



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

cb3e.ufsc.br

Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

Núcleo Residencial

Florianópolis, 20 de março de 2018





INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO PARA A CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

1. OBJETIVO

Estabelecer os requisitos técnicos e os métodos e seus limites de aplicação para a classificação da eficiência energética de edificações residenciais unifamiliares e unidades habitacionais autônomas de edificações multifamiliares, para fins de etiquetagem de edificações.

2. ESCOPO DE APLICAÇÃO

Estes requisitos aplicam-se a edificações residenciais unifamiliares, unidades habitacionais autônomas de edificações multifamiliares e edifícios de uso misto, em projeto ou construídos. Estes requisitos não se aplicam às porções não residenciais dos edifícios de uso misto.

3. SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
INI	Instrução Normativa Inmetro
INI-C	Instrução Normativa Inmetro para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
INI-R	Instrução Normativa Inmetro para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
NBR	Norma Brasileira
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações
UH	Unidade Habitacional Autônoma
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
OIA	Organismo de Inspeção Acreditado
HIS	Habitações de interesse social
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
GN	Gás natural
GLP	Gás liquefeito de petróleo
SIN	Sistema Interligado Nacional

4. DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

ABNT NBR 15220-2 (2005)	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 edificações
ABNT NBR 15220-3 (2005)	Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social

ABNT NBR 15569 (2008)	Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação
ABNT NBR 15575-2 (2013)	Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais
ABNT NBR 15575-4 (2013)	Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE
ABNT NBR 15575-5 (2013)	Edificações habitacionais – Desempenho Parte 5: requisitos para os sistemas de coberturas
ASHRAE 90.1 (2016)	Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (ANSI Approved; IES Co-sponsored)
ABNT NBR 6488 (1980)	Componentes de construção - Determinação da condutância e transmitância térmica - Método da caixa quente protegida
ASTM E1918-06 (2015)	Standard Test Method for Measuring Solar Reflectance of Horizontal and Low-Sloped Surfaces in the Field
ASTM E903-96 (1996)	Standard Test Method for Solar Absorptance, Reflectance, and Transmittance of Materials Using Integrating Spheres
ASHRAE 74 (1988)	Method of Measuring Solar-Optical Properties of Materials
BS EN 15316-3-3 (2007)	Heating systems in buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies. Domestic hot water systems, generation
BS EN 12897 (2006)	Water supply. Specification for indirectly heated unvented (closed) storage water heaters
INI-C	Instrução Normativa Inmetro para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
RORIZ, R.	Classificação de climas do Brasil – versão 3.0. ANTAC: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Grupo de Trabalho sobre Conforto Ambiental e Eficiência Energética de Edificações. São Carlos, SP. Março de 2014. Disponível em: http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Roriz_2014.pdf e http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={02A05065-372B-4133-B054-4369D8F37B3F}#2

5. DEFINIÇÕES

5.1 Abertura

Todas as áreas da envoltória da edificação, abertas ou com fechamento translúcido ou transparente (que permitam a entrada de luz e/ou ar) incluindo, por exemplo, janelas, painéis plásticos, portas de vidro (com mais da metade da área de vidro), paredes de blocos de vidro e aberturas zenitais.

5.2 Abertura para iluminação

Parcela de área do vão que permite a passagem de luz.

5.3 Abertura para ventilação

Parcela de área do vão que permite a passagem de ar.

5.4 Abertura zenital

Abertura na cobertura para iluminação natural. Refere-se exclusivamente a aberturas em superfícies com inclinação inferior a 60° em relação ao plano horizontal. Sua área deve ser calculada a partir da projeção horizontal da abertura.

5.5 Absortância – α (adimensional)

Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. A absortância é utilizada apenas para elementos opacos, com ou sem revestimento externo de vidro. Exclui-se a absortância das parcelas envidraçadas das aberturas.

5.6 Ambiente

Espaço interno de uma edificação, fechado por superfícies sólidas, tais como paredes ou divisórias piso-teto, teto, piso e dispositivos operáveis tais como janelas e portas.

5.7 Ambiente condicionado artificialmente

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

5.8 Ambiente de permanência prolongada – APP

Ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, escritório, sala de TV e ambientes de uso similares aos citados. Não são considerados ambientes de permanência prolongada: cozinha, lavanderia ou área de serviço, banheiro, circulação, varanda aberta ou fechada com vidro, *solarium*, garagem, dentre outros que sejam de ocupação transitória. Os ambientes listados nesta definição não excluem outros não listados. *Observação: varandas fechadas com vidro, cozinhas ou outros ambientes que não possuam separação por parede ou divisória até o forro com ambientes de permanência prolongada são considerados extensão dos ambientes contíguos a eles.*

5.9 Área da abertura (m²)

Área da abertura livre de obstrução por elementos fixos de sombreamento que sejam paralelos ao plano da abertura.

5.10 Área efetiva de ventilação

Áreas da abertura livre de obstrução que permita a circulação de ar.

5.11 Área útil (m²)

Área disponível para ocupação medida entre os limites internos das paredes que delimitam o ambiente.

5.12 Capacidade térmica – CT (kJ/(m²K))

Quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema.

5.13 Carga térmica para aquecimento – CgTA (kWh/(m².ano))

Quantidade de calor a ser fornecida ao ar para manter, em um ambiente, as condições desejadas.

5.14 Carga térmica para refrigeração – CgTR (kWh/(m².ano))

Quantidade de calor a ser retirada do ar para manter, em um ambiente, as condições desejadas.

5.15 Cartas solares

Instrumentos para representação da geometria da insolação.

5.16 Classe de eficiência energética

Classificação da eficiência energética alcançada pela edificação e/ou sistema avaliado, variando de A (mais eficiente) até E (menos eficiente).

5.17 Cobertura

Parcela da área de fechamentos opacos superiores da edificação, com inclinação inferior a 60° em relação ao plano horizontal.

5.18 Coeficiente de descarga – C_D (adimensional)

Coeficiente relacionado com as resistências de fluxo de ar encontradas nas aberturas de portas e janelas. É uma função entre a diferença de temperatura do ar, a velocidade e direção do vento e, principalmente, a geometria da abertura. É um coeficiente adimensional relacionado com a taxa de fluxo de ar média que passa pelas aberturas e corresponde à diferença de pressão através delas.

5.19 Coeficiente de fluxo de ar por frestas – C_Q (adimensional)

Coeficiente relacionado à infiltração, que corresponde ao fluxo de ar que vem do exterior para o interior da edificação através de frestas e outras aberturas não intencionais. Equivale ao coeficiente de descarga de fluxo de ar relativo ao tamanho da abertura.

5.20 Coeficiente de performance – COP (W/W)

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

compressor e, se aplicável, o sistema auxiliar de aquecimento, sob condições operacionais projetadas.

5.21 Coeficiente de rugosidade do entorno (adimensional)

Valor adimensional relacionado com o perfil de obstrução dos arredores da edificação. Este valor é utilizado para corrigir os dados de velocidade de vento adquiridos em uma estação meteorológica.

5.22 Coletor solar

Dispositivo que absorve a radiação solar incidente, transferindo-a para um fluido de trabalho sob a forma de energia térmica.

5.23 Condição de referência

Características construtivas prefixadas para determinada edificação residencial submetida à etiquetagem de eficiência energética. A condição de referência possui a mesma forma, a mesma orientação solar, o mesmo volume, as mesmas áreas e o mesmo pé-direito da edificação avaliada em sua condição real.

5.24 Consumo para aquecimento – CA (kWh/ano)

Consumo anual de energia (em kWh) necessário para aquecimento do ambiente durante o período compreendido entre 14h e 22h para as salas e durante o período compreendido entre 22h e 08h para os dormitórios. São consideradas duas pessoas por dormitório; duas pessoas por sala entre 14h e 18h e quatro pessoas por sala entre 18h e 22h; todos os dias do ano, com termostato em 18°C. O acionamento do sistema de aquecimento é realizado sempre que a temperatura operativa for inferior a 16°C. O consumo para aquecimento será calculado em função da carga térmica, considerando um sistema operando com condicionadores de ar do tipo *split* com coeficiente de performance (COP) igual a 3,24.

5.25 Consumo para refrigeração – CR (kWh/ano)

Consumo anual de energia (em kWh) necessário para refrigeração do ambiente durante o período compreendido entre 14h e 22h para as salas e durante o período compreendido entre 22h e 08h para os dormitórios. São consideradas duas pessoas por dormitório; duas pessoas por sala entre 14h e 18h e quatro pessoas por sala entre 18h e 22h; todos os dias do ano, com termostato em 23°C. O acionamento do sistema de refrigeração é realizado sempre que a temperatura operativa for superior a 26°C. O consumo para refrigeração será calculado em função da carga térmica, considerando um sistema operando com condicionadores de ar do tipo *split* com coeficiente de performance (COP) igual a 3,24.

5.26 Dispositivo de proteção solar

Elementos externos que proporcionam sombreamento nas aberturas dos ambientes de permanência prolongada, tais como venezianas, persianas, brises e cobogós.

5.27 Edificação multifamiliar

Edificação que possui mais de uma unidade habitacional autônoma (UH) em um mesmo lote, em relação de condomínio, podendo configurar edifício de apartamentos, sobrado ou grupamento de edificações. Casas geminadas ou “em fita”, quando situadas no mesmo lote,

enquadram-se nesta classificação. Estão excluídos desta categoria hotéis, motéis, pousadas, apart-hotéis e similares.

5.28 Edificação residencial

Edificação utilizada para fins habitacionais, que contenha espaços destinados ao repouso, alimentação, serviços domésticos e higiene, não podendo haver predominância de atividades como comércio, escolas, associações ou instituições de diversos tipos, prestação de serviços, diversão, preparação e venda de alimentos, escritórios e serviços de hospedagem, sejam eles hotéis, motéis, pousadas, apart-hotéis ou similares. No caso de edificações de uso misto, que possuem ocupação diversificada englobando mais de um uso, estes devem ser avaliados separadamente.

5.29 Edificação unifamiliar

Edificação que possui uma única unidade habitacional autônoma (UH) no lote.

5.30 Energia primária

Forma de energia disponível na natureza que não foi submetida a qualquer processo de conversão ou transformação. É a energia contida nos combustíveis ainda brutos (primários), podendo ser proveniente de fontes renováveis ou não renováveis. Quando não utilizada diretamente, pode ser transformada em fontes de energia secundárias como eletricidade e calor.

5.31 Envoltória

Conjunto de planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, tais como fachadas, empenas, cobertura, aberturas, pisos, assim como quaisquer elementos que os compõem.

5.32 Equipamento economizador

Equipamento hidráulico que possui consumo de água inferior a modelos convencionais.

5.33 Equivalente Numérico (EqNum)

Número representativo da eficiência energética de um ambiente de permanência prolongada (APP) ou da unidade habitacional autônoma (UH).

5.34 Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE

Etiqueta concedida a produtos e edificações com eficiência avaliada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

5.35 Fachada

Superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60° em relação ao plano horizontal. Inclui as superfícies opacas, translúcidas, transparentes e vazadas como cobogós e vãos de entrada.

5.36 Fachada leste

Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 90° em sentido horário a partir do norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de -44,9° a +45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachada leste.

5.37 Fachada norte

Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 0° a partir do norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de -44,9° a +45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachada norte.

5.38 Fachada oeste

Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 270° em sentido horário a partir do norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de -44,9° a +45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachada oeste.

5.39 Fachada sul

Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 180° em sentido horário a partir do norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de -44,9° a +45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachada sul.

5.40 Fator solar – FS (adimensional)

Razão entre o ganho de calor que entra em um ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente. O fator solar considerado é relativo a uma incidência de radiação solar ortogonal à abertura.

5.41 Fração solar

Parcela de energia requerida para aquecimento da água que é suprida pela energia solar, em média anual.

5.42 Geração local de energia renovável

Energia gerada exclusivamente por fontes renováveis instaladas na edificação avaliada ou no mesmo lote onde esta está (ou estará) construída.

5.43 Grupo climático – GCL

Agrupamento de cidades que possuem realidades climáticas próximas quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano. Os critérios estabelecidos referentes ao arquivo climático da cidade para a definição destes agrupamentos são: temperatura média anual, desvio padrão da média mensal das temperaturas médias diárias, amplitude média anual, desvio padrão da amplitude média mensal e altitude das cidades.

5.44 Instrução Normativa Inmetro para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – INI-C

Documento que estabelece os requisitos técnicos e os métodos para classificação de edificações comerciais, de serviços e públicas quanto à sua eficiência energética, visando à etiquetagem de edificações.

5.45 Organismo de Inspeção Acreditado – OIA

Pessoa jurídica, de direito público ou privado, que obteve o reconhecimento formal da Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro – Cgcre – quanto à sua competência para

realizar os serviços de inspeção de projeto e/ou de edificações construídas para determinar a classe de eficiência energética da edificação, tendo como base o RAC, a INI-C e a INI-R.

5.46 Padrão de ocupação (h)

Número de horas em que um determinado ambiente é ocupado, considerando a dinâmica da edificação (dias de semana e fins de semana).

5.47 Padrão de uso (h)

Número de horas em que um determinado equipamento é utilizado.

5.48 Paredes externas

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

5.49 Pé-direito

Distância vertical entre o piso e a parte inferior do teto ou forro de um ambiente.

5.50 Percentual de horas ocupadas em conforto térmico – PHOC_T (%)

Razão entre as horas ocupadas que comprovadamente atendem aos requisitos de conforto térmico quando a UH é ventilada naturalmente e o total de horas ocupadas da UH. O PHOC_T é o resultado da média das horas ocupadas em conforto térmico de cada APP ponderada pela respectiva área útil. As condições de conforto térmico são baseadas nos limites de 18°C a 26°C para ambientes naturalmente ventilados.

5.51 Pilotis

Consiste de pavimento vazado delimitado pela projeção do perímetro correspondente ao pavimento logo acima.

5.52 Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE

Programa de conservação de energia que atua por meio de etiquetas informativas, com o objetivo de alertar o consumidor quanto à eficiência energética dos principais produtos consumidores de energia comercializados no país.

5.53 Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações - RAC

Documento que estabelece os critérios para o Programa de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações, por meio do mecanismo da Inspeção, culminando com a concessão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE, de acordo com as Instruções Normativas do Inmetro – INIs.

5.54 Temperatura operativa – T_O (°C)

Valor médio entre a temperatura do ar e a temperatura radiante média do ambiente.

5.55 Temperatura *setpoint* (°C)

Temperatura pré-estabelecida que um sistema de controle automático tentará alcançar quando acionado.

5.56 Transmitância térmica – U (W/(m²K))

Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo; neste caso, dos vidros e dos componentes opacos das paredes externas e coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes.

5.57 Unidade Habitacional Autônoma – UH

Bem imóvel destinado à moradia e dotado de acesso independente, sendo constituído por, no mínimo, banheiro, dormitório, cozinha e sala, podendo estes três últimos serem conjugados. Corresponde a uma unidade de uma edificação multifamiliar (apartamento) ou a uma edificação unifamiliar (casa).

6. PRÉ-REQUISITO GERAL

Para classificação da eficiência energética de edificações residenciais, havendo mais de uma unidade habitacional autônoma no mesmo lote, estas devem possuir a infraestrutura necessária para a instalação do equipamento de medição individualizada de eletricidade e água fria. Estão excluídas deste pré-requisito as edificações construídas até janeiro de 2012.

Observação: Este pré-requisito não se aplica a edificações unifamiliares isoladas no lote.

7. PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA

A eficiência energética das edificações é avaliada por meio do seu desempenho quanto ao consumo estimado de energia elétrica e energia térmica, bem como pelo seu potencial de geração de energia renovável.

A avaliação do consumo energético deve ser realizada por meio do método prescritivo (Anexo A), do método simplificado (Anexo B) ou do método de simulação (Anexo C), e a geração local de energia renovável por meio do método disposto no Anexo D. O percentual de horas da edificação ocupadas em conforto térmico quando ventilada naturalmente também é determinado pelos métodos supracitados. Outros dois temas são contemplados na etiquetagem: uso racional de água em edificações (Anexo E) e emissões de dióxido de carbono (Anexo F). O desempenho destes sistemas é apenas informativo e não influencia na classificação energética da edificação avaliada. Para a verificação da influência do clima, esta Instrução Normativa Inmetro adota a classificação de climas proposta por Roriz (2014) que divide o território brasileiro em 24 grupos climáticos (GCL). O Anexo G abrange uma lista simplificada dos GCL e suas principais cidades. A lista completa com todas as 5.564 cidades do território brasileiro e seus respectivos grupos climáticos pode ser acessada em: <http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Cidades%20e%20GCL.csv> e em <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={02A05065-372B-4133-B054-4369D8F37B3F}#2>.

Independente do método utilizado, são avaliados dois sistemas: o aquecimento de água e a envoltória, esta avaliada para aquecimento, quando houver, e para refrigeração dos ambientes de permanência prolongada.

A etiquetagem de eficiência energética pelo método prescritivo é realizada por meio da análise do cumprimento de cinco requisitos específicos referentes à envoltória e ao aquecimento de água da edificação avaliada. Além destes sistemas, a etiquetagem pelo método prescritivo avalia o emprego de sistemas de geração local de energia renovável e/ou do emprego de sistemas de uso racional de água, quando existentes, e a emissão de dióxido de carbono. O método descrito no Anexo A – Método Prescritivo – permite, apenas, a classificação em classe A de eficiência energética. Os limites de aplicação do método são descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Limites de aplicação do método prescritivo

Parâmetro	Limite de aplicação
Tipologia	Edificação residencial unifamiliar
Área útil da UH	$\leq 60 \text{ m}^2$
Área útil do APP	$\leq 16 \text{ m}^2$
Nº de dormitórios	Máximo 3 dormitórios
Pé direito	≤ 3 metros

O método simplificado abrange grande parte das soluções arquitetônicas mais difundidas em edificações residenciais. A avaliação da envoltória baseia-se na análise dos resultados de um conjunto de simulações paramétricas referentes a um número limitado de casos por meio de metamodelagem em redes neurais artificiais. Os limites de aplicação do método são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Limites de aplicação do método simplificado

Parâmetro	Limites do método	
	Mínimo	Máximo
Absortância solar da cobertura	0,30	0,80
Absortância solar das paredes externas	0,30	0,80
Altura do pavimento em relação ao solo	0	50 m^2
Área de fachada	0	150 m^2
Área do ambiente	8 m^2	300 m^2
Capacidade térmica da cobertura	$20 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$	$250 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$
Capacidade térmica das paredes externas	$30 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$	$290 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$
Capacidade térmica do piso externo	$50 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$	$200 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$
Fachadas expostas a ambientes externos	1	2 (dormitório) e 3 (sala)
Fator de abertura para ventilação	0,50	1,00
Fator solar do vidro	0,22	0,87
Pé-direito	2,50 m	5,00 m
Proporção de área de fachada em relação à área de piso (por orientação de fachada e por ambiente)	0	1,50
Percentual de vidro na fachada	0,10	0,90
Sombreamento das aberturas	Sem veneziana	Com veneziana
Tamanho da projeção horizontal da sacada ou marquise	0	2 m^2
Transmitância térmica da cobertura	$0,50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$	$3,50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Transmitância térmica das paredes externas	$0,50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$	$3,50 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Transmitância térmica do piso externo	$2,00 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$	$3,00 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
Transmitância térmica do vidro	$2,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$	$5,7 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

O método de simulação é recomendado para os casos não compreendidos pelos limites de aplicação dos métodos prescritivo e/ou simplificado.

É possível que os sistemas de uma mesma edificação sejam avaliados por diferentes métodos. As combinações possíveis de métodos para etiquetagem são descritas na Tabela 3.

Tabela 3 – Combinações possíveis de métodos para etiquetagem de eficiência energética de edificações residenciais

Envoltória	Aquecimento de água
Método Simplificado – Anexo B	
Método de Simulação – Anexo C	Método Simplificado – Anexo B

Nota: As combinações da Tabela 3 não se aplicam a edificações avaliadas pelo método prescritivo (Anexo A).

Para a classificação da eficiência energética das edificações pelos Anexos B e C, os consumos energéticos dos sistemas avaliados são somados e ponderados por fatores de conversão para energia primária, conforme detalhado no item 7.1. As edificações, bem como os sistemas individuais: envoltória e aquecimento de água, são classificados da classe A (mais eficiente) à classe E (menos eficiente). Os fatores de conversão para energia primária variam de acordo com a fonte de energia empregada e são definidos no item 7.3.

7.1 Consumo total de energia primária das unidades habitacionais autônomas (C_{EP})

A classificação da eficiência energética de unidades habitacionais autônomas (UHs) é o resultado do percentual de economia do consumo de energia primária alcançado pela edificação real em relação à mesma edificação com características construtivas de referência. As escalas de classificação da UH são apresentadas no item 7.4 e as características da edificação de referência são apresentadas no item 7.5.

O consumo total de energia primária da UH (C_{EP}) é o resultado da soma dos consumos energéticos de energia elétrica e de energia térmica, ponderados por coeficientes de conversão para energia primária, conforme expresso na Equação 1.

$$C_{EP} = C_{EE} \cdot fc_e + C_{ET} \cdot fc_t \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

C_{EP} é o consumo total anual de energia primária da unidade habitacional autônoma (kWh/ano);

C_{EE} é o consumo total de energia elétrica da unidade habitacional autônoma (kWh/ano);

fc_e é o fator de conversão de energia elétrica para energia primária, dado pela Tabela 4;

C_{ET} é o consumo total de energia térmica da unidade habitacional autônoma (kWh/ano);

fc_t é o fator de conversão de energia térmica para energia primária, dado pela Tabela 4.

Nota: as edificações avaliadas pelo método prescritivo têm o consumo total de energia primária estimado de acordo com a tipologia da edificação conforme descrito no Anexo A.

7.2 Consumo energético por tipo de energia

Os consumos de energia resultantes da avaliação de eficiência energética devem ser discriminados por tipo de energia: elétrica ou térmica.

7.2.1 Consumo total de energia elétrica (CEE)

Aos consumos para refrigeração (CR), para aquecimento (CA) e para aquecimento de água proveniente de fontes de energia elétrica (CAAE) deve ser acrescido um consumo médio estimado de equipamentos (CEQ), descrito no item 7.2.1.1. Do consumo de energia elétrica deve-se descontar a geração local de energia renovável (GEE). A geração local de energia renovável é detalhada no Anexo E. A Equação 2 expressa o consumo total de energia elétrica da unidade habitacional autônoma (CEE).

$$C_{EE} = CR_{UHreal} + CA_{UHreal} + C_{AAE} + C_{EQ} - G_{EE} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

C_{EE} é o consumo total de energia elétrica da unidade habitacional autônoma (kWh/ano);

CR_{UHreal} é o consumo energético para refrigeração da edificação real (kWh/ano);

CA_{UHreal} é o consumo energético para aquecimento da edificação real (kWh/ano);

C_{AAE} é o consumo total para aquecimento de água proveniente de fontes de energia elétrica (kWh/ano);

C_{EQ} é o consumo médio estimado de equipamentos (kWh/ano);

G_{EE} é a energia gerada por fontes renováveis locais de energia elétrica (kWh/ano).

7.2.1.1 Consumo médio estimado de equipamentos (CEQ)

Para fins de cálculo do consumo médio estimado de equipamentos, devem ser consideradas duas pessoas por dormitório da UH. O número de habitantes da UH deve ser multiplicado por 28,37 kWh/mês e por 12 meses. O resultado deve ser somado ao consumo de energia elétrica da UH.

7.2.2 Consumo de energia térmica (CET)

O consumo de energia térmica para as UHs equivale ao consumo de energia para aquecimento de água proveniente de fontes térmicas (CAAT), como gás natural (GN), gás liquefeito de petróleo (GLP) ou outros. A Equação 3 expressa o consumo total de energia térmica da unidade habitacional autônoma (CET).

$$C_{ET} = C_{AAT} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

C_{ET} é o consumo total de energia térmica da unidade habitacional autônoma (kWh/ano);

C_{AAT} é o consumo total para aquecimento de água proveniente de fontes de energia térmica (kWh/ano).

7.3 Fatores de conversão para energia primária

Devem ser considerados os valores expressos na Tabela 4, conforme o tipo de energia, para a conversão para energia primária.

Tabela 4 – Fatores de conversão para energia primária

Fonte de energia	Fator de conversão	
Energia elétrica	f_{c_e}	1,6
Energia térmica - Gás Natural (GN)	f_{c_t}	1,1
Energia térmica – Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	f_{c_t}	1,1

7.4 Classe de eficiência energética da UH

A classificação da eficiência energética da UH é determinada pelo percentual de redução do consumo de energia primária da edificação real quando comparada com o consumo da edificação na condição de referência, equivalente à classe C. A Tabela 5 apresenta a escala de classificação da UH conforme os percentuais de economia.

Tabela 5a – Escala de classificação da eficiência energética de UHs nos Grupos Climáticos 1 a 8

Percentual de Redução de Consumo (%)- GCL 1 a 8 (consumo com cooling, heating, aquecimento de água e equipamentos)									
Classe	LimInf A				LimInf B				LimInf C
APP	Sala + (nº Dormitórios)				Sala + (nº Dormitórios)				-
GCL	01	02	03	04	01	02	03	04	-
1a - 1b	45	40	35	30	30	25	20	15	0
2-4	40	35	30	25	25	20	15	10	0
5-6	30	28	25	20	20	18	15	10	0
7-8	35	30	28	25	22	20	18	10	0

Tabela 5b – Escala de classificação da eficiência energética de UHs nos Grupos Climáticos 9 a 24

Percentual de Redução de Consumo (%) - GCL 9 a 24 (consumo com cooling, aquecimento de água e equipamentos)									
Classe	LimInf A				LimInf B				LimInf C
APP	Sala + (nº Dormitórios)				Sala + (nº Dormitórios)				-
GCL	01	02	03	04	01	02	03	04	-
9	35	30	28	25	20	15	12	10	0
10	48	42	38	35	25	20	18	15	0
11 - 12	44	40	38	35	22	20	18	15	0
13 - 14	32	30	28	25	18	15	12	10	0
15 - 16	32	30	28	25	18	15	12	10	0

17	25	23	21	20	18	15	12	10	0
18	22	20	18	16	15	12	10	08	0
19 - 20	20	18	16	15	15	12	10	08	0
21 - 22	24	22	20	18	15	12	10	08	0
23 - 24	25	23	22	20	18	15	12	10	0

7.5 Características da condição de referência

Esta seção descreve as características para avaliação do desempenho da edificação na condição de referência.

A edificação na condição de referência é equivalente à edificação real sob análise. O volume da edificação, as áreas e os pés-direitos permanecem iguais aos da condição real, porém, suas características construtivas são definidas a seguir:

- As propriedades térmicas das paredes externas e internas da condição de referência correspondem aos valores apresentados na Tabela 6. Os valores apresentados na tabela correspondem a uma parede real cujas propriedades térmicas atendem ao exigido pela norma ABNT NBR 15.575-4:2013.

Tabela 6 – Propriedades térmicas das paredes externas da condição de referência

	Transmitância térmica (U) [W/m ² .K]	Absortância (α)	Emissividade	Capacidade térmica (CT) [kJ/m ² .K]
Paredes externas	3, 50	0,60	0,90	Média (entre 50 e 200)

- As propriedades térmicas da cobertura externa da condição de referência correspondem aos valores apresentados na Tabela 7. Os valores apresentados na tabela correspondem a uma cobertura externa real cujas propriedades térmicas atendem ao exigido pela norma ABNT NBR 15.575-5:2013.

Tabela 7 – Propriedades térmicas da cobertura externa da condição de referência

Grupos Climáticos (GCL)	Transmitância térmica (U) [W/m ² .K]	Absortância (α)	Emissividade	Capacidade térmica (CT) [kJ/m ² .K]
1 a 8	2,29	0,6	0,90	leve (≤ 50)
9 a 24	2,29	0,4	0,90	leve (≤ 50)

As composições de piso e lajes entre pavimentos da UH na condição de referência devem permanecer as mesmas da UH da edificação real;

- As aberturas para ventilação dos ambientes de permanência prolongada devem corresponder às áreas mínimas apresentadas na Tabela 8. Os percentuais mínimos

apresentados na tabela correspondem aos limites das dimensões mínimas exigidas pela norma ABNT NBR 15.575-4:2013. As dimensões correspondem às áreas efetivas de ventilação;

Tabela 8 – Áreas mínimas para ventilação

Região Norte	Região nordeste e sudeste	Demais regiões
12% da área de piso	8% da área de piso	7% da área de piso

- Os vidros das aberturas devem ser considerados vidros simples de 3 mm com fator solar de 0,87 e transmitância térmica de 5,7 W/m².K;
- As aberturas são consideradas sem sombreamento;
- A edificação é considerada sem projeção (tamanho da projeção = zero);
- Para edificações com sistemas individuais de aquecimento de água sem armazenamento, o sistema de aquecimento de água da condição de referência é composto por um chuveiro elétrico (rendimento 95%), desconsiderando perdas na tubulação. Deve-se, ainda, considerar a temperatura de água fria igual a da edificação na condição real;
- Para edificações com sistemas coletivos de aquecimento de água, o sistema de aquecimento de água da condição de referência é composto por um aquecedor elétrico de acumulação – *boiler* – de eficiência 0,85. Deve-se considerar que as tubulações da condição de referência tem isolamento térmico de 5 mm. Devem-se considerar as perdas térmicas de recirculação e de armazenamento iguais às perdas térmicas da edificação na condição real. Deve-se, ainda, considerar a temperatura de água fria igual a da edificação na condição real.

7.6 Classificação dos sistemas

7.6.1 Envoltória

A classificação da envoltória é dada de acordo com o equivalente numérico de eficiência energética da UH. A escala de classificação da eficiência energética para a envoltória é expressa na Tabela 9.

Tabela 9 – Escala de classificação da eficiência energética da envoltória da UH

A	B	C	D
EqNumUH ≥ 3	3 > EqNumUH ≥ 2	2 > EqNumUH ≥ 1	EqNumUH < 1

Onde:

EqNumUH é o equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma.

O item B.1 do Anexo B descreve os procedimentos para avaliação do desempenho da envoltória dos ambientes de permanência prolongada (APPs) das unidades habitacionais autônomas (UHs) e para obtenção do consumo energético da UH.

7.6.2 Aquecimento de água

A classificação do sistema de aquecimento de água é dada de acordo com o percentual de economia no consumo de energia da condição real em relação à condição de referência. Devem ser considerados os consumos de energia elétrica e/ou térmica para aquecimento de água (C_{AAE} e/ou C_{AAT}) convertidos para energia primária.

A escala de classificação da eficiência energética para o sistema de aquecimento de água é expressa na Tabela 10.

Tabela 10 – Escala de classificação da eficiência energética do aquecimento de água

Sistemas	Classes de eficiência energética				
	A	B	C	D	E
Com armazenamento	$E \geq 30\%$	$E \geq 20\%$	$E \geq 10\%$	$E \geq 0\%^*$	$E < 0\%$
Sem armazenamento	$E \geq 21\%$	$E \geq 14\%$	$E \geq 7\%$	$E \geq 0\%^*$	$E < 0\%$

* condição de referência

Onde:

E é a economia de energia (%)

O item B.2 do Anexo B descreve os procedimentos para avaliação do desempenho energético do sistema de aquecimento de água da edificação.

7.7 Consumos informativos por fonte de energia

Devem ser apresentados os consumos por fonte de energia. O consumo de energia elétrica deve ser expresso em kWh/ano e em kWh/mês, dividindo-se o resultado anual por 12 meses. O consumo de energia térmica para aquecimento de água (CAA) deve ser convertido de kWh/ano para m³/ano ou kg/ano, a fim de facilitar o entendimento por parte dos consumidores finais. Para a conversão, deve-se considerar que:

- Para GLP (gás liquefeito de petróleo) em seu estado gasoso, 12,91 kWh equivalem a 1 kg de GLP;
- Para GN (gás natural) em seu estado gasoso, 10,23 kWh equivalem a 1 m³ de GN.

Deve-se, também, expressar o consumo mensal de energia térmica, em m³/mês ou kg/mês, dividindo o consumo anual por 12 meses.

A apresentação destes consumos tem carácter informativo e visa facilitar o entendimento da ENCE pelos usuários. Estes consumos devem ser expressos sem a ponderação por coeficientes de conversão para energia primária.

7.8 Percentual de horas ocupadas em conforto térmico quando ventilada naturalmente (PHOC_T)

As UHs têm seus ambientes de permanência prolongada (APPs) avaliados quanto ao percentual de horas ocupadas em conforto térmico quando ventilados naturalmente (PHOC_T).

O PHOC_T é o resultado da média das horas ocupadas em conforto térmico de cada APP ponderada pela respectiva área útil, conforme expresso na Equação 4.

$$PHOC_T = \frac{(\%_{APP1} \cdot AU_{APP1} + \dots + \%_{APPn} \cdot AU_{APPn})}{(AU_{APP1} + \dots + AU_{APPn})} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

PHOC_T é o percentual de horas da UH ocupadas em conforto térmico quando ventilados naturalmente (%);

%_{APPn} é o percentual de horas de cada APP ocupadas em conforto térmico quando ventilados naturalmente (%);

AU_{APPn} é a área útil de cada APP.

As edificações avaliadas pelo método prescritivo (Anexo A) não têm seus APPs avaliados quanto ao PHOC_T.

7.9 Uso racional de água

Os critérios para avaliação do uso racional de água são especificados no Anexo D. A avaliação do uso racional de água é de caráter informativo, complementar e não obrigatório. Sua avaliação não altera a classe de eficiência energética da UH.

7.10 Geração local de energia renovável

Os critérios para avaliação do potencial de geração de energia local por fontes renováveis são especificados no Anexo E. O emprego de fontes renováveis de geração local de energia é facultativo. A avaliação dos sistemas, quando existentes na edificação avaliada, é de caráter facultativo. A energia elétrica gerada por fontes locais, exclusivamente, e renováveis, é descontada do consumo de energia elétrica da UH antes da conversão desta para energia primária.

7.11 Emissão de dióxido de carbono

No Anexo F são especificados os critérios para avaliação da estimativa da emissão de dióxido de carbono (CO₂) pelo consumo de energia dos sistemas avaliados nos métodos expostos no Anexo B e no Anexo C. Esta avaliação é de caráter informativo e complementar. Sua avaliação não altera a classe de eficiência energética da UH.

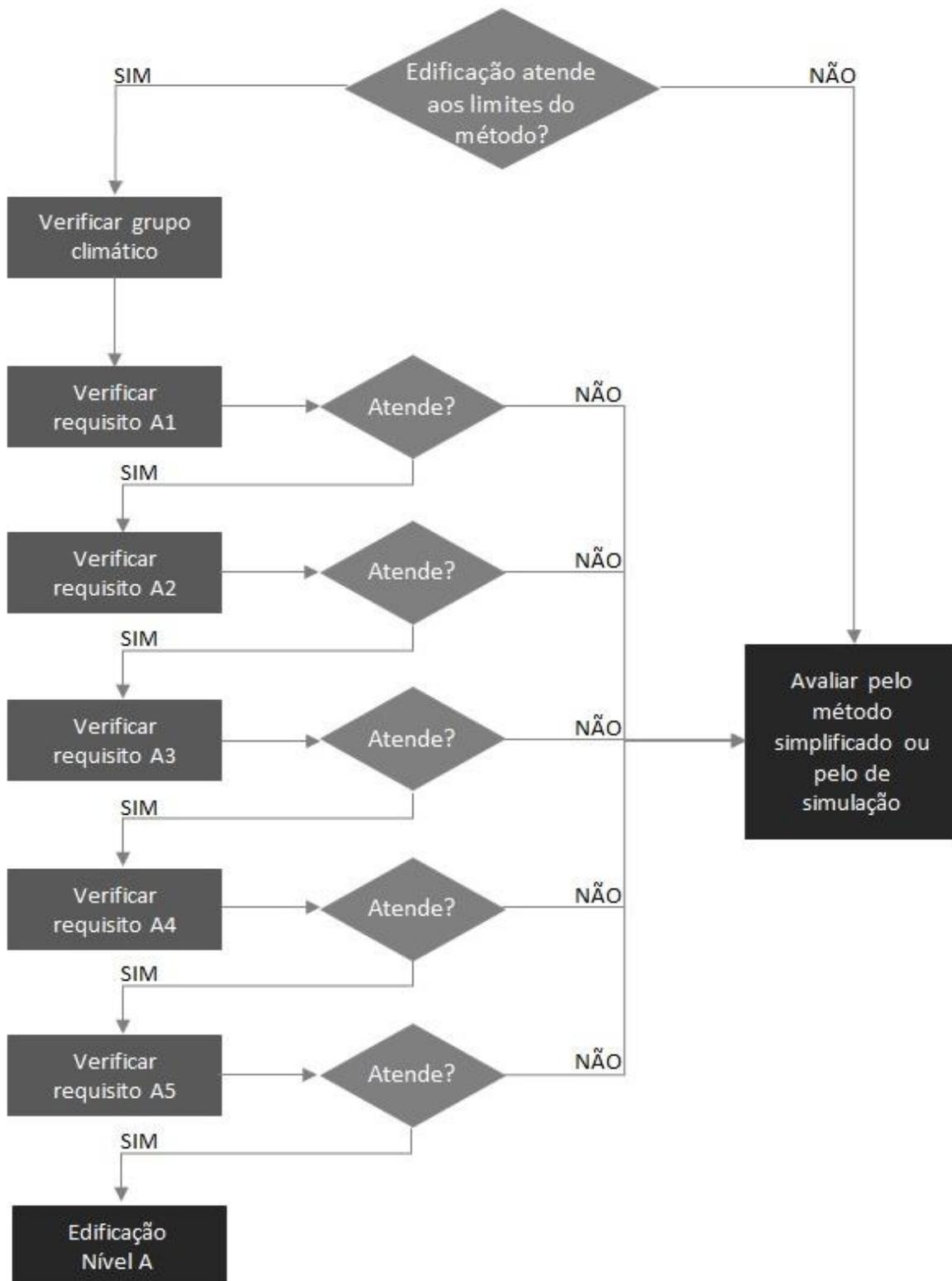
ANEXO A – MÉTODO PRESCRITIVO

Escopo: Este anexo tem por objetivo estabelecer os critérios para classificação classe A em eficiência energética para edificações residenciais. O método descrito neste anexo – método prescritivo – aplica-se somente às edificações que atendem aos critérios para este método definidos na Tabela 1 do item 7 do texto principal desta Instrução Normativa.

As edificações que não atendem a um ou mais critérios devem ser avaliadas pelos métodos descritos no Anexo B ou no Anexo C.

No método prescritivo, a UH é avaliada quanto ao cumprimento de requisitos expostos nos itens A.1 a A.5 deste anexo. Para atingir a classe A pelo método prescritivo, a UH deve atender a todos os requisitos deste anexo. O descumprimento de um ou mais requisitos impossibilita a classificação da edificação pelo método prescritivo. Esta deve, então, ser avaliada pelo método simplificado – Anexo B – ou pelo método de simulação – Anexo C. Os itens A.6 e A.7 são avaliações complementares e informativas. O item A8 apresenta o método para a estimativa dos consumos de energia das UHs avaliadas pelo método prescritivo.

A seguir, na Figura A.1, é apresentado um fluxograma da aplicação do método prescritivo a fim de facilitar a compreensão do método.

Figura A.1 – Fluxograma para compreensão do método prescritivo

A.1 REQUISITO 1 – PAREDES EXTERNAS

Para cumprimento do requisito 1, as paredes externas das edificações submetidas à avaliação pelo método descrito neste anexo devem atender aos critérios referentes às propriedades térmicas descritas na Tabela A.1.

Tabela A.1 – Critérios para atendimento do Requisito 1, referente a paredes externas

Grupos Climáticos (GCL)	Absortância	Transmitância [W/m ² K]	Capacidade térmica [kJ/(m ² K)]
todos	≤ 0,4	≤ 3,5	50 ≤ CT ≤ 300

A.2 REQUISITO 2 – COBERTURAS EXTERNAS

Para cumprimento do requisito 2, as coberturas externas das edificações submetidas à avaliação pelo método descrito neste anexo devem atender aos critérios referentes às propriedades térmicas descritas na Tabela A.2.

Tabela A.2 – Critérios para atendimento do Requisito 2, referente a coberturas externas

Grupos Climáticos (GCL)	Absortância	Transmitância [W/m ² K]	Capacidade térmica [kJ/(m ² K)]
todos	≤ 0,4	≤ 2,0	50 ≤ CT ≤ 300

A.3 REQUISITO 3 – ABERTURAS EXTERNAS

Para cumprimento do requisito 3, as aberturas externas de ambientes de permanência prolongada (salas e dormitórios) devem atender a dimensões mínimas para vãos efetivos de ventilação de acordo com a área útil do ambiente e com o grupo climático da edificação. As dimensões mínimas dos vãos efetivos destinados à ventilação são descritas na Tabela A.3.

Tabela A.3 – Dimensões mínimas dos vãos efetivos para ventilação dos ambientes de permanência prolongada

Grupos climáticos (GCL)	Percentual de vão efetivo para ventilação (%)
1 a 16	10% da área de piso
17 a 24	12% da área de piso

Nos grupos climáticos 1 a 16, as aberturas para ventilação devem, também, ser passíveis de fechamento (excetuando-se as áreas de ventilação de segurança como as relativas às instalações de gás).

A.4 REQUISITO 4 – SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Para cumprimento do requisito 4, as aberturas externas de ambientes de permanência prolongada (salas e dormitórios) devem possuir dispositivos de proteção solar. Os dormitórios devem possuir dispositivos que cubram 100% da abertura quando fechados. As salas devem

possuir dispositivos que cubram 100% da abertura quando fechados ou sombreamento por varanda, beiral ou brise horizontal maior ou igual a 0,5 metros.

A.5 REQUISITO 5 – SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

UHs com sistemas de aquecimento de água sem reservatório devem possuir aquecedor de água à gás com condensador e eficiência mínima do aparelho de 0,90.

UHs com sistemas que possuem reservatório de água quente devem atender a uma das alternativas listadas a seguir:

- Sistema de aquecimento termosolar que atenda no mínimo 50% da demanda de água quente da residência, com complementação elétrica de equipamento com eficiência mínima de 0,85;
- Sistema de aquecimento termosolar que atenda no mínimo 50% da demanda de água quente da residência, com complementação de aquecedor de passagem à gás classe A no PBE ou com Selo Compet;
- Sistema de aquecimento termosolar que atenda no mínimo 50% da demanda de água quente da residência, com complementação de bomba de calor;
- Bomba de calor de eficiência superior a 1,50.

O dimensionamento do sistema termosolar deve ser realizado, quando existente na edificação, pelo procedimento descrito no item B.2.2 do Anexo B desta Instrução Normativa.

Os sistemas com reservatório de água quente devem possuir tubulações com isolamento térmico mínimo de 13 mm e condutividade térmica compreendida entre 0,032 a 0,040 W/mK.

Os reservatórios de água quente devem ser etiquetados pelo PBE.

A.6 GERAÇÃO LOCAL DE ENERGIA RENOVÁVEL

A edificação avaliada pelo método descrito neste anexo deve, também, ser avaliada quanto ao potencial de geração local de energia renovável, quando existente, pelos critérios estabelecidos no Anexo D desta Instrução Normativa. Esta avaliação não altera a classificação de eficiência energética da edificação avaliada e tem caráter informativo.

Quando existentes sistemas de geração local de energia renovável, o potencial de geração de energia deve ser subtraído do consumo total de energia elétrica da UH.

A.7 USO RACIONAL DE ÁGUA

A edificação avaliada pelo método descrito neste anexo pode, também, ser avaliada quanto ao uso racional de água pelos critérios estabelecidos no Anexo E. Esta avaliação não altera a classificação de eficiência energética da edificação avaliada e tem caráter facultativo e informativo.

A.8 CONSUMO ESTIMADO DE ENERGIA DAS UHS

A UH avaliada pelo método descrito neste anexo terá seu consumo de energia primária estimado em relação à envoltória, aquecimento de água e equipamentos.

O consumo da envoltória será estimado em função das médias das cargas térmicas anuais, por metro quadrado, das edificações classificadas como Classe A, conforme Tabela A.1. O consumo da envoltória será calculado conforme item B.1.2.

Ao consumo da envoltória deverão ser acrescentadas a estimativa do consumo de aquecimento de água (Tabela A.2) e da média do consumo dos equipamentos, descrito no item 7.2.1.1.

Tabela A.1 – Médias das cargas térmicas anuais por m² (kWh/(m².ano))

GLC	Dormitório (kWh/(m ² .ano))		Sala (kWh/(m ² .ano))	
	Cooling	Heating	Cooling	Heating
1-A	1,12	5,62	11,27	0
1-B	1,71	1,34	15,1	0
2 a 4	1,38	36,37	5,21	6,73
5 e 6	6,5	5,49	40,09	2,27
7 e 8	5,16	26,81	28,8	4,08
9	2,44	NA	20,15	NA
10	1	NA	30,47	NA
11 e 12	2,68	NA	31,75	NA
13 e 14	12,54	NA	69,13	NA
15 e 16	33,72	NA	85,61	NA
17	266,52	NA	169,1	NA
18	222,52	NA	143,15	NA
19 e 20	177,46	NA	0,66	NA
21 e 22	113,19	NA	36,56	NA
23 e 24	163,76	NA	85,63	NA

Tabela A.2 – Estimativa dos consumos anuais (kWh/ano)

GLC	Aquecimento de água		
	1 e 2 dormitórios	3 dormitórios	4 dormitórios
1-A	1.724,77	5.149,74	6.862,23
1-B	1.241,76	3.700,72	4.930,19
2 a 4	1.170,41	3.486,65	4.644,78
5 e 6	1.274,69	3.799,51	5.061,92
7 e 8	1.219,80	3.634,85	4.842,37
9	1.110,03	4.285,95	4.403,27
10	1.121,01	3.338,46	4.447,18
11 e 12	945,37	2.811,54	3.744,63
13 e 14	1.044,16	3.107,93	4.139,81
15 e 16	1.131,98	3.371,39	4.491,09
17	824,61	2.449,28	3.261,62
18	819,13	2.432,82	3.239,66
19 e 20	797,17	2.366,95	3.151,84
21 e 22	895,97	2.663,34	3.547,03
23 e 24	874,01	2.597,48	3.459,21

ANEXO B – MÉTODO SIMPLIFICADO

Escopo: Este anexo tem por objetivo estabelecer os critérios para avaliação da classe de eficiência energética de unidades habitacionais autônomas (UHs) e edificações unifamiliares. O método descrito neste anexo – método simplificado – aplica-se somente às edificações que atendem aos limites descritos na Tabela 2 e aos critérios para este método definidos no item 7 do texto principal desta Instrução Normativa.

As edificações que não atendem a um ou mais critérios expostos nos limites devem ser avaliadas pelo método de simulação descrito no Anexo C.

No método simplificado, a UH é avaliada sob duas condições: a condição real, com as características reais da edificação; e a condição de referência, com as características listadas no item 7.5 desta Instrução Normativa.

B.1 ENVOLTÓRIA

Esta seção descreve os critérios para avaliação do desempenho da envoltória dos ambientes de permanência prolongada (APPs) das unidades habitacionais autônomas (UHs) quanto ao consumo energético e quanto ao percentual de horas ocupadas em conforto térmico quando ventilada naturalmente.

B.1.1. Procedimento para determinação da classificação da eficiência energética da envoltória da UH

B.1.1.1. Percentual de Redução de Carga Térmica do APP

O percentual de redução da carga térmica de cada APP é obtido pela diferença relativa entre a carga térmica do APP real e a carga térmica do APP na condição de referência. O percentual de redução de carga térmica de refrigeração do APP é calculado pela Equação 5 e o percentual de redução da carga térmica de aquecimento do APP é calculado pela Equação 6 (este somente para os grupos climáticos 1 a 8).

$$\%RedCgTR = \frac{(CgTR_{APPref} - CgTR_{APPreal})}{(CgTR_{APPref})} \times 100 \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

%RedCgTR é o percentual de redução da carga térmica para refrigeração do ambiente de permanência prolongada (%);

$CgTR_{APPreal}$ é a carga térmica para refrigeração do ambiente de permanência prolongada da edificação real (kWh/(m².ano));

$CgTR_{APPref}$ é a carga térmica para refrigeração do ambiente de permanência prolongada da edificação nas condições de referência (kWh/(m².ano));

$$\%RedCgTA = \frac{(CgTA_{APPref} - CgTA_{APPreal})}{(CgTA_{APPref})} \times 100 \quad \text{Equação (6)}$$

Onde:

%RedCgTA é o percentual de redução da carga térmica para aquecimento do ambiente de permanência prolongada (%);

CgTA_{APPreal} é a carga térmica para aquecimento do ambiente de permanência prolongada da edificação real (kWh/(m².ano));

CgTA_{APPref} é a carga térmica para aquecimento do ambiente de permanência prolongada da edificação nas condições de referência (kWh/(m².ano));

As cargas térmicas para refrigeração e aquecimento são obtidas, para cada APP, em kWh/(m².ano), por meio de redes neurais artificiais, inserindo as variáveis na interface do metamodelo disponível em <http://pbeedifica.com.br/redes/residencial/>.

Nota 1: caso a carga térmica da edificação de referência resultar um valor menor do que 1, deve ser adotado o valor 1.

Nota 2: Para as UHs cujo mesmo APP seja utilizado como sala e dormitório (ex.: quitinete, *lofts*, estúdios e similares), o APP deve ser avaliado como sala e como dormitório. Seus consumos devem ser somados.

B.1.1.2. Limites Inferiores das Classes de Eficiência Energética do APP

Os limites inferiores das classes de eficiência energética dos APPs são estabelecidos de acordo com a Tabela B.1 para refrigeração e Tabela B.2 para aquecimento.

Tabela B.1 – Limites inferiores (LimInf) das classes de eficiência energética dos APPs para refrigeração

Classe	Percentual de Redução de Carga Térmica de Refrigeração (%Red CgTR)								
	LimInf A				LimInf B				LimInf C
	< 25 m ²		≥ 25 m ²		< 25 m ²		≥ 25 m ²		-
Área									
APP	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala e Dorm
GCL									
1A e 1B	55	75	70	70	35	50	40	45	0
2-4	75	70	75	70	45	45	50	45	0
5-6	50	70	60	70	30	40	35	40	0
7-8	50	70	65	70	30	40	40	40	0
9	50	70	60	65	25	40	35	40	0
10	55	75	65	70	30	45	35	40	0

11 - 12	45	70	55	70	25	40	30	40	0
13 - 14	40	60	50	65	20	30	25	35	0
15 - 16	35	55	50	60	20	30	25	35	0
17	30	35	35	45	15	20	20	20	0
18	25	35	35	40	15	20	20	20	0
19 - 20	30	35	35	40	15	20	20	20	0
21 - 22	30	40	40	45	15	20	20	25	0
23 - 24	30	40	35	45	15	20	20	25	0

Tabela B.2 – Limites inferiores (LimInf) das classes de eficiência energética dos APPs para aquecimento

		Percentual de Redução de Carga Térmica de Aquecimento (%Red CgTA)							
Classe	LimInf A				LimInf B				LimInf C
Área	< 25 m ²		≥ 25 m ²		< 25 m ²		≥ 25 m ²		-
APP GCL	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala	Dorm	Sala e Dorm
1A – 1B	60	60	60	65	30	30	35	35	0
2-4	60	55	60	60	30	25	35	30	0
5-6	60	55	60	60	35	30	35	30	0
7-8	60	50	60	55	30	25	35	30	0

B.1.1.3. Equivalente Numérico de Eficiência Energética do APP

O equivalente numérico de eficiência energética do APP para refrigeração ($EqNum_{APP_r}$) é obtido por meio das Equação 7, Equação 8 e Equação 9, conforme a situação aplicável.

$$\text{Quando } \%RedCgTR \geq \text{LimInf A} \quad EqNum_{APP_r} = 3 + \frac{(\%RedCgTR - \text{LimInf A})}{(100 - \text{LimInf A})} \quad \text{Eq (7)}$$

$$\text{Quando } \text{LimInf B} \leq \%RedCgTR < \text{LimInf A} \quad EqNum_{APP_r} = 2 + \frac{(\text{LimInf A} - \%RedCgTR)}{(\text{LimInf A} - \text{Lim Inf B})} \quad \text{Eq (8)}$$

$$\text{Quando } \%RedCgTR < \text{LimInf B} \quad EqNum_{APP_r} = 1 + \frac{\%RedCgTR}{\text{LimInf B}} \quad \text{Eq (9)}$$

Onde:

%RedCgTR é o percentual de redução da carga térmica para refrigeração do ambiente de permanência prolongada (%);

EqNum_{APP_r} é o equivalente numérico do ambiente de permanência prolongada para refrigeração;

LimInf A é o limite inferior para a classe de eficiência energética A dos APPs, obtido na Tabela B.1;

LimInf B é o limite inferior para a classe de eficiência energética B dos APPs, obtido na Tabela B.1.

O equivalente numérico de eficiência energética do APP para aquecimento (EqNum_{APP_a}) é obtido por meio das Equação 10, Equação 11 e Equação 12, conforme a situação aplicável.

$$\text{Quando } \%RedCgTA \geq \text{LimInf A} \quad EqNum_{APPa} = 3 + \frac{(\%RedCgTA - \text{LimInf A})}{(100 - \text{LimInf A})} \quad \text{Eq (10)}$$

$$\text{Quando } \text{LimInf B} \leq \%RedCgTA < \text{LimInf A} \quad EqNum_{APPa} = 2 + \frac{(\text{LimInf A} - \%RedCgTA)}{(\text{LimInf A} - \text{Lim Inf B})} \quad \text{Eq (11)}$$

$$\text{Quando } \%RedCgTA < \text{LimInf B} \quad EqNum_{APPa} = 1 + \frac{\%RedCgTA}{\text{LimInf B}} \quad \text{Eq (12)}$$

Onde:

%RedCgTA é o percentual de redução da carga térmica para aquecimento do ambiente de permanência prolongada (%);

EqNum_{APP_a} é o equivalente numérico do ambiente de permanência prolongada para aquecimento;

LimInf A é o limite inferior para a classe de eficiência energética A dos APPs, obtido na Tabela B.2;

LimInf B é o limite inferior para a classe de eficiência energética B dos APPs, obtido na Tabela B.2.

Nota 1: Os limites inferiores das classes de eficiência energética A, B e C são representados pelos valores 3, 2 e 1, respectivamente, na escala de equivalentes numéricos. Os casos abaixo do limite inferior da classe de eficiência energética C são definidos como classe D e recebem equivalente numérico igual a 0.

Nota 2: Caso a carga térmica anual de aquecimento ou refrigeração seja menor do que 1 kWh/(m².ano), o Equivalente Numérico de Eficiência Energética da APP é igual a 3.

B.1.1.4. Equivalente Numérico de Eficiência Energética da Envoltória da UH

O equivalente numérico de eficiência da envoltória da UH para refrigeração é obtido através da ponderação dos equivalentes numéricos dos APPs para refrigeração pelas suas respectivas áreas úteis, conforme Equação 13.

$$EqNum_{UHr} = \frac{(EqNum_{APPr_1} \cdot AU_{APP1} + \dots + EqNum_{APPn} \cdot AU_{APPn})}{(AU_{APP1} + \dots + AU_{APPn})} \quad \text{Equação (13)}$$

Onde:

$EqNum_{UHr}$ é o equivalente numérico da unidade habitacional autônoma para refrigeração;
 $EqNum_{APP1...n}$ é o equivalente numérico dos ambientes de permanências prolongada para refrigeração;
 $AU_{APP1...n}$ é a área útil dos ambientes de permanências prolongada.

O equivalente numérico de eficiência da envoltória da UH para aquecimento é obtido através da ponderação dos equivalentes numéricos dos APPs para aquecimento pelas suas respectivas áreas úteis, conforme Equação 14.

$$EqNum_{UHa} = \frac{(EqNum_{APPa1} \cdot AU_{APP1} + \dots + EqNum_{APPan} \cdot AU_{APPn})}{(AU_{APP1} + \dots + AU_{APPn})} \quad \text{Equação (14)}$$

Onde:

$EqNum_{UHa}$ é o equivalente numérico da unidade habitacional autônoma para aquecimento;
 $EqNum_{APPa1...n}$ é o equivalente numérico dos ambientes de permanências prolongada para aquecimento;
 $AU_{APP1...n}$ é a área útil dos ambientes de permanências prolongada.

O equivalente numérico global de eficiência energética da envoltória da UH é obtido através da ponderação dos equivalentes numéricos da UH para refrigeração e aquecimento pelas cargas térmicas para refrigeração e aquecimento da edificação na condição de referência, conforme Equação 15.

$$EqNum_{UH} = \frac{(EqNum_{UHr} \cdot CgTR_{UHref} + EqNum_{UHa} \cdot CgTA_{UHref})}{(CgTR_{UHref} + CgTA_{UHref})} \quad \text{Equação (15)}$$

Onde:

$EqNum_{UH}$ é o equivalente numérico da unidade habitacional autônoma;
 $EqNum_{UHr}$ é o equivalente numérico da unidade habitacional autônoma para refrigeração, obtido na Equação 13;
 $EqNum_{UHa}$ é o equivalente numérico da unidade habitacional autônoma para aquecimento, obtido na Equação 14;
 $CgTR_{UHref}$ é a carga térmica para refrigeração da unidade habitacional autônoma na condição de referência (kWh/ano), obtida na Equação 16;
 $CgTA_{UHref}$ é a carga térmica para aquecimento da unidade habitacional autônoma na condição de referência (kWh/ano), obtida na Equação 17.

$$CgTR_{UHref} = CgTR_{APPref1} \cdot AU_{APP1} + \dots + CgTR_{APPrefn} \cdot AU_{APPn} \quad \text{Equação (16)}$$

Onde:

$CgTR_{UHref}$ é a carga térmica para refrigeração da unidade habitacional autônoma na condição de referência (kWh/ano);
 $CgTR_{APPref1...n}$ é a carga térmica para refrigeração dos ambientes de permanência prolongada da edificação na condição de referência (kWh/(m².ano));
 $AU_{APP1...n}$ é a área útil dos ambientes de permanências prolongada (m²).

$$CgTA_{UHref} = CgTA_{APPref1} \cdot AU_{APP1} + \dots + CgTA_{APPrefn} \cdot AU_{APPn} \quad \text{Equação (17)}$$

Onde:

$CgTA_{UHref}$ é a carga térmica para aquecimento da unidade habitacional autônoma na condição de referência (kWh/ano);

$CgTA_{APPref\ 1...n}$ é a carga térmica para aquecimento dos ambientes de permanência prolongada da edificação na condição de referência (kWh/(m².ano));

$AU_{APP1...n}$ é a área útil dos ambientes de permanências prolongada (m²).

A classificação da eficiência energética da envoltória da UH é obtida na Tabela 9, item 7.6.1.

B.1.2. Procedimento para determinação do consumo energético da envoltória da UH

B.1.2.1 Cálculo do Consumo da Envoltória da Edificação na Condição de Referência

O consumo energético da envoltória da edificação na condição de referência é obtido pelo somatório ponderado das cargas térmicas dos APPs pelas suas respectivas áreas úteis, dividido pelo coeficiente de performance (COP) do sistema de condicionamento de ar, conforme Equação 18 e Equação 19, para refrigeração e aquecimento, respectivamente.

$$CR_{UHref} = \frac{(CgTR_{APPref_1} \cdot AU_{APP_1} + \dots + CgTR_{APPref_n} \cdot AU_{APP_n})}{(COP)} \quad \text{Equação (18)}$$

Onde:

CR_{UHref} é o consumo energética para refrigeração da edificação na condição de referência (kWh/ano);

$CgTR_{APPref\ 1...n}$ é a carga térmica para refrigeração dos ambientes de permanência prolongada da edificação na condição de referência (kWh/(m².ano));

$AU_{APP1...n}$ é a área útil dos ambientes de permanências prolongada (m²);

COP é o coeficiente de performance do sistema de condicionamento de ar.

$$CA_{UHref} = \frac{(CgTA_{APPref_1} \cdot AU_{APP_1} + \dots + CgTA_{APPref_n} \cdot AU_{APP_n})}{(COP)} \quad \text{Equação (19)}$$

Onde:

CA_{UHref} é o consumo energético para aquecimento da edificação na condição de referência (kWh/ano);

$CgTA_{APPref\ 1...n}$ é a carga térmica para aquecimento dos ambientes de permanência prolongada da edificação na condição de referência (kWh/(m².ano));

$AU_{APP1...n}$ é a área útil dos ambientes de permanências prolongada (m²);

COP é o coeficiente de performance do sistema de condicionamento de ar.

Nota 1: O coeficiente de performance (COP) para aquecimento e refrigeração considerado para sistemas de condicionamento de ar *Split* e de janela deve ser de 3,24 para todos os grupos climáticos para a edificação na condição de referência.

Nota 2: Para as UHs com sistemas centrais de condicionamento de ar deve-se obter o COP dos sistemas por meio da metodologia descrita no item B.II.1.1 da INI-C.

O consumo energético da envoltória da edificação na condição de referência é o somatório dos consumos para aquecimento da edificação na condição de referência e consumo para refrigeração da edificação na condição de referência, conforme Equação 20.

$$C_{UHref} = CR_{UHref} + CA_{UHref} \quad \text{Equação (20)}$$

Onde:

C_{UHref} é o consumo energético da edificação na condição de referência (kWh/ano);

CR_{UHref} é o consumo energético para refrigeração da edificação na condição de referência (kWh/ano), obtido pela Equação 18;

CA_{UHref} é o consumo energético para aquecimento da edificação na condição de referência (kWh/ano), obtido pela Equação 19.

Nota: O consumo energético da edificação na condição de referência é apenas um indicativo para o usuário comparar com o consumo da edificação real. Esta informação não aparecerá na classificação energética ou na apresentação na ENCE.

B.1.2.2 Cálculo do Consumo da Envoltória da Edificação Real

O consumo energético da envoltória da edificação real é obtido pelo mesmo procedimento utilizado para obtenção do consumo da edificação na condição de referência, utilizando a Equação 21 e Equação 22, para refrigeração e aquecimento, respectivamente.

$$CR_{UHreal} = \frac{(CgTR_{APPreal_1} \cdot AU_{APP_1} + \dots + CgTR_{APPreal_n} \cdot AU_{APP_n})}{(COP)} \quad \text{Equação (21)}$$

Onde:

CR_{UHreal} é o consumo energético para refrigeração da edificação real (kWh/ano);

$CgTR_{APPreal_{1...n}}$ é a carga térmica para refrigeração dos ambientes de permanência prolongada da edificação real (kWh/(m².ano));

$AU_{APP_{1...n}}$ é a área útil dos ambientes de permanências prolongada (m²);

COP é o coeficiente de performance do sistema de condicionamento de ar (W/W).

$$CA_{UHreal} = \frac{(CgTA_{APPreal_1} \cdot AU_{APP_1} + \dots + CgTA_{APPreal_n} \cdot AU_{APP_n})}{(COP)} \quad \text{Equação (22)}$$

Onde:

CA_{UHreal} é o consumo energético para aquecimento da edificação real (kWh/ano);

$CgTA_{APPref_{1...n}}$ é a carga térmica para aquecimento dos ambientes de permanência prolongada da edificação real (kWh/(m².ano));

$AU_{APP_{1...n}}$ é a área útil dos ambientes de permanências prolongada (m²);

COP é o coeficiente de performance do sistema de condicionamento de ar (W/W).

Nota 1: O coeficiente de performance (COP) para aquecimento e refrigeração considerado para sistemas de condicionamento de ar *Split* e de janela deve ser de 3,24 para todos os grupos climáticos para a edificação real.

Nota 2: Para as UHs com sistemas centrais de condicionamento de ar, deve-se obter o COP dos sistemas por meio da metodologia descrita na INI-C.

B.1.2.3 Cálculo do Consumo energético da Envoltória

O consumo energético da envoltória é o somatório dos consumos para aquecimento da edificação real e consumo para refrigeração da edificação real, conforme Equação 23.

$$C_{UHreal} = CR_{UHreal} + CA_{UHreal} \quad \text{Equação (23)}$$

Onde:

C_{UHreal} é o consumo energético da edificação real (kWh/ano);

CR_{UHreal} é o consumo energético para refrigeração da edificação real (kWh/ano), obtido pela Equação 21;

CA_{UHreal} é o consumo energético para aquecimento da edificação real (kWh/ano), obtido pela Equação 22.

B.1.2.4 Transformação do consumo energético para energia primária

Devem ser considerados consumos em energia primária, multiplicando os consumos de energia elétrica obtidos no item B.1.2.3 pelos fatores de conversão expressos no item 7.3 desta Instrução Normativa.

B.1.3. Procedimento para determinação do percentual de horas ocupadas em conforto térmico quando ventilada naturalmente (PHOC_T)

O percentual de horas ocupadas em conforto térmico (PHOC_T) quando a UH é ventilada naturalmente é o resultado da média das horas ocupadas em conforto térmico de cada APP ponderada pela respectiva área útil, conforme expresso na Equação 4 do texto principal desta Instrução Normativa.

O percentual tem caráter informativo e é obtido por meio de redes neurais artificiais, inserindo as variáveis na interface do metamodelo disponível em <http://pbeedifica.com.br/redes/residencial/>.

B.1.4. Variáveis consideradas na avaliação da envoltória pelo método simplificado

A seguir são listadas as variáveis referentes à envoltória da edificação em avaliação a serem levantadas para aplicação do método simplificado. As variáveis devem ser levantadas, individualmente, para cada APP e inseridas na interface do metamodelo, disponível em <http://pbeedifica.com.br/redes/residencial/>, na mesma ordem apresentada a seguir.

- a) **Ambiente:** deve-se definir se o ambiente é sala ou dormitório.
- b) **Percentual de vidro na fachada:** deve-se inserir a proporção de áreas de vão das aberturas em relação à área da fachada correspondente, de acordo com a orientação (norte, sul, leste ou oeste). Havendo mais de uma abertura em uma mesma orientação, suas áreas de vão devem ser somadas.
- c) **Área de fachada:** deve-se inserir o valor de área de fachada exposta, de acordo com a orientação.
- d) **Área do ambiente:** deve-se inserir o valor de área do ambiente analisado.
- e) **Capacidade térmica das paredes externas (CT_{ParExt}):** deve-se informar se a capacidade térmica das paredes externas é leve, média ou pesada. Consideram-se leves, capacidades térmicas menores ou iguais a 50 kJ/(m²K), médias, capacidades térmicas maiores que 50 ou menores e iguais a 200 kJ/(m²K), e pesadas, capacidades térmicas maiores que 200 kJ/(m²K).
- f) **Transmitância térmica das paredes externas (U_{ParExt}):** deve-se informar a transmitância térmica da parede externa do ambiente em W/m²K.
- g) **Capacidade térmica da cobertura (CT_{Cob}):** deve-se informar se a capacidade térmica da cobertura é leve, média ou pesada. Consideram-se leves, capacidades térmicas menores ou iguais a 50 kJ/(m²K); médias, capacidades térmicas maiores que 50 ou menores e iguais a 200 kJ/(m²K); e pesadas, capacidades térmicas maiores que 200 kJ/(m²K). Para ambientes cuja cobertura seja uma laje entre pavimentos, deve-se considerar o valor da capacidade térmica da laje, desprezando o forro, caso existente.
- h) **Transmitância térmica da cobertura (U_{Cob}):** deve-se informar a transmitância térmica da cobertura do ambiente em W/m²K. A transmitância térmica das aberturas zenitais não deve ser contabilizada. Para ambientes cuja cobertura seja uma laje entre pavimentos, deve-se considerar a transmitância igual a zero.
- i) **Transmitância do vidro:** deve-se informar a transmitância térmica do vidro em W/m²K.
- j) **Fator solar do vidro:** deve-se informar o fator solar do vidro.
- k) **Tipo de piso do pavimento:** deve-se informar se o piso do pavimento possui alta inércia térmica (ex.: pisos com cerâmica) ou baixa inércia térmica (ex.: pisos com madeira).
- l) **Pé direito:** deve-se informar o pé direito do ambiente, em metros.
- m) **Absortância solar das paredes externas:** deve-se informar a absortância da superfície externa das paredes externas.
- n) **Absortância solar da cobertura:** deve-se informar a absortância da superfície externa da cobertura. Para ambientes cuja cobertura seja uma laje entre pavimentos, deve-se considerar a absortância igual a zero.
- o) **Tamanho da projeção:** deve-se informar a projeção horizontal da sacada ou marquise, caso exista, em metros.
- p) **Altura do pavimento:** deve-se informar a altura estimada do pavimento em relação ao solo, medida no nível do piso, em metros. Por exemplo, no caso de pavimento térreo, o valor adotado deverá ser zero.
- q) **Veneziana:** deve-se informar se as aberturas do ambiente possuem sombreamento por veneziana. Havendo mais de uma abertura no ambiente deve-se considerar a pior situação.

- r) **Altura da abertura:** deve-se informar o valor percentual da divisão do valor da altura da abertura pelo valor do pé direito do ambiente.
- s) **Fator de abertura para ventilação:** deve-se considerar a proporção da área efetiva de ventilação em relação à área de vão da abertura. Pode-se utilizar o Anexo H para obtenção do percentual de abertura para ventilação. Havendo mais de uma abertura no ambiente deve-se ponderar os respectivos fatores de ventilação pela área de vão das aberturas.
- t) **Pilotis:** deve-se informar se o ambiente está sobre pilotis ou não.
- u) **Exposição do piso:** deve-se informar se o piso do ambiente está em contato com o solo ou é uma laje entre pavimentos.
- v) **Exposição da cobertura:** deve-se informar se a cobertura do ambiente está exposta ou é uma laje entre dois pavimentos.

B.1.3.1. Considerações sobre a absorvância solar, a transmitância térmica e a capacidade térmica

- Havendo diferentes composições de paredes, coberturas e/ou pisos em um mesmo ambiente, deve-se considerar a média de cada parcela das diferentes composições ponderada pela área que ocupam;
- Para as propriedades térmicas referentes a paredes, coberturas e pisos, são consideradas, apenas, as propriedades térmicas das superfícies opacas. São excluídas as propriedades térmicas das áreas de aberturas;
- Para a absorvância solar, recomenda-se utilizar os valores de absorvância resultantes de medições realizadas de acordo com as normas da ASTM E1918-06, ASTM E903-96 e ASHRAE 74-1988. O Anexo Geral V do RAC (Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros) e a NBR 15220-2 fornecem valores indicativos de absorvância;
- Não fazem parte da ponderação de áreas para o cálculo da absorvância:
 - i. aberturas;
 - ii. fachadas construídas na divisa do terreno, desde que encostadas em outra edificação;
 - iii. áreas cobertas por coletores ou painéis solares.

B.1.3.2. Considerações sobre a exposição de pisos e coberturas

- Para ambientes em que parte da cobertura é exposta e parte é laje entre pavimentos, deve-se considerar cobertura exposta quando 50% ou mais da área de cobertura está exposta;
- Para ambientes em que parte do piso está em contato com o solo e/ou sobre pilotis e/ou é laje entre pavimentos, deve-se considerar em contato com o solo quando 50% ou mais da área de piso está em contato com o solo, e sobre pilotis quando 50% ou mais da área de piso está sobre pilotis.

B.2 AQUECIMENTO DE ÁGUA

Esta seção descreve os procedimentos para avaliação do desempenho energético do sistema de aquecimento de água da edificação.

B.2.1. Requisitos para obtenção da classe A em eficiência energética do sistema de aquecimento de água

Para que o sistema de aquecimento de água da edificação em avaliação possa ser elegível à classe A, este deve atender a requisitos de automação para o sistema de recirculação, de controle de acionamento de múltiplos aquecedores e de isolamento térmico de tubulações e reservatórios, quando existentes.

O não cumprimento de algum destes requisitos, quando aplicáveis, implica na possibilidade de atingir no máximo classe B de eficiência energética para a classificação individual do sistema de aquecimento de água.

B.2.1.1. Automação do sistema de recirculação

Quando existente, o circuito de recirculação de água deve possuir um dispositivo de controle automático para acionamento da recirculação de forma pré-programada. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- a) Acionamento associado à temperatura da rede de distribuição;
- b) Automação por período pré-programado (ex.: *timer*);
- c) Comando de acionamento manual ou automático em função da demanda de água quente.

B.2.1.2. Isolamento térmico do circuito de recirculação

Quando existentes, as tubulações destinadas à recirculação de água quente devem ser apropriadas para a função a que se destinam. Devem, ainda, possuir isolamento térmico com espessura mínima e condutividade térmica determinadas na Tabela B.3.

Tabela B.3 – Espessura mínima e condutividade térmica de isolamento de tubulações para recirculação de água quente

Condutividade térmica (W/mK)	Espessura mínima (mm)
0,032 a 0,040	13

B.2.1.3. Reservatório de água quente

Quando existente, os reservatórios de água quente devem obedecer aos limites de perda específica de energia mensal máxima descritos na Tabela B.5.

B.2.1.4. Sistema de controle de acionamento de múltiplos aquecedores

Quando existirem múltiplos aquecedores de passagem trabalhando em conjunto, deve existir um sistema que controle o acionamento dos aquecedores de acordo com a demanda de água quente verificada, de modo a garantir a máxima eficiência do conjunto.

B.2.2. Procedimento para determinação do consumo energético do sistema de aquecimento de água

O consumo de energia necessário para o aquecimento de água em edificações residenciais deve ser obtido a partir de três parcelas principais do sistema de aquecimento de água, descritas nas alíneas “a”, “b”, “c”, e do rendimento do equipamento aquecedor de água, descrito na alínea “d”.

- a) Energia necessária para aquecimento do volume de água quente consumida nas diversas aplicações e pontos de utilização da edificação;
- b) Energia gerada para aquecimento de água por sistemas que recuperam calor ou por energia solar térmica, quando existentes na edificação;
- c) Energia necessária para compensação das perdas térmicas do sistema de distribuição e de armazenamento;
 - c.1) Energia necessária para a compensação das perdas térmicas dos sistemas de distribuição responsáveis pelo transporte de água quente entre o sistema e/ou equipamento de aquecimento e o ponto de utilização, quando existentes na edificação;
 - c.2) Energia necessária para a compensação das perdas térmicas dos sistemas de recirculação de água quente, quando existentes na edificação;
 - c.3) Energia necessária para a compensação das perdas térmicas devido ao armazenamento da água quente, quando existirem reservatórios na edificação;
- d) Rendimento do equipamento aquecedor de água.

O consumo anual de energia primária para aquecimento de água é calculado pela Equação 24.

$$E_{AA,tot} = f_{ce} \cdot C_{AAe} + f_{ct} \cdot C_{AAt} \quad \text{Equação (24)}$$

Onde:

$E_{AA,tot}$ é o consumo total de energia primária para aquecimento de água (kWh/ano);

f_{ce} é o fator de conversão de energia elétrica para energia primária, dado pela Tabela 4 do texto principal desta Instrução Normativa;

C_{AAe} é o consumo anual total para aquecimento de água proveniente de fontes de energia elétrica (kWh/ano);

f_{ct} é o fator de conversão de energia térmica para energia primária, dado pela Tabela 4 do texto principal desta Instrução Normativa;

C_{AAt} é o consumo total para aquecimento de água proveniente de fontes de energia térmica (kWh/ano).

O consumo anual de energia elétrica necessária para o aquecimento de água é expresso pela Equação 25.

$$C_{AAe} = 365 \cdot \frac{E_{AA} - E_{AA,rec,sol} + E_{AA,per,tub} + E_{AA,per,rec} + E_{AA,res}}{r_{aq}} \quad \text{Equação (25)}$$

Onde:

C_{AAe} é o consumo anual de energia elétrica para aquecimento de água (kWh/ano);

E_{AA} é a energia requerida para o atendimento da demanda de água quente (kWh/dia);

$E_{AA,rec,sol}$ é a energia para aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor ou energia solar térmica, quando existentes (kWh/dia);

$E_{AA,per,tub}$ é a energia consumida para suprir perdas térmicas de distribuição, quando existentes, sem contar o sistema de recirculação (kWh/dia);

$E_{AA,per,rec}$ é a energia consumida para suprir perdas térmicas de sistemas de recirculação, quando existentes (kWh/dia);

$E_{AA,res}$ é a energia consumida para suprir perdas térmicas devido ao armazenamento de água quente em reservatórios, quando existentes (kWh/dia);

r_{aq} é o rendimento do equipamento aquecedor de água elétrico (%).

O consumo anual de energia térmica necessária para o aquecimento de água é expresso pela Equação 26.

$$C_{AAt} = 365 \cdot \frac{E_{AA} - E_{AA,rec,sol} + E_{AA,per,tub} + E_{AA,per,rec} + E_{AA,res}}{r_{aq}} \quad \text{Equação (26)}$$

Onde:

C_{AAt} é o consumo anual de energia térmica para aquecimento de água (kWh/ano);

E_{AA} é a energia requerida para o atendimento da demanda de água quente (kWh/dia);

$E_{AA,rec,sol}$ é a energia para aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor ou energia solar térmica, quando existentes (kWh/dia);

$E_{AA,per,tub}$ é a energia consumida para suprir perdas térmicas de distribuição, quando existentes, sem contar o sistema de recirculação (kWh/dia);

$E_{AA,per,rec}$ é a energia consumida para suprir perdas térmicas de sistemas de recirculação, quando existentes (kWh/dia);

$E_{AA,res}$ é a energia consumida para suprir perdas térmicas devido ao armazenamento de água quente em reservatórios, quando existentes (kWh/dia);

r_{aq} é a rendimento do equipamento aquecedor de água térmico (%).

O método para cálculo de cada termo das equações B5 e B6 e para o dimensionamento da demanda de água quente é descrito nos itens B.2.2.1 a B.2.2.4.

Para sistemas coletivos de aquecimento de água em edificações multifamiliares, deve-se dividir o consumo de energia para aquecimento de água pelo número de habitantes total da edificação e multiplicar o resultado pelo número de habitantes da UH. Devem ser consideradas duas pessoas por dormitório da UH.

B.2.2.1. Energia consumida no atendimento da demanda de água quente (EAA)

A energia requerida para atendimento da demanda de água quente (E_{AA}) depende do volume de armazenamento e da temperatura da água.

A energia diária requerida para atendimento da demanda de água quente (E_{AA}) é calculada pela Equação 27.

$$E_{AA} = 1,162 \cdot V_{dia} \cdot (\theta_{A,uso,armaz} - \theta_{A,0}) \quad \text{Equação (27)}$$

Onde:

E_{AA} é a energia consumida no atendimento da demanda diária de água quente (kWh/dia);

V_{dia} é o volume diário de consumo de água quente (m³);

$\theta_{A,uso,armaz}$ é a temperatura de uso ou armazenamento da água (°C);

$\theta_{A,0}$ é a temperatura da água fria (°C).

Para sistemas sem armazenamento de água quente, deve-se adotar, no mínimo, 40°C como temperatura de uso ($\theta_{A,uso}$) para as regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil. Para as regiões norte e nordeste, 38°C.

Para sistemas com armazenamento de água quente, deve-se adotar, no mínimo, 60°C como temperatura de armazenamento ($\theta_{A,armaz}$) para todas as regiões do Brasil.

Para a temperatura de água fria, deve-se adotar a média anual da temperatura ambiente da cidade onde está localizada a UH menos 2°C. A média anual da temperatura ambiente das cidades é obtida na Tabela de Temperaturas do Ar Externo para as Diferentes Cidades Brasileiras, disponível no sítio do CB3E (cb3e.ufsc.br/etiquetagem/desenvolvimento/atividades-2012-2016/trabalho-1/pesquisas) ou no Anexo D da NBR 15569. Na ausência de informações da cidade onde está localizada a UH, deve-se adotar a cidade mais próxima.

B.2.2.2. Volume diário de consumo de água quente (V_{dia})

O volume diário de água quente deve ser calculado por meio da Equação 28.

$$V_{dia} = \sum V_{dia,f} \cdot f \quad \text{Equação (28)}$$

Onde:

V_{dia} é o volume diário de consumo de água quente (L);

$V_{dia,f}$ é o volume diário de consumo de água quente por pessoa;

f é o número de pessoas.

Deve-se considerar, no mínimo, 50 litros/pessoa/dia para o volume diário de consumo. Deve-se, ainda, considerar duas pessoas por dormitório da UH.

B.2.2.3. Energia para aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor ou energia solar térmica (E_{AA,rec,sol})

Do consumo de energia para aquecimento da demanda de água quente devem ser descontadas, quando existentes, a energia para aquecimento de água de sistemas recuperadores de calor e/ou energia solar térmica ($E_{AA,rec,sol}$). A $E_{AA,rec,sol}$ é obtida pela Equação 29.

$$E_{AA,rec,sol} = E_{AA,rec} + E_{AA,sol} \quad \text{Equação (29)}$$

Onde:

$E_{AA,rec,sol}$ é a energia para aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor ou energia solar térmica, quando existentes na edificação real (kWh/dia);

$E_{AA,rec}$ é a parcela de energia para aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor, quando existentes na edificação real, conforme item B.2.2.3.1 (kWh/dia);

$E_{AA,sol}$ é a parcela de energia para aquecimento de água proveniente de sistemas de aquecimento solar térmico, quando existentes na edificação real, calculada conforme item B.2.2.3.2 (kWh/dia).

No caso de, em uma mesma unidade habitacional autônoma, coexistirem sistemas elétricos e térmicos de aquecimento de água, a parcela de energia atendida pelo sistema de recuperação de calor e/ou de energia solar térmica ($E_{AA,rec,sol}$) deve ser descontada apenas do sistema (elétrico ou térmico) ao qual colabora.

B.2.2.3.1. Energia para aquecimento de água proveniente de sistemas recuperadores de calor

Para sistemas que recuperam calor utilizado em outros processos, deve-se adotar o calor absorvido dos processos para reduzir a energia necessária para o sistema de aquecimento de água ($E_{AA,rec}$).

B.2.2.3.2. Energia solar mensal incidente sobre a superfície dos coletores

Na Equação 30, é descrito o cálculo da radiação solar mensal incidente sobre a superfície inclinada dos coletores ($EI_{mês}$).

$$EI_{mês,i} = H_{dia} \cdot N_i \quad \text{Equação (30)}$$

Onde:

$EI_{mês,i}$ é a média anual da energia solar mensal incidente sobre as superfícies dos coletores (kWh/(m².mês));

H_{dia} é a radiação solar incidente no plano inclinado (kWh/(m².dia)), obtida em mapas solarimétricos e variável em função do local de instalação. Disponível no sítio eletrônico do CRESESB ou no *software* Radiasol para latitude e longitude do local;

N_i é o número de dias do mês “i”, tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$.

B.2.2.3.2.1. Energia solar mensal absorvida pelos coletores

Na Equação 31, é descrito o cálculo da energia solar mensal absorvida pelos coletores ($E_{SAMês}$).

$$E_{SAMês,i} = S_c \cdot F'_R(\tau\alpha) \cdot EI_{mês,i} \quad \text{Equação (31)}$$

Onde:

$E_{SAMês,i}$ é a energia solar mensal absorvida pelos coletores do mês “i” (kWh/mês), tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

S_c é a superfície de absorção do coletor (m²);

$EI_{mês,i}$ é a energia solar mensal incidente sobre as superfícies dos coletores do mês “ i ” (kWh/(m².mês)), tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

$F'_R(\tau\alpha)$ é o fator adimensional, calculado por meio da Equação 32.

$$F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)_n \cdot \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \cdot \frac{F'_R}{F_R} \quad \text{Equação (32)}$$

Onde:

$F_R(\tau\alpha)_n$ é o fator de eficiência óptica do coletor, obtido nas tabelas do PBE para coletores solares (adimensional);

$\left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right]$ é o modificador do ângulo de incidência (na ausência desta informação recomenda-se adotar 0,96 para coletores com cobertura de vidro);

$\frac{F'_R}{F_R}$ é o fator de correção do conjunto coletor/trocador (na ausência desta informação recomenda-se adotar 0,95).

B.2.2.3.2.2. Energia solar não aproveitada pelos coletores

Na Equação 33, é descrito o cálculo da energia solar mensal não aproveitada pelos coletores ($EP_{mês,i}$).

$$EP_{mês,i} = S_c \cdot F'_R U_L \cdot (100 - T_{AMB,i}) \cdot \Delta T, i \cdot K_1 \cdot K_{2,i} \quad \text{Equação (33)}$$

Onde:

$EP_{mês,i}$ é a energia solar mensal não aproveitada pelos coletores do mês “ i ” (kWh/mês), tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

S_c é a superfície do coletor solar (m²);

$F'_R U_L$ é o fator, em kW/(m².K), calculado pela Equação 34;

$T_{AMB,i}$ é a temperatura média mensal do local de instalação do coletor do mês “ i ” (°C), tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

ΔT_i é o período de tempo considerado (horas) no mês “ i ”, tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

K_1 é o fator de correção para armazenamento, calculado pela Equação 35;

$K_{2,i}$ é o fator de correção para o sistema de aquecimento solar que relaciona as diferentes temperaturas no mês “ i ”, calculado pela Equação 36, tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

$$F'_R U_L = F_R U_L \cdot \frac{F'_R}{F_R} \cdot 10^{-3} \quad \text{Equação (34)}$$

Onde:

$F_R U_L$ é o coeficiente global de perdas do coletor, obtido nas tabelas do PBE para coletores solares (W/(m².K));

$\frac{F'_R}{F_R}$ é o fator de correção do conjunto coletor/trocador (na ausência desta informação recomenda-se adotar 0,95);

$$K_1 = \left[\frac{V}{75 \cdot S_c} \right]^{-0,25} \quad \text{Equação (35)}$$

Onde:

V é o volume de acumulação solar (litros) (recomenda-se que o valor de V seja tal que obedeça a condição $50 < \frac{V}{S_c} < 100$);

S_c é a superfície do coletor solar (m²).

$$K_2 = \frac{(11,6 + 1,18 T_{AC} + 3,86 T_{AF,i} - 2,32 T_{AMB,i})}{(100 - T_{AMB,i})} \quad \text{Equação (36)}$$

Onde:

T_{AC} é a temperatura mínima admissível da água quente. Deve-se utilizar 38°C para as regiões norte e nordeste e 40°C para as demais;

$T_{AF,i}$ é a temperatura média mensal de água fria no mês “ i ” (°C), tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

$T_{AMB,i}$ é a temperatura média mensal do local de instalação do coletor no mês “ i ” (°C), tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$.

B.2.2.3.2.3. Fração solar mensal (f)

Na Equação 37, é descrito o cálculo da fração solar mensal, a partir dos valores de D_1 e D_2 .

$$f_i = 1,029D_{1,i} - 0,065D_{2,i} - 0,245(D_{1,i})^2 + 0,0018(D_{2,i})^2 + 0,0215(D_{1,i})^3 \quad \text{Equação (37)}$$

Onde:

f_i é a fração solar mensal (adimensional);

$D_{1,i}$ é o parâmetro do mês “ i ” calculado conforme Equação 38, tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$;

$D_{2,i}$ é o parâmetro do mês “ i ” calculado conforme Equação 39, tal que $i = 1, 2, 3, \dots, 12$.

$$D_{1,i} = \frac{E_{SAmês,i}}{E_{AA} \cdot N_i} \quad \text{Equação (38)}$$

Onde:

$E_{SAmês,i}$ é a energia solar mensal absorvida pelos coletores (kWh/mês), obtida na Equação 31;

E_{AA} é a energia consumida no atendimento da demanda de água quente (kWh/dia), obtida pela Equação 27;

N_i é o número de dias do mês “ i ”.

$$D_{2,i} = \frac{EP_{mês,i}}{E_{AA} \cdot N_i} \quad \text{Equação (39)}$$

Onde:

$EP_{mês,i}$ é a energia solar mensal não aproveitada pelos coletores (kWh/mês), obtida na Equação 33;

E_{AA} é a energia consumida no atendimento da demanda de água quente (kWh/dia), obtida pela Equação 27;

N_i é o número de dias do mês “ i ”.

B.2.2.3.2.4. Energia para aquecimento solar de água (EAA,sol)

A energia para aquecimento solar de água corresponde à energia útil coletada pela instalação de coletores solares para aquecimento de água ($E_{AA,sol}$) é calculada pela Equação 40.

$$E_{AA,sol} = \frac{\sum_{i=1}^{12} f \cdot E_{AA} \cdot N_i}{365} \quad \text{Equação (40)}$$

Onde:

f_i é a fração solar mensal;

E_{AA} é a energia consumida no atendimento da demanda diária de água quente (kWh/dia);
 N_i é o número de dias do mês “i”.

B.2.2.4. Consumo de energia associado às perdas térmicas

As perdas térmicas podem ser oriundas do sistema de distribuição de água, sistema de recirculação e armazenamento da água quente.

B.2.2.4.1. Perdas térmicas na tubulação do sistema de distribuição

Sistemas de aquecimento individuais, instalados no ponto de utilização, servindo somente um único ponto, não possuem perdas em sistema de distribuição. Aquecedores de passagem a gás que servem vários pontos e sistemas combinados possuem perdas nos sistemas de distribuição.

A parcela de perdas relativas à tubulação de distribuição é calculada em função do fator de perdas, que depende do comprimento da tubulação.

A Equação 41 é utilizada para cálculo das perdas térmicas relativas da tubulação do sistema de distribuição de água quente.

$$E_{AA,per,tub} = \lambda_{per,dist} \cdot F_{per,tub} \cdot L_{tub} \quad \text{Equação (41)}$$

Onde:

$E_{AA,per,tub}$ é a perda térmica na tubulação do sistema de distribuição de água quente, sem recirculação (kWh/dia);
 $\lambda_{per,dist}$ é o fator de horas de perdas na tubulação de distribuição de água quente dado pela Equação 42 (h/dia).

$$(\lambda_{per,dist} = 2,083 \cdot V_{dia}) \quad \text{Equação (42)}$$

Onde:

V_{dia} é o volume diário de consumo de água quente (m³);
 $F_{per,tub}$ é o fator de perdas térmicas por metro de tubulação (kWh/dia/m), conforme Tabela B.4;
 L_{tub} é o comprimento da tubulação (m).

A Tabela B.4 apresenta os fatores de perda térmica em função do diâmetro da tubulação do sistema de aquecimento de água para diferentes níveis de espessura de isolamento térmico.

Tabela B.4 – Fatores de perda em função de comprimento da tubulação

Diâmetro nominal da tubulação (mm)	Diâmetro de referência (polegadas)	Espessura do isolamento térmico (mm)							
		0 (M)	0 (P)	5 (Ref)	10	13	19	22	25
		Fator de perda (kWh/dia/m)							
15	½	677	0,2079	0,0092	0,0056	0,0043	0,0037	0,0034	0,0032
22	¾	833	0,2155	0,0116	0,0069	0,0052	0,0044	0,0041	0,0038
28	1	1067	0,2191	0,0141	0,0082	0,0061	0,0052	0,0047	0,0044
35	1 ¼	1145	0,2142	0,0169	0,0097	0,0072	0,0061	0,0055	0,0050
42	1 ½	1203	0,2155	0,0199	0,0114	0,0083	0,0070	0,0063	0,0058
54	2	1379	0,2153	0,0243	0,0138	0,0100	0,0084	0,0075	0,0068
73	2 ½	1535	0,2190	0,0291	0,0165	0,0119	0,0099	0,0088	0,0080
89	3	1523	0,2178	0,0337	0,0192	0,0138	0,0114	0,0102	0,0092
114	4	2017	0,2183	0,0408	0,0232	0,0167	0,0137	0,0122	0,0110

Nota 1: (M) corresponde a tubulação metálica não-isolada termicamente, (P) corresponde a tubulação polimérica não-isolada termicamente e (ref) indica a condição de referência. Os valores referentes às tubulações com isolamento térmico independem do material da tubulação.

Nota 2: caso o diâmetro da tubulação não esteja especificado na tabela acima, adotar o valor mais próximo.

B.2.2.4.2. Perdas térmicas no sistema de recirculação

A Equação 43 deve ser utilizada para cálculo das perdas relativas ao sistema de recirculação.

$$E_{AA,per,rec} = \lambda_{per,rec} \cdot F_{per,tub} \cdot L_{rec} \quad \text{Equação (43)}$$

Onde:

$E_{AA,per,rec}$ é a perda térmica relativa ao sistema de recirculação de água quente (kWh/dia);

$\lambda_{per,rec}$ é o fator de horas de perdas na tubulação de recirculação de água quente ($\lambda_{per,rec} = 24$) [h/dia];

$F_{per,tub}$ é o fator de perdas térmicas por metro de tubulação (kWh/dia/m), conforme Tabela B.4;

L_{rec} é o comprimento da tubulação do sistema de recirculação (m).

No caso de existência de automação no sistema de recirculação, dos tipos previstos no item B.2.1.1, a perda térmica deve ser desconsiderada.

B.2.2.4.3. Perdas térmicas do reservatório de água quente

As perdas no armazenamento de água são associadas às características do reservatório e do isolamento térmico. Perdas em armazenamento de água não são consideradas em sistemas de aquecimento de água instantâneo.

As perdas térmicas associadas ao reservatório de água quente indiretamente aquecido podem ser calculadas a partir da perda de calor do reservatório em espera (*standby*) com o ajuste de diferença de temperaturas, pela Equação 44.

$$E_{AA,res} = \frac{(\theta_{A,res,med} - \theta_{amb,med})}{\Delta\theta_{A,res,sby}} \cdot E_{AA,res,sby} \quad \text{Equação (44)}$$

Onde:

$E_{AA,res}$ é a perda térmica do reservatório de água quente (kWh/dia);

$\theta_{A,res,med}$ é a média de temperatura no reservatório (°C);

$\theta_{amb,med}$ é a média de temperatura no ambiente (°C);

$\Delta\theta_{A,res,sby}$ é a média da diferença de temperatura em testes com o reservatório em *standby* (°C). Adota-se 29°C;

$E_{AA,res,sby}$ é a perda térmica específica do reservatório em *standby* (kWh/dia).

A perda térmica específica dos reservatórios em *standby*, em função do volume de armazenamento, é apresentada na Tabela B.5.

Tabela B.5 – Perda específica térmica de reservatório de água quente em *standby*

Volume de Reservatório (litros)	Perdas (kWh/dia)
100	0,865
150	1,349
200	1,799
250	2,249
300	2,699
400	2,932
500	3,498
600	3,998
800	4,798
≥ 1000	5,331

Para dimensões não especificadas na Tabela B.5, deve-se dividir a perda do reservatório de volume imediatamente inferior pelo respectivo volume tabelado e multiplicar o resultado pelo volume do reservatório procurado.

Para reservatórios térmicos de sistemas solares de aquecimento de água etiquetados pelo Inmetro, deve-se considerar a perda específica térmica descrita na tabela do PBE, em kWh/dia.

B.2.2.5. Eficiência dos equipamentos aquecedores de água

Quando o sistema de aquecimento conta com apenas um aquecedor, a eficiência do sistema é igual à eficiência do aquecedor.

Quando o sistema de aquecimento é composto por mais de um aquecedor, eficiência do sistema é calculada por meio da média ponderada da eficiência dos aquecedores pelas potências nominais de cada aquecedor.

O rendimento (r_{aq}) do aparelho de aquecimento de água deve ser obtido por meio de informações oficiais do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do INMETRO, sempre que possível. Na ausência de valores de eficiência, pode-se adotar o valor de eficiência dados pela Tabela B.6.

Tabela B.6 – Tipos de sistemas de aquecimento de eficiências

Sistema de água quente	Eficiência (%)
Aquecedor de acumulação a combustível sólido (lenha)	55
Aquecedor de acumulação a gás	*
Aquecedor de passagem a gás	*
Aquecedor elétrico de um único ponto de consumo (chuveiro elétrico)	95
Bomba de calor elétrica para aquecimento exclusivo de água	**
Sistema de aquecimento por resistência elétrica em imersão (<i>boiler</i>)	85

* a eficiência dos equipamentos corresponde ao rendimento informado nas tabelas do Inmetro.

** a eficiência da bomba de calor deve ser informada pelo fabricante.

ANEXO C – MÉTODO DE SIMULAÇÃO

Escopo: Este anexo tem por objetivo estabelecer os critérios para avaliação da classe de eficiência energética de unidades habitacionais autônomas (UHs) e edificações unifamiliares.

O método descrito neste anexo – método de simulação – aplica-se às edificações que não atendem a um ou mais critérios de limites definidos nas Tabela 1 e Tabela 2 do item 7 do texto principal desta Instrução Normativa Inmetro.

O método de simulação aplica-se somente à envoltória das edificações. Esta seção descreve os critérios para avaliação do desempenho da envoltória dos ambientes de permanência prolongada (APPs) das unidades habitacionais autônomas (UHs) quanto ao consumo energético e quanto ao percentual de horas ocupadas em conforto térmico quando ventilada naturalmente.

C.1 CARACTERÍSTICAS DO PROGRAMA COMPUTACIONAL

O programa computacional de simulação termo-energética deve possuir, no mínimo, as seguintes características:

- a) ser um programa para a análise do consumo de energia em edifícios;
- b) ser validado pela ASHRAE Standard 140;
- c) modelar 8760 horas por ano;
- d) modelar variações horárias de ocupação, potência de iluminação e equipamentos, sistemas de condicionamento de ar e ventilação natural, definidos separadamente para cada dia da semana e feriados;
- e) modelar efeitos de inércia térmica;
- f) permitir a modelagem de multi-zonas térmicas;
- g) ter capacidade de simular os efeitos das estratégias bioclimáticas adotadas no projeto;
- h) caso a edificação proposta utilize sistema de condicionamento de ar, o programa deve permitir modelar todos os sistemas de condicionamento de ar utilizados na edificação;
- i) determinar a capacidade solicitada pelo sistema de condicionamento de ar;
- j) calcular as horas não atendidas pelo sistema de condicionamento de ar;
- k) calcular as curvas de desempenho de carga parcial para o sistema de condicionamento de ar;
- l) calcular as curvas de correção de capacidade e eficiência para o sistema de aquecimento e resfriamento;
- m) caso a edificação proposta utilize ventilação natural, o programa deve permitir modelar todos os dados de entrada referente ao funcionamento da ventilação natural na edificação;
- n) produzir relatórios horários do uso final de energia.

C.2 ARQUIVO CLIMÁTICO

O arquivo climático utilizado deve possuir, no mínimo, as seguintes características:

- a) fornecer valores horários para todos os parâmetros relevantes requeridos pelo programa de simulação computacional, tais como temperatura e umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar;
- b) os dados climáticos devem ser representativos do grupo climático onde o projeto proposto será locado e, caso o local do projeto não possuir arquivo climático, deve-se utilizar dados climáticos de uma região próxima que possua características climáticas semelhantes;
- c) devem ser utilizados arquivos climáticos com formato INMET publicados no <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016> e <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={02A05065-372B-4133-B054-4369D8F37B3F}#2>. Caso contrário o arquivo climático deve ser aprovado pelo laboratório de referência.

C.3 PROCEDIMENTO PARA A SIMULAÇÃO

Esta seção descreve os critérios para avaliação, por meio de simulação computacional, do desempenho da envoltória dos ambientes de permanência prolongada (APPs) das unidades habitacionais autônomas (UHs) quanto ao consumo energético e quanto ao percentual de horas ocupadas em conforto térmico quando ventilada naturalmente.

No método de simulação, assim como no método simplificado, a UH é testada sob duas condições: a condição real, com as características reais da edificação sob avaliação; e a condição de referência, com as características listadas no item 7.5 desta Instrução Normativa Inmetro. Para tanto, deve-se elaborar um modelo representando a edificação real e um modelo representando a condição de referência.

C.3.1 Metodologia para a modelagem da envoltória

A modelagem da envoltória deve considerar que:

- para as UHs, cada ambiente deve ser modelado como uma única zona térmica, com as características geométricas e orientação conforme o projeto sob avaliação;
- para as edificações multifamiliares, devem ser modeladas todas as UHs do pavimento térreo, do primeiro pavimento, do pavimento abaixo da cobertura e do pavimento cobertura. Deve-se, também, modelar um pavimento tipo representativo localizado em uma altura média entre o primeiro pavimento e o pavimento abaixo da cobertura. Todos os pavimentos devem ser modelados com as características geométricas e orientação conforme o projeto sob avaliação;
- o ático da cobertura pode ser modelado como uma zona térmica;
- os ambientes comuns das edificações multifamiliares, tais como circulação vertical, corredores, hall de entrada e similares, podem ser agrupados e modelados em uma única zona térmica, desde que esta modelagem não interfira na ventilação natural das UHs;
- as garagens configurando ambientes fechados presentes na edificação e que tiverem contato direto com UHs devem ser modeladas em uma única zona térmica, desde que elas sejam contínuas.

C.3.2 Características comuns ao modelo do edifício na condição real e ao modelo do edifício na condição de referência

- a) mesmo programa de simulação;
- b) mesma versão do programa de simulação;
- c) mesmo arquivo climático;
- d) mesma geometria;
- e) mesma condição de contato com o solo do pavimento inferior;
- f) mesma orientação com relação ao Norte Geográfico;
- g) mesma modelagem, número de pavimento e divisão de zonas térmicas;
- h) mesma condição de troca de calor para os elementos construtivos;
- i) mesma área total de piso condicionada;
- j) mesmo padrão de uso de equipamentos e mesmo valor de densidade de cargas internas (DCI) em equipamentos. O padrão de uso e o valor de DCI em equipamentos devem estar de acordo com a Tabela C.1;
- k) mesmo padrão de uso de pessoas, com o mesmo valor de calor dissipado por pessoa. O padrão de uso e o calor dissipado devem estar de acordo com a Tabela C.2 e a Tabela C.3;
- l) mesmo *setpoint* de resfriamento e aquecimento. A temperatura do termostato de refrigeração é de 23°C, para todos os grupos climáticos; e a temperatura do termostato de aquecimento é de 18°C, somente para os grupos climáticos 1 a 8;
- m) mesma taxa de renovação de ar para o sistema de condicionamento de ar. Deve ser considerada a taxa de fluxo de ar por pessoa de 0,0075 m³/s;
- n) mesmo padrão de uso de controle de aberturas para a ventilação natural. O padrão de temperatura deve controlar a abertura das janelas, habilitando a abertura quando a temperatura do ar do ambiente é igual ou superior à temperatura de *setpoint* ($T_{int} \geq T_{setpoint}$) e quando a temperatura do ar interno é superior à externa ($T_{int} \geq T_{ext}$). A temperatura de *setpoint* estipulada é 19°C. Nesse padrão de ventilação, todas as portas da unidade habitacional são consideradas fechadas por todo período;
- o) a mesma modelagem da ventilação natural das UHs. Devem ser considerados os mesmos valores de coeficientes de descarga e os requisitos estabelecidos na Tabela C.4;
- p) utilização de ventilação híbrida (combinação de ventilação natural e sistema de condicionamento de ar). O sistema de condicionamento de ar é controlado de acordo com a temperatura interna do ambiente analisado e com as condições de limites de aceitabilidade do uso da ventilação natural. Quando a temperatura interna do ambiente analisado ultrapassa as condições de limite de aceitabilidade para o uso da ventilação natural, o algoritmo deve parar a simulação de ventilação natural e iniciar a simulação com o uso do sistema de condicionamento de ar. O sistema de condicionamento de ar funciona somente quando os ambientes são ocupados. As condições de conforto térmico são baseadas nos limites de 26°C a 18°C para ambientes naturalmente ventilados. Para o desconforto por calor assume-se que, a partir da temperatura de 26°C, o sistema de resfriamento é acionado. Para o desconforto por frio assume-se que, a partir da temperatura de 16°C, o sistema de aquecimento é acionado. O fluxograma do funcionamento do algoritmo de controle da integração do sistema de ventilação natural e do sistema de condicionamento artificial está apresentado na Figura C.1;

- q) mesmo valor de PAZ (percentual de abertura zenital) caso o modelo do edifício na condição real apresente $PAZ \leq 3\%$. Caso contrário, deve-se utilizar o valor de PAZ conforme estabelecido em projeto para o modelo do edifício na condição real, e o valor de PAZ de 3% para o modelo do edifício na condição de referência. Os valores de fator solar para o PAZ devem ser estabelecidos conforme descrito na Tabela C.5.

Nota 1: Um exemplo do uso de ventilação híbrida para um ambiente de permanência prolongada, com a ferramenta de simulação computacional *EnergyPlus*, está disponível sítio eletrônico do PBE Edifica (<http://pbeedifica.com.br/>).

Nota 2: Para UHs cujo mesmo APP seja utilizado como sala e dormitório (ex.: *quitinete, lofts* e similares), o APP deve ser simulado considerando, concomitantemente, os padrões de ocupação e do sistema de iluminação de sala e de dormitório, expostos na Tabela C.3.

Nota 3: Para o ambiente cozinha, deve-se considerar as mesmas considerações da Tabela C.4 e o mesmo comportamento para o uso da ventilação natural do ambiente sala. Não se deve considerar o uso do sistema de condicionamento de ar e de cargas internas (iluminação, equipamentos e pessoas) neste ambiente.

Nota 4: Para o ambiente banheiro, deve-se considerar as mesmas considerações da Tabela C.4 e o uso da ventilação natural constante (janela sempre aberta). Não se deve considerar o uso do sistema de condicionamento de ar e de cargas internas (iluminação, equipamentos e pessoas) neste ambiente.

Tabela C.1 – Padrão de uso e densidade de cargas internas de equipamentos

Ambiente	Período de uso	Potência (W)
Sala	14 h às 22h00	120

Tabela C.2 – Taxas metabólicas para cada atividade

Ambiente	Atividade realizada	Calor produzido (W/m ²)	Calor produzido para área de pele = 1,80 m ² (W)
Sala	Sentado ou assistindo TV	60	108
Dormitórios	Dormindo ou descansando	45	81

Tabela C.3 – Padrões de ocupação e do sistema de iluminação para dias de semana e final de semana

Hora	Ocupação		Iluminação	
	Dormitórios (%)	Sala (%)	Dormitórios (%)	Sala (%)
1h	100	0	0	0
2h	100	0	0	0
3h	100	0	0	0
4h	100	0	0	0
5h	100	0	0	0

6h	100	0	100	0
7h	100	0	100	0
8h	0	0	0	0
9h	0	0	0	0
10h	0	0	0	0
11h	0	0	0	0
12h	0	0	0	0
13h	0	0	0	0
14h	0	50	0	0
15h	0	50	0	0
16h	0	50	0	100
17h	0	50	0	100
18h	0	50	0	100
19h	0	100	0	100
20h	0	100	0	100
21h	0	100	0	100
22h	100	100	100	0
23h	100	0	100	0
24h	0	0	0	0

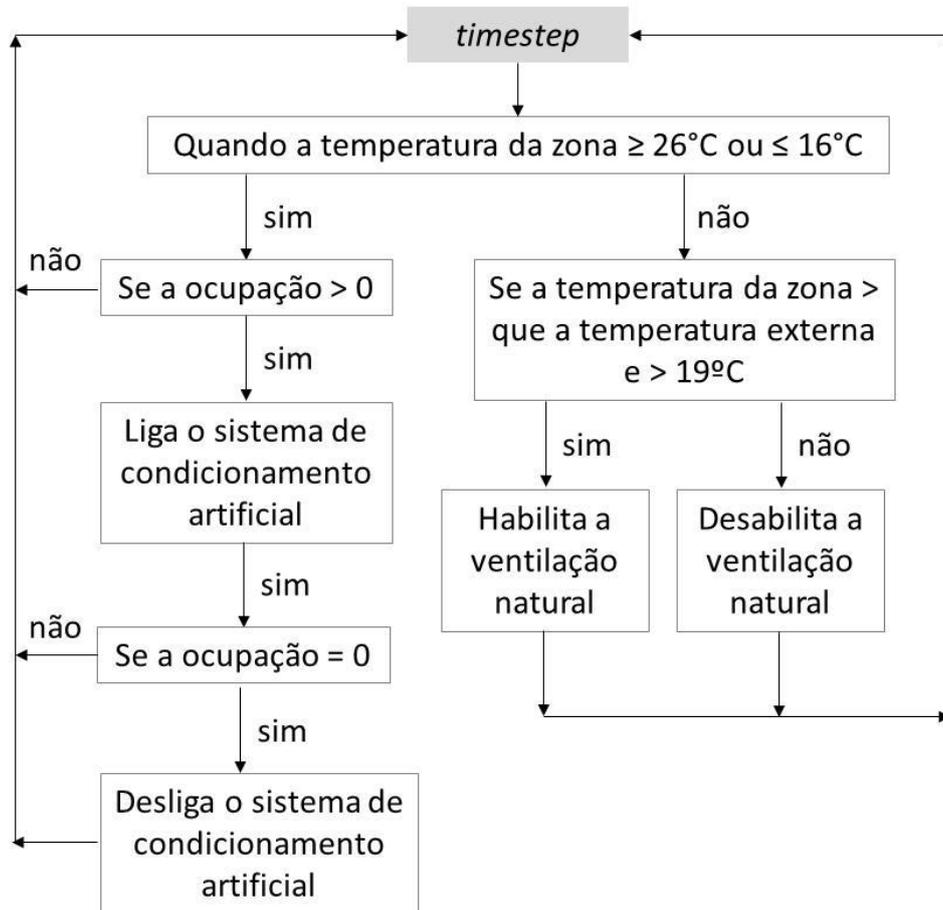
Tabela C.4 – Descrição dos dados de entrada dos parâmetros da ventilação natural

Parâmetros	Valores adotados
Coefficiente de descarga	0,60
Coefficiente de frestas quando a janela está fechada	0,001; n = 0,66
Rugosidade do entorno	0,33 - <i>City</i>

Tabela C.5 – Limites de fator solar de vidros e de percentual de abertura para coberturas

Grupo Climático (GCL)	PAZ	FS
1 a 16	0 a 2%	0,87
17 a 24	0 a 2%	0,87
	2,1 a 3%	0,67

Figura C.1 – Fluxograma do algoritmo de controle da integração do sistema de ventilação natural e do sistema de condicionamento artificial



C.3.3 Modelo do edifício na condição real

O modelo que representa o edifício na condição real deve:

- utilizar todas as características da edificação de acordo com o projeto proposto. Por exemplo: transmitância térmica de paredes e coberturas; propriedades do vidro, PAF_T , absorvância térmica de paredes e coberturas, AVS, AHS, sistemas e suas respectivas características;
- no caso do edifício na condição real possuir diferentes sistemas de condicionamento de ar, todos os diferentes sistemas existentes de cada zona térmica devem ser representados;
- considerar o COP do sistema de condicionamento de ar estabelecido em projeto;
- utilizar a Densidade de Potência de Iluminação do projeto proposto;
- considerar os dispositivos de sombreamento quando estes estiverem acoplados ao edifício proposto;
- o sombreamento proveniente do entorno pode fazer parte do método de simulação (uso opcional quando avaliado apenas o desempenho térmico e obrigatório quando

avaliada a iluminação natural) e, quando usado, deve ser incluído em ambos os modelos, edifício real e de referência;

- g) considerar as iniciativas (uso opcional) que aumentem a classe de eficiência energética da edificação.

Nota 1: Para os casos de edifícios sem projeto de sistema de condicionamento de ar, devem ser utilizados os valores e o tipo de sistema de acordo com os limites estabelecidos para o modelo do edifício nas condições de referência, descritos no item C.3.4.

Nota 2: Para os casos de edifícios sem projeto de sistema de iluminação, devem ser utilizados os valores de Densidade de Potência de Iluminação de acordo com os limites estabelecidos para o modelo do edifício nas condições de referência descritos na Tabela C.6.

C.3.4 Modelo do edifício na condição de referência

As características da condição de referência são apresentadas no item 7.5 do texto principal desta Instrução Normativa.

O modelo que representa o edifício nas condições de referência deve ser simulado considerando que:

- as características da envoltória, os valores de fator solar e transmitância térmica de elementos opacos devem estar de acordo com o item 7.5 do texto principal desta INI;
- devem ser utilizados os componentes construtivos e suas respectivas características apresentadas nas Tabelas 6 e 7 do texto principal desta INI para os diferentes limites de transmitância térmica em paredes externas e coberturas, respectivamente;

Nota: Deve-se manter a ordem dos componentes construtivos, bem como suas propriedades, no modelo do edifício nas condições de referência.

- a Densidade de Potência de Iluminação (DPI) deve ser modelada de acordo com os limites da Tabela C.6.

Tabela C.6 – Densidade de potência instalada de iluminação

Ambiente	DPI (W/m ²)
Sala	5,0
Dormitórios	5,0

- o sistema de condicionamento de ar deve ser do tipo *Packaged Terminal Heat Pump* (PTHP) e a modelagem do sistema de condicionamento de ar das UHs deve considerar:
 - a) sistema de condicionamento de ar instalado nos ambientes de permanência prolongada (APP) das UHs;
 - b) modo de operação do ventilador contínuo;
 - c) eficiência do ventilador de 0,7 e eficiência do motor de 0,9;

- d) razão entre o calor retirado do ambiente e a energia consumida pelo equipamento (COP) de 3,50 W/W;
- e) razão entre o calor fornecido ao ambiente e a energia consumida pelo equipamento (COP) de 3,50 W/W;
- f) número máximo de horas não atendidas, durante a ocupação dos APP, do sistema de condicionamento de ar de 10%;
- g) a capacidade do sistema de condicionamento de ar do modelo do edifício nas condições de referência deve ser dimensionada de forma a atender à carga térmica e à exigência de número máximo de horas não atendidas.

ANEXO D – GERAÇÃO LOCAL DE ENERGIA RENOVÁVEL

Escopo: Este anexo tem por objetivo estabelecer os critérios para avaliação do uso de sistemas de geração de energia local por meio de fontes de energia renováveis em unidades habitacionais autônomas (UHs) e edificações unifamiliares.

A geração local de energia deve ser realizada por meio de uma ou mais das seguintes fontes de energias renováveis: hídrica, solar, biomassa, eólica e cogeração qualificada.

O sistema de geração local de energia renovável deve estar instalado na edificação avaliada ou no mesmo lote desta. Os sistemas devem estar conectados ao relógio medidor de energia da UH.

A energia gerada por meio do uso de fontes renováveis ao longo do ano (G_{EE}) deve ser estimada por laudo técnico do projetista. A G_{EE} deve ser expressa em kWh/ano, a fim de que possa ser subtraída do consumo total de energia elétrica (C_{EE}) na Equação 2 do texto principal desta Instrução Normativa.

O indicador do potencial de geração de energia elétrica pelo uso de fontes locais de energia renovável é obtido por meio da Equação 45. O indicador representa o percentual de energia consumida pela UH que é atendido pela geração local de energia e deve ser exposto na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) da UH.

$$PG_E = \frac{G_{EE} \cdot 100}{C_E} \quad \text{Equação (45)}$$

Onde:

PG_E é o potencial de geração de energia. Representa o percentual da energia consumida pela UH que é atendido pela energia gerada por fontes locais de energia renovável (%);

G_{EE} é a energia gerada por fontes locais de energia renovável (kWh/ano);

C_E é o consumo total de energia da UH ao longo do ano (kWh/ano). Corresponde ao consumo total de energia elétrica (C_{EE}) exposto na Equação 2 desta Instrução Normativa, sem descontar a geração local de energia renovável (G_{EE}).

ANEXO E – USO RACIONAL DE ÁGUA

Escopo: Este anexo tem por objetivo estabelecer os critérios para avaliação da redução do consumo de água potável nas unidades habitacionais autônomas (UHs) e edificações unifamiliares.

O percentual de economia de água potável é obtido por meio da Equação 46 e deve ser exposto na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) da UH.

$$ET_{\text{água}} = \left[\frac{CAG_{ref} - (CAG_{real} - OAG_{\text{não potável}})}{CAG_{ref}} \right] \cdot 100 \quad \text{Equação (46)}$$

Onde:

$ET_{\text{água}}$ é a estimativa de economia anual de água potável (%);

CAG_{ref} é o consumo anual de água da edificação na condição de referência (L/ano);

CAG_{real} é o consumo anual de água da edificação na condição real (L/ano);

$OAG_{\text{não potável}}$ é a oferta de água não potável (L/ano), calculada conforme item E.3, quando existente.

Para a obtenção da porcentagem de água economizada na edificação deve-se:

- Determinar o consumo anual de água segundo condição de referência utilizando um padrão de uso de água para a UH – item E.1. O padrão de uso adotado é fixo e baseado no LEED v.4 (2015). A ocupação também é fixada de acordo com o número de dormitórios da UH – Equação 48;
- Determinar o consumo anual de água da edificação real – item E.2. O padrão de uso dos dispositivos e a ocupação da edificação são idênticos na condição de referência e na condição real da edificação.
- Determinar a oferta anual de água não potável proporcionada por sistemas de uso racional de água, quando existentes.

E.1 CONSUMO DE ÁGUA DA EDIFICAÇÃO NA CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA

O consumo anual de água da edificação na condição de referência (CAG_{ref}) é calculado por meio da Equação 47.

$$CAG_{ref} = 365 \cdot Oc \cdot (Q_{refBS} \cdot UD_{BS} + Q_{refTL} \cdot t_{TL} \cdot UD_{TL} + Q_{refCH} \cdot t_{CH} \cdot UD_{CH} + Q_{refTC} \cdot t_{TC} \cdot UD_{TC}) \quad \text{Equação (47)}$$

Onde:

Q_{refBS} é a vazão da bacia sanitária na condição de referência (L/descarga), conforme a Tabela E.1;

UD_{BS} são os usos diários da bacia sanitária (usos/pessoa.dia), conforme a Tabela E.3;

Q_{refTL} é a vazão da torneira de lavatório na condição de referência (L/minuto), conforme a Tabela E.1;

t_{TL} é o tempo de uso da torneira de lavatório (minutos), conforme Tabela E.2;

UD_{TL} são os usos diários da torneira de lavatório por pessoa (usos/dia.pessoa), conforme Tabela E.3;

Q_{refCH} é a vazão do chuveiro na condição de referência (L/minuto), conforme a Tabela E.1;

t_{CH} é o tempo de uso do chuveiro (minutos), conforme a Tabela E.2;

UD_{CH} são os usos diários do chuveiro por pessoa (usos/dia.pessoa), conforme a Tabela E.3;

Q_{refTC} é a vazão da torneira da pia da cozinha na condição de referência (L/minuto), conforme a Tabela E.1;

t_{TC} é o tempo de uso da torneira da pia da cozinha (minutos), conforme Tabela E.2;
 UD_{TC} são os usos diários da torneira da pia da cozinha por pessoa (usos/dia.pessoa), conforme a Tabela E.3;
 Oc é a ocupação da edificação (pessoas), conforme Equação 48.

$$Oc = 2 \cdot n_{dormitórios} \quad \text{Equação (48)}$$

Onde:

$n_{dormitórios}$ é o número de dormitórios por UH.

Tabela E.1 – Vazão de dispositivos na condição de referência

Tipo de dispositivo	Vazão
Bacia sanitária	6,0 L/descarga
Torneira de lavatório	9 L/min
Torneira da pia da cozinha	15 L/min
Banho: chuveiro elétrico	6 L/min
Banho: ducha	12 L/min

Fonte: Adaptado da NBR 5626:1998 e NBR 15491:2010.

Tabela E.2 – Duração do uso de dispositivos para a condição de referência e condição real

Tipo de dispositivo	Duração (minutos)
Bacia sanitária	-
Torneira de lavatório	1,0
Torneira da pia da cozinha	1,0
Banho / chuveiro	8,0

Fonte: Adaptado do LEED v.4, 2015.

Tabela E.3 – Número de usos de dispositivos para a condição de referência e condição real

Tipo de dispositivo	Usos por dia por pessoa
Bacia sanitária	5
Torneira de lavatório	5
Torneira da pia da cozinha	4
Banho / chuveiro	1

Fonte: Adaptado do (LEED v.4, 2015)

E.2 CONSUMO DE ÁGUA DA EDIFICAÇÃO NA CONDIÇÃO REAL

O consumo anual de água da edificação na condição de real (CAg_{real}) é calculado por meio da Equação 49.

$$CAg_{real} = 365 \cdot Oc \cdot (Q_{realBS} \cdot UD_{BS} + Q_{realTL} \cdot t_{TL} \cdot UD_{TL} + Q_{realCH} \cdot t_{CH} \cdot UD_{CH} + Q_{realTC} \cdot t_{TC} \cdot UD_{TC}) \quad \text{Equação (49)}$$

Onde:

Q_{realBS} é a vazão da bacia sanitária na condição real (L/descarga), conforme projeto da edificação;

UD_{BS} são os usos diários da bacia sanitária (usos/dia.pessoa), conforme a Tabela E.3;

Q_{realTL} é a vazão da torneira de lavatório na condição real (L/minuto), conforme projeto da edificação;

t_{TL} é o tempo de uso da torneira de lavatório (minutos), conforme Tabela E.2;

UD_{TL} são os usos diários da torneira de lavatório por pessoa (usos/dia.pessoa), conforme Tabela E.3;

Q_{realCH} é a vazão do chuveiro na condição real (L/minuto), conforme projeto da edificação;
 t_{CH} é o tempo de uso do chuveiro (minutos), conforme a Tabela E.2;
 UD_{CH} são os usos diários do chuveiro por pessoa (usos/dia.pessoa), conforme a Tabela E.3;
 Q_{realTC} é a vazão da torneira da pia da cozinha na condição real (L/minuto), conforme projeto da edificação;
 t_{TC} é o tempo de uso da torneira da pia da cozinha (minutos), conforme Tabela E.2;
 UD_{TC} são os usos diários da torneira da pia da cozinha por pessoa (usos/dia.pessoa), conforme a Tabela E.3;
 Oc é a ocupação da edificação (pessoas), conforme Equação 48.

E.3 OFERTA DE ÁGUA NÃO POTÁVEL

A oferta de água não potável considerada neste regulamento corresponde à água pluvial e a outras fontes alternativas de água não potável. O volume de água pluvial a ser incluído na Equação 46 deve ser calculado por meio de um dos métodos listados no Anexo A da norma ABNT NBR 15527:2007, quando existente sistema de aproveitamento de água pluvial na edificação. Para os sistemas de água não potável de outras fontes alternativas, deve ser observado o disposto no projeto de norma ABNT/CB-02 – Sistemas de água não potável em edificações.

ANEXO F – EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO

Escopo: Este anexo tem por objetivo estabelecer os critérios para avaliação da emissão de dióxido de carbono das unidades habitacionais autônomas (UHs) e edificações unifamiliares.

Para determinação das emissões, o consumo total de energia elétrica e o consumo total de energia térmica devem ser multiplicados pelo fator de emissão de dióxido de carbono correspondente, conforme Equação 50. Os fatores de emissão de dióxido de carbono são apresentados nas Tabelas F.1 e F.2.

$$E_{CO_2} = \frac{C_{EE} \cdot fe_e + C_{ET} \cdot fe_t}{1000} \quad \text{Equação (50)}$$

Onde:

E_{CO_2} é a emissão total de dióxido de carbono da edificação (tCO₂/ano);

C_{EE} é o consumo total de energia elétrica da edificação (kWh/ano);

C_{ET} é o consumo total de energia térmica da edificação (kWh/ano);

fe é o fator de emissão de dióxido de carbono na geração de energia elétrica (fe_e) ou na queima de combustível (fe_t).

Tabela F.1 – Fatores de emissão de dióxido de carbono por queima de combustível

Combustível	Fatores de Emissão de CO ₂ por Queima de Combustível	Unidade
Gás natural	0,202	kg.CO ₂ /kWh
Óleo diesel	0,267	kg.CO ₂ /kWh
Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	0,227	kg.CO ₂ /kWh
Madeira	0,531	kg.CO ₂ /kWh
Gasolina	0,249	kg.CO ₂ /kWh
Etanol	0,248	kg.CO ₂ /kWh

Fonte: MCT, 2010.

Tabela F.2 – Fatores de emissão de dióxido de carbono por geração de eletricidade

Geração de eletricidade	Fatores de Emissão de Dióxido de Carbono por Geração de Eletricidade	Unidade
SIN – Sistema Interligado Nacional	0,09	kg.CO ₂ /kWh

Fonte: MCT, 2016.

ANEXO G – GRUPOS CLIMÁTICOS

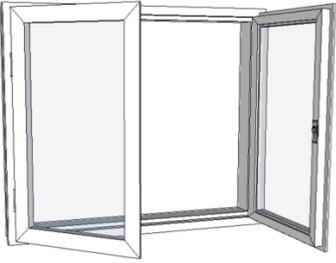
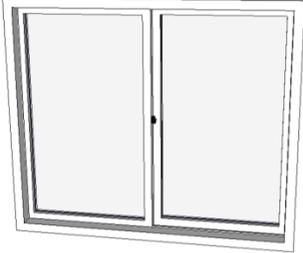
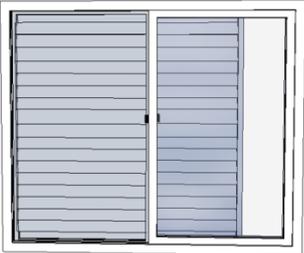
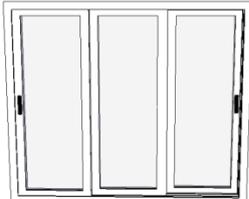
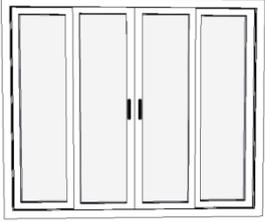
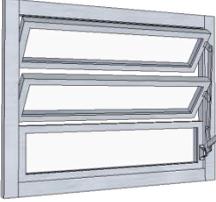
Escopo: este anexo informa o grupo climático (GCL) de 154 municípios brasileiros (Tabela G.1) compreendendo as capitais estaduais e as maiores cidades de cada estado da federação. A lista com os demais 5.564 municípios do Brasil e a relação de seu respectivo grupo climático está disponível em: <http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Cidades%20e%20GCL.csv> e <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={02A05065-372B-4133-B054-4369D8F37B3F}#2>.

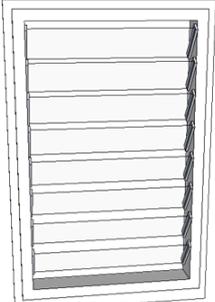
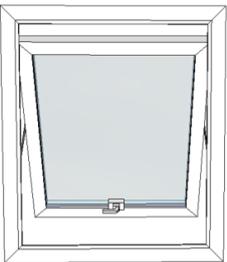
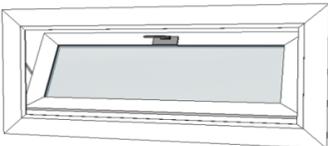
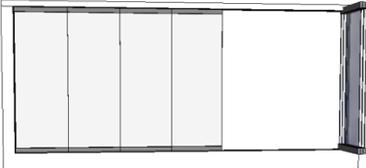
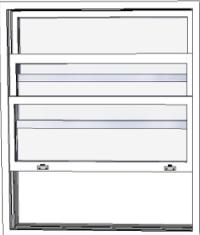
Tabela G.1 - Grupos climáticos e principais municípios

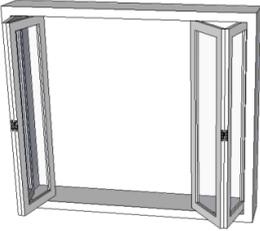
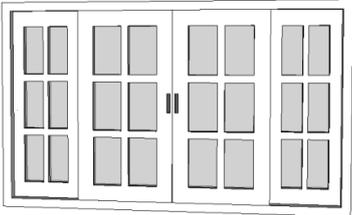
Grupo Climático	Quantidade de municípios	Principais Municípios
1 - A	133	Araucária (PR), Cascavel (PR), Guarulhos (SP), Juiz de Fora (MG), Mauá (SP), Pinhais (PR), Santo André (SP), São Bernardo do Campo (SP), São Paulo (SP),
1 - B	28	Florianópolis (SC), Fazenda Vilanova (RS), Imbituba (SC), Magé (RJ), Santa Leopoldina (ES)
2	172	Barueri (SP), Campos do Jordão (SP), Curitiba (PR), Ouro Preto (MG), São Carlos (SP)
3	194	Pato Branco (PR), Petrópolis (RJ), Ponta Grossa (PR), São José dos Campos (SP)
4	159	Poços de Caldas (MG), Toledo (PR)
5	198	Caxias do Sul (RS), Gravataí (RS), Novo Hamburgo (RS), Pelotas (RS), São Francisco do Sul (SC), São Leopoldo (RS), Xaxim (SC)
6	145	Balneário Camboriú (SC), Bento Gonçalves (RS), Chuí (RS), Criciúma (SC), Farroupilha (RS), Porto Alegre (RS)
7	298	Canoas (RS), Chapecó (SC), Joaçaba (SC), Lajeado (RS), Vacaria (RS)
8	82	Santa Maria (RS)
9	296	Cabo Frio (RJ), Governador Valadares (RJ), Ilhéus (BA), Joinville (SC), Linhares (ES), Niterói (RJ), Porto Seguro (BA), Vila Velha (ES)
10	331	Belo Horizonte (MG), Brasília (DF), Campina Grande (PB), Campo Grande (MS), Caruaru (PE), Ribeirão das Neves (MG), Rio Verde (GO), Uberlândia (MG), Vitória da Conquista (BA)
11	363	Aparecida de Goiânia (GO), Ji-Paraná (RO), Parnamirim (RN), Santa Cruz (PE), Santana do Ipanema (AL)
12	314	Anápolis (GO), Goiânia (GO), Jataí (GO), Sete Lagoas (MG)
13	357	Angra dos Reis (RJ), Blumenau (SC), Campos dos Goytacazes (RJ), Duque de Caxias (RJ), Eldorado (MS), Itajaí (SC), Macaé (RJ), Nova Iguaçu (RJ), Paranaguá (PR), Rio de Janeiro (RJ), Vitória (ES)

14	197	Belford Roxo (RJ), Dourados (MS), Maringá (PR), Ourinhos (SP), Paraty (RJ), Ponta Porã (MS), São João do Meriti (RJ), Sorocaba (SP), Três Lagoas (MS), Volta Redonda (RJ)
15	251	Campinas (SP), Foz do Iguaçu (PR), Londrina (PR)
16	242	Divinópolis (MG)
17	251	Alto Alegre (RR), Ananindeua (PA), Barcarena (PA), Belém (PA), Boa Vista (RR), Fortaleza (CE), Iracema (RR), Laranjal do Jari (AP), Recife (PE), Santa Rita (PB), São Luís (MA),
18	190	Camaçari (BA), Feijó (AC), Macapá (AP), Manaus (AM), Natal (RN), Porto Velho (RO), Santana (AP)
19	310	Cruzeiro do Sul (AC), Macaíba (RN), Sena Madureira (AC)
20	278	Barras (PI), Cacoal (RO), Imperatriz (MA), Palmas (TO), Rio Branco (AC), Sinop (MT), Sobral (CE), Teresina (PI)
21	183	Aracaju (SE), João Pessoa (PB), Maceió (AL), Monte Alegre (RN), Olinda (PE), Paulistana (PI), Salvador (BA)
22	171	Feira de Santana (BA), Juazeiro do Norte (CE), Mossoró (RN), Parintins (AM), Parnaíba (PI), Patos (PB), Petrolina (PE), Santa Cruz (RN), São Gonçalo (RJ)
23	239	Campo Alegre (AL), Jabotão dos Guararapes (PE), Maragogi (AL), Nossa Senhora do Socorro (SE), Picos (PI)
24	183	Cuiabá (MT), Paranaíba (MS), Rondonópolis (MT), Várzea Grande (MT)

ANEXO H – TABELA DE PERCENTUAL PARA VENTILAÇÃO NATURAL

Nº	Tipo de janela	Ilustração	% abertura para ventilação natural
1	abrir 90° (ou de giro) 1 ou 2 folhas		90
2	de correr (ou deslizante) 2 folhas		50
3	de correr (ou deslizante) 3 folhas sendo 2 venezianas		50
4	de correr (ou deslizante) de 3 folhas móveis		60
5	de correr (ou deslizante) 4 folhas (2 fixas e 2 móveis)		50
6	Basculante		70 (i=45°) / 90 (i=90°)

Nº	Tipo de janela	Ilustração	% abertura para ventilação natural
7	Basculante sem esquadria		80
8	Maxim-ar (abertura 90°)		80
9	Tombar		60 (i=45°) / 90 (i=90°)
10	Oscilobatente (Tombar e abrir)		90
11	Cortina de vidro		95
12	Guilhotina tripla (2 folhas móveis e 1 fixa)		60

Nº	Tipo de janela	Ilustração	% abertura para ventilação natural
13	Guilhotina dupla (2 folhas móveis)		50
14	de correr (ou deslizante) com 2 folhas e persiana integrada		50
15	tipo camarão		90
16	Pinázio		50
17	Pivotante		90

Observação: os percentuais de abertura para ventilação de janelas diferentes das constantes na tabela devem ser calculados.