB8): edificações que possuam coberturas com telha de barro sem forro (sem pintura ou esmaltada), não necessitam de atender às exigências da Tabela 3.4. E quando a edificação tiver aberturas para ventilação em dois beirais opostos (no mínimo) e/ou aberturas para ventilação que ocupem toda a extensão das fachadas; podem ter o limite da transmitância térmica corrigidas, multiplicando-se pelo fator de correção².

² , sendo “FT” o fator de correção da transmitância aceitável para as cobrturas das ZB8, e “h” a altura da abertura em dois beirais opostos em cm.

O **quarto pré-requisito** é a ventilação natural, que se divide em três sub-itens. O **primeiro sub-item do quarto pré-requisito** é sobre percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação. Ambientes de permanência prolongada e cozinhas, devem cumprir um limite de área mínima, estabelecida para cada zona bioclimática, para que não tenha seu EqNumEnvAmb classificado com nível E. Assim, os ambientes de permanência prolongada e a cozinha, para a ZB1 à ZB6, precisam ter o percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A) em %, maior ou igual a 8, e a ZB 7, precisa ter o “A” igual ou maior que 5, e por fim, a ZB8, precisa de ter o “A” maior ou igual a 10. Para as zonas bioclimáticas de 1 a 7 que tenham médias mensais de temperaturas mínimas abaixo de 20°C, as aberturas devem ser passíveis de fechamento. O “A”, é dado pela equação (3.2).

$$A = 100 \cdot \left(\frac{A_A}{A_p}\right) \quad (3.2)$$

Sendo o “A_A”, a área efetiva de abertura para ventilação em m², ou seja, aberturas de livre circulação de ar, sem nenhum tipo de obstáculo, como vidros. E o “A_p” é a área do piso do ambiente, também em m².

Quando a área de serviço é que contém a ventilação da cozinha é esta área que deve ser estudada, e considerar a área do piso da cozinha e da área de serviço. Para o banheiro, existe uma regra extra, que é possuir ventilação natural em pelo menos metade do número de banheiros mais um; o não cumprimento desta regra, faz com que o EqNumEnv da unidade habitacional, tenha no máximo o nível B.

O **segundo sub-item do quarto pré-requisito** da ventilação natural é a ventilação cruzada. Esta, corresponde a passagem de ar entre uma abertura em que o ar possa entrar e uma abertura em que o ar possa sair, e que atravesse um ou mais ambientes interligados por aberturas para a passagem de ar. Para este pré-requisito, as portas de acesso principal e a de serviço, não podem ser consideradas como aberturas de ventilação. As aberturas, devem seguir uma proporção descrita pela equação (3.3). Se não for atingido esta regra, o Equivalente Numérico da Envoltória de Resfriamento (EqNumEnv_{Resf}) só poderá alcançar o nível máximo C.

$$\frac{A_2}{A_1} \geq 0,25 \quad (3.3)$$

O “ A_1 ”, representa o somatório das áreas das aberturas para ventilação localizadas nas fachadas que possui a maior área de abertura para ventilação, dado em m^2 . E “ A_2 ”, o somatório das áreas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações, também dado em m^2 .

O **terceiro subitem do quarto pré-requisito** da ventilação natural é a ventilação controlável, que corresponde a ter uma ventilação que se possa usar quando conveniente, e regulá-la quando não for necessário ou inadequado, como em dias de chuva. Caso este item não seja cumprido, o EqNumEnv poderá chegar no máximo ao nível B.

O **quinto pré-requisito** é sobre iluminação natural. Nos ambientes de permanência prolongada, como sala de jantar e dormitórios, deve haver pelo menos uma ou mais aberturas de acesso ao exterior, assim, o somatório das áreas das aberturas dos ambientes, devem corresponder no mínimo a $1/8$ da área do piso. Caso este item não seja cumprido, o EqNumEnv poderá chegar no máximo, ao nível B. E para os ambientes que não são considerados de permanência prolongada como cozinha e banheiro, também deve existir uma ou mais aberturas para o exterior. Ainda para os banheiros, deve considerar-se a regra de metade do número de banheiros mais um, que devem ter aberturas. Assim, o somatório das áreas de abertura, devem corresponder no mínimo $1/10$ da área do piso destes ambientes. E em situações que a área de serviço ilumina a cozinha, a abertura da área de serviço deve corresponder a no mínimo $1/10$ do piso da cozinha e da área de serviço. E da mesma forma, caso não seja cumprido este pré-requisito, o nível máximo que o EqNumEnv poderá atingir será o nível B.

Após a verificação dos pré-requisitos, é obtido o EqNumEnv da Unidade Habitacional, quando naturalmente ventilada. A primeira etapa a ser realizada, é o cálculo do indicador de graus-hora para resfriamento (GH_R), para a obtenção do Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente para Resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$). O graus-hora de resfriamento é o somatório da diferença de temperatura quando esta excede ou fica abaixo da temperatura de base, que neste caso é considerado $26^\circ C$ para resfriamento. Porém, deve-se atentar que para cada zona bioclimática é uma equação diferente. **Por exemplo, para a zona bioclimática 3 (ZB3)** tem-se a equação (3.4) e a Tabela 3.6, para o cálculo de GH_R . As equações das outras zonas bioclimáticas podem ser consultadas no anexo da Portaria INMETRO N°449/2010 (INMETRO, 2010).

$$\begin{aligned}
GH_R = & (a) + (b \cdot CT_{baixa}) + (c \cdot \alpha_{cob}) + (d \cdot somb) + (e \cdot solo \cdot AU_{amb}) + (f \cdot \alpha_{par}) \\
& + \left(g \cdot \frac{PD}{AU_{amb}} \right) + (h \cdot CT_{cob}) + (i \cdot Ab_S) + (j \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) \\
& + (k \cdot A_{parInt} \cdot CT_{par}) + (l \cdot solo) + (m \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) \\
& + (n \cdot F_{vent}) + (o \cdot AU_{amb}) + (p \cdot SomA_{par}) \\
& + (q \cdot AAb_o \cdot (1 - somb)) + (r \cdot AAb_L \cdot F_{vent}) + (s \cdot CT_{par}) \\
& + (t \cdot AAb_S \cdot (1 - somb)) + (u \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (v \cdot pil) \\
& + (w \cdot P_{ambO}) + (x \cdot AAb_N \cdot somb) + (y \cdot Ab_N) + (z \cdot P_{ambN}) \\
& + (aa \cdot AP_{ambN}) + \left(\left[ab \cdot \left(U_{cob} \cdot \frac{\alpha_{cob}}{CT_{cob}} \right) \cdot AU_{amb} \right] + (ac \cdot cob \cdot AU_{amb}) \right) \\
& + (ad \cdot CT_{alta}) + (ae \cdot U_{cob}) + (af \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) \\
& + (ag \cdot P_{ambL}) + (ah \cdot A_{parInt}) + (ai \cdot PD \cdot AU_{amb}) + (aj \cdot P_{ambS}) \\
& + (ak \cdot AAb_S) + (ak \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) + (al \cdot AAb_o \cdot F_{vent}) \\
& + (am \cdot AAb_N \cdot F_{vent}) + (an \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (ao \cdot AP_{ambS}) \\
& + (ap \cdot AAb_N \cdot (1 - somb))
\end{aligned} \tag{3.4}$$

Tabela 3.6 - Constantes da equação (3.4)

Constante	Valor	Constante	Valor	Constante	Valor
a	836,4188	o	34,1620	ac	-6,1829
b	1002,2853	p	-3,3292	ad	-200,9447
c	1248,7615	q	16,9856	ae	-103,1092
d	-1042,8507	r	70,1758	af	3,8400
e	-7,9675	s	-0,0426	ag	431,9407
f	1007,6786	t	-54,1796	ah	16,2740
g	2324,8467	u	14,1195	ai	-20,4181
h	-0,3032	v	-114,4985	aj	126,6339
i	-77,7838	w	399,0021	ak	51,1530
j	26,3363	x	2,4466	al	55,4249
k	-0,0016	y	-379,5777	am	79,2095
l	-605,5557	z	738,1763	an	15,3351
m	25,1879	aa	-4,2304	ao	26,0925
n	-830,6742	ab	5,5988	ap	-34,7777

E as variáveis:

Ab_S : Caso exista abertura voltada para o Sul, esta variável é 1, caso não, será 0;

AAb_L : Corresponde à área (m^2) de abertura na fachada que é voltada para o Leste (sem contar com os caixilhos);

AAb_N : Corresponde à área (m^2) de abertura na fachada que é voltada para o Norte (sem contar com os caixilhos);

AAb_O : Corresponde à área (m^2) de abertura na fachada que é voltada para o Oeste (sem contar com os caixilhos);

AAb_S : Corresponde à área (m^2) de abertura na fachada que é voltada para o Sul (sem contar com os caixilhos);

AP_{ambL} : Corresponde à área (m^2) da parede externa que é voltada para o Leste;

AP_{ambN} : Corresponde à área (m^2) da parede externa que é voltada para o Norte;

AP_{ambO} : Corresponde à área (m^2) da parede externa que é voltada para o Oeste;

AP_{ambS} : Corresponde à área (m^2) da parede externa que é voltada para o Sul;

A_{parInt} : Corresponde à área (m^2) das paredes internas, sem considerar as aberturas;

AU_{amb} : Corresponde a área (m^2) útil em questão;

α_{cob} : Valor entre 0,10 e 0,90; corresponde a absorptância (adimensional) da cobertura externa;

α_{par} : Valor entre 0,10 e 0,90; corresponde a absorptância (adimensional) das paredes externas;

C_{altura} : Razão entre o pé direito da edificação e a área útil do ambiente (adimensional);

cob : Se a superfície superior for voltada para o exterior (cobertura), o valor é 1, se não, é 0;

CT_{alta} : Média ponderada das capacidades térmicas (kJ/m^2K) das paredes externas, internas e coberturas pelas respectivas áreas. Caso seja maior do que $250 kJ/m^2K$, o CT deve ser considerado 1, caso seja menor, deve-se considerar 0;

CT_{baixa} : Média ponderada das capacidades térmicas (kJ/m^2K) das paredes externas, internas e coberturas pelas respectivas áreas. Caso seja menor do que $50 kJ/m^2K$, o CT deve ser considerado 1, caso seja maior, deve-se considerar 0. E se o valor estiver entre 50 e $250 kJ/m^2K$, o valor de alta e de baixa, deve ser considerado como 0;

CT_{cob} : Refere-se a capacidade térmica (kJ/m^2K) da cobertura (todas as camadas entre o interior e exterior), caso esta não estiver voltada para o exterior, a variável pode ser considerada como 0;

CT_{par} : Refere-se a média ponderada das capacidades térmicas (kJ/m^2K) das paredes (externas e internas) pelas respectivas áreas;

F_{vent} : Razão entre a área da abertura para ventilação em relação a área da abertura do vão, ou seja, varia de 0 a 1 (adimensional);

isol: Se existir isolamento térmico e transmitância térmica menor ou igual a $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ nas paredes externas e coberturas, o valor desta variável será 1, caso não atenda a este limite, será 0;

P_{ambL} : Se o ambiente possuir parede externa voltada para o Leste, o valor desta variável será 1, caso não, será 0;

P_{ambN} : Se o ambiente possuir parede externa voltada para o Norte, o valor desta variável será 1, caso não, será 0;

P_{ambO} : Se o ambiente possuir parede externa voltada para o Oeste, o valor desta variável será 1, caso não, será 0;

P_{ambS} : Se o ambiente possuir parede externa voltada para o Sul, o valor desta variável será 1, caso não, será 0;

PD: Corresponde ao pé direito (m) da edificação;

pil: Se o ambiente possuir um piso com contato externo com o exterior através de pilotis, ou seja, caso o ambiente esteja sobre pilotis o valor desta variável será 1, caso não, será 0;

solo: Se o piso estiver em contato com o solo (laje de terrapleno), o valor é 1, caso não, é considerado 0;

$\text{Som}A_{\text{parext}}$: Corresponde ao somatório das áreas das paredes externas do ambiente, contando as que estiverem voltadas para o Norte, Sul, Leste e Oeste;

somb: Caso exista dispositivos de proteção externos às aberturas, o valor é 1, caso não tenha é 0. O valor 1, é para quando o dispositivo de proteção cobre 100% a abertura. Se for preciso calcular o valor de somb, existe um método determinado para este cálculo que se encontra no Anexo I do próprio documento “Portaria INMETRO N°449/2010”. E se o valor encontrado for maior que 75%, pode-se considerar o valor de somb igual a 1;

U_{cob} : Corresponde a transmitância térmica ($\text{W/m}^2\text{K}$) da cobertura, considerando-se todas as camadas, em situações em que a cobertura não estiver voltada para o exterior, o valor deverá ser 0;

U_{par} : Corresponde a transmitância térmica ($\text{W/m}^2\text{K}$) das paredes externas, considerando-se todas as camadas;

U_{vid} : Corresponde a transmitância térmica ($\text{W/m}^2\text{K}$) do vidro;

vid: Caso o ambiente possua vidro duplo a variável será 1, caso não, será 0;

volume: Multiplicação entre o pé direito da edificação e a área útil (m^3).

Assim, com o cálculo desta equação, tem-se o valor de GH_R , a este é atribuído um valor de $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}}$ para a zona bioclimática 3, através da Tabela 3.7.

Tabela 3.7 – Relação entre o Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente para Resfriamento, Condição (GH_R) e a eficiência; para zona bioclimática 3

Eficiência	EqNumEnvAmb_{Resfr}	Condição
A	5	$GH_R \leq 822$
B	4	$822 < GH_R \leq 1643$
C	3	$1643 < GH_R \leq 2465$
D	2	$2465 < GH_R \leq 3286$
E	1	$GH_R > 3286$

Após obtido o EqNumEnvAmb_{Resfr}, o próximo passo é calcular o Consumo Relativo anual para Aquecimento (C_A), para obter-se o Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente para aquecimento (EqNumEnvAmb_A). Continuando-se com o exemplo da ZB3, o C_A pode ser obtido através da equação (3.5).

$$\begin{aligned}
 C_A = & \left[(a) + (b \cdot CT_{par}) + (c \cdot AU_{amb}) + (d \cdot P_{ambS}) + (e \cdot CT_{baixa}) + (f \cdot solo) \right. \\
 & + (g \cdot pil) + (h \cdot U_{cob}) + (i \cdot \alpha_{par}) + (j \cdot CT_{cob}) + (k \cdot SomA_{parExt}) \\
 & + (l \cdot AAb_S) + (m \cdot Ab_N) + \left[n \cdot \left(U_{cob} \cdot \frac{\alpha_{cob}}{CT_{cob}} \right) \cdot AU_{amb} \right] + (o \cdot CT_{alta}) \\
 & + (p \cdot U_{par}) + (q \cdot F_{vent}) + (r \cdot cob) + (t \cdot PD) \\
 & + (u \cdot SomA_{parExt} \cdot CT_{par}) + (v \cdot AP_{ambN} \cdot \alpha_{par}) \\
 & \left. + (w \cdot AP_{ambS} \cdot \alpha_{par}) + \left(x \cdot \frac{PD}{AU_{amb}} \right) \right] / 1000
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

Sendo as constantes, dada pela Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Constantes da equação (3.5)

Constante	Valor	Constante	Valor	Constante	Valor	Constante	Valor
a	6981,8136	g	2479,9604	m	-543,4286	s	-3315,0119
b	0,3717	h	394,0458	n	14,0555	t	1262,6737
c	-122,4306	i	-2521,9122	o	-1583,9814	u	-0,0219
d	1557,3444	j	-1,2280	p	990,0915	v	-75,9370
e	2109,4866	k	65,4370	q	-1111,1099	w	-80,3345
f	2802,3931	l	131,7352	r	4323,9241	x	-15281,1938

A definição das variáveis existentes nesta equação (3.5), são as mesmas das equação (3.4). Após o cálculo do “ C_A ”, este valor obtido, é atribuído ao EqNumEnvAmb_A, de acordo com a Tabela 3.9.

Tabela 3.9 – Relação entre Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente para aquecimento, consumo relativo para aquecimento e Eficiência; para zona bioclimática 3

Eficiência	EqNumEnvAmb_A	Condição(kWh/m².ano)
A	5	$C_A \leq 6,429$
B	4	$6,429 < C_A \leq 12,858$
C	3	$12,858 < C_A \leq 19,287$
D	2	$19,287 < C_A \leq 25,716$
E	1	$C_A > 25,716$

Encontrando-se o $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ e o $EqNumEnvAmb_A$ de cada ambiente, é feito uma média ponderada pelas áreas úteis dos respectivos ambientes, obtendo-se assim os equivalentes da envoltória de resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$) e de aquecimento ($EqNumEnv_A$) total. E com estes valores, pode ser encontrado o Equivalente Numérico da Envoltória ($EqNumEnv$) para a ZB3, pela equação (3.6).

$$EqNumEnv = 0,64 \cdot EqNumEnv_{Resfr} + 0,36 \cdot EqNumEnv_A \quad (3.6)$$

E por fim, para obter-se o Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água ($EqNumAA$), há também pré-requisitos a serem atendidos antes da avaliação. Estes, podem ser divididos basicamente em 3 pré-requisitos: O **primeiro**, evidencia o fato de que a tubulação destinada a água quente deve ser apropriada e estar dentro das normas técnicas. **Segundo**, reservatórios de água quente (que não pertençam a sistema de aquecimento solar), deve ser constatado que a sua estrutura tenha resistência térmica mínima de 2,20 (m²K)/W. E **terceiro**, para as instalações hidrossanitárias, as tubulações metálicas (de água quente) devem ter isolamento térmico com espessura mínima de 1 cm para tubulações com menos de 100 cm (condutividade térmica de 0,032 a 0,040 W/mK e temperatura da água maior ou igual a 38°C) ou espessura mínima de 2,5 cm para tubulações com 100 cm ou mais (condutividade térmica de 0,032 a 0,040 W/mK e temperatura da água maior ou igual a 38°C). E as tubulações que não são metálicas (de água quente), a espessura mínima de isolamento é de 1 cm (para qualquer comprimento e condutividade térmica de 0,032 a 0,040 W/mK. E para situações que não encaixam-se a estes valores, há um cálculo que pode ser realizado para encontrar-se uma espessura mais específica, este procedimento pode ser visto no anexo da Portaria INMETRO N°449/2010 (INMETRO, 2010).

Após a verificação destes pré-requisitos, a análise para o procedimento da determinação do $EqNumAA$, pode ser realizado. Lembrando que para as regiões Norte e

Nordeste, quando não tiverem sistema de aquecimento de água, o EqNumAA é atribuído diretamente como igual a 2 (Nível D) e para outras regiões, deve ser igual a 1 (Nível E). Estas condições ficam restritas a estes valores pois o usuário não possuindo um sistema de aquecimento, fica restrito apenas à instalação de chuveiro elétrico.

Quando o sistema de aquecimento é composto por sistemas mistos, o EqNumAA, deve ser considerado o maior resultado ao obter-se a combinação dos sistemas de aquecimento solar à gás ou a bomba de calor. E quando houver a presença de aquecimento solar com 70% de participação, em relação ao aquecimento elétrico, o EqNumAA, deve ser o do sistema de aquecimento solar.

Em geral, para os sistemas de aquecimento mistos de água, o EqNumAA é obtido através da equação (3.7).

$$\text{EqNumAA} = \% \text{EqNumAA1} + \% \text{EqNumAA2} + \dots + \% \text{EqNumAA}n \quad (3.7)$$

Sendo, o “EqNumAA1”, “EqNumAA2” e “EqNumAA”n”, os Equivalentes Numéricos obtidos de diferentes sistemas de aquecimento, que podem ser: aquecimento solar, aquecimento à gás, aquecimento através de bombas de calor, aquecimento elétrico e aquecimento por caldeiras a óleo.

a) Aquecimento solar:

Para este tipo de aquecimento, há pré-requisitos a serem cumpridos para que possam obter os níveis A ou B: os aquecedores terem os seus coletores instalados num ângulo e orientação determinadas pela especificação, e obterem o ENCE A ou B ou o Selo Procel; os reservatórios possuírem o Selo Procel, e terem o isolamento térmico adequado e a capacidade de armazenamento mínimo enquadrada com os cálculos a serem feitos a seguir.

O EqNumAA para o sistema de aquecimento solar, será obtido através da comparação entre os cálculos e as características dos equipamentos.

Primeiramente, é necessário calcular-se o volume de armazenamento (V_{armaz}) em m^3 obtido através da equação (3.8). Sendo o “ V_{consumo} ”, o volume de consumo diário de água a ser aquecido, porém tendo como mínimo um volume de $0,05 \text{ m}^3/\text{pessoa}/\text{dia}$, e no mínimo duas pessoas/dormitório social, e uma pessoa/dormitório de dependência de serviço; o “ T_{consumo} ”, é a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de utilização da água, tendo como mínimo de 40°C , exceto no Norte e Nordeste que pode ser adotado 38°C ; “ T_{armaz} ” a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de armazenamento da água possuindo os limites estabelecidos igual ao de “ T_{consumo} ”; e por fim,

o “ T_{ambiente} ” que é a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) média (anual) do local em que o sistema encontra-se, pode ser obtido através da Figura 3.2, obtido do Atlas Brasileiro de Energia Solar (PEREIRA et al., 2006), recomendado pela NBR 15569 referente ao Sistema de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto (ABNT, 2008).

$$V_{\text{armaz}} = \frac{V_{\text{consumo}} \cdot (T_{\text{consumo}} - T_{\text{ambiente}})}{(T_{\text{armaz}} - T_{\text{ambiente}})} \quad (3.8)$$

Após esta etapa de cálculo, o próximo é a demanda de energia ($DE_{\text{mês}}$) útil (com valores de radiação solar mês a mês) em kWh/mês, através da equação (3.9). Sendo, “ Q_{dia} ” o consumo diário de água quente (referente à temperatura “ T_{ACS} ”), o “ N ”, o número de dias/mês em questão; “ T_{ACS} ” a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) utilizada para a quantidade de água quente utilizada e “ T_{AF} ”, a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de água fria, vinda da rede.

$$DE_{\text{mês}} = Q_{\text{dia}} \cdot N \cdot (T_{\text{ACS}} - T_{\text{AF}}) \cdot 1,16 \cdot 10^{-3} \quad (3.9)$$

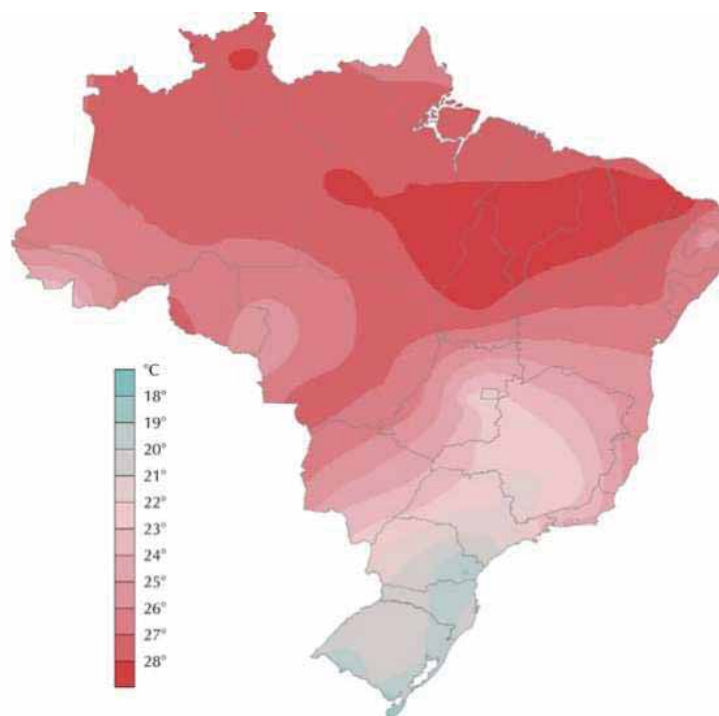


Figura 3.2 – Mapa da Média Anual de Temperatura (PEREIRA et al., 2006)

O próximo passo, é o cálculo da eficiência (η) em %, das placas coletoras do aquecedor solar, através da equação (3.10), sendo o “ $F_R(\tau\alpha)_n$ ” o fator de eficiência óptica

W/(m².K) do coletor solar encontradas nas tabelas do Programa Brasileiro de Etiquetagem, ou PBE (INMETRO, 2011); o “T_e” representa a temperatura (K) de entrada no coletor; “T_{AMB}”, a temperatura (K) ambiente do local e “I”, a intensidade da radiação solar (W/m²) que incide no coletor que podem ser obtidas no Atlas Solarimétrico (PEREIRA et al., 2006) da região.

$$\eta = F_R(\tau\alpha)_n - F_R U_L \cdot \frac{(T_e - T_{AMB})}{I} \quad (3.10)$$

O passo seguinte é a realização de uma sequência de cálculos para a obtenção da produção energética da instalação (porcentagem da demanda energética coberta pela instalação solar). Primeiro, é calculado a radiação solar mensal incidente nos coletores (EI_{mês}), através da equação (3.11); sendo o “H_{dia}” a radiação solar incidente no plano inclinado que pode ter seus valores consultados no Atlas Solarimétrico (CRESESB, 2000), um exemplo pode ser visto na Figura 3.3, que demonstra a radiação solar diária (média mensal) no mês de junho. E o “N”, representa o número de dias do mês em questão. O “EI_{mês}”, é calculado mês a mês, e no final calcula-se a média destes valores para obter-se um “EI_{mês}” final.

$$EI_{mês} = H_{dia} \cdot N \quad (3.11)$$

Seguindo o procedimento, é necessário calcular-se o Fator Adimensional (F'_R(τ α)), dado pela equação (3.12).

Sendo o “F_R(τ α)_n”, o fator de eficiência óptica do coletor já citado anteriormente na equação (3.10); o “[τ α] / (τ α)_n” é o modificador do ângulo de incidência, caso não tenha esta informação, pode ser adotado o valor de 0,96 para os coletores confeccionados com vidro. E o “F'_R / F_R”, o fator de correção do conjunto coletor/trocador, caso não haja esta informação pode ser adotado o valor de 0,95.

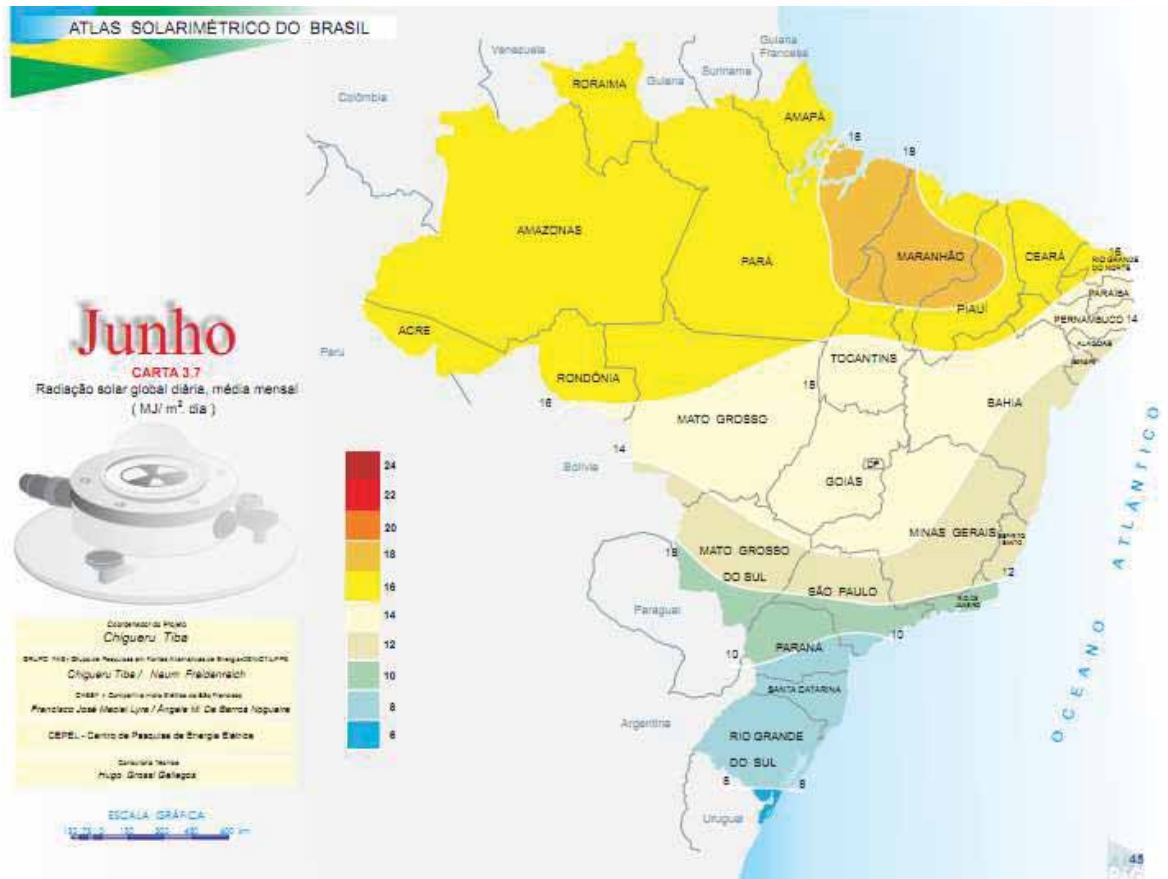


Figura 3.3 – Atlas Solarimétrico do Brasil – Radiação solar diária no mês de Junho (CRESESB, 2000)

$$F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)_n \cdot \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \cdot \frac{F'_R}{F_R} \quad (3.12)$$

Assim, calcula-se a energia solar mensal absorvida ($EA_{\text{mês}}$) pelos coletores do aquecedor solar (kWh/mês), desenvolvida pela equação (3.13); sendo o S_C , a área (m^2) da superfície do coletor solar, “ $F'_R(\tau\alpha)$ ” o valor encontrado na equação (3.12); e por fim, o “ $EI_{\text{mês}}$ ” o valor encontrado na equação (3.11).

$$EA_{\text{mês}} = S_C \cdot F'_R(\tau\alpha) \cdot EI_{\text{mês}} \quad (3.13)$$

O próximo cálculo é do parâmetro “ D_1 ”, que é obtido através da equação (3.14); sendo o “ $EA_{\text{mês}}$ ”, o valor obtido na equação (3.13) e o “ $DE_{\text{mês}}$ ”, o valor encontrado na equação (3.9).

$$D_1 = \frac{EA_{\text{mês}}}{DE_{\text{mês}}} \quad (3.14)$$

Após o cálculo do parâmetro “D₁” é realizado o cálculo do segundo parâmetro “D₂”, porém antes são calculados os seus parâmetros. Primeiro, é obtido o fator de correção para armazenamento (K₁) através da equação (3.15); sendo o “V” o volume de acumulação solar (l), e o “S_C”, a área (m²) da superfície do coletor.

$$K_1 = \left[\frac{V}{75 \cdot S_c} \right]^{-0,25} \quad (3.15)$$

Após realizado este cálculo, é feito o cálculo do fator de correção para o aquecimento solar (K₂), representado pela equação (3.16) ; sendo o “T_{AC}” a temperatura mínima (°C) admissível da água quente, tendo como valor a ser utilizado 45°C; “T_{AF}” a temperatura (°C) da água fria da rede; “T_{AMB}” a temperatura ambiente (K).

$$K_2 = \frac{(11,6 + 1,18T_{AC} + 3,86T_{AF} - 2,32T_{AMB})}{(100 - T_{AMB})} \quad (3.16)$$

Assim, dando continuidade aos cálculos, o próximo valor a ser encontrado é o fator “F’_RU_L” (kW/(m².K)), dado pelo equação (3.17); sendo o “F_RU_L” o coeficiente global de perdas do coletor (W/(m².K)), este depende da convecção interna, da condução pelas paredes, da convecção e radiação nas paredes externas. “F’_R / F_R”, o fator de correção do conjunto coletor/trocador, caso não haja este parâmetro pode ser adotado o valor de 0.95.

$$F'_{RU_L} = F_{RU_L} \cdot \frac{F'_R}{F_R} \cdot 10^{-3} \quad (3.17)$$

E para o cálculo da energia solar mensal não aproveitada pelos coletores solares (EP_{mês}) dado em kWh/mês, há a equação (3.18); sendo o “S_C” a área do coletor solar (m²), o “F’_RU_L”, o valor encontrado na equação (3.17); o “T_{AMB}”, o valor da temperatura ambiente (K), “ΔT” o período de tempo (h) em questão; e “K₁” e “K₂” dado pelas equações (3.15) e (3.16), respectivamente.

$$EP_{mês} = S_C \cdot F'_{RU_L} \cdot (100 - T_{AMB}) \cdot \Delta T \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (3.18)$$

E assim, com estes parâmetros calculados, pode-se encontrar o valor do parâmetro “ D_2 ”, através da equação (3.19); sendo o “ $EP_{\text{mês}}$ ” o valor encontrado na equação (3.18); e o “ $DE_{\text{mês}}$ ”, o valor encontrado na equação (3.9).

$$D_2 = \frac{EP_{\text{mês}}}{DE_{\text{mês}}} \quad (3.19)$$

O passo seguinte é o cálculo da fração solar mensal (f), determinada pela equação (3.20).

$$f = 1,029D_1 - 0,065D_2 - 0,245(D_1)^2 + 0,0018(D_2)^2 + 0,0215(D_1)^3 \quad (3.20)$$

Com este valor, pode-se encontrar a energia útil mensal coletada ($EU_{\text{mês}}$) dada em kWh/mês, com a equação (3.21); sendo o “f”, o valor encontrado na equação (3.20); e o “ $DE_{\text{mês}}$ ” o valor encontrado na equação (3.9).

$$EU_{\text{mês}} = f \cdot DE_{\text{mês}} \quad (3.21)$$

E por fim, a fração solar anual (F), dada pela equação (3.22).

$$F = \frac{\sum_1^{12} EU_{\text{mês}}}{\sum_1^{12} DE_{\text{mês}}} \quad (3.22)$$

Após estes cálculos feitos é necessário verificar-se o volume de armazenamento do projeto, e constatar se este está entre os valores de 50 a 150 litros/m² de coletor; se esta condição não for atendida, o nível a ser admitido será D se o valor estiver entre 40 a 50 litros/m² ou superior a 150 litros/m²; e nível E se o valor estiver abaixo de 40 litros/m². E com a fração solar anual (F), compará-lo ao valor do projeto e assim classificar o sistema de aquecimento solar através do Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Classificação da Eficiência de Sistemas de Aquecimento Solar

Dimensionamento	
Maior ou igual ao dimensionamento obtido nos cálculos (equivalente à fração solar mínima de 70%)	A
Até 10% menor que o dimensionamento obtido nos cálculos (equivalente à fração solar anual entre 60 e 69%)	B
De 10% a 20% menor que o dimensionamento obtido nos cálculos (equivalente à fração solar anual entre 50 e 59%)	C
Mais de 20% menor que o dimensionamento obtido nos cálculos (equivalente à fração solar anual menor que 50%)	D

b) Aquecimento à gás:

Os aquecedores a gás do tipo instantâneo e de acumulação devem ter o ENCE (Tabela PBE) e seguir as normas técnicas estabelecidas a eles. Caso os aquecedores não atendam as normas estabelecidas nas Tabelas do PBE, há um procedimento a ser adotado que pode ser visto no anexo da Portaria INMETRO N^o449/2010 item 3.2.2.2, sub item c (INMETRO, 2010).

Os pré-requisitos para este tipo de sistema são: os aquecedores à gás devem possuir o ENCE A ou B, e atenderem as normas técnicas (brasileiras ou internacionais). Devem estar instalados em lugares apropriados (protegidos de intempéries) com ventilação e para a instalação é recomendável os profissionais do Programa de Qualificação de Fornecedores de Instalações Interna de Gases Combustíveis e Aparelhos a Gás (QUALINSTAL GÁS).

Após a verificação destes pré-requisitos, pode-se iniciar os cálculos do dimensionamento do aquecedor a gás do tipo instantâneo, começando com a determinação da vazão instantânea de água quente, levando em conta o perfil e o número de moradores, tendo como base o mínimo de 50 litros/pessoa/dia, e duas pessoas por dormitório social e uma pessoa por dormitório de dependência de serviço. Este valor de vazão pode ser obtido de acordo com o fabricante. E para encerrar o dimensionamento do aquecedor a gás, obtêm-se a potência útil (Q) do aquecedor a gás do tipo instantâneo dado em kW, demonstrado pela equação (3.23); sendo o “ $m_{\text{máximo}}$ ” a vazão máxima de água demandada simultaneamente

(litros/h); c o calor específico da água $1,00 \text{ cal/g}\cdot\text{°C}$; “ T_{consumo} ” a temperatura (°C) de consumo de utilização com 38°C no mínimo para as regiões Norte e Nordeste e as demais com 40°C no mínimo; e “ $T_{\text{água fria}}$ ” a temperatura (°C) da água fria do local de instalação.

$$Q = \frac{m_{\text{máxima}} \cdot c \cdot (T_{\text{consumo}} - T_{\text{água fria}})}{860} \quad (3.23)$$

O cálculo seguinte, trata-se do dimensionamento de sistema de acumulação individual, através de quatro cálculos; sendo o primeiro a obtenção do volume de pico de água quente (V_{pico}) dado em litros, considerando-se o período de uma hora, no caso do período de maior consumo, demonstrado na equação (3.24); sendo “ $V_{\text{individual}}$ ” o volume (l) de consumo diário de água quente por unidade habitacional; e o “ $FS_{\text{individual}}$ ” o fator de simultaneidade de uso na UH, caso não tenha conhecimento deste, pode ser adotado o valor de 0,45.

$$V_{\text{pico}} = V_{\text{individual}} \cdot FS_{\text{individual}} \quad (3.24)$$

Seguindo o dimensionamento do sistema de acumulação individual é necessário o cálculo do volume (l) mínimo de água quente armazenada (V_{armaz}), para isto basta multiplicar-se o “ V_{pico} ” encontrado na equação (3.24) pelo fator de minoração (F_{armaz}) dado pela Tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Fator de Minoração para a determinação do volume mínimo de armazenamento

Volume na hora de maior consumo (litros)	Fator de armazenamento (F_{armaz})
$0 < V_{\text{pico}} < 1500$	1/3
$1501 < V_{\text{pico}} < 6000$	1/4
$6001 < V_{\text{pico}} < 12000$	1/5
$12001 < V_{\text{pico}} < 20000$	1/6
$V_{\text{pico}} > 20001$	1/7

O próximo cálculo é a obtenção do volume de recuperação (V_{recup}) dado em litros/h, que é a subtração entre o “ V_{pico} ” obtido na equação (3.24) e o “ V_{armaz} ” obtido no cálculo anterior. E por fim a potência útil do aquecedor (Q) dado em kW, demonstrado na equação (3.25); sendo “ V_{recup} ” o valor encontrado no passo anterior; c o calor específico da água $1,0 \text{ cal/g}\cdot\text{°C}$; “ T_{armaz} ” a temperatura (°C) de armazenamento da água que deve ser no mínimo

igual a temperatura de consumo; e “ $T_{\text{água fria}}$ ” a temperatura de água fria do local de instalação ($^{\circ}\text{C}$). Finalizando-se assim o dimensionamento de sistema de acumulação individual.

$$Q = \frac{V_{\text{recup}} \cdot c \cdot (T_{\text{armaz}} - T_{\text{água fria}})}{860} \quad (3.25)$$

Para o dimensionamento do sistema central coletivo a gás são necessários cinco cálculos semelhantes ao do dimensionamento anterior. Começando-se com o cálculo do volume diário consumido de água quente armazenada ($V_{\text{diário}}$) dado em litros, demonstrado na equação (3.26); sendo o “ V_{consumo} ” o volume total (litros/dia) de água quente consumido diariamente; “ T_{consumo} ” a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de consumo de utilização com um valor mínimo de 38°C para as regiões Norte e Nordeste e de 40°C para as demais regiões. O “ T_{armaz} ” a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) de armazenamento de água sendo como valor mínimo o valor da temperatura de consumo; e por fim a “ $T_{\text{água fria}}$ ”, que é a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) da água fria no local da instalação.

$$V_{\text{diário}} = \frac{V_{\text{consumo}} \cdot (T_{\text{consumo}} - T_{\text{água fria}})}{(T_{\text{armaz}} - T_{\text{água fria}})} \quad (3.26)$$

O passo seguinte é a determinação do volume de água quente máximo consumido em uma hora no período de maior consumo (V_{pico}) dado em litros, demonstrado na equação (3.27); sendo o “ $V_{\text{diário}}$ ” o valor calculado na equação (3.26); e o “FS” o fator de simultaneidade de uso em uma hora (normalmente adotado como 0,45).

$$V_{\text{pico}} = V_{\text{diário}} \cdot \text{FS} \quad (3.27)$$

E para a determinação do volume mínimo de água quente armazenada (V_{armaz}) dado em litros, multiplica-se o “ V_{pico} ” obtido na equação (3.27) por “ F_{armaz} ” obtido na Tabela 3.10.

O volume de recuperação “ V_{recup} ” é dado pela equação (3.28); sendo “ V_{pico} ” obtido através da equação (3.27) e “ V_{armaz} ” o valor obtido no passo anterior.

$$V_{\text{recup}} = V_{\text{pico}} - V_{\text{armaz}} \quad (3.28)$$

E por fim o cálculo da potência útil dos aquecedores (Q) dado em kW, demonstrada pela equação (3.29). Sendo o “ V_{recup} ”, o valor encontrado na equação (3.28); “ c ” o calor específico da água 1,00 cal/(g°C); o “ T_{armaz} ” a temperatura (°C) de armazenamento da água; e o “ $T_{\text{água fria}}$ ” a temperatura (°C) da água fria do local de instalação.

$$Q = \frac{V_{\text{recup}} \cdot c \cdot (T_{\text{armaz}} - T_{\text{água fria}})}{860} \quad (3.29)$$

Após todos estes cálculos para o aquecedor a gás, a classificação pode ser realizada (nível A ou B), através da comparação da potência do sistema de aquecimento e o volume de armazenamento do projeto com os cálculos realizados, caso haja uma variação de 20% pra mais ou pra menos, entre os resultados, pode ser adotado o nível A ou B.

c) Bombas de Calor³:

A eficiência adotada às bombas de calor partem da análise do coeficiente de performance (COP), medido através das normas ASHRAE Standard 146 (ASHRAE, 2006), ASHRAE 13256 (ASHRAE, 1998) ou AHRI 1160 (AHRI, 2009). O COP⁴, é a razão entre o calor retirado e o trabalho realizado; ele depende da temperatura de evaporação, da temperatura de condensação, das propriedades do equipamento e de todos os seus componentes.

O gás refrigerante utilizado, não pode ser nocivo ao meio ambiente.

A Tabela 3.11 demonstra a relação entre o nível de eficiência e o COP (W/W).

Tabela 3.11 – Nível de eficiência para bombas de calor

COP (W/W)	Nível de Eficiência
COP ≥ 3,0	A
2,0 ≤ COP < 3,0	B
COP < 2,0	C

³ Uma bomba de calor é um ar condicionado que contém uma válvula que permite alternar seu modo de operação entre “ar condicionado” e “aquecedor”, e são caracterizadas por um coeficiente de desempenho (COP) que equivale à quantidade de energia entregue ao reservatório quente em relação à quantidade de trabalho.

⁴ Coeficiente de Performance.

d) Sistema de Aquecimento Elétrico:

Para os aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas, a eficiência é dada pela potência do próprio aparelho (aparelhos pertencentes ao PBE), de acordo com a Tabela 3.12.

Tabela 3.12 – Nível de Eficiência para aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas

Potência (W)	Nível de Eficiência
$P \leq 4600$	D
$P > 4600$	E

Caso o equipamento possua a potência regulável, a sua maior potência que será considerada. Porém equipamentos que não possuam a classificação do INMETRO já receberão o nível E.

Para os aquecedores elétricos de hidromassagem (aparelhos pertencentes ao PBE), a eficiência também é dada pela sua potência, esta relação pode ser vista na Tabela 3.13. Caso o equipamento não seja classificado pelo INMETRO, receberá o nível E.

Tabela 3.13 – Nível de Eficiência para aquecedores elétricos de hidromassagem

Potência (W)	Nível de Eficiência
$P \leq 5000$	D
$P > 5000$	E

Para os aquecedores elétricos por acumulação (certificados pelo ENCE e de acordo com as normas técnicas destinadas a ele), conhecidos como “boiler”, devem possuir um timer para que seja evitado o seu uso no horário de ponta. Sua classificação é determinada pelo PBE, assim, aqueles que pertencerem ao PBE, possuirão um nível de eficiência D, e para os demais casos, o nível será E. Caso não sejam classificados pelo INMETRO já terão sua eficiência determinada inicialmente como nível E. Lembrando que os sistemas de aquecimento solar de água que possuem resistência elétrica para aquecimento complementar, não pertencem a esta categoria.

e) Caldeiras a óleo:

Para este tipo de sistema de aquecimento, será utilizado o critério de que os que utilizam como combustível fluido líquido (ex: óleo diesel), terão o nível de eficiência E.

Assim, com os cálculos obtidos para os sistemas de aquecimento mistos, utiliza-se a equação (3.7); sendo a %, a porcentagem de demanda do aquecimento de água de cada respectivo sistema. E os EqNumAA_n, são obtidos referindo o seu Nível de Eficiência obtido com o método (de acordo com o tipo do sistema), para o seu correspondente Equivalente Numérico, podendo-se utilizar a Tabela 3.1. E por fim, obtendo-se o EqNumAA.

Para finalizar a determinação das variáveis da equação principal equação (3.1) que determina a classificação da unidade habitacional, basta obter-se as bonificações, estas que são de caráter contributivo no aumento da eficiência da edificação. E podem ajudar a aumentar a pontuação em até 1 ponto.

São **8 tipos de bonificações** que podem ser vistas detalhadamente no Quadro 3.2.

Lembrando que as tabelas consultadas do PBE devem ser referentes as das últimas versões.

Na bonificação 1 (b1), existe um cálculo extra caso a edificação possua mais de 2 pavimentos: é necessário corrigir a porosidade multiplicando-a por um coeficiente redutor, que varia de acordo com a altura da abertura e o número de pavimentos, esta relação pode ser vista através da Tabela 3.14.

A equação citada no Quadro 3.2, referente a bonificação 3 (b3), é a equação (3.30) sendo o “BS_{AP}” a quantidade de bacias sanitárias que utilizam água pluvial; “BS” o número que bacias sanitárias; “BS_E” o número de bacias sanitárias que fazem o uso da descarga com duplo acionamento; “CH_E” o número de chuveiros que possuem dispositivo de restrição da vazão; “CH” o número de chuveiros; “T_E” o número de torneiras que possuam dispositivos de controle da vazão; “T” a quantidade de torneiras exceto as existentes nas áreas de uso comum; “OUTROS_{AP}” o número de outros pontos que utilizam a água pluvial exceto as bacias sanitária; e por fim “OUTROS” referindo o número de pontos que podem utilizar a água pluvial exceto as bacias sanitárias.

Tabela 3.14 – Coeficiente de redução da porosidade

Pavimento	Altura da abertura (m)	Coeficiente redutor da porosidade
3	7,5	0,8
4	10,5	0,7
5	13,5	0,7
6	16,5	0,6
7	19,5	0,6
8	22,5	0,6
9	25,5	0,5
10	28,5	0,5
11	31,5	0,5
12	34,5	0,5
13	37,5	0,5
14	40,5	0,5
15	43,5	0,5

$$b3 = 0,07 \cdot \left(\frac{BS_{AP}}{BS} \right) + 0,04 \cdot \left(\frac{BS_E}{BS} \right) + 0,04 \cdot \left(\frac{CH_E}{CH} \right) + 0,02 \cdot \left(\frac{T_E}{T} \right) + 0,03 \cdot \left(\frac{OUTROS_{AP}}{OUTROS} \right) \quad (3.30)$$

O **quarto** tipo de **bonificação (b4)**, exige o Equivalente Numérico da Envoltória quando condicionada artificialmente com o nível máximo, este que é meramente informativo, e apenas pré-requisito para esta bonificação. Para esta classificação, é necessário o cálculo do consumo relativo anual para refrigeração (C_R) dos dormitórios (exceto os de serviço), obtido através da equação (3.31), neste caso apresentado para a ZB3. A bonificação é dada proporcionalmente, pois caso 2 dos 3 ambientes de permanência prolongada possuïrem os equipamentos com o Selo Procel ou ENCE A, ao invés da edificação obter a pontuação total 0,20, para esta bonificação, ela receberá a pontuação proporcional, ou seja, 0,13

$$\begin{aligned}
C_R = & \left[(a) + \left(b \cdot \frac{PD}{AU_{amb}} \right) + (c \cdot CT_{baixa}) + (d \cdot solo) + (e \cdot \alpha_{par}) + (f \cdot CT_{cob}) \right. \\
& + (g \cdot somb) + (h \cdot Ab_S) + (i \cdot AU_{amb}) + (j \cdot SomA_{parExt} \cdot CT_{par}) \\
& + (k \cdot pil) + (l \cdot cob) + (m \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) \\
& + \left[n \cdot \left(U_{cob} \cdot \frac{\alpha_{cob}}{CT_{cob}} \right) \cdot AU_{amb} \right] + (o \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (p \cdot Ab_N) \\
& + \left(q \cdot \left(U_{par} \cdot \frac{\alpha_{par}}{CT_{par}} \right) \cdot SomA_{par} \right] + (r \cdot SomA_{par}) + (s \cdot \alpha_{cob}) \\
& + (t \cdot AAb_N \cdot somb) + (u \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) + (v \cdot AAb_L \cdot F_{vent}) \\
& + (w \cdot AAb_o \cdot F_{vent}) + (x \cdot AAb_S) + (y \cdot P_{ambS}) \\
& + (z \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (aa \cdot AP_{ambS} \cdot \alpha_{par}) \\
& \left. + (ab \cdot AAb_N \cdot F_{vent}) + (ac \cdot AAb_N \cdot (1 - somb)) \right] / 1000
\end{aligned} \tag{3.31}$$

Sendo as constantes demonstradas na Tabela 3.15:

Tabela 3.15 - Constantes da equação (3.31)

Constante	Valor	Constante	Valor	Constante	Valor
a	7867,8924	k	-1185,7252	u	641,0082
b	33900,9915	l	-2582,5286	v	493,2535
c	-4066,2367	m	92,4051	w	485,5657
d	-4446,9250	n	-14,3024	x	-199,1908
e	6016,2116	o	-46,8056	y	-660,4513
f	1,8199	p	-351,0817	z	73,9340
g	-1827,6311	q	-7,4793	aa	-112,7864
h	-877,7417	r	31,0384	ab	397,1551
i	-79,8228	s	1977,0195	ac	-247,9866
j	0,0211	t	16,3096		

E as definições das variáveis, são as mesmas da equação (3.4). Após determinado o valor de “C_A”, este pode ser trocado pelo seu Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente para Refrigeração (EqNumEnvAmb_{Refrig}), através da Tabela 3.16.

Tabela 3.16 – Relação entre o Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente para Refrigeração, a Condição e a Eficiência para Zona Bioclimática 3

Eficiência	EqNumEnvAmb_{Refrig}	Condição (kWh/m².ano)
A	5	$C_R \leq 6,890$
B	4	$6,890 < C_R \leq 12,284$
C	3	$12,284 < C_R \leq 17,677$
D	2	$17,677 < C_R \leq 23,071$
E	1	$C_R > 23,071$

Após feito este cálculo e a equivalência na Tabela 3.16 para cada dormitório é feito a média ponderada pelas respectivas áreas úteis, para assim obter-se o EqNumEnv_{Refrig} total. Para a obtenção do EqNumEnv quando condicionada artificialmente é feito o cálculo através da equação (3.32), sendo o EqNumEnv_{Refrig} o valor encontrado através da equação (3.31) e da Tabela 3.16; e o EqNumEnv_A, o valor encontrado através da equação (3.5) e da Tabela 3.9. Assim, se comprovado o nível A, a bonificação pode ser dada, desde que os condicionadores de ar do tipo janela e do tipo split, possuam o ENCE A ou certificados pelo Selo Procel. E os condicionadores de ar do tipo central ou condicionadores não regulamentados pelo Inmetro, devem atender as normas do RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos); e as cargas térmicas do sistema de resfriamento e aquecimento devem ser dimensionadas de acordo com normas adequadas e certificadas. A definição do EqNumEnv_{Refrig}, não é obrigatória para obter-se a pontuação final da edificação.

$$\text{EqNumEnv} = 0,64 \cdot \text{EqNumEnv}_{\text{Refrig}} + 0,36 \cdot \text{EqNumEnv}_A \quad (3.32)$$

Assim, com estes 8 tipos de bonificações, pode ser obtido a **bonificação total** somando-se as 8 pontuações das bonificações. Com o cálculo de todos os requisitos pedidos na equação (3.1), a Pontuação Total da Edificação Unifamiliar, pode ser obtida e através da Tabela 3.2, pode-se encontrar o Nível de Eficiência total da Edificação Unifamiliar.

Quadro 3.2 - Bonificações

Bonificação	Itens	Exigência	Pontuação Parcial	Pontuação Total
1) Ventilação Natural	a) Porosidade Mínima	Razão entre área efetiva da abertura para ventilação e a área da fachada correspondente $\geq 20\%$ (para até 2 pavimentos)	0,12	0,40
	b) Dispositivos Especiais	Ter dispositivos que contribuem com a ventilação (ex: venezianas móveis), e que tenham controle sob a luz natural e outros aspectos naturais climáticos como a chuva	0,16	
	c) Centro Geométrico	As aberturas externas terem um centro geométrico que varie de 0,40 a 0,70 m do piso	0,06	
	d) Aberturas Intermediárias (apenas para ZB8)	Permeabilidade mínima de 30% de área livre para circulação de ar quando a porta estiver fechada	0,06	
2) Iluminação Natural	a) Profundidade dos ambientes	Os ambientes de permanência prolongada, cozinhas e áreas de serviço devem atender a relação: Profundidade (P) $\leq 2,4 \cdot h_a$	0,20	0,30
	b) Refletância	Ambientes de permanência prolongada, cozinha e áreas de serviço devem ter refletância do teto acima de 60%	0,10	
3) Uso Racional da Água	a) Uso Racional da Água	Utilizar a equação (3.30)	varia de 0 a 0,20	0,20
4) Condicionamento Artificial de Ar	a) Condicionamento Artificial de Ar	A unidade habitacional obter o EqNumEnv _{Refrig} com nível A, e os equipamentos possuírem Selo Procel ou ENCE A	varia de 0 a 0,20	0,20
5) Iluminação Artificial	a) Iluminação Artificial	Verificar a porcentagem total de iluminação artificial que possui uma eficiência acima de 75 lm/W ou com Selo Procel.	Se for 50% será 0,05	0,10
			Se for 100% será 0,10	
6) Ventiladores de Teto	a) Ventiladores de teto (apenas para ZB 2 a ZB8)	A edificação possuir pelo menos, 2/3 de ambientes de permanência prolongada com ventiladores de teto certificados com o Selo Procel	0,10	0,10
7) Refrigeradores	a) Refrigeradores (exceto frigobar)	Necessário que os refrigeradores possuam o ENCE A ou o Selo Procel e estejam em locais sobreados e longe de fontes de calor	0,10	0,10
8) Medição Individualizada	a) Medição individualizada	Possuir medição individualizada, caso a água seja partilhada por uma ou mais UH, a edificação analisada deverá ter a sua própria medição	0,10	0,10
-	-	-	-	Até no máximo 1,0

3.3.2 EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES

As Edificações Multifamiliares podem ser definidas como mais de uma UH localizadas em um mesmo lote (ex: condomínio, casas geminadas ou “em fita”), apartamentos, sobrado ou grupo de edificações. Não cabe nesta definição os hotéis e seus semelhantes.

Para a obtenção do Nível de Eficiência Energética das Edificações Multifamiliares (EM), é necessário fazer a média ponderada das UH constituintes pela área útil das mesmas. Para este item, terraços e varandas não fazem parte. Utiliza-se o mesmo processo descrito para EU.

3.3.2.1 ÁREAS DE USO COMUM

As áreas de uso comum (AC) podem ser definidas como ambientes que são de uso coletivo pertencentes a edificações multifamiliares ou condomínios. Estas podem ser de dois tipos, as de uso frequente (f) que são aquelas como garagens, elevadores, escadas, dentre outros. E as de uso eventual (e), como piscinas, sauna, churrasqueiras, dentre outros. Os locais que não cabem a esta definição são aqueles em que os moradores não frequentam, como a casa de bomba, subestação, depósitos de lixo dentre outros.

A pontuação (PT_{AC}) é obtida através da equação (3.33), sendo $EqNumIllum$ o Equivalente numérico do sistema de iluminação artificial; o “ P_{ilum} ”, a potência total instalada para iluminação; “ $EqNumB$ ”, o Equivalente Numérico das bombas centrífugas; “ PB ” a potência total instalada para as bombas centrífugas; o “ $EqNumEq$ ” o Equivalente Numéricos dos equipamentos; “ PEq ”, a potência total instalada para os equipamentos; “ $EqNumElev$ ” o Equivalente Numérico para os elevadores; “ $EqNumAA$ ”, o Equivalente Numérico do sistema de aquecimento de água; “ PAA ”, a potência total instalada para aquecimento de água; “ $EqNumS$ ”, o Equivalente Numérico da sauna; “ PS ” a potência total instalada para a sauna; “Bonificações” as pontuações extras como demonstrado para a UH. O subscrito “ F ” corresponde às áreas comum de uso frequente e o “ E ” corresponde às áreas comum de uso eventual.

Caso não haja a presença de elevadores, a equação (3.33), poderá ser modificada, retirando-se o $EqNumElev$ e a divisão por 2 da parcela que a contém. Ou se não houver áreas comuns de uso eventual, basta retirar-se a parcela que contém as variáveis de uso eventual, bem como os pesos 0,7 e 0,3. E na ausência de elevadores e das áreas comuns de

uso eventual; retira-se os pesos, a divisão por 2, o EqNumElev, e a parcela que contém as variáveis de uso eventual.

$$\begin{aligned}
 & P_{T_{AC}} \\
 &= 0,7 \times \frac{\left(\frac{\text{EqNumIllum}_F \times P_{\text{Illum}_F} \times \text{EqNumB}_F \times P_{B_F}}{P_{\text{Illum}_F} + P_{B_F}} \right) + \text{EqNumElev}}{2} \\
 &+ 0,3 \times \left(\frac{\text{EqNumIllum}_E \times P_{\text{Illum}_E} + \text{EqNumEq}_E \times P_{\text{Eq}_E} + \text{EqNumAA}_E \times P_{\text{AA}_E} + \text{EqNumS} \times P_S}{P_{\text{Illum}_E} + P_{\text{Eq}_E} + P_{\text{AA}_E} + P_S} \right) \\
 &+ \text{Bonificações}
 \end{aligned} \tag{3.33}$$

Começando com a análise das **áreas comuns de uso frequente**, há uns pré-requisitos que precisam ser atendidos anteriormente para que se inicie a análise do Equivalente Numérico; trata-se dos motores elétricos de indução trifásicos atenderem aos rendimentos nominais mínimos determinados pela Portaria Interministerial nº553. Caso não seja atendido este requisito, o nível será automaticamente classificado como E. Para que o Equivalente tenha sua máxima pontuação, os motores de indução trifásica além de possuírem alto rendimento, as garagens deverão sempre ter ventilação.

Atendidas estas regras, pode ser feita a análise da equação (3.33), iniciando-se pela determinação do EqNumIllum_F, a sua classificação deve ser feita através do Quadro 3.3, a qual demonstra para cada dispositivo e seus critérios, os seus respectivos níveis.

Para lâmpadas incandescentes e halógenas, automaticamente o nível será E. No caso dos níveis A e B, a iluminação externa que não precisa funcionar durante o dia todo, deverá ser projetada de forma programada.

Quadro 3.3 – Classificação da Iluminação Artificial para áreas comuns de uso frequente

Dispositivo	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
Fluorescentes Tubulares	η (Eficiência luminosa) ≥ 84 lm/W	$75 \leq \eta < 84$ lm/W	$70 \leq \eta < 75$ lm/W	$60 \leq \eta < 70$ lm/W
Dispositivo	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
Reatores para Fluorescentes Tubulares	Eletrônicos com Selo Procel	Eletrônicos com Selo Procel	Fator de Potência $\geq 0,95$	Fator de Potência $< 0,95$
Fluorescentes Compactas	Selo Procel	ENCE B	ENCE C	ENCE D

Quadro 3.3 - Classificação da Iluminação Artificial para áreas comuns de uso frequente (continuação)

Dispositivo	Nível A	Nível B	Nível C	Nível D
LED	$\eta \geq 75 \text{ lm/W}$	$50 \leq \eta < 75 \text{ lm/W}$	$30 \leq \eta < 50 \text{ lm/W}$	$\eta < 30 \text{ lm/W}$
Lâmpadas de vapor de sódio	Selo Procel	ENCE B	ENCE C	ENCE D
Reatores para lâmpadas de vapor de sódio	Eletromagnéticos com Selo Procel	Eletromagnéticos com Selo Procel	Fator de Potência $\geq 0,90$	Fator de Potência $< 0,90$
Automação na iluminação intermitente	Sim	Sim	Não	Não

Para a determinação do EqNumB_F , como pré-requisito para ter o direito de se adquirir o nível máximo é necessário que as bombas centrífugas sejam pertencentes ao PBE, caso não sejam, o EqNumB_F terá seu nível atribuído automaticamente ao E. Através da Tabela 3.17, é feita a determinação do Nível de Eficiência em função do rendimento percentual do conjunto em questão.

Tabela 3.17 – Classificação do Nível de Eficiência das bombas centrífugas

Rendimento do Conjunto (%)	Nível de Eficiência
$\text{Rend} \geq 59,0$	A
$47,5 < \text{Rend} < 58,9$	B
$36,0 < \text{Rend} < 47,4$	C
$24,5 < \text{Rend} < 35,9$	D
$\text{Rend} < 24,4$	E

Para o EqNumElev são duas etapas para chegar-se a um Nível de Eficiência final, primeiramente é preciso definir a qual categoria os elevadores pertencem, para isso precisa-se verificar sua demanda de energia em standby e em viagem; que podem ser classificadas através da Quadro 3.4, esta que foi estabelecida pela VDI4707 (VDI, 2009).

Após definida a categoria de uso é preciso realizar o cálculo do consumo específico (standby e viagem) de acordo com a VDI4707 (VDI, 2009); e com o cálculo, pode-se determinar o Nível de Eficiência Energética através da Tabela 3.18, sendo o “ Q_N ” a carga nominal do elevador (kg); e “ v_N ” a velocidade nominal do elevador (m/s). Esta tabela relaciona a categoria de uso encontrada na Tabela 3.18 e a demanda específica.

Quadro 3.4 – Definição da categoria de uso dos elevadores

Categoria de Uso	1	2	3	4
Intensidade/frequência de uso	Muito baixa muito raramente	baixa raramente	média ocasionalmente	alta frequentemente
Tempo médio de viagem (h/dia)	0,2 ($\leq 0,3$)	0,5 (de 0,3 a 1)	1,5 (de 1 a 2)	3 (de 2 a 4,5)
Tempo médio em standby (h/dia)	23,8	23,5	22,5	21
Tipos de edificação	Edificações residenciais com até 6 Uhs	Edificações residenciais de 7 até 20 Uhs	Edificações residenciais de 21 até 50 Uhs	Edificações residenciais com mais de 50 Uhs

Tabela 3.18 – Classificação do Nível de Eficiência para elevadores

Nível de Eficiência Energética	Consumo Específico de energia do elevador (mWh/(kg.m))			
	Categoria de uso			
	1	2	3	4
A	0,56 mWh/(kg.m) + 50W.23,8h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 0,2h \cdot 3600$	0,56mWh/(kg.m) + 50W.23,5h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 0,5h \cdot 3600$	0,56mWh/(kg.m) + 50W.22,5h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 1,5h \cdot 3600$	0,45mWh/(kg.m) + 50W.21,0h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 3h \cdot 3600$
B	0,84mWh/(kg.m) + 100W.23,8h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 0,2h \cdot 3600$	0,84mWh/(kg.m) + 100W.23,5h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 0,5h \cdot 3600$	0,84mWh/(kg.m) + 100W.22,5h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 1,5h \cdot 3600$	0,84mWh/(kg.m) + 100W.21,0h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 3h \cdot 3600$
C	1,26mWh/(kg.m) + 200W.23,8h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 0,2h \cdot 3600$	1,26mWh/(kg.m) + 200W.23,5h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 0,5h \cdot 3600$	1,26mWh/(kg.m) + 200W.22,5h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 1,5h \cdot 3600$	1,26mWh/(kg.m) + 200W.21,0h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 3h \cdot 3600$
D	1,89mWh/(kg.m) + 4000W.23,8h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 0,2h \cdot 3600$	1,89mWh/(kg.m) + 4000W.23,5h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 0,5h \cdot 3600$	1,89mWh/(kg.m) + 4000W.22,5h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 1,5h \cdot 3600$	1,89mWh/(kg.m) + 4000W.21,0h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 3h \cdot 3600$
E	> 2,80mWh/(kg.m) + 800W.23,8h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 0,2h \cdot 3600$	> 2,80mWh/(kg.m) + 800W.23,5h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 0,5h \cdot 3600$	> 2,80mWh/(kg.m) + 800W.22,5h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 1,5h \cdot 3600$	> 2,80mWh/(kg.m) + 800W.21,0h.1000 / $Q_N \cdot V_N \cdot 3h \cdot 3600$

E para as **áreas comuns de uso eventual**, a determinação para o Equivalente Numérico é feito de forma semelhante às áreas comuns de uso frequente.

Os pré-requisitos tratam-se de cumprir os já estabelecidos sobre transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies, descritas anteriormente no item das UH.

Para o $EqNumIllum_E$, segue o mesmo critério, ou seja, o mesmo Quadro 3.3, exceto o último item (Automação na Iluminação Intermitente). O próximo Equivalente, trata-se do Equivalente Numérico para Equipamentos das áreas comuns de uso eventual ($EqNumEq_E$), são dois tipos de equipamentos, os condicionadores de ar e eletrodomésticos.

Para os condicionadores de ar do tipo janela ou split, os pré-requisitos são: possuir o ENCE ou o Selo Procel. Então, obter-se a classificação do PBE, e assim adquirir o seu Nível de Eficiência Energética de acordo com o correspondente na Tabela 3.1. Já os condicionadores do tipo central ou os não regulamentados pelo INMETRO, deverão seguir o procedimento do RTQ-C.

Os eletrodomésticos (refrigeradores, ventiladores de teto, televisores; dentre outros) também devem possuir ENCE ou Selo Procel e seguir o PBE como pré-requisito. Já fogões e fornos elétricos devem ter o Selo Conpet⁵, porém não entram no cálculo da potência “PEq” com os demais eletrodomésticos. Para a classificação, basta obter esta informação nas tabelas do PBE, e ver seu EqNum correspondente na Tabela 3.1.

Para a determinação do $EqNumAA_E$, há dois tipos de casos a serem analisados: primeiro para o sistema de aquecimento de chuveiros, torneiras e hidromassagem, e segundo para o sistema de aquecimento de piscinas. Começando pelo primeiro caso, para a obtenção da classificação final deste quesito é necessário seguir o mesmo procedimento realizado anteriormente para o $EqNumAA$. E para o segundo caso, para a obtenção do nível A, a piscina deve ser aquecida por aquecimento solar, ou a gás ou por bomba de calor. Para estes três tipos de aquecimentos há um pré-requisito geral que antecede os outros pré-requisitos específicos para cada tipo de aquecimento: o sistema de aquecimento seja qual ele for (dentre os três tipos), deverá ter sua instalação especificada pelo manual e deverá ter uma capa térmica para as horas em que não estiver em uso. Atendido este primeiro pré-requisito geral. Para o aquecimento solar há outros a serem atendidos como não usar coletores de

⁵ O Selo CONPET foi desenvolvido pelo Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural através do Ministério de Minas e Energia. Este Selo é destinado aos equipamentos consumidores de derivados de petróleo e de gás natural que obtiverem os menores índices de consumo de combustível.

cobre (devido a corrosão), e estes devem ser instalados conforme a especificação e serem certificados pelo ENCE (nível A ou B) e ainda, para a ZB 1 a ZB4, a área dos coletores deve ser no mínimo igual a área da piscina.

E para aquecimento por bomba de calor, os pré-requisitos são: possuir o COP (Coeficiente de Performance) maior ou igual a 6W/W e não utilizarem gases nocivos ao meio ambiente.

Desta forma, atendendo aos pré-requisitos de acordo com o seu tipo de sistema, a classificação será nível A, caso não seja atendido algum pré-requisito, será nível C.

As piscinas que utilizarem o sistema de aquecimento por resistência elétrica, terão sua classificação automaticamente determinadas com o nível E.

E por fim, o EqNumS, tem a sua classificação determinada pela seguinte forma: a sauna deverá utilizar-se do gás GLP, gás natural ou lenha para o aquecimento; e as portas e paredes deverão possuir isolamento térmico mínimo de 0,5 m²K/W. Caso atendam a estes requisitos, terão seu nível classificado como A; se não, será C. E se a sauna utilizar-se do aquecimento por resistência elétrica, seu nível será E.

E para as bonificações das áreas de uso comum, são três tipos: **B1**, **B2** e **B3**; tendo sua soma o resultado final das bonificações que poderão chegar até 1,0 ponto (Quadro 3.5).

Assim, somando-se estas três bonificações é obtida a variável “Bonificações”, que será adicionada na equação (3.33); completando-se assim a “PT_{AC}”, obtendo-se o seu Nível de Eficiência Energética de acordo com a Tabela 3.2, e seu EqNum na Tabela 3.1.

Com estes procedimentos, pode-se então obter a classificação de uma edificação residencial, como as edificações unifamiliares, edificações multifamiliares e áreas comuns (de uso frequente e uso eventual). Estes procedimentos devem sempre ter como base as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e a edificação possuir medição individualizada de eletricidade mesmo que estiver no mesmo lote que outras edificações.

Quadro 3.5 - Bonificações para áreas comuns

Bonificação	Itens	Exigência	Pontuação Parcial	Pontuação Total
B1) Uso Racional da Água	a) Uso Racional da Água	Comprovar economia mínima de 40% no consumo por ano	Caso a economia gerada seja abaixo de 40% o valor é proporcional, variando assim de 0 a 0,60	0,60
B2) Iluminação Natural	a) Iluminação Natural de garagens e ambientes internos	Garagens e mais 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente, devem possuir meios de iluminação natural, estas devem ter no mínimo 1/10 da área do piso do ambiente.	0,10	0,20
	b) Refletância	Garagens com mais 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente, devem ter a refletância do teto com mais de 60%.	0,10	
B3) Ventilação Natural	a) Ventilação Natural de garagens e ambientes internos das áreas comuns de uso frequente	Garagens com 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente, devem ter aberturas exteriores para ventilação com área efetiva mínima de 1/12 da área do piso do ambiente.	Até 0,20. Varia proporcionalmente com a porcentagem	0,20
Total				Até 1,0

4 APLICAÇÃO DA PORTARIA INMETRO N°449

4.1 INTRODUÇÃO

Após o desenvolvimento de todo o método prescritivo, utilizado para a classificação da eficiência energética de uma edificação residencial, foi escolhido um estudo de caso para demonstrar na prática como seria este processo de etiquetagem; desta forma foi escolhido uma residência na cidade de Ubatuba – SP.

Para esta residência escolhida são verificados todos os pré-requisitos e em seguida são desenvolvidas todas as etapas necessárias para a classificação final desta residência, bem como alternativas para um melhor resultado no caso de não se obter o nível A.

4.2 A ESCOLHA E SUAS CARACTERÍSTICAS

Escolheu-se uma residência na cidade de Ubatuba – SP, pois se trata de uma cidade que apesar de relativamente pequena em termos de extensão, recebe muitos visitantes de outras cidades/estados e até mesmo de outros países, assim um local turístico, com um potencial de crescimento. É interessante, pois, além de incorporar o hábito consciente através de “residências verdes”, ajuda a preservar o meio ambiente, conservando a natureza local, incentiva os visitantes e principalmente promove uma prática e uma divulgação maior da sustentabilidade, para que os moradores conheçam novas alternativas de contribuição com o meio ambiente, começando a partir de suas próprias residências.

A cidade encontra-se na Zona Bioclimática 3, portanto o desenvolvimento do método usará as equações destinadas à ZB3; possui um único pavimento é uma residência relativamente antiga com 50 anos de construção, localiza-se próximo à praia, tendo sua fachada Sul de frente para uma rua asfaltada e a fachada Leste voltada para uma rua sem pavimentação.

4.3 O ESTUDO DE CASO

O estudo de caso a ser desenvolvido trata-se de uma Unidade Habitacional, mais especificamente, uma Edificação Unifamiliar. Para o cálculo da pontuação (PT_{EU}), equação (3.1), serão necessários a definição de “a”, do “EqNumEnv”, do “EqNumAA” e das “Bonificações”, porém para que isso seja viável, será necessário a verificação dos pré-requisitos.

A Figura 4.1, representa a planta baixa da casa analisada, e o Quadro 4.1, demonstra as suas características em relação às medidas.

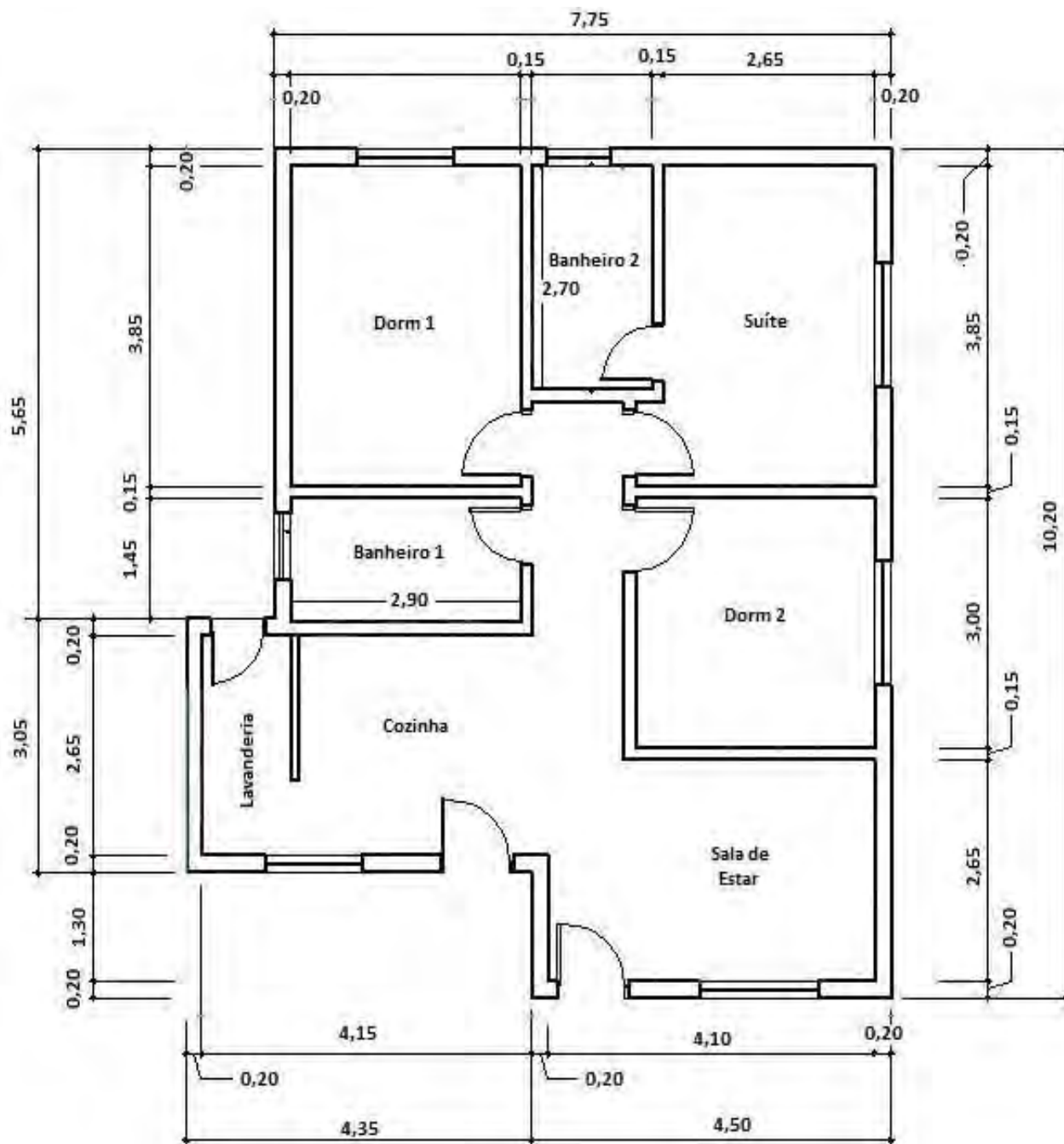


Figura 4.1 – Planta baixa da edificação de um pavimento

O Quadro 4.1 separa cada ambiente para demonstrar suas características individuais. Na primeira coluna, tem-se a área do piso do ambiente dado em m^2 ; na segunda coluna têm-se a área da parede externa total separada por fachada (Norte, Sul, Leste e Oeste) dada em

m²; na terceira coluna têm-se a área da abertura (janelas) dado em m²; na quarta coluna têm-se a área de entrada para ventilação natural sem contar os obstáculos, dado em m²; e na quinta e última coluna, têm-se a área para iluminação natural efetiva, dado em m². O pé direito desta edificação é de 2,8 m.

Quadro 4.1 – Características da edificação do estudo de caso

Ambientes	Área do piso (m ²)	Área da Parede (m ²)	Área da abertura (m ²)	Área para ventilação (m ²)	Área para iluminação (m ²)
Cozinha	8,05	Sul – 9,15	J7 – 1,21	0,97	0,97
Lavanderia	2,98	Oeste – 8,54 / Norte – 3,15	-	-	-
Banheiro 1	4,21	Oeste – 4,48	J6 – 0,47	0,24	0,38
Dorm 1	11,18	Oeste – 11,34 / Norte – 9,1	J5 – 1,46	0,90	1,17
Banheiro 2	4,05	Norte – 4,62	J4 – 0,47	0,24	0,38
Suíte	10,20	Norte – 7,98 / Leste – 11,34	J3 – 1,91	0,847	1,53
Dorm 2	9,10	Leste – 9,24	J2 – 1,91	0,847	1,53
Sala de Estar	10,90	Leste – 7,98 / Sul – 12,60 / Oeste – 4,20	J1 – 1,91	0,88	1,53
Cobertura	83,91	-	-	-	-

4.3.1 DETERMINAÇÃO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA PARA EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR - EqNumEnv

Para a determinação da Pontuação Total do Nível de Eficiência da Edificação Unifamiliar, o primeiro passo é a obtenção do valor do EqNumEnv, como foi visto no capítulo três, através da equação (3.1), porém é necessário a verificação de pré-requisitos, para que possibilite o EqNumEnv receber o nível máximo, A.

4.3.1.1 PRÉ-REQUISITO – ABSORTÂNCIA SOLAR

Assim como já foi descrito no capítulo anterior são cinco pré-requisitos a serem atendidos antes de se iniciar os cálculos para o EqNumEnv.

O primeiro pré-requisito a ser analisado é a absorvância solar tanto para a cobertura, quanto para as paredes externas da edificação, a soma das áreas das paredes externas resultam em 60,67 m² e a área da cobertura resulta em 83,91 m², com estes valores e os valores de α específicos, obtidos na Tabela 3.5, pode-se obter o valor ponderado da absorvância. As paredes externas são cobertas com tinta branca, portanto o valor de α  0,20 para todas as paredes, e para a cobertura que possui telha de barro por toda a extensão, o valor de α  de 0,75.

Assim, tem-se resumidamente para este pré-requisito a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Características levantadas para o pré requisito – Absorvncia Solar

	Parede externa	Cobertura
rea	60,67 m ²	83,91 m ²
α	0,20	0,75

4.3.1.2. PRÉ-REQUISITO – TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

As paredes de todas as fachadas são compostas de tijolos de oito furos circulares (Figura 4.2), com as dimensões 10x10x20 cm, com espessura da argamassa de assentamento 1,0 cm, e espessura da argamassa de emboço de 2,5 cm e espessura total da parede de 15 cm; assim para as paredes externas, a transmitância térmica  2,24 W/(m²K). E a cobertura composta de telha de barro (espessura 1,0 cm) com lâmina de alumínio polido e forro de madeira de 1,0 cm, o valor da Transmitância Térmica é de 1,11 W/m²K. Estes valores foram retirados da Tabela D.3 da NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

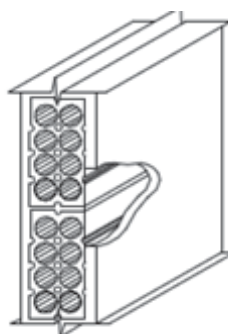


Figura 4.2 – Detalhe do tijolo de oito furos

Assim, analisando os limites para a ZB3, a parede precisa ter $U \leq 3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ e a cobertura $U \leq 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, juntamente com o resultado da absorvência solar; pode-se verificar que as condições foram cumpridas (Tabela 3.4).

A Tabela 4.2 demonstra as características utilizadas para este pré-requisito, como a área (m^2) e a Transmitância Térmica ($\text{W/m}^2\text{K}$).

Tabela 4.2 – Características utilizadas para o pré requisito – Transmitância Térmica

	Parede Externa	Cobertura
Área	60,67 m^2	83,91 m^2
U	2,24 $\text{W/m}^2\text{K}$	1,11 $\text{W/m}^2\text{K}$

- ✓ Absorvência Solar
- ✓ Transmitância Térmica

4.3.1.3 PRÉ-REQUISITO – CAPACIDADE TÉRMICA DAS PAREDES EXTERNAS E COBERTURA

A Capacidade Térmica é definida, conforme foi apresentado no capítulo três, o produto entre a condutividade térmica (λ), a resistência térmica (R_T), o calor específico do material (c) e a densidade de massa aparente (ρ). A resistência térmica pode ser dada pelo inverso da Transmitância Térmica (U), e as outras variáveis podem ser obtidas através da tabela B.3 da NBR 15220-2 (ABNT, 2005). Primeiramente o cálculo para as **paredes externas** é demonstrado através da equação (4.1):

$$CT = \lambda \cdot R_T \cdot c \cdot \rho = 0,70 \cdot 2,24^{-1} \cdot 0,92 \cdot 1200 = 345 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K}) \quad (4.1)$$

E o cálculo para a **cobertura**, utiliza-se a mesma equação (4.1):

:

$$CT = 0,70 \cdot 1,11^{-1} \cdot 0,92 \cdot 1000 = 580,18 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K}) \quad (4.1)$$

De acordo com a Tabela 3.4, o CT para as paredes teria que ser maior ou igual 130 $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})$, assim, o valor calculado cumpre esta limitação, e para a cobertura a tabela

demonstra que não há nenhuma exigência a ser cumprida, portanto ambas estão dentro do pré-requisito.

A Tabela 4.3 mostra as características necessárias para o cálculo do CT.

Tabela 4.3 – Características utilizadas para o pré requisito – Capacidade Térmica

	Parede Externa	Cobertura
Área	60,67 m ²	83,91 m ²
λ	0,70 W/mK	0,70 W/mK
R_T	2,24 ⁻¹ m ² K/W	1,11 ⁻¹ m ² K/W
c	0,92 kJ/kg.K	0,92 kJ/kg.K
ρ	1200 kg/m ³	1000 kg/m ³

✓ Capacidade Térmica

4.3.1.4 PRÉ-REQUISITO – VENTILAÇÃO NATURAL

Para a ventilação natural, são três itens a serem cumpridos; o primeiro é a verificação do percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação, conforme a equação (3.2). Para a cozinha:

$$A = 100 \cdot \left(\frac{A_A}{A_P} \right) = 100 \cdot \left(\frac{0,97}{8,05} \right) = 12,05 \rightarrow A \geq 8 \quad (3.2)$$

E para os outros ambientes de permanência prolongada, foi realizado analogamente o mesmo cálculo, pode-se observar os dados e os resultados na Tabela 4.4. Todos os resultados foram satisfatórios, ou seja, acima ou igual a 8.

Tabela 4.4 – Características utilizadas para o pré-requisito – Ventilação Natural

	Área do piso A_P (m ²)	Área para ventilação A_A (m ²)	Percentual de abertura para ventilação (A)
Dorm 1	11,18	0,90	8,05
Dorm 2	9,10	0,847	9,31
Suíte	10,20	0,847	8,30
Sala de Estar	10,90	0,88	8,07

Assim, comprova-se que todos os ambientes de permanência prolongada e a cozinha, cumpriram o limite para aprovação. E para completar este pré-requisito, 50% dos banheiros mais 1, possuem ventilação natural.

Para o segundo item “ventilação cruzada”, também se cumpre o limite estabelecido:

$$\frac{A_2}{A_1} \geq 0,25 \rightarrow \frac{2,914}{1,817} = 1,60 \geq 0,25 \quad (3.3)$$

E por fim, o quesito da ventilação controlável, que prevê condições de ventilações controláveis. Analisando-se todos os ambientes de permanência prolongada, pode-se notar que todas possuem controle da ventilação, seja por meio de vidros como nos dormitórios, e veneziana na sala de estar.

✓ Ventilação Natural.

4.3.1.5 PRÉ-REQUISITO – ILUMINAÇÃO NATURAL

Para se garantir este pré-requisito foi realizada a soma das aberturas (sem obstrução) para iluminação natural dos ambientes de permanência prolongada, obtendo-se o valor total de 5,76 m², e a soma da área dos pisos resultou em 41,38 m²; portanto a área das aberturas para iluminação natural representa 13,92% da área dos pisos, fazendo com que cumpra-se este pré-requisito que sugere um mínimo de porcentagem de 12,5%.

Para finalizar este último pré-requisito, existe ainda mais uma condição para a cozinha, área de serviço e banheiros, em que a abertura (apenas sem os caixilhos) precisa corresponder a pelo menos 10% da área dos pisos. Considerando que a área dos pisos é 19,29 m² e a área das aberturas destes ambientes é de 2,15 m², têm-se uma porcentagem de 11,15%, fazendo com que cumpra-se totalmente este pré-requisito de iluminação natural.

✓ Iluminação Natural

Assim, com a aprovação em todos os pré-requisitos (Quadro 4.2), os EqNumEnvAmb, tornam-se habilitados a atingirem o nível máximo A.

Quadro 4.2 – Pré-requisitos atendidos

Pré Requisitos	
Absortância Solar	✓
Transmitância Térmica	✓
Capacidade Térmica	✓
Ventilação Natural	✓
Iluminação Natural	✓

4.3.2 – DETERMINAÇÃO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA PARA RESFRIAMENTO - $EqNumEnv_{Resfr}$

De acordo com o que foi apresentado anteriormente, para a determinação do $EqNumEnv$ é necessário calcular-se o $EqNumEnv_{Resfr}$ e o $EqNumEnv_A$, ambos que são determinados pelo cálculo de GH_R e C_A , respectivamente. Primeiramente é calculado o valor para o $EqNumEnv_{Resfr}$, através da equação (3.4) e da Tabela 3.6. Lembrando que para cada ambiente de permanência prolongada é obtido um $EqNumEnv_{Amb}$ tanto para resfriamento, quanto para aquecimento, e somente após todos os valores obtidos, é calculado o $EqNumEnv_{Resfr}$ e $EqNumEnv_A$, por meio de média ponderada em relação às respectivas áreas úteis.

4.3.2.1 CÁLCULO DO GH_R

Para o cálculo do GH_R são necessárias as constantes (já pré-definidas pelo método) e a determinação de variáveis, descritas pela equação (3.4). A Tabela 4.5, reúne todos estas variáveis e seus valores:

Tabela 4.5 - Variáveis calculadas / definidas a partir dos dados da sala de estar

Variáveis	Valores
Ab_L (binário)	0
Ab_N (binário)	0
Ab_O (binário)	0
Ab_S (binário)	1

Tabela 4.5 - Variáveis calculadas / definidas a partir dos dados da sala de estar (continuação)

Variáveis	Valores
AAb_L (m ²)	-
AAb_N (m ²)	-
AAb_O (m ²)	-
AAb_S (m ²)	1,91
AP_{ambL} (m ²)	7,42
AP_{ambN} (m ²)	-
AP_{ambO} (m ²)	-
AP_{ambS} (m ²)	11,48
A_{parInt} (m ²)	30,71
AU_{amb} (m ²)	10,87
α_{cob}	0,75
α_{par}	0,20
C_{altura}	0,258
cob	1
CT_{alta}	1 (398,08 kJ/m ² K)
CT_{baixa}	0 (398,08 kJ/m ² K)
CT_{cob} (kJ/m ² K)	580,18
CT_{par} (kJ/m ² K)	345
F_{vent}	0,5
$isol$	0
P_{ambL} (m ²)	1
P_{ambN} (m ²)	0
P_{ambO} (m ²)	0
P_{ambS} (m ²)	1
PD (m)	2,8
pil	0
$solo$	1
$SomA_{parext}$ (m ²)	24,22
$somb$	1
U_{cob} (W/m ² K)	1,11
U_{par} (W/m ² K)	2,24
U_{vid} (W/m ² K)	0
vid	0
$volume$ (m ³)	30,436

Com as variáveis e constantes definidas, a equação (3.4) pode ser desenvolvida:

$$\begin{aligned}
 GH_R = & (836,4188) + (1002,2853 \cdot 0) + (1248,7615 \cdot 0,75) \\
 & + (-1042,8507 \cdot 1) + (-7,9675 \cdot 1 \cdot 10,87) \\
 & + (1007,6786 \cdot 0,20) + \left(2324,8467 \cdot \frac{2,8}{10,87}\right) \\
 & + (-0,3032 \cdot 580,18) + (-77,7838 \cdot 1) \\
 & + (26,3363 \cdot 7,42 \cdot 2,24 \cdot 0,20) + (-0,0016 \cdot 30,71 \cdot 345) \\
 & + (-605,5557 \cdot 1) + (25,1879 \cdot 1,11 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 10,87) \\
 & + (-830,6742 \cdot 0,5) + (34,1620 \cdot 10,87) + (-3,3292 \cdot 24,22) \\
 & + (16,9856 \cdot 0 \cdot (1 - 1)) + (70,1758 \cdot 0 \cdot 0,5) \\
 & + (-0,0426 \cdot 345) + (-54,1796 \cdot 1,91 \cdot (1 - 1)) \\
 & + (14,1195 \cdot 0 \cdot 2,24 \cdot 0,20) + (-114,4985 \cdot 0) \\
 & + (399,0021 \cdot 1) + (2,4466 \cdot 0 \cdot 1) + (-379,5777 \cdot 0) \\
 & + (738,1763 \cdot 0) + (-4,2304 \cdot 0) \\
 & + \left[5,5988 \cdot \left(1,11 \cdot \frac{0,75}{580,18}\right) \cdot 10,87\right] + (-6,1829 \cdot 1 \cdot 10,87) \\
 & + (-200,9447 \cdot 1) + (-103,1092 \cdot 1,11) \\
 & + (3,8400 \cdot 11,48 \cdot 2,24 \cdot 0,20) + (431,9407 \cdot 1) \\
 & + (16,2740 \cdot 30,71) + (-20,4181 \cdot 2,8 \cdot 10,87) \\
 & + (126,6339 \cdot 1) + (51,1530 \cdot 1,91 \cdot 0,5) + (55,4249 \cdot 0 \cdot 0,5) \\
 & + (79,2095 \cdot 0 \cdot 0,5) + (15,3351 \cdot 5,32 \cdot 2,24 \cdot 0,20) \\
 & + (26,0925 \cdot 11,48) + (-34,7777 \cdot 0 \cdot (1 - 1)) = 1601,96
 \end{aligned}$$

Assim, com este resultado de GH_R e com a Tabela 3.6, tem-se o $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ da sala de estar igual a 4.

Analogamente, para a suíte, para o dormitório 1 e para o dormitório 2; os resultados estão demonstrados na Tabela 4.6. E com estes foi realizado a média ponderada para chegar-se a um valor para o $EqNumEnv_{Resfr}$ total, igual a 3,48.

Tabela 4.6 - Resultado dos $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ dos ambientes de permanência prolongada

Ambiente	GH_R	$EqNumEnvAmb_{Resfr}$	Nível	AU_{amb} (m ²)
Sala de Estar	1601,96	4	B	10,87
Suíte	1688,82	3	C	10,20
Dormitório 1	2158,24	3	C	11,17
Dormitório 2	1046,00	4	B	9,09

4.3.3 CÁLCULO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA PARA AQUECIMENTO - EqNumEnv_A

A segunda parcela da equação referente ao EqNumEnv, é o EqNumEnv_A; portanto é necessário o cálculo da equação (3.5) e a utilização da Tabela (3.7), para chegar-se a este valor.

4.3.3.1 CÁLCULO DO C_A

Através da equação (3.5), pode ser calculado o valor de C_A. Para a demonstração do cálculo foram utilizados os dados da sala de estar, ou seja, as mesmas variáveis da Tabela 4.5. E as constantes utilizadas, foram da equação (3.5).

$$\begin{aligned}
 C_A = & [(6981,8136) + (0,3717 \cdot 345) + (-122,4306 \cdot 10,87) + (1557,3444 \cdot 1) \\
 & + (2109,4866 \cdot 0) + (2802,3931 \cdot 1) + (2479,9604 \cdot 0) \\
 & + (394,0458 \cdot 1,11) + (-2521,9122 \cdot 0,20) + (-1,2280 \cdot 580,18) \\
 & + (65,4370 \cdot 24,22) + (131,7352 \cdot 1,91) + (-543,4286 \cdot 0) \\
 & + (14,0555 \cdot (1,11 \cdot 0,75/580,18) \cdot 10,87) + (-1583,9814 \cdot 1) \\
 & + (990,0915 \cdot 2,24) + (-1111,1099 \cdot 0,5) + (4323,9241 \cdot 1) \\
 & + (-3315,0119 \cdot 0,75) + (1262,6737 \cdot 2,8) + (-0,0219 \cdot 24,22 \\
 & \cdot 345) + (-75,9370 \cdot 0 \cdot 0,20) + (-80,3345 \cdot 11,48 \cdot 0,20) \\
 & + (-15281,1938 \cdot 2,8/10,87)]/1000 = 12,34
 \end{aligned}$$

Assim, tem-se que o valor de C_A, é de 12,34; analogamente para os demais ambientes de permanência prolongada, tem-se a Tabela 4.7 que mostra os resultados para cada um deles. Fazendo-se a média ponderada entre os Equivalentes, tem-se que EqNumEnv_A é 4.

Tabela 4.7 - Resultado dos EqNumEnvAmbA para os ambientes de permanência prolongada

Ambiente	C _A	EqNumEnvAmb _A	Nível	AU _{amb} (m ²)
Sala de Estar	12,34	4	B	10,87
Suíte	10,19	4	B	10,20
Dormitório 1	9,07	4	B	11,17
Dormitório 2	9,25	4	B	9,09

4.3.4 CÁLCULO FINAL PARA A DETERMINAÇÃO DO EqNumEnv

Com os valores de EqNumEnv_{Resfr} e EqNumEnv_A, a equação (3.6) pode ser desenvolvida para obter-se o valor de EqNumEnv:

$$EqNumEnv = 0,64 \cdot 3,48 + 0,36 \cdot 4 = 3,67$$

$$EqNumEnv = 3,67$$

Assim, obtém-se o EqNumEnv igual a 4, e portanto um Nível de Eficiência equivalente a B.

4.3.5 CÁLCULO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA - EqNumAA

Para dar prosseguimento ao cálculo da Pontuação Total, o próximo passo a ser realizado é a definição do EqNumAA, porém antes deve-se verificar os seus pré-requisitos para garantir que o Equivalente possa atingir o nível A ou B.

4.3.5.1 PRÉ REQUISITO - SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

As tubulações desta edificação atendem às normas, além de serem apropriadas para a condução. Foi constatado através do fabricante que, o reservatório instalado possui uma resistência térmica acima de 3,20 (m²K)/W; e as tubulação hidrossanitárias possuem comprimento de aproximadamente 110 cm, uma espessura de 2,5 cm e uma condutividade térmica de 0,038 W/mK para temperatura de água igual ou acima de 38°C. Portanto, com estas informações, chega-se a conclusão que todos os pré-requisitos para aquecimento de água, demonstrados no capítulo três foram atendidos, assim possibilitando que o nível A ou B, seja atingido. Constatado estas exigências, futuramente o usuário poderá utilizar outros sistemas de aquecimento.

4.3.5.2 CÁLCULO DO EQUIVALENTE NUMÉRICO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA - EqNumAA

Como a residência possui apenas o sistema de aquecimento elétrico será analisado apenas o item referente ao mesmo. Primeiramente foi constatado o registro dos aparelhos nas tabelas do PBE. No Quadro 4.3, têm-se os aparelhos e suas respectivas características:

Quadro 4.3 - Aparelhos e suas características

Aparelhos	Fabricante	Modelo	Tensão (V)	Potência (W)	Consumo Mensal Máximo (kWh/mês)	Elevação de Temperatura no Consumo Mensal Máximo(°C)	Consumo Mensal Mínimo (kWh/mês)	Vazão do Consumo Mensal Mínimo (l/min)
Chuveiro Elétrico 1	Lorenzetti	4 Temperaturas - Ducha JET SET 4	220	5500	24	23,4	10,5	3,2
Chuveiro Elétrico 2	Lorenzetti	4 Temperaturas - Ducha JET SET 4	220	5500	24	23,4	10,5	3,2
Torneira Elétrica	Fame	Torneira Elétrica Automática	220	4800	2,42	22,0	1,5	4,3

De acordo com a potência de cada aparelhos, tem-se que o Nível de Eficiência é classificado como E, devido possuírem potência acima de 4600 W. Portanto, o EqNumAA é 1.

4.3.6- CÁLCULO DAS BONIFICAÇÕES

Para complementar o cálculo da pontuação total da edificação, pode ser obtido pontos extras através das bonificações.

4.3.6.1 - BONIFICAÇÃO 1 (b1) - VENTILAÇÃO NATURAL

A seguir, são analisados três dos quatro itens da bonificação b1 (porosidade mínima, dispositivos especiais, centro geométrico e aberturas intermediárias) pois, como a edificação pertence a ZB3, o quarto item não se aplica para este caso.

a) POROSIDADE MÍNIMA (0,12 PONTOS)

A Tabela 4.8, mostra as quatro fachadas da edificação, bem como as medidas das áreas efetivas para ventilação e as áreas das fachadas.

Tabela 4.8 - Verificação da porosidade da edificação

Fachadas	Área da fachada (m²)	Área Efetiva da Abertura para ventilação (m²)	Porosidade	Exigência do RTQ-R
Norte	21,7	1,14	5,25%	20%
Sul	24,78	1,85	7,47%	20%
Leste	28,56	1,694	5,93%	20%
Oeste	28,56	0,24	0,84%	20%

Assim, de acordo com a Tabela 4.8, pode-se observar que nenhuma fachada atendeu a exigência do RTQ-R (INMETRO, 2010) em relação a porosidade mínima, portanto para este item a) da porosidade mínima, não há pontuação.

b) DISPOSITIVOS ESPECIAIS (0,16 PONTOS)

Verificando-se as características da edificação, comprova-se que todas as aberturas possuem dispositivos especiais que favorecem a ventilação natural dos ambientes de permanência prolongada, e ao mesmo tempo, permitem o controle de outras situações como a luz natural e a chuva. Portanto, com esta exigência atendida, a pontuação adquirida é de 0,16 pontos.

c) CENTRO GEOMÉTRICO (0,06 PONTOS)

Medindo-se o centro geométrico em relação ao solo, de cada janela dos ambientes de permanência prolongada, verifica-se que nenhuma abertura cumpre com a exigência do RTQ-R, como mostra a Tabela 4.9. Ou seja, não há pontuações a serem adicionadas para a bonificação b1.

Tabela 4.9 - Verificação do Centro Geométrico das aberturas dos ambientes de permanência prolongada

Aberturas	Centro Geométrico em Relação ao Solo (m)	Exigência do RTQ-R (m)
Janela 1	1,35	0,40 a 0,70
Janela 2	1,65	0,40 a 0,70
Janela 3	1,65	0,40 a 0,70
Janela 5	1,61	0,40 a 0,70

d) TOTAL DA BONIFICAÇÃO b1

Somando-se os quatro itens desta primeira bonificação, tem-se:

$$b1 = 0 + 0,16 + 0 = 0,16$$

4.3.6.2 - BONIFICAÇÃO 2 (b2) - ILUMINAÇÃO NATURAL

Para a segunda bonificação são analisados os dois itens: profundidade dos ambientes e refletância.

a) PROFUNDIDADE DOS AMBIENTES (0,20 PONTOS)

Para garantir-se a pontuação desta bonificação é necessário que a exigência de “a altura da abertura em relação ao solo multiplicado por 2,4” ser maior que a profundidade do ambiente. A Tabela 4.10 demonstra esta relação e os resultados para os ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço. Desta forma, comprova-se que para todos os ambientes este limite foi cumprido, e assim pontuando 0,20.

Tabela 4.10 - Verificação da profundidade

Ambiente	Altura Máxima ha (m)	Profundidade P (m)	Relação
Sala de Estar	2,00	2,65	$2,65 \leq 4,8$
Suíte	2,30	2,65	$2,65 \leq 5,52$
Dormitório 1	2,21	3,85	$3,85 \leq 5,30$
Dormitório 2	2,30	3,00	$3,00 \leq 5,52$
Cozinha/Área de serviço	2,20	2,65	$2,65 \leq 5,28$

b) REFLETÂNCIA (0,10 PONTOS)

Os ambientes de permanência prolongada, a cozinha e a área de serviço possuem para o teto uma refletância de 70%, assim, cumprindo com o limite de 60% exigido do RTQ-R. Portanto, pontuando 0,10 pontos.

c) TOTAL DA BONIFICAÇÃO b2

Somando-se os dois itens percententes a segunda bonificação, tem-se o seguinte valor:

$$b2 = 0,20 + 0,10 = 0,30$$

4.3.6.3 - BONIFICAÇÃO 3 (b3) - USO RACIONAL DE ÁGUA (0,20 PONTOS)

Para esta bonificação é necessário o desenvolvimento da equação (3.30), para obtenção do valor de b3:

$$b3 = 0,07 \times \left(\frac{0}{2}\right) + 0,04 \times \left(\frac{2}{2}\right) + 0,04 \times \left(\frac{2}{2}\right) + 0,02 \times \left(\frac{0}{2}\right) + 0,03 \times \left(\frac{0}{2}\right) = 0,08$$

$$b3 = 0,08$$

4.3.6.4 - BONIFICAÇÃO 4 (b4) - CONDICIONAMENTO ARTIFICIAL DE AR (0,20 PONTOS)

Para esta edificação unifamiliar, não se aplica este item, pois não há nenhum tipo de condicionamento artificial de ar instalada. Portanto, não é necessário o cálculo do Equivalente Numérico da Envoltória para Refrigeração; e conseqüentemente não há bonificação.

$$b4 = 0$$

4.3.6.5 - BONIFICAÇÃO 5 (b5) - ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL (0,10 PONTOS)

Analisando-se as fontes de iluminação de toda a edificação, tem-se a porcentagem total de quantas lâmpadas possuem eficiência acima de 75 lm/W. Este resultado está representado no Quadro 4.4, demonstrando assim que 50% das lâmpadas seguem este limite exigido pelo RTQ-R, e portanto tendo como bonificação o valor da metade dos pontos totais possíveis, ou seja, 0,05.

Lembrando que, todas as lâmpadas pertencem ao PBE.

Quadro 4.4 - Verificação da Eficiência Energética das Lâmpadas da Edificação Unifamiliar

Quantidade de Lâmpadas	Fabricante/Modelo	Eficiência (lm/W)
4	Moonlight/Espiral	77
3	Alumbra/Espiral	64
1	GE/Espiral	65

$$b5 = 0,05$$

4.3.6.6 BONIFICAÇÃO 6 (b6) - VENTILADORES DE TETO (0,10 PONTOS)

Para garantir esta bonificação foi verificado que o número de ambientes de permanência prolongada é 4. A suíte, o dormitório 1 e o dormitório 2; possuem ventiladores de teto, assim, $\frac{3}{4}$ dos ambientes de permanência prolongada, possuem ventiladores que são

certificados pelo PBE. Portanto, a bonificação é integral, devido ao cumprimento do limite exigido mínimo de 2/3.

$$b6 = 0,10$$

4.3.6.7 BONIFICAÇÃO 7 (b7) - REFRIGERADORES (0,10 PONTOS)

O refrigerador utilizado na edificação unifamiliar tem suas características apresentadas no Quadro 4.5. A sua localização é na cozinha numa área sombreada, próximo à pia, com distância das laterais e da parte de trás do equipamento de 15 cm de espaçamento; garantindo-se assim um bom funcionamento do refrigerador. E também a bonificação total de 0,10 pontos.

Quadro 4.5 - Características do refrigerador utilizado na edificação unifamiliar

Quantidade	Fabricante/Modelo	Tensão (V)	Consumo de Energia (kWh/mês)	Classificação PBE
1 unidade	Eletrolux/RE 28	127	23,7	A

$$b7 = 0,10$$

4.3.6.8- BONIFICAÇÃO 8 (b8) - MEDIÇÃO INDIVIDUALIZADA (0,10 PONTOS)

A edificação unifamiliar possui medição individualizada, portanto pode adquirir a bonificação b8.

$$b8 = 0,10$$

4.3.6.9- SOMA DAS BONIFICAÇÕES

Somando-se todas as bonificações obtidas, pode-se obter o valor que será substituído na Equação 3.1.

$$\text{Bonificações} = 0,16 + 0,30 + 0,08 + 0 + 0,05 + 0,10 + 0,10 + 0,10$$

$$\text{Bonificações} = 0,89$$

4.3.7 - CÁLCULO PARA A PONTUAÇÃO TOTAL DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA

Com a equação (3.1), obtêm-se o valor final de PT_{EU} , a Tabela 4.11, reúne os valores das variáveis para esta equação. Lembrando que a variável “a” foi obtida através da Tabela 3.3, para a Região Sudeste.

Tabela 4.11 - Resultados obtidos para a Edificação Unifamiliar

a	0,65
EqNumEnv	3,67
EqNumAA	1,0
Bonificações	0,89

De acordo com a equação (3.1), tem-se:

$$PT_{EU} = (0,65 \times 3,67) + [(1 - 0,65) \times 1,0] + 0,89$$

$$PT_{EU} = 3,62$$

Resultando-se assim uma Pontuação Total para a Edificação Unifamiliar de 3,62 e, portanto, adquirindo o Nível de Eficiência B, de acordo com a Tabela 3.2.

Portanto, para este estudo de caso, a etiqueta seria semelhante à Figura 4.3.



Figura 4.3 - Etiqueta de Eficiência Energética para Edificações Residenciais

4.4 - COMENTÁRIOS

Com este estudo de caso, pode-se notar o quanto todos os elementos de uma edificação são importantes na determinação de sua eficiência como um todo. Chegou-se a uma eficiência de nível B para esta edificação unifamiliar, ou seja, há muitos elementos que poderiam ser melhorados.

4.4.1 ANÁLISE DOS PRÉ-REQUISITOS DO EqNumEnv (Envoltória)

Analisando os pré-requisitos, verifica-se que a absorvância solar está atrelada à transmitância térmica, ou seja, caso a absorvância solar analisada seja maior que o valor estipulado (na maioria das vezes 0,6), a transmitância térmica deverá “compensar” tendo que possuir um valor menor, do que precisaria ter se a absorvância ficasse abaixo do valor estipulado. E a capacidade térmica, tem um valor mínimo que a parede ou a cobertura poderão ter; em alguns casos, não há um valor exigido. O pré-requisito sobre a ventilação

natural, dividido em três partes: o primeiro sub-item de percentual de área mínima de abertura para ventilação, possui algumas medidas de melhorias, principalmente no dormitório 1 e sala de estar que, obtiveram valores muito próximos do limite, assim como solução poderia ser implementado janelas que tivessem uma maior área para passagem de ar. Já os dois outros subitens, não obtiveram problemas quanto às exigências. O último pré-requisito Iluminação Natural, foi atendido, porém poderia ser melhorado ampliando-se a área da entrada de iluminação das janelas dos ambientes de permanência prolongada, já que a porcentagem adquirida pela razão entre a área de iluminação natural e área da abertura, foi bem próxima do limite imposto, pois caso a área da iluminação tivesse menos $0,62 \text{ m}^2$ do que realmente tem, não cumpriria com o limite da exigência.

Então, com a análise destes cinco pré-requisitos, conclui-se que apesar do cumprimento de todos, há ainda melhorias a serem realizadas, devido a aproximação de alguns itens, do valor limite, que especificamente, trata-se de ampliar a área tanto da ventilação natural, quanto da iluminação natural.

4.4.2 - ANÁLISE DO EqNumEnv (Envoltória)

Visto que quanto menor o valor de GH_R e de C_A obtido, maior o Equivalente Numérico e, portanto, maior a eficiência obtida.

Assim, analisando tanto a equação do GH_R e do C_A , pode-se chegar à conclusão das principais características que podem ser melhoradas, porém considerando ambas situações:

- A cobertura e as paredes terem capacidade térmica maior;
- Abertura para ventilação ser exatamente a área da abertura.

Com estas medidas tomadas, a edificação teria tanto o seu $\text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}}$ e o seu EqNumEnv_A ; aumentados, e conseqüentemente o seu EqNumEnv .

4.4.3 - ANÁLISE DO EqNumAA (Sistema de Aquecimento de Água)

A edificação unifamiliar, por possuir apenas o sistema de aquecimento elétrico; teve como opção apenas os níveis D e E. Para que a edificação obtivesse um EqNumAA com o nível A, poderia ser implementado um sistema de aquecimento solar, ou um sistema de aquecimento a gás, ou um sistema de aquecimento por bombas de calor.

Se fosse utilizado o sistema de aquecimento solar, primeiramente haveria a necessidade da realização do dimensionamento do sistema de acordo com as etapas descritas

no capítulo anterior; e depois comparar os valores obtidos, com os valores do projeto; e coincidindo os valores; o EqNumAA obteria o nível A.

Se fosse utilizado o sistema de aquecimento a gás; seria necessário o mesmo processo do aquecimento solar, ou seja, os cálculos do dimensionamento do sistema; porém no ato da comparação, tendo uma variação máxima de 20% em relação aos valores do projeto, o EqNumAA poderia obter o nível A.

E por fim, se fosse implementado o sistema de aquecimento por bombas de calor, o sistema teria que possuir um coeficiente de performance maior ou igual a 3 W/W, para que assim o EqNumAA pudesse obter um nível A.

Se fosse completamente inviáveis estas três opções, o máximo que poderia ser melhorado seria na utilização de chuveiros e torneiras elétricas de potência menor ou igual a 4600W; pois assim o nível poderia ser pelo menos o D; já que no estudo de caso, foi obtido o nível E.

4.4.4 - ANÁLISE DAS BONIFICAÇÕES

Algumas bonificações poderiam ter seu valor ampliado, se fossem realizados algumas mudanças no planejamento tanto estrutural da edificação, como em termos de equipamentos. Assim, as bonificações que poderiam ser otimizadas, foram analisadas.

4.4.4.1- ANÁLISE DA BONIFICAÇÃO 1 (b1 - Ventilação Natural)

Analisando esta primeira bonificação, percebe-se que se as aberturas das respectivas fachadas tivessem uma área maior ou para cada fachada aumentasse o número de janelas, supriria a necessidade de ter-se uma porosidade mínima de 20%. Por exemplo: a sala de estar ter mais uma abertura na sua fachada leste; ou o dormitório 1 ter mais uma abertura em sua fachada oeste. Ou a ampliação das já existentes.

Outra observação a ser feita é que todas as aberturas possuíam um centro geométrico acima do limite exigido, ou seja, as aberturas deveriam estar a uma altura menor do chão, para um melhor aproveitamento tanto da ventilação, quando da iluminação.

4.4.4.2 - ANÁLISE DA BONIFICAÇÃO 2 (b2 - Iluminação Natural)

Esta bonificação foi obtida 100% do seu valor, portanto é satisfatório a altura das aberturas em relação a profundidade do ambiente. Isso pode parecer contraditório com a bonificação anterior, porém há uma explicação: se for observado que os valores obtidos do produto de 2,4 pela altura das aberturas, os resultados são (relativamente) muito superior aos valores da profundidade, comprovando que realmente a altura da abertura foi superdimensionada. Assim, se elas estivessem a uma altura um pouco menor, ainda cumpririam esta bonificação, porém cumpririam também o limite do centro geométrico.

4.4.4.3 - ANÁLISE DA BONIFICAÇÃO 3 (b3 - Uso Racional de Água)

Para uma melhor bonificação neste quesito, a edificação poderia fazer o uso de água pluvial para as bacias sanitárias e as torneiras possuem restritor de vazão.

4.4.4.4 - ANÁLISE DA BONIFICAÇÃO 4 (b4 - Condicionamento Artificial de ar))

A edificação não possui sistema de condicionamento artificial de ar, apesar de fazer parte da bonificação; não é vantagem instalar este sistema nesta casa, a não ser que sua eficiência seja classificada com nível máximo A, e seus equipamentos possuem o Selo Procel ou o ENCE A. Porém, neste caso, não se torna necessário fazer o uso do mesmo, já que nos ambientes de permanência prolongada, exceto a sala de estar, possuem ventiladores de teto.

4.4.4.5 - ANÁLISE DA BONIFICAÇÃO 5 (b5 - Iluminação Artificial)

Apesar de 50% das lâmpadas desta residência possuem eficiência maior que 75 lm/W, o ideal seria que todas tivessem além do Selo Procel, a eficiência acima do valor exigido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Grande parte da população brasileira, ainda tem um conceito de eficiência energética e sustentabilidade como algo de responsabilidade apenas das grandes indústrias e do governo, sendo que de acordo com estudos realizados sobre o consumo mundial, indicam que o setor residencial representa um dos maiores consumidores de energia, ou seja, se houvesse mais investimentos e incentivos para mudar os costumes dos consumidores residenciais em suas próprias habitações, haveria uma mudança mais significativa em prol da sustentabilidade. Para que um país realmente cresça economicamente não basta apenas investir em estruturas para a indústria e incentivar o consumo; pois existe também a necessidade do desenvolvimento consciente que faça o país crescer em vários aspectos, mas priorizando o consumo sustentável dos recursos naturais, desta forma, além de obter um crescimento econômico, trazendo benefícios à sociedade.

Neste estudo de caso, por tratar-se de uma edificação já existente, são observadas as modificações que poderiam ser implementadas e os “erros” encontrados ao longo da análise. Nem todas as modificações geralmente podem ser realizadas devido a fatores econômicos, pela disposição física da casa, ou pela disponibilidade de recursos do local, porém conseguindo adotar algumas melhorias mais simples, como a troca de lâmpadas, pintura das paredes externas ou até mesmo acrescentar um sistema de aquecimento solar; podem tornar a edificação mais sustentável, consumindo menos energia e, portanto, mais econômica. Além destas mudanças físicas é necessário que mudanças de hábitos e costumes, devam ser também realizadas para que se tenha realmente uma melhora da eficiência energética e que seja principalmente duradoura; como impor um limite de duração de banho a si mesmo, utilizar a máquina de lavar roupa com carga máxima, utilizar sempre equipamentos com Selo Procel, atentar-se a seus resíduos emitidos no ambiente, observar vazamentos e consertá-los; dentre inúmeras ações diárias que devem ser incorporadas constantemente e de forma definitiva.

Com o estudo deste método proposto pelo INMETRO, pode-se observar que a eficiência energética de uma residência não depende somente da troca das lâmpadas, mas também de fatores que em grande maioria, não são devidamente dimensionados, como, por exemplo, a altura em que as aberturas para janelas são colocadas para facilitar a ventilação e a iluminação natural. Observando-se o desenvolvimento do procedimento descrito pelo documento INMETRO, para que uma edificação tenha um bom nível de eficiência energética há a necessidade da preocupação desde a construção da mesma, principalmente

nos detalhes como a cor da tinta utilizada nas paredes ou a absorvência solar das paredes e da cobertura. E no caso das edificações existentes, pode haver adaptações para a sua melhoria. Ou seja, a certificação residencial cabe em qualquer situação e é eficaz independente do caso; se a edificação ainda não foi construída, ela poderá ser planejada e projetada já seguindo os procedimentos corretos do documento do INMETRO, direcionando-a para o nível máximo de eficiência. Ou caso, seja uma edificação que já exista, após ser avaliada, poderá ser indicado as possíveis soluções para que a torne uma construção mais sustentável; como ocorrido no estudo de caso do capítulo quatro.

A etiqueta ainda é um assunto novo que é pouco divulgado, e por isso, muitos não sabem da existência da mesma, por este motivo é necessária uma atenção maior na divulgação deste documento, para que atinja a população de um modo abrangente. E para isso, há a necessidade da formulação de um documento mais simplificado e atrativo para que os termos científicos não sejam uma barreira para o entendimento da população em geral. Sabe-se que uma divulgação bem planejada, com um material simplificado e ilustrado é atrativa e, portanto, envolve mais pessoas à causa. E o governo precisaria assumir parte dos custos para que seja mais acessível a qualquer classe social, e treinar mais equipes para que possam difundir o conceito e esclarecer dúvidas que surgirão conforme o aumento de interesses.

Na divulgação é importante que fique claro o motivo desta etiquetagem que é o aumento do nível de eficiência energética e a promoção da sustentabilidade, ou seja, melhor custo-benefício no uso consciência da energia e da água, ambiente mais saudável e mais arejado e enorme contribuição com a preservação do meio ambiente.

Assim, adquirir a etiqueta é um diferencial na compra e na venda de imóveis. Verificar qual é o nível de eficiência energética de uma residência deve ser adotado e incorporado no momento da escolha, pois o consumidor perceberá que em longo prazo investir em uma residência certificada trará benefícios tanto economicamente quanto na qualidade de vida.

Além disso, a etiquetagem residencial será como um elo maior entre a sustentabilidade e a população, por tratar-se de algo próximo e pertencente ao dia-a-dia.

REFERÊNCIAS

ABESCO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA (São Paulo). **Eficiência Energética**. Disponível em: <www.abesco.com.br>. Acesso em: 17 nov. 2011.

AQUA - FUNDAÇÃO VANZOLINI (Brasil). **Alta Qualidade Ambiental**. Disponível em: <<http://www.processoaqua.com.br>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Standard 146**: Methods of Testing and Rating Pool Heaters. USA, 2006.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 13256**: Water-Source Heat Pumps. USA, 1998

AIR-CONDITIONING, HEATING AND REFRIGERATION INSTITUTE. **AHRI 1160**: Performance Rating of Heat Pump Pool Heaters. USA, 2009.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificação.. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento Bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15569**: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e Instalação. Rio de Janeiro, 2008.

BRANCO, Samuel Murgel. **Energia e Meio Ambiente**. 2 . ed. São Paulo: Moderna, 2010. 96 p.

BREEAM (Reino Unido). **Building Research Establishment Environmental Assessment Method**. Disponível em: <<http://www.breeam.org>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

CASBEE (Japão). **Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency**. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

GBC (Brasil). **Green Build Council Brasil**. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br>>. Acesso em: 19 jul. 2011.

GBCA (Austrália). **Green Building of Council of Australia**. Disponível em: <<http://www.gbca.org.au>>. Acesso em: 12 abr. 2011.

COELHO, Maria Fernanda Ramos. **Selo Azul Caixa**. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2010.

CRESESB. **Atlas Solarimétrico do Brasil**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2011.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Edusp, 2008. 400 p.

HQE (França). **Haute Qualité Environnementale**. Disponível em: <<http://www.assohqe.org>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

IISBE (Ottawa, Canadá). **International Initiative for a Sustainable Built Environment**. Disponível em: <<http://www.iisbe.org>>. Acesso em: 09 abr. 2011.

INMETRO **Portaria nº 449: regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais**. Rio de Janeiro: INMETRO, 2010. 146p.

LAMBERTS, R.; CARLO, J. C. **Parâmetros e Métodos adotados no regulamento da etiquetagem da eficiência energética de edifícios: Parte 1: Método prescritivo**. Porto Alegre, 2010. 26 p.

PBE (Brasil). **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe.asp>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

PE INTERNATIONAL (China). **Experts in Sustainability**. Disponível em: <<http://www.pe-international.com/china>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

PEREIRA, Enio Bueno et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José Dos Campos: Inpe, 2006.

RAMOS, Jaqueline B. **Energia: Desafios e Alternativas para o Século XXI**. Disponível em: <http://www.institutoaqualung.com.br/info_ener41.html>. Acesso em: 17 nov. 2011.

THAYS PRADO (Brasil). **Primeiro referencial técnico brasileiro para construções sustentáveis**. Disponível em: <<http://www.planetasustentavel.abril.com.br>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

USGBC (Washington, DC). **U.S. Green Building Council**. Disponível em: <<http://www.usgbc.org>>. Acesso em: 09 abr. 2011.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. **VDI 4707**: Lifts - Energy Efficiency. Alemanha, 2009.