



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 Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

Florianópolis, 09 de novembro de 2020





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

INTRODUÇÃO

A presente Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações residenciais quanto à sua eficiência energética.

As edificações submetidas à esta INI devem atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes e aplicáveis.

Ressalta-se que a visão desta INI é a eficiência energética da edificação, e que este documento, os organismos de inspeção acreditados e o Inmetro se eximem dos problemas que porventura possam ser causados à edificação pela não observância das normas da ABNT, que são de exclusiva atribuição do projetista.

OBJETIVO

Estabelecer os requisitos técnicos e os métodos para classificação de edificações residenciais unifamiliares, unidades habitacionais de edificações multifamiliares e porções residenciais de edifícios de uso misto, em projeto ou construídos, quanto à sua eficiência energética, visando à etiquetagem de edificações.

SIGLAS

Para fins deste anexo, são adotadas as siglas seguintes, além das citadas nos documentos complementares elencados no item 5.

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 a Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
INI-R	Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
NBR	Norma Brasileira
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações
UH	Unidade Habitacional
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

DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Para fins deste anexo, são adotados os documentos complementares seguintes, além dos citados no documento relativo aos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC).

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 15527:2019	Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos
ABNT NBR 15575-1:2013	Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais
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
ABNT NBR 16783:2019	Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações
ASHRAE 90.1: 2016	<i>Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (ANSI Approved; IES Co-sponsored)</i>
ANSI/ASHRAE 140:2011	<i>Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs.</i>
BS EN 15316-3-2 (2007)	<i>Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies. Part 3-2: Domestic hot water systems, generation</i>
Inmetro XXX	Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
Inmetro. Portaria 234, de 29 de junho de 2020	Aperfeiçoamento parcial dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Condicionadores de Ar, estabelecendo o Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), a reclassificação das categorias de eficiência energética e determinando outras providências para a disponibilização destes produtos no mercado nacional.

DEFINIÇÕES

5.1

abertura

todos os vãos da envoltória da edificação, abertos 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 ventilação

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

5.3

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.

5.4

absortância à radiação solar – 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. Para a absortância de paredes externas, adota-se o termo α_{par} e para a absortância de coberturas adota-se o termo α_{cob} .

5.5

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.

5.6

ambiente condicionado artificialmente

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

5.7

ambiente de permanência prolongada – APP

ambientes de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, incluindo sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitórios, sala de TV ou ambientes de usos similares aos citados.

5.8

ambiente de permanência transitória - APT

ambientes de ocupação transitória por um ou mais indivíduos. São considerados ambientes de permanência transitória: cozinha, lavanderia ou área de serviço, banheiro, circulação, varanda aberta ou fechada com vidro, *solarium*, garagem ou ambientes de usos similares aos citados.

5.9**ano meteorológico típico**

conjunto de dados meteorológicos com 8760 valores, representando as condições climáticas horárias de determinada localização geográfica pelo período de um ano. Este conjunto de dados provém de um longo período de medição, com determinação do ano típico baseada em procedimento padronizado.

5.10**área da abertura (m^2)**

área dos vãos paralelos ao plano da abertura.

5.11**área de piso do APP - $A_{p,APP}$ (m^2)**

área disponível para ocupação medida entre os limites internos das paredes que delimitam o APP.

5.12**área de piso dos APPs da UH - $A_{p,UH}$ (m^2)**

representa a soma das áreas de piso de todos os APPs da unidade habitacional (UH).

5.13**área de superfície dos elementos transparentes do APP - $A_{t,APP}$ (m^2)**

representa a soma das áreas de superfície dos elementos transparentes do APP. Para APPs com duas ou mais aberturas com elementos transparentes, o valor de $A_{t,APP}$ equivale ao somatório das áreas de superfície dos elementos transparentes das aberturas.

5.14**barreira radiante**

materiais de baixa emissividade incorporados em câmaras de ar, como por exemplo em áticos.

5.15**caixilho**

moldura opaca onde são fixados os vidros de janelas, portas e painéis.

5.16**capacidade térmica - CT ($kJ/(m^2.K)$)**

quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema. Para a capacidade térmica de paredes externas, adota-se o termo CT_{par} e para a capacidade térmica de coberturas adota-se o termo CT_{cob} .

5.17**carga térmica de aquecimento - $CgTA$ (kWh/ano)**

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

5.18**carga térmica de refrigeração - $CgTR$ (kWh/ano)**

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

5.19**carga térmica total – C_{gTT} (kWh/ano)**

quantidade total de calor, fornecida ou retirada do ar, para manter as condições desejadas em um ambiente.

5.20**cartas solares**

instrumentos para representação da geometria da insolação.

5.21**classe de eficiência energética**

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

5.22**cobertura**

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

5.23**coeficiente de descarga – C_d (adimensional)**

coeficiente relacionado com as resistências de fluxo de ar nas aberturas de portas e janelas, quando abertas. Se define como a razão entre o fluxo de ar real em relação ao fluxo ideal que passa pela abertura.

5.24**coeficiente de fluxo de ar por frestas quando a abertura está fechada ($\text{kg}/(\text{s.m})$)**

taxa de fluxo de massa de ar para a diferença de pressão de 1 Pa. Corresponde ao fluxo de ar por infiltração através das frestas de portas ou janelas.

5.25**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.

5.26**coeficiente de pressão - C_p**

descreve como o vento interfere na distribuição externa de pressões em volta da edificação. O C_p depende da posição do ponto na fachada da edificação e da direção do vento.

5.27**coeficiente de transferência térmica – H (W/K)**

taxa de fluxo de calor devido à transferência térmica através da superfície de um edifício, dividida pela diferença de temperaturas entre os ambientes em ambos os lados da superfície.

5.28

coletor solar

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

5.29

condutividade térmica (λ)

propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m^2 , quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro.

5.30

consumo para aquecimento – CA (kWh/ano)

consumo anual de energia elétrica (em kWh) necessário para aquecimento do ambiente durante seu período de ocupação, todos os dias do ano, com temperatura de *setpoint* igual a 21°C . O acionamento do sistema de aquecimento é realizado sempre que a temperatura operativa for inferior a 18°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. O consumo para aquecimento é considerado somente para unidades habitacionais localizadas em climas com temperatura média anual de bulbo seco inferior a 25°C .

5.31

consumo para refrigeração – CR (kWh/ano)

consumo anual de energia elétrica (em kWh) necessário para refrigeração do ambiente durante seu período de ocupação, todos os dias do ano, com temperatura de *setpoint* igual a 23°C . O acionamento do sistema de refrigeração é realizado sempre que a temperatura operativa for superior a um valor determinado pela temperatura média anual de bulbo seco do arquivo climático, podendo ser igual a 26°C , 28°C ou 30°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.

5.32

dispositivo de proteção solar

elementos externos que proporcionam sombreamento nas aberturas. Para esta Instrução Normativa, são considerados dispositivos de proteção solar as venezianas e brises com projeção horizontal.

5.33

edificação de energia quase zero (NZEB)

edificação energeticamente eficiente cuja geração de energia renovável produzida nos limites da edificação ou do lote em que a edificação está inserida supre 50% ou mais de sua demanda anual de energia.

5.34**edificação de energia positiva (EEP)**

edificação energeticamente eficiente cuja geração de energia renovável produzida nos limites da edificação ou do lote em que a edificação está inserida é superior à sua demanda anual de energia.

5.35**edificação multifamiliar**

edificação que possui mais de uma unidade habitacional (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.

5.36**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.

5.37**edificação unifamiliar**

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

3.38**elemento transparente**

elemento translúcido ou transparente (que permite a entrada de luz) da envoltória incluindo, por exemplo, vidros, painéis plásticos e paredes de blocos de vidro.

3.39**emissividade – ϵ (adimensional)**

quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura.

5.40**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.

5.41**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.

5.42**equipamento economizador de água**

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

5.43**espaço interno**

área interna da edificação com função específica, com extensão independente de divisões por paredes ou portas. Um ambiente pode conter um ou mais espaços internos. Salas com cozinha conjugada, salas com corredor ou *hall* de entrada e dormitórios com closet são exemplos de ambientes compostos por mais de um espaço interno, desde que não existam divisórias do piso ao teto entre estes espaços.

5.45**esquadria**

nome genérico dos componentes formados por perfis utilizados nas edificações. As esquadrias são definidas pela ABNT NBR 10821-1, segundo sua finalidade, seu movimento, suas partes e seus componentes.

5.46**etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE**

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

5.47**expoente de fluxo de ar por frestas quando a abertura está fechada**

valor do expoente ao qual se eleva a diferença de pressão entre as aberturas, quando fechadas.

5.48**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.

5.49**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.

5.50**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.

5.51**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.

5.52**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.

5.53**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.

5.54**fontes alternativas de água não potável**

fonte de água não potável, podendo ser utilizada em usos não potáveis da edificação em alternativa à água potável fornecida pela empresa prestadora de serviços de saneamento. Para fins desta INI-R, considera-se como fonte alternativa de água não potável a água pluvial e o reaproveitamento de água de condensação. O uso de água proveniente de captação subterrânea para abastecer a demanda de água potável da edificação não deve ser considerado como estratégia de economia de água.

5.55**fração solar**

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

5.56**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.

5.57**incremento do percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa – $\Delta PHFT$ (%)**

diferença entre o valor de PHFT obtido pelo modelo real em relação ao valor de PHFT obtido pelo modelo de referência.

5.58

incremento mínimo do percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa – $\Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$ (%)

diferença mínima entre o valor de PHFT obtido pelo modelo real em relação ao valor de PHFT obtido pelo modelo de referência.

5.59

Instrução Normativa Inmetro para a Classificação 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.

5.60

janela

esquadria, vertical ou inclinada, geralmente envidraçada, destinada a preencher um vão, em fachadas ou não. Entre outras, sua finalidade é permitir a iluminação e/ou ventilação de um recinto para outro.

5.61

modelo de referência

modelo de simulação computacional termoenergética que representa a unidade habitacional avaliada, adotando-se características de referência.

5.62

modelo real

modelo de simulação computacional termoenergética que representa a unidade habitacional avaliada, conservando suas características geométricas, propriedades térmicas e composições construtivas.

5.63

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.

5.64

padrão de ocupação (h)

número de horas em que um determinado ambiente é ocupado, considerando a dinâmica dos ambientes da edificação.

5.65**padrão de uso (h)**

número de horas em que um determinado equipamento é utilizado.

5.66**paredes externas**

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

5.67**paredes internas**

superfícies opacas que subdividem o espaço interno da edificação. Esta definição exclui as aberturas.

5.68**pavimento**

espaço construído em uma edificação, compreendido entre o piso e o teto.

5.69**pavimento de cobertura**

pavimento localizado no último andar da edificação.

5.70**pavimento de subsolo**

pavimento situado sob o nível de acesso da edificação no terreno, podendo ser enterrado ou semienterrado em relação ao nível natural do terreno.

5.71**pavimento térreo**

pavimento que dá acesso à entrada principal da edificação, geralmente localizado no mesmo nível da via pública.

5.72**pavimento tipo**

pavimento localizado em andar intermediário, ou seja, que não esteja nem no último, nem no primeiro andar da edificação.

5.73**pavimento tipo com cobertura parcialmente exposta**

pavimento localizado em andar intermediário, com superfície da cobertura parcialmente exposta ao ambiente externo.

5.74**pé-direito**

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

5.75

percentual de abertura para ventilação - $P_{v,APP}$ (%)

razão entre a área efetiva de abertura para ventilação do APP e a sua área de piso.

5.76**percentual de elementos transparentes - $P_{t,APP}$ (%)**

razão entre a área de superfície dos elementos transparentes do APP e a sua área de piso.

5.77**percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa – PHFT (%)**

razão entre as horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa estabelecida e o total de horas ocupadas do ambiente. O PHFT é calculado para cada APP, com PHFT da UH obtido a partir da média aritmética entre os valores de todos os APPs.

5.78**pilotis**

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

5.79**ponte térmica**

parte da envoltória da edificação em que a resistência térmica é significativamente alterada pela presença de material com condutividade térmica diferente, ou pela alteração da espessura do material.

5.80**porta**

esquadria que, entre outras finalidades, permite ou impede o acesso de um recinto para outro.

5.81**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.

5.82**redução da carga térmica total – $RedCgTT$ (%)**

redução percentual da $CgTT$ obtida pelo modelo real em relação à $CgTT$ obtida pelo modelo de referência.

5.83**redução mínima da carga térmica total – $RedCgTT_{\min}$ (%)**

redução percentual mínima da $CgTT$ obtida pelo modelo real em relação à $CgTT$ obtida pelo modelo de referência.

5.84**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.

5.85**resistência térmica de elementos e componentes – R ($m^2.K/W$)**

quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário.

5.86**temperatura de *setpoint* ($^{\circ}C$)**

temperatura preestabelecida para o funcionamento de um sistema de controle automático.

5.87**temperatura operativa – T_o ($^{\circ}C$)**

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

5.88**temperatura operativa anual máxima ($T_{omáx}$)**

temperatura operativa anual máxima observada em um APP, durante o seu período de ocupação. A temperatura operativa anual máxima da UH é considerada como a maior entre os valores dos APPs.

5.89**temperatura operativa anual mínima ($T_{omín}$)**

temperatura operativa anual mínima observada em um APP, durante o seu período de ocupação. A temperatura operativa anual mínima da UH é considerada como a menor entre os valores dos APPs.

5.90**transmitância térmica – U ($W/(m^2.K)$)**

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. Para a transmitância térmica de paredes externas, adota-se o termo U_{par} e para a transmitância térmica de coberturas adota-se o termo U_{cob} .

5.91**unidade habitacional (UH)**

bem imóvel destinado à moradia e dotado de acesso independente. Corresponde a uma unidade de uma edificação multifamiliar (apartamento) ou a uma edificação unifamiliar (casa).

5.92

vão

abertura existente na parede, que pode receber uma esquadria.

5.93

veneziana

pano tradicionalmente formado por palhetas horizontais, verticais ou inclinadas, superpostas, paralelas entre si, ou peça contínua, que possibilitam a ventilação permanente dos recintos e alguma iluminação sem, no entanto, lhes devassar o interior.

5.94

zona bioclimática - ZB

região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

6. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste documento são apresentados os procedimentos para a determinação da classificação de eficiência energética de edificações residenciais. A classificação é realizada com base no consumo de energia primária, comparando-se o consumo da edificação no modelo real com a mesma edificação com características de referência (modelo de referência), equivalente à classificação C. A estimativa do consumo de energia pode ser realizada por meio dos métodos simplificado e de simulação.

Esta INI está organizada em anexos. No texto principal (anexo I da Portaria **Inmetro nº XXX/20XX**), são apresentados os requisitos de aplicação dos métodos prescritivo, simplificado e de simulação, além dos procedimentos para a determinação da classificação de eficiência energética das edificações residenciais – classificação da unidade habitacional (UH) e dos sistemas individuais.

No anexo A são apresentados os requisitos para determinação da eficiência energética pelo método prescritivo.

No anexo B são apresentados os procedimentos para a determinação dos percentuais de redução de carga térmica e consumo de energia dos sistemas individuais pelo método simplificado: envoltória (B.I) e aquecimento de água (B.II).

No anexo C são apresentados os procedimentos para a determinação dos percentuais de redução de carga térmica e consumo de energia para refrigeração e aquecimento, quando houver, pelo método de simulação. Este anexo também apresenta o procedimento para determinação do percentual de horas ocupadas dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT), bem como a determinação das temperaturas operativas anuais máxima (Tomáx) e mínima (Tomín), para o modelo simulado com ventilação natural. A carga térmica, o PHFT, a Tomáx e a Tomín representam indicadores de desempenho avaliados na classificação da eficiência energética da envoltória pelo método de simulação, conforme os critérios descritos em C6.

No anexo D são apresentados os procedimentos para determinação do potencial de geração local de energia renovável e dispostas as condições de avaliação de Edificações de Energia Quase Zero (NZEBS) e Edificações de Energia Positiva (EEP).

No anexo E são estabelecidos os critérios para a determinação do percentual de acréscimo ou redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) da edificação avaliada. Esta avaliação tem caráter informativo e não altera a classe de eficiência energética da edificação.

No anexo F são estabelecidos os critérios para a avaliação do percentual anual de redução do consumo de água potável por meio do seu uso racional. Esta avaliação tem caráter informativo e não altera a classe de eficiência energética da edificação.

7. REQUISITOS

Neste item são descritos os requisitos de aplicação para os métodos simplificado e de simulação (subitem 7.1) utilizados nesta Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais.

Na sequência, são apresentados o pré-requisito geral (subitem 7.2) e os requisitos dos sistemas individuais elegíveis para a classificação A (subitem 7.3), que devem ser seguidos independentemente do método adotado (simplificado ou simulação).

7.1. Requisitos de aplicação para os métodos simplificado e de simulação

Em ambos os métodos, a classificação de eficiência energética de edificações residenciais deve ser realizada por meio do consumo de energia primária da edificação, comparando-se suas características reais (modelo real) com a mesma edificação em uma condição de referência (modelo de referência), equivalente à classificação C.

O método simplificado, descrito no anexo B.I, 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 7.1.

O método de simulação, descrito no anexo C, deve ser utilizado para avaliação da envoltória dos casos não compreendidos pelos limites de aplicação do simplificado.

Independentemente do método utilizado para a avaliação da envoltória, o sistema de aquecimento de água deverá ser avaliado pelo método descrito no item B.II.

Tabela 7.1 – Limites de aplicação do método simplificado

Parâmetro	Limites do método	
	Mínimo	Máximo
(em desenvolvimento)		

7.1 7.2 Pré-requisito geral

Para classificação da eficiência energética de edificações residenciais, havendo mais de uma unidade habitacional 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.

7.3. Requisitos de elegibilidade para a classificação A

Para a edificação ser elegível à classificação A de eficiência energética, todos requisitos dos sistemas individuais, quando aplicáveis, devem ser atendidos. Os requisitos apresentados devem ser considerados independentemente do método de avaliação aplicado.

7.2 7.3.1 Sistema de aquecimento de água

Para que o sistema de aquecimento de água da edificação em avaliação possa ser elegível à classe A, é necessário atender aos 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 classificação B de eficiência energética para a classificação do sistema de aquecimento de água.

7.3.1.1 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.

Em sistemas de recirculação pequenos, com tubulação com menos de 3 litros ou menos de 10 metros de extensão, o gasto energético pela perda de água quente é menor do que o gasto gerado pela operação de bombeamento na recirculação. Por essa razão, a automação do sistema de recirculação é desestimulada nessas situações.

Ainda, nas situações onde não há sistema de recirculação, é recomendado o posicionamento de pontos de maior frequência de uso no final do sistema, reduzindo a estagnação de água na tubulação.

7.3.1.2 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 possuir isolamento térmico com espessura mínima e condutividade térmica determinadas na tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Espessura mínima e condutividade térmica de isolamento de tubulações e válvulas para condução de água quente

Elemento	Condutividade térmica (W/mK)	Espessura mínima (mm)
Tubulações internas	$\leq 0,040$	13
Válvulas	$\leq 0,040$	9

Fonte: adaptado de AS/NZS 3500.4 (2003)

7.3.1.3 Reservatório de água quente

Quando existente, os reservatórios de água quente devem obedecer aos limites de perda específica de energia máxima descritos no anexo B.II, Tabela B.II.3.

7.3.1.4 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.

8. PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DAS EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

A classificação de eficiência energética das unidades habitacionais (UHs) e dos sistemas individuais deve ser realizada por meio do seu percentual de redução do consumo estimado de energia primária ($RedC_{EP}$), comparando-se o modelo real com o modelo de referência, equivalente à classificação C.

Independentemente do método utilizado, são avaliados dois sistemas: o aquecimento de água e a envoltória. A avaliação da envoltória considera a carga térmica de aquecimento, quando houver, e a de refrigeração dos ambientes de permanência prolongada (APPs), bem como considera o percentual de horas ocupadas dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT) e as temperaturas operativas anuais máxima ($Tomáx$) e mínima ($Tomín$). Os sistemas individuais são classificados da classe A (mais eficiente) à classe E (menos eficiente).

O consumo de energia primária da edificação resulta da soma das energias elétrica e térmica, que devem ser devidamente transformadas a partir de seus fatores de conversão, descontando-se a parcela de energia primária referente à geração local de energia renovável, quando existente.

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é obtida para todos os sistemas em conjunto (ENCE geral).

8.1 Classificação da eficiência energética da unidade habitacional

A determinação da classificação da eficiência energética de unidades habitacionais (UHs) deve ser feita com base no percentual de redução do consumo de energia primária ($RedC_{EP}$) da UH no modelo real em comparação à mesma UH com características de referência (modelo de referência). O percentual de redução deve ser calculado conforme equação 8.1.

$$RedC_{EP} = ((C_{EP,ref} - C_{EP,real}) / C_{EP,ref}).100 \quad \text{Equação (8.1)}$$

Onde:

$RedC_{EP}$ é o percentual de redução do consumo de energia primária da UH no modelo real em relação à UH no modelo de referência;

$C_{EP,ref}$ é o consumo anual de energia primária da UH no modelo de referência (kWh/ano);

$C_{EP,real}$ é o consumo anual de energia primária da UH no modelo real (kWh/ano).

O consumo de energia primária da UH no modelo real ($C_{EP,real}$) e no modelo de referência ($C_{EP,ref}$), devem ser calculados conforme as equações 8.2 e 8.3, respectivamente. O consumo de energia primária da UH no modelo real ($C_{EP,real}$) é definido pela soma de seu consumo estimado de energia elétrica ($C_{EE,real}$, equação 8.4) e térmica (C_{ET} , equação 6), multiplicados pelos respectivos fatores de conversão (fc_E e fc_T), descontando-se a parcela de energia primária referente à geração local de energia renovável, quando existente.

O consumo de energia primária da UH no modelo de referência ($C_{EP,ref}$) é definido pela soma de seu consumo estimado de energia elétrica ($C_{EE,ref}$, equação 8.5) e térmica ($C_{ET,ref}$, equação 8.6), multiplicados pelos seus respectivos fatores de conversão (fc_E e fc_T). No modelo de referência não deve ser considerada a parcela de energia primária referente à geração local de energia renovável.

Os fatores de conversão da energia elétrica (fc_E) e térmica (fc_T) em energia primária estão descritos no site do PBE edifica, disponíveis em: < <http://www.pbeedifica.com.br/node/134>>.

$$C_{EP,real} = (C_{EE,real} \cdot fc_E) + (C_{ET,real} \cdot fc_T) - (G_{EE} \cdot fc_E) \quad \text{Equação (8.2)}$$

Onde:

$C_{EP,real}$ é o consumo anual de energia primária da UH no modelo real (kWh/ano);

$C_{EE,real}$ é o consumo total de energia elétrica da UH no modelo real (kWh/ano);

$C_{ET,real}$ é o consumo total de energia térmica da UH no modelo real (kWh/ano);

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

fc_E é o fator de conversão de energia elétrica em energia primária;

fc_T é o fator de conversão de energia térmica em energia primária.

$$C_{EP,ref} = (C_{EE,ref} \cdot fc_E) + (C_{ET,ref} \cdot fc_T) \quad \text{Equação (8.3)}$$

Onde:

$C_{EP,ref}$ é o consumo anual de energia primária da UH no modelo de referência (kWh/ano);

$C_{EE,ref}$ é o consumo total de energia elétrica da UH no modelo de referência (kWh/ano);

$C_{ET,ref}$ é o consumo total de energia térmica da UH no modelo de referência (kWh/ano);

fc_E é o fator de conversão de energia elétrica em energia primária;

fc_T é o fator de conversão de energia térmica em energia primária.

O consumo total de energia elétrica da UH no modelo real ($C_{EE,real}$, equação 8.4) e no modelo de referência ($C_{EE,ref}$, equação 8.5) é composto pela soma dos consumos para refrigeração (CR), para aquecimento (CA), para aquecimento de água proveniente de fontes de energia elétrica (C_{AAE}) e consumo médio estimado de equipamentos (C_{EQ}).

$$C_{EE,real} = CR_{UH,real} + CA_{UH,real} + C_{AAE,real} + C_{EQ} \quad \text{Equação (8.4)}$$

Onde:

$C_{EE,real}$ é o consumo total de energia elétrica da UH no modelo real (kWh/ano);

$CR_{UH,real}$ é o consumo de energia elétrica para refrigeração da UH no modelo real (kWh/ano);

$CA_{UH,real}$ é o consumo de energia elétrica para aquecimento da UH no modelo real (kWh/ano);

$C_{AAE,real}$ é o consumo do sistema de aquecimento de água proveniente de fontes de energia elétrica da UH no modelo real (kWh/ano);

C_{EQ} é o consumo médio estimado de energia elétrica dos equipamentos (kWh/ano).

$$C_{EE,ref} = CR_{UH,ref} + CA_{UH,ref} + C_{AAE,ref} + C_{EQ} \quad \text{Equação (8.5)}$$

Onde:

$C_{EE,ref}$ é o consumo total de energia elétrica da UH no modelo de referência (kWh/ano);

$CR_{UH,ref}$ é o consumo de energia elétrica para refrigeração da UH no modelo de referência (kWh/ano);

$CA_{UH,ref}$ é o consumo de energia elétrica para aquecimento da UH no modelo de referência (kWh/ano);

$C_{AAE,ref}$ é o consumo do sistema de aquecimento de água proveniente de fontes de energia elétrica da UH no modelo de referência (kWh/ano);

C_{EQ} é o consumo médio estimado de energia elétrica dos equipamentos (kWh/ano).

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 42,92 kWh/mês e por 12 meses.

O consumo total de energia térmica da UH no modelo real ($C_{ET,real}$), ou no modelo de referência ($C_{ET,ref}$) é equivalente ao consumo do sistema de aquecimento de água em energia térmica, somado ao consumo para aquecimento do ambiente por fontes de energia térmica, quando existentes, conforme equação 8.6.

$$C_{ET,real\ ou\ ref} = C_{AAT,real\ ou\ ref} + CA_{T,UH,real\ ou\ ref} \quad \text{Equação (8.6)}$$

Onde:

C_{ET} é o consumo total de energia térmica da UH no modelo real ou no modelo de referência, em kWh/ano;

C_{AAT} é o consumo do sistema de aquecimento de água proveniente de fontes de energia térmica (kWh/ano), da UH no modelo real ou no modelo de referência, em kWh/ano.

$CA_{T,UH}$ é o consumo de energia térmica para aquecimento da UH (kWh/ano);

8.2 Classificação da eficiência energética dos sistemas individuais

8.2.1 Determinação da classificação de eficiência energética da envoltória

A envoltória deve ser avaliada a partir do percentual de redução da carga térmica total anual do modelo real em comparação com a mesma edificação com características de referência (modelo de referência) (RedCgTT), conforme determinado no anexo B.I, subitem B.I.1.

(em desenvolvimento)

Quando utilizado o método de simulação, a classificação de eficiência energética da envoltória deve ser determinada conforme procedimentos descritos no anexo C, subitem C6.

8.2.2 Determinação da classificação de eficiência energética do sistema de aquecimento de água

A classificação de eficiência energética do sistema de aquecimento de água baseia-se no percentual de redução de consumo de energia primária necessário para atender a demanda de água quente da edificação, calculado de acordo com o anexo B.II, subitem B.II.1. O limite inferior do percentual de redução ($RedC_{AA}$) para cada intervalo de classificação varia de acordo o tipo de sistema empregado – com ou sem acumulação - conforme tabela 8.2. Caso o valor de $RedC_{AA}$ for negativo, o sistema de aquecimento de água recebe a classificação E.

Tabela 8.2 – Limites inferiores de $RedC_{AA}$ para cada classificação de acordo com o sistema empregado

Sistema	$RedC_{AA}$ (%)			
	Classificação A	Classificação B	Classificação C	Classificação D
Com acumulação	$RedC_{AA} > 30$	$30 \geq RedC_{AA} > 20$	$20 \geq RedC_{AA} > 10$	$RedC_{AA} \leq 10$
Sem acumulação	$RedC_{AA} > 21$	$21 \geq RedC_{AA} > 14$	$14 \geq RedC_{AA} > 7$	$RedC_{AA} \leq 7$

ANEXO A – MÉTODO PRESCRITIVO

Este anexo tem por objetivo estabelecer os critérios para a determinação da eficiência energética pelo método prescritivo.

(em desenvolvimento)

ANEXO B – MÉTODO SIMPLIFICADO

Este anexo tem por objetivo estabelecer os critérios para a determinação do consumo energético dos sistemas individuais inerentes às edificações residenciais a partir da utilização do método simplificado.

O método descrito por este anexo aplica-se somente às edificações que atendem aos requisitos definidos na Tabela 7.2. Edificações que não atendem a um ou mais critérios expostos nos limites descritos devem ser avaliadas pelo método de simulação, conforme o anexo C.

A partir do método simplificado deste anexo, a edificação é avaliada sob duas condições: a condição real (modelo real), com as características reais da edificação; e a condição de referência (modelo de referência).

Fazem parte deste anexo os sistemas individuais: envoltória (B.I) e aquecimento de água (B.II).

ANEXO B.I – ENVOLTÓRIA

Neste anexo são descritos os critérios para a avaliação da eficiência energética da envoltória de edificações residenciais quanto à determinação da sua carga térmica total para refrigeração e aquecimento, caso aplicável.

São descritos, ainda, os procedimentos para a determinação do percentual de redução da carga térmica total anual da envoltória (RedCgTT), o que é feito comparando-se a carga térmica total anual do modelo real com o modelo de referência.

B.I.1. Determinação do percentual de redução da carga térmica total anual

(em desenvolvimento)

ANEXO B.II – SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

Neste anexo são descritos os critérios para a avaliação do sistema de aquecimento de água de edificações residenciais quanto à determinação de sua eficiência e consumo energético.

São descritos, ainda, os procedimentos para a determinação do percentual de redução do consumo de energia primária necessário para atender a demanda de água quente da edificação ($RedC_{AA}$), o que é feito comparando-se o consumo da edificação real com o consumo da condição de referência.

B1. B.II.1 DETERMINAÇÃO DO PERCENTUAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA

A determinação do percentual de redução do consumo de energia primária necessário para atender à demanda de água quente ($RedC_{AA}$) deve ser realizada a partir dos valores de consumo de energia primária ($C_{AA,real}$), e condição de referência ($C_{AA,ref}$), seguindo-se a equação B.IV.1.

$$RedC_{AA} = ((C_{AA,ref} - C_{AA,real}) / C_{AA,ref}) \cdot 100 \quad \text{Equação (B.II.1)}$$

Onde:

$RedC_{AA}$ é o percentual de redução do consumo de energia primária para a demanda de água quente da edificação real em relação à edificação na condição de referência (%);

$C_{AA,ref}$ é o consumo de energia primária para a demanda de água quente da condição de referência (kWh/ano);

$C_{AA,real}$ é o consumo de energia primária para a demanda de água quente da edificação real (kWh/ano).

B.II.2 Determinação do consumo de energia para a demanda de água quente

O consumo total de energia primária do sistema de aquecimento de água varia de acordo com os equipamentos adotados e as fontes de energia utilizadas, devendo ser determinado por meio da equação B.II.2. Tal procedimento deve ser realizado para a edificação real e sua condição de referência.

$$C_{AA,real\ ou\ ref} = (C_{AAE,real\ ou\ ref} \cdot fc_E) + (C_{AAT,real\ ou\ ref} \cdot fc_T) \quad \text{Equação (B.II.2)}$$

Onde:

C_{AA} é o consumo total de energia primária para aquecimento de água da edificação em sua condição real ($C_{AA,real}$) e em sua condição de referência ($C_{AA,ref}$) (kWh/ano);

C_{AAE} é o consumo total para aquecimento de água proveniente de fontes de energia elétrica em sua condição real ($C_{AAE,real}$) e condição de referência ($C_{AAE,ref}$) (kWh/ano);

fc_E é o fator de conversão de energia elétrica para energia primária;

C_{AAT} é o consumo total para aquecimento de água proveniente de fontes de energia térmica da edificação real ($C_{AAT,real}$) e condição de referência ($C_{AAT,ref}$) (kWh/ano);

fc_T é o fator de conversão de energia térmica para energia primária.

O consumo referente à energia elétrica (C_{AAE}) para a edificação real e condição de referência deve ser calculado por meio da equação B.II.3, e à energia térmica (C_{AAT}), quando existente, apenas para a edificação real conforme a equação B.II.4. Edificações que utilizam fontes de

energia térmica voltadas para o atendimento da demanda de água quente, terão sempre como condição de referência o consumo de energia de fonte elétrica.

$$C_{AAE,real\ ou\ ref} = N_{ano} \cdot \frac{E_{AAE} - E_{AA,rec,sol} + E_{per,e}}{r_{aq,e}} \quad \text{Equação (B.II.3)}$$

Onde:

C_{AAE} é o consumo de energia elétrica para aquecimento de água da edificação real ($C_{AAE,real}$) e sua condição de referência ($C_{AAE,ref}$) (kWh/ano);

N_{ano} é o número de dias de ocupação ao ano;

E_{AAE} é a energia elétrica 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);

$E_{per,e}$ é a energia consumida para suprir as perdas térmicas atribuídas à fonte elétrica (kWh/dia);

$r_{aq,e}$ é o coeficiente de rendimento do equipamento para o aquecedor de água de fonte elétrica.

$$C_{AAT,real} = N_{ano} \cdot \frac{E_{AAT} - E_{AA,rec,sol} + E_{per,t}}{r_{aq,t}} \quad \text{Equação (B.IV.4)}$$

Onde:

C_{AAT} é o consumo de energia térmica para aquecimento de água da edificação real (kWh/ano);

N_{ano} é o número de dias de ocupação ao ano de acordo com a tipologia da edificação;

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

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

$E_{per,t}$ é a energia consumida para suprir as perdas térmicas atribuídas à fonte térmica (kWh/dia);

$r_{aq,t}$ é o rendimento do equipamento aquecedor de água de fonte térmica.

Quando houver o uso de energia proveniente das fontes térmica e elétrica, simultaneamente, no sistema dimensionado, a parcela relativa à energia para aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor ou energia solar térmica ($E_{AA,rec,sol}$ – equação B.II.12) deve ser contabilizada em apenas uma das equações; ou seja, considera-se a energia dos sistemas de recuperação de calor na equação B.II.3, ou na equação B.II.4.

Quando houver mais de uma fonte de energia atendendo à demanda de água quente, as perdas térmicas relativas à distribuição, recirculação e ao armazenamento devem ser atribuídas proporcionalmente, conforme o percentual de energia atendido por cada fonte. O equacionamento das perdas para cada sistema é descrito nas equações B.II.5 e B.II.6.

$$E_{per,e} = E_{A,per,tot} \cdot PE_{AAE} \quad \text{Equação (B.II.5)}$$

Onde:

$E_{per,e}$ é a energia consumida para suprir as perdas térmicas atribuídas à fonte térmica (kWh/dia);

$E_{A,per,tot}$ é a perda térmica total do sistema de aquecimento de água (kWh/dia);

PE_{AAE} é o percentual de energia atendido por fontes elétricas.

$$E_{per,t} = E_{A,per,tot} - E_{per,e} \quad \text{Equação (B.II.6)}$$

Onde:

$E_{per,t}$ é a energia consumida para suprir perdas térmicas atribuídas à fonte térmica (kWh/dia);

$E_{A,per,tot}$ é a perda térmica total do sistema de aquecimento de água (kWh/dia);

$E_{per,e}$ é a energia consumida para suprir as perdas térmicas atribuídas à fonte térmica (kWh/dia).

Os percentuais de contribuição de cada fonte são descritos na equação B.II.7. Observa-se que a energia compensada pelo sistema térmico solar e de recuperação de calor não é contabilizada no cálculo deste percentual.

$$PE_{AAE} = \frac{E_{AAE}}{E_{AAE} + E_{AAT}} \quad \text{Equação (B.II.7)}$$

Onde:

PE_{AAE} é o percentual de energia atendido por fontes elétricas;

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

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

B.II.3 Considerações gerais

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”, além do rendimento do equipamento aquecedor de água, descrito na alínea “d”, conforme abaixo:

- 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.

B.II.4 Energia requerida para o atendimento da demanda de água quente

A energia requerida para o atendimento da demanda de água quente (E_{AA}) depende do volume de armazenamento e da temperatura da água. O cálculo deve ser feito separadamente para a energia elétrica (equação B.II.8), e para a energia térmica (equação B.II.9), visto que estas são atribuídas, posteriormente, às equações de consumo.

$$E_{AAE} = \frac{\rho \cdot C_p \cdot V_{dia} \cdot (\theta_{A,uso} - \theta_{A,0})}{3600} \quad \text{Equação (B.II.8)}$$

Onde:

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

ρ é a massa específica da água, equivalente a 1 kg/L;

C_p é o calor específico da água, equivalente a 4.180 kJ/g.°C;

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

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

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

$$E_{AAT} = \frac{\rho \cdot C_p \cdot V_{dia} \cdot (\theta_{A,uso} - \theta_{A,0})}{3600} \quad \text{Equação (B.II.9)}$$

Onde:

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

ρ é a massa específica da água, equivalente a 1 kg/L;

C_p é o calor específico da água, equivalente a 4.180 kJ/g.°C;

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

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

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

O cálculo da demanda total de energia requerida para o atendimento da demanda de água quente (kWh/dia), também utilizada no subitem B.II.5.2, deve ser realizado por meio da equação B.II.10.

$$E_{AA} = E_{AAE} + E_{AAT} \quad \text{Equação (B.II.10)}$$

Onde:

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

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

E_{AAT} é a energia térmica requerida para o atendimento da demanda diária de água quente (kWh/dia).

Para sistemas sem armazenamento de água quente, deve-se adotar no mínimo 40 °C como o valor da temperatura de uso ($\theta_{A,uso}$) para as regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil. Para as regiões norte e nordeste, adota-se o valor de 38 °C. Para as duchas higiênicas a temperatura máxima nos pontos de utilização é de 38 °C. Quando a temperatura nos pontos de utilização passar de 45 °C, deve-se prever a instalação de equipamentos antiescaldamento.

Para sistemas com armazenamento de água quente deve-se adotar, no mínimo, 50 °C para as instalações residenciais, independentemente da região do Brasil. No caso de sistemas de aquecimento indireto, como a água armazenada não é a mesma nos pontos de consumo, as temperaturas de armazenamento podem ser menores, uma vez que não ocorre risco de contaminação por Legionella.

Para a temperatura de água fria deve-se adotar a média anual da temperatura ambiente da cidade onde está localizada a edificação. A média anual da temperatura ambiente das cidades é obtida por meio da tabela de temperaturas do ar externo para as diferentes cidades brasileiras, disponível em [http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Planilha%20A.IV%20-Temperatura ar mensal anual.xlsx](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/Planilha%20A.IV%20-Temperatura%20ar%20mensal%20anual.xlsx). Na ausência de informações da cidade onde está localizada a edificação, deve-se adotar a cidade mais próxima.

O volume diário de água quente deve ser calculado por meio da equação B.II.11.

$$V_{dia,e\ ou\ t} = \frac{\sum V_{dia,f} \cdot f}{1000} \quad \text{Equação (B.II.11)}$$

Onde:

$V_{dia,e\ ou\ t}$ é o volume diário de consumo de água quente (m³/dia) para sistemas térmicos ou elétricos;

$V_{dia,f}$ é o volume diário de consumo de água quente por unidade considerada em sistemas elétricos ou térmicos (L) (adotar valores da tabela B.IV.1);

f é um número de unidades levadas em consideração, relacionado à tipologia da edificação, a atividade desenvolvida ou a classe da edificação. Na tabela B.IV.1 são exemplificadas algumas unidades, como pessoas, leitos ou refeições.

Deve-se considerar, no mínimo, 50 litros/pessoa/dia (0,05 m³) para o volume diário de consumo. Deve-se, ainda, considerar duas pessoas por dormitório da UH.

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.II.5. Energia para o aquecimento de água proveniente de sistemas de energia solar térmica ou que recuperam calor

Do consumo de energia para aquecimento da demanda de água quente devem ser descontadas, quando existentes, a energia para o 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 B.II.12.

$$E_{AA,rec,sol} = E_{AA,rec} + E_{AA,sol} \quad \text{Equação (B.II.12)}$$

Onde:

$E_{AA,rec,sol}$ é a energia para o 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 o aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor, quando existentes na edificação real, conforme item B.II.5.1 (kWh/dia);

$E_{AA,sol}$ é a parcela de energia para o aquecimento de água proveniente de sistemas de aquecimento solar térmico, quando existentes na edificação real, calculada conforme item B.II.5.2 (kWh/dia).

Nota: no caso de, em uma mesma unidade habitacional, 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.II.5.1. 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 ($E_{AA,rec}$), disposto em kWh/dia.

Os cálculos dos valores da parcela de energia para aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor, quando existentes na edificação real, devem ser demonstrados pelo projetista com base nos equipamentos adotados.

Nota: assim como para todas as informações fornecidas para submissão da edificação à etiquetagem PBE Edifica, as comprovações exigidas para o emprego de sistemas recuperadores de calor devem ser expressas conforme o RAC.

B.II.5.2 Energia para o aquecimento de água proveniente de sistemas de aquecimento solar térmico

As equações para o cálculo da contribuição de sistemas solares para o aquecimento de água são descritas na sequência dos subitens relacionados. Os cálculos não são válidos para sistemas de aquecimento em piscinas.

B.II.5.2.1 Energia mensal incidente sobre a superfície dos coletores

O cálculo da irradiância solar mensal incidente sobre a superfície inclinada dos coletores ($EI_{mês}$) é descrito na equação B.II.13.

$$EI_{mês,i} = H_{dia} \cdot N_i \quad \text{Equação (B.II.13)}$$

Onde:

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

H_{dia} é a irradiação solar incidente no plano inclinado (Wh/(m².dia)). Estes valores são disponibilizados no sítio eletrônico do Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN), por meio do Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2ª Edição (2017), em: <http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html>;

N_i é o número de dias do mês “ i ”.

B.II.5.2.2 Energia solar mensal absorvida pelos coletores

O cálculo da energia solar mensal absorvida pelos coletores ($E_{SAMês}$) é descrito na equação B.II.14..

$$E_{SAMês,i} = S_c \cdot F'_R(\tau\alpha) \cdot EI_{mês,i} \quad \text{Equação (B.II.14)}$$

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 (m^2);

$EI_{mês,i}$ é a energia solar mensal incidente sobre as superfícies dos coletores do mês “ i ” (kWh/($m^2 \cdot mês$));

$F'_R(\tau\alpha)$ é o fator adimensional, calculado por meio da Equação B.II.15.

$$F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)_n \cdot \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \cdot \frac{F'_R}{F_R} \quad \text{Equação (B.II.15)}$$

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.II.5.2.3 Energia solar não aproveitada pelos coletores

O cálculo da energia solar mensal não aproveitada pelos coletores ($EP_{mês,i}$) é descrito na equação B.II.16.

$$EP_{mês,i} = S_c \cdot F'_R U_L \cdot (100 - T_{AMB,i}) \cdot \Delta T, i \cdot K_1 \cdot K_{2,i} \quad \text{Equação (B.II.16)}$$

Onde:

$EP_{mês,i}$ é a energia solar mensal não aproveitada pelos coletores do mês “ i ” (kWh/mês);

S_c é a superfície do coletor solar (m^2);

$F'_R U_L$ é um fator de correção, calculado pela Equação B.II.17 (kW/($m^2 \cdot K$));

$T_{AMB,i}$ é a temperatura média mensal do local de instalação do coletor do mês “ i ” ($^{\circ}C$);

$\Delta T, i$ é o período de tempo considerado no mês “ i ” (horas);

K_1 é o fator de correção para armazenamento, calculado pela Equação B.II.18;

$K_{2,i}$ é o fator de correção para o sistema de aquecimento solar que relaciona as diferentes temperaturas no mês “ i ”, calculado pela Equação B.II.19.

$$F'_R U_L = F_R U_L \cdot \frac{F'_R}{F_R} \cdot 10^{-3} \quad \text{Equação (B.II.17)}$$

Onde:

F_{RU} é o coeficiente global de perdas do coletor, obtido a partir das tabelas do PBE para coletores solares ($W/(m^2.K)$);

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

$$K_1 = \left[\frac{V}{75 \cdot S_c} \right]^{-0,25} \quad \text{Equação (B.II.18)}$$

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 (m^2).

$$K_2 = \frac{(11,6 + 1,18 T_{AC} + 3,86 T_{AF,i} - 2,32 T_{AMB,i})}{(100 - T_{AMB,i})} \quad \text{Equação (B.II.19)}$$

Onde:

T_{AC} é a temperatura mínima admissível da água quente;

$T_{AF,i}$ é a temperatura média mensal de água fria no mês “i” ($^{\circ}C$);

$T_{AMB,i}$ é a temperatura média mensal do local de instalação do coletor no mês “i” ($^{\circ}C$).

B.II.5.2.4. Fração solar mensal

O cálculo da fração solar mensal, a partir dos valores de D_1 e D_2 é descrito na equação B.II.20.

$$f_i = 1,029D_{1,i} - 0,065D_{2,i} - 0,245(D_{1,i})^2 + 0,0018(D_{2,i})^2 + 0,0215(D_{1,i})^3 \quad \text{Equação (B.II.20)}$$

Onde:

f_i é a fração solar mensal (adimensional);

$D_{1,i}$ é o parâmetro do mês “i” calculado conforme Equação B.II.21;

$D_{2,i}$ é o parâmetro do mês “i” calculado conforme Equação B.II.22.

$$D_{1,i} = \frac{E_{SAMês,i}}{E_{AA} \cdot N_i} \quad \text{Equação (B.II.21)}$$

Onde:

$E_{SAMês,i}$ é a energia solar mensal absorvida pelos coletores (kWh/mês), obtida pela equação B.II.14;

E_{AA} é a energia requerida para o atendimento da demanda diária de água quente (kWh/dia), obtida pela equação B.II.10;

N_i é o número de dias do mês “i”.

$$D_{2,i} = \frac{EP_{mês,i}}{E_{AA} \cdot N_i} \quad \text{Equação (B.II.22)}$$

Onde:

$EP_{mês,i}$ é a energia solar mensal não aproveitada pelos coletores (kWh/mês), obtida pela equação B.II.16;

E_{AA} é a energia requerida para o atendimento da demanda diária de água quente (kWh/dia), obtida pela equação B.II.10;

N_i é o número de dias do mês “i”.

B.II.5.2.5. Energia para aquecimento solar de água

A energia para aquecimento solar de água corresponde à energia útil coletada pela instalação de coletores solares para aquecimento de água ($E_{AA,sol}$), e deve ser calculada por meio da equação B.II.23.

$$E_{AA,sol} = \frac{\sum_{i=1}^{12} f_i \cdot E_{AA} \cdot N_i}{365} \quad \text{Equação (B.II.23)}$$

Onde:

$E_{AA,sol}$ é a parcela de energia para o aquecimento de água proveniente de sistemas de aquecimento solar térmico, quando existentes na edificação real (kWh/dia);

f_i é a fração solar mensal;

E_{AA} é a energia requerida para o atendimento da demanda diária de água quente (kWh/dia), obtida pela equação B.II.10;

N_i é o número de dias do mês “i”.

B.II.6 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, descritos nos próximos subitens.

B.II.6.1. Perdas térmicas na tubulação provenientes do sistema de distribuição

Sistemas de aquecimento individuais, instalados no ponto de utilização, servindo a um único ponto, não possuem perdas em sistema de distribuição.

Aquecedores 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 B.II.24 dev ser utilizada para cálculo das perdas térmicas relativas da tubulação do sistema de distribuição de água quente.

$$E_{A,per,tub} = \frac{H_{per,dist} \cdot F_{per,tub} \cdot L_{tub} \cdot (\theta_{A,uso} - \theta_{A,0})}{1000} \quad \text{Equação (B.IV.24)}$$

Onde:

$E_{A,per,tub}$ é a perda térmica na tubulação do sistema de distribuição de água quente, sem recirculação (kWh/dia);

$H_{per,dist}$ é o fator de horas de perdas na tubulação de distribuição de água quente ($H_{per,dist} = 2,083 \cdot V_{dia}$) (h/dia);

$F_{per,tub}$ é o fator de perdas térmicas por metro de tubulação (W/m.K), conforme a equação B.II.25;

L_{tub} é o comprimento da tubulação (m);

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

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

O cálculo do fator de perda em tubulações com isolamento deve ser efetuado por meio da equação B.II.25, adaptada da ISO 15316-3-2.

$$F_{per,tub} = \frac{\pi}{\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_A}{d_R} + \frac{1}{\alpha_A + d_A}} \quad \text{Equação (B.IV.25)}$$

Onde:

$F_{per,tub}$ é valor do fator de perda em tubulações (W/m.K);

λ é a condutividade térmica do isolamento (W/m.K);

d_A é o diâmetro externo da tubulação isolada, incluindo o isolamento (m);

d_R é o diâmetro da tubulação (m);

α_A é o coeficiente de transferência de calor (W/m².K); usar 8 W/m².K para tubulações com isolamento, e 14 W/m².K para tubulações sem isolamento.

Caso a tubulação não seja isolada, o valor do fator de perda em tubulações deve ser retirado da tabela B.II.2, respeitando-se as condições reais.

Tabela B.II.2 – Valor do fator de perda em tubulações sem isolamento (W/m.K). Na tabela, L_G refere-se ao maior comprimento da edificação (m), e B_G refere-se à maior largura da edificação

Tubulação não isolada	Tubulação externa	Tubulação interna
$L_G, B_G \leq 200\text{m}^2$	1,00	1,00
$L_G, B_G \leq 200\text{m}^2$	2,00	2,00
$L_G, B_G \leq 200\text{m}^2$	3,00	3,00

Fonte: ISO 15316-3-2 (2006).

B.II.6.2 Perdas térmicas no sistema de recirculação

O cálculo das perdas relativas ao sistema de recirculação deve ser realizado por meio da equação B.II.26.

$$E_{A,per,recirc} = \frac{H_{per,recirc} \cdot F_{per,recirc} \cdot L_{recirc} \cdot (\theta_{A,uso} - \theta_{A,0})}{1000} \quad \text{Equação (B.IV.26)}$$

Onde:

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

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

$F_{per,recirc}$ é o fator de perdas térmicas por metro de tubulação do sistema de recirculação, conforme a equação B.II.25 quando isolado, ou a tabela B.II.2 quando sem isolamento;

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

No caso de existência de automação no sistema de recirculação provenientes dos tipos descritos no item B.II.5, a perda térmica deve ser desconsiderada.

B.II.6.3 Perdas térmicas do reservatório de água quente

As perdas no armazenamento de água estão 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 por meio da equação B.II.27.

$$E_{A,res} = \frac{(\theta_{A,res,med} - \theta_{amb,med})}{\Delta\theta_{A,res,sby}} \cdot E_{A,res,sby} \quad \text{Equação (B.II.27)}$$

Onde:

$E_{A,res}$ 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;

$E_{A,res,sby}$ 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.II.3.

Tabela B.II.3 – 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

Nota: para dimensões não especificadas nesta tabela, deve-se utilizar a equação B.II.27, obtida a partir da regressão linear dos valores tabelados.

$$E_{A,res,sby} = 0,0054 \times V_{res} + 0,6936 \quad \text{Equação (B.II.27)}$$

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/mês/l, disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/coletores-solares.asp>>, onde devem ser realizadas as transformações de unidade necessárias.

Os sistemas sem armazenamento de água mais comuns são o chuveiro elétrico, usado também como sistema de referência, e os aquecedores de passagem. As recomendações são as mesmas para o sistema com acumulação.

A perda total dos sistemas de água quente é dada pela equação B.II.28.

$$E_{A,per,tot} = E_{A,per,tub} + E_{A,per,recirc} + E_{A,res} \quad \text{Equação (B.II.28)}$$

Onde:

$E_{A,per,tot}$ é a perda térmica total do sistema de aquecimento de água (kWh/dia);

$E_{A,per,tub}$ é a perda térmica na tubulação do sistema de distribuição de água quente, sem recirculação (kWh/dia);

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

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

B.II.7 Eficiência dos equipamentos aquecedores de água

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

Quando o sistema de aquecimento que atende a demanda total é composto por mais de um aquecedor, a contribuição de cada aquecedor é calculada por meio da média ponderada da eficiência dos aquecedores pelas potências nominais de cada aquecedor.

Quando o sistema de aquecimento atende parte da demanda total, as contribuições devem ser calculadas de forma independente para cada um dos sistemas de aquecimento.

Quando o sistema de aquecimento é composto por diferentes tipos de aquecedores em série, a contribuição de cada aquecedor deve ser determinada. Os cálculos devem ser realizados na sequência dos aquecedores.

Quando mais de um dos aquecedores está associado em paralelo, a contribuição proporcional de cada aquecedor é calculada a partir da razão entre a potência nominal da unidade em relação à potência total da instalação.

Quando existirem equipamentos de reserva, recomenda-se o uso da mesma eficiência dos equipamentos regulares.

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, deve-se adotar os valores dados pela Tabela B.5.

Tabela B.5 – Tipos de sistemas de aquecimento de eficiências

Sistema de água quente	Eficiência (%)
Sistema de aquecimento por resistência elétrica em imersão (<i>boiler</i>)	85
Aquecedor de passagem de um único ponto de consumo	70
Aquecedor de passagem de múltiplos pontos de consumo	65
Sistema de aquecimento elétrico de um único ponto de consumo (chuveiro elétrico)	95
Aquecedor de acumulação a gás	76

Aquecedor de acumulação a combustível sólido (lenha)	55
Bomba de calor elétrica para aquecimento exclusivo de água	200

ANEXO C – MÉTODO DE SIMULAÇÃO

Neste anexo são estabelecidos os critérios para avaliação da eficiência energética da envoltória dos ambientes de permanência prolongada (APPs) das unidades habitacionais (UHs) e das unidades habitacionais em edificações multifamiliares quanto ao percentual de horas ocupadas dentro da faixa de temperatura (PHFT), às temperaturas anuais máxima (Tomáx) e mínima (Tomín) e à carga térmica de refrigeração, de aquecimento e total.

O método de simulação aplica-se somente à envoltória das edificações.

C1. CARACTERÍSTICAS DO PROGRAMA COMPUTACIONAL

O programa de simulação computacional deve ser capaz de estimar as variações da temperatura operativa, das cargas térmicas de refrigeração e aquecimento e do uso da ventilação natural na UH, definidos separadamente em 8760 horas ao longo do ano, considerando variações horárias de ocupação, de potência de iluminação e de equipamentos. O programa de simulação computacional deve, ainda:

- a) Ser validado pela ASHRAE Standard 140;
- b) Modelar efeitos de inércia térmica;
- c) Modelar trocas de calor entre a edificação e o solo;
- d) Calcular cargas térmicas latente e sensível;
- e) Ser capaz de simular o sombreamento proveniente de elementos externos às zonas térmicas, como brises, sacadas e o entorno;
- f) Ser capaz de simular os efeitos da ventilação cruzada em um ambiente, ou entre dois ou mais ambientes.

C2. ARQUIVO CLIMÁTICO

O arquivo climático deve possuir informações que sejam representativas do clima da cidade onde a UH está localizada. Deve-se dar preferência pelos arquivos climáticos provenientes da base padrão, com acesso por meio do endereço: < *link da base de arquivos climáticos* >.

Caso a cidade de implantação da UH não possua arquivo climático, deve ser utilizado o arquivo climático de uma cidade próxima com clima semelhante. A semelhança entre climas deve considerar a comparação da distância euclidiana, ponderando latitude, longitude e altitude.

O arquivo climático utilizado deve fornecer valores mensais de temperatura média do solo (°C) para todos os meses do ano, além dos seguintes valores horários representativos das 8760 horas do ano meteorológico típico:

- a) Temperatura de bulbo seco (°C);
- b) Temperatura do ponto de orvalho (°C);
- c) Umidade relativa (%);
- d) Pressão atmosférica (Pa);

- e) Intensidade de radiação horizontal de onda longa (Wh/m^2);
- f) Radiação horizontal global (Wh/m^2);
- g) Radiação normal direta (Wh/m^2);
- h) Radiação horizontal difusa (Wh/m^2);
- i) Direção do vento ($^\circ$), considerando o sentido horário a partir da direção Norte;
- j) Velocidade do vento (m/s).

C3. PROCEDIMENTO PARA A SIMULAÇÃO

O método de simulação avalia a envoltória da UH em relação à esta envoltória com características de referência. Neste método devem ser elaborados dois modelos:

- o modelo real, que conserva as características geométricas da UH, as propriedades térmicas e composições dos elementos transparentes, paredes e cobertura;
- o modelo de referência, que representa a edificação avaliada, mas com características de referência.

Os modelos real e de referência devem ser simulados em duas condições de utilização dos APPs:

- com o uso da ventilação natural; e
- sem o uso da ventilação natural.

C3.1 Metodologia para a modelagem da envoltória

A modelagem da envoltória deve considerar que:

- sejam representados todos os ambientes da UH, incluindo ambientes de permanência prolongada (APPs) e ambientes de permanência transitória (APT's);
- quando houver espaços internos ligados por áreas de circulação, sem a presença de portas, deve-se considerar a área de circulação integrada ao ambiente;
- no caso de cozinhas e salas conjugadas, deve-se modelar os dois espaços internos no mesmo ambiente, considerando as definições para o ambiente sala;
- o ático da cobertura pode ser modelado como uma zona térmica;
- para as UHs onde o mesmo APP seja utilizado como sala e dormitório (ex.: *quintete*, *lofts* e similares), o APP deve ser modelado considerando o uso misto;
- no caso de sistema construtivo sobre pilotis, deve-se considerar o piso do pavimento exposto às condições externas, sem o ganho de calor pela incidência de radiação solar direta e considerando a influência das ações do vento;
- a modelagem deve preservar as características de volume interno e áreas de superfícies expostas ao exterior conforme o projeto sob avaliação.

Quando avaliadas unidades habitacionais em edificações multifamiliares, a modelagem deve considerar que:

- sejam representados o pavimento térreo, o(s) pavimento(s) tipo e o pavimento de cobertura. Todas as UHs destes pavimentos devem ser consideradas;
- pavimentos tipo sequenciais, idênticos quanto à geometria e às características construtivas, podem ser modelados uma única vez, tendo os resultados de suas UHs atribuídos às respectivas UHs localizadas nos demais pavimentos tipo;
- pavimentos tipo com cobertura parcialmente exposta devem ser modelados individualmente;
- quando existentes, pavimentos no subsolo devem ser representados;
- pavimentos que não possuem unidades habitacionais são tratados como pavimentos não residenciais. Estes pavimentos devem ser modelados considerando a volumetria total como um único ambiente, que deve ser representado como APT;
- espaços internos comuns das edificações multifamiliares, tais como circulação vertical, corredores, *hall* de entrada e similares, podem ser agrupados e modelados em um único ambiente, considerando as características de APTs.

Nota 1: Recomenda-se considerar todas as trocas térmicas entre superfícies em contato, em diferentes ambientes da edificação, evitando a adoção de superfícies adiabáticas. Em edificações com dois pavimentos ou mais, por exemplo, recomenda-se a consideração da transferência de calor entre o piso e a cobertura destes pavimentos.

C3.2 Modelagem do entorno da edificação

Devem ser representadas a sombra e a reflexão da radiação solar ocasionadas pelas principais superfícies do entorno, incluindo a influência do relevo, da pavimentação, de edificações e de corpos d'água.

Devem ser considerados os elementos de entorno implantados até a data de aplicação dos procedimentos desta instrução normativa, podendo ser incluídas estruturas cuja construção esteja prevista no mesmo projeto da edificação em análise.

A condição do entorno deve ser comprovada por meio de dados oficiais de cadastros municipais, como levantamentos urbanos e planialtimétricos, levantamento fotográfico datado e recente, ou por meio de mapas de satélite e dados georreferenciados.

Cabe ao responsável pela aplicação dos procedimentos da instrução normativa a avaliação técnica das superfícies a serem consideradas, visando a melhor representação das trocas térmicas entre a habitação e o seu entorno. Eventuais modificações do entorno, ao longo da vida útil da edificação, podem influenciar no desempenho inicialmente especificado, não implicando a não conformidade do projeto.

C3.3 Características comuns ao modelo real e ao modelo de referência

- a) mesmo programa de simulação;
- b) mesma versão do programa de simulação;
- c) mesmo arquivo climático;

- d) mesma volumetria dos ambientes;
- 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 ambientes;
- h) mesma área de superfície exposta ao exterior;
- i) mesma área total de piso;
- j) mesma modelagem das superfícies do entorno;
- k) mesmo percentual de elementos transparentes, percentual de abertura para ventilação, transmitância térmica e fator solar dos elementos transparentes de ambientes de permanência transitória (APTs), considerando as características do modelo real;
- l) mesma geometria e propriedades térmicas para portas constituídas exclusivamente de elementos opacos, considerando as características do modelo real;
- m) mesmo padrão de uso de equipamentos, mesmo valor de densidade de cargas internas em equipamentos, e mesmo valor de fração radiante. O padrão de uso e o valor de densidade de cargas internas em equipamentos e fração radiante devem estar de acordo com a Tabela C.1;
- n) mesmo padrão de uso do sistema de iluminação, mesmo valor de densidade potência instalada em iluminação, mesmo valor de fração radiante e fração visível. O valor de densidade de potência instalada em iluminação e os valores de fração radiante e visível devem estar de acordo com a Tabela C.2. O padrão de uso deve estar de acordo com a Tabela C.3;
- o) mesmo padrão de ocupação, com o mesmo valor de calor dissipado por pessoa e mesmo valor de fração radiante. O padrão de uso deve estar de acordo com a Tabela C.3, e os valores de calor dissipado e fração radiante devem estar de acordo com a Tabela C.4;
- p) mesma temperatura de *setpoint* de refrigeração (23°C) e aquecimento (21°C), para os modelos sem o uso da ventilação natural, em um sistema de cálculo de carga térmica considerado ideal e em operação somente nos períodos de ocupação;
- q) mesmo padrão de controle de aberturas para a ventilação natural nos modelos ventilados naturalmente;
- r) mesma modelagem da ventilação natural das UHs. Devem ser considerados os mesmos valores de coeficientes de descarga e os requisitos estabelecidos na Tabela C.5;
- s) mesmo valor de quatro *timesteps* por hora;
- t) mesmas variáveis de saída da simulação, considerando relatórios com frequência horária para os valores de cada variável.

Nota 1: As cargas internas (iluminação, equipamentos e pessoas) e as cargas térmicas de refrigeração e aquecimento devem ser consideradas somente para os APPs.

Nota 2: Considerar a quantidade de 2 ocupantes por dormitório existente na edificação, excluindo-se dependências de empregados.

Nota 3: A quantidade máxima de ocupantes da sala é definida em função do número de dormitórios, excluindo dependências de empregados. Para cada dormitório, considerar 2 ocupantes na sala. A capacidade máxima de ocupantes na sala é 4.

Nota 4: Em APPs com uso misto, considerar a capacidade máxima de ocupantes igual a 2.

Para o modelo simulado com o uso da ventilação natural:

- deve ser permitida a abertura das janelas quando, simultaneamente, o APP estiver ocupado, a temperatura de bulbo seco interna do APP for igual ou superior a 19°C e a temperatura de bulbo seco interna for superior à temperatura de bulbo seco externa;
- quando fechadas, as janelas dos APPs devem considerar a infiltração por frestas, conforme Tabela C.5;
- as janelas dos ambientes de permanência transitória (APT), com exceção dos banheiros, são consideradas fechadas e com infiltração por frestas durante todo o ano, de acordo com a Tabela C.5;
- para os APTs destinados a banheiros, deve-se considerar as janelas sempre abertas, com percentual de abertura para ventilação igual ao estabelecido em projeto;
- as portas internas devem permanecer abertas entre APPs e APTs, com exceção de portas de banheiros, que devem ser consideradas sempre fechadas;
- as portas externas devem ser consideradas fechadas e com infiltração por frestas durante todo o ano, de acordo com a Tabela C.5;
- as portas externas de sacadas, que constituírem-se de elementos transparentes, devem seguir a mesma operação das janelas;
- as portas externas de varandas e de áreas de serviço podem adotar a operação das janelas, caso não representem a porta de acesso principal da unidade habitacional;
- as portas externas de varandas e de sacadas devem adotar parâmetros de ventilação iguais às demais portas.

Para o modelo simulado sem o uso da ventilação natural:

- todas as portas e janelas devem ser consideradas fechadas durante todo o ano, com exceção da janela do banheiro, que deve ser mantida aberta;
- quando fechadas, portas e janelas devem considerar os mesmos coeficientes de infiltração utilizados para o modelo com o uso da ventilação natural.

Tabela C.1 – Período de uso, densidade de cargas internas e fração radiante para equipamentos dos APPs

Ambiente	Período de uso	Potência (W)	Fração radiante
Sala	14 h às 21h59	120	0,3
Uso misto	14 h às 21h59	120	0,3

Tabela C.2 – Densidade de potência instalada, fração radiante e fração visível para o sistema de iluminação

Ambiente	DPI (W/m ²)	Fração radiante	Fração visível
Sala	5,0	0,32	0,23
Dormitórios	5,0	0,32	0,23
Uso misto	5,0	0,32	0,23

Tabela C.3 – Padrões de ocupação e de uso do sistema de iluminação artificial para dias de semana e finais de semana

Hora	Ocupação			Iluminação		
	Dormitórios (%)	Sala (%)	Uso misto (%)	Dormitórios (%)	Sala (%)	Uso misto (%)
00:00 – 00:59	100	0	100	0	0	0
01:00 – 01:59	100	0	100	0	0	0
02:00 – 02:59	100	0	100	0	0	0
03:00 – 03:59	100	0	100	0	0	0
04:00 – 04:59	100	0	100	0	0	0
05:00 – 05:59	100	0	100	0	0	0
06:00 – 06:59	100	0	100	100	0	100
07:00 – 07:59	100	0	100	100	0	100
08:00 – 08:59	0	0	0	0	0	0
09:00 – 09:59	0	0	0	0	0	0
10:00 – 10:59	0	0	0	0	0	0
11:00 – 11:59	0	0	0	0	0	0
12:00 – 12:59	0	0	0	0	0	0
13:00 – 13:59	0	0	0	0	0	0
14:00 – 14:59	0	50	50	0	0	0
15:00 – 15:59	0	50	50	0	0	0
16:00 – 16:59	0	50	50	0	100	100
17:00 – 17:59	0	50	50	0	100	100
18:00 – 18:59	0	100	100	0	100	100
19:00 – 19:59	0	100	100	0	100	100
20:00 – 20:59	0	100	100	0	100	100
21:00 – 21:59	0	100	100	0	100	100
22:00 – 22:59	100	0	100	100	0	100
23:00 – 23:59	100	0	100	100	0	100

Tabela C.4 – Taxas metabólicas e fração radiante para os usuários

Ambiente	Período de uso	Atividade realizada	Calor produzido por área de superfície corporal (W/m²)	Calor produzido por uma pessoa com 1,80 m² de área de superfície corporal (W)	Fração radiante
Dormitório	00:00 – 07:59 e 22:00 – 23:59	Dormindo ou descansando	45	81	0,30
Sala	14:00 – 21:59	Sentado ou assistindo TV	60	108	0,30
Uso misto	00:00 – 07:59 e 22:00 – 23:59	Dormindo ou descansando	45	81	0,30

	14:00 – 21:59	Sentado ou assistindo TV	60	108	0,30
--	---------------	--------------------------	----	-----	------

Tabela C.5 – Descrição dos parâmetros da ventilação natural para portas e janelas em APPs e APTs

Parâmetros	Portas	Janelas
Coeficiente de fluxo de ar por frestas quando a abertura está fechada (kg/(s.m))	0,0024	0,00063
Expoente de fluxo de ar por frestas quando a abertura está fechada (adimensional)	0,59	0,63
Coeficiente de descarga (C_d) da abertura (adimensional)	0,60	0,60

C3.4 Representação do modelo real

A representação do modelo real deve:

- considerar todas as características da edificação de acordo com o projeto proposto. Por exemplo: transmitância térmica de paredes e coberturas; propriedades dos elementos transparentes; percentual de elementos transparentes; percentual de abertura para ventilação; absorvância à radiação solar de paredes e coberturas;
- considerar os dispositivos de sombreamento (Exemplo: venezianas, sacadas que se projetem para fora do plano vertical da parede externa e *brises*) quando estes estiverem acoplados ao edifício proposto;
- considerar as esquadrias estabelecidas em projeto, com modelagem de acordo com a sua forma de abertura e materiais constituintes. Caso a especificação dos caixilhos não esteja disponível no projeto, o modelo real deve adotar as mesmas características dos caixilhos do modelo de referência;
- adotar valores especificados em projeto para os parâmetros da Tabela C.5, quando estes forem disponibilizados pelo fabricante das esquadrias;
- considerar a existência de pontes térmicas.

No modelo real, deve ser avaliada a ocorrência de pontes térmicas nas superfícies externas que compõem os APPs. Quando estiver presente, na composição das superfícies externas, qualquer elemento com coeficiente de transferência térmica ($H_{el,i}$) que represente mais do que 20% do coeficiente de transferência térmica total (H_{total}) da superfície, este elemento deve ser considerado na modelagem. O coeficiente de transferência térmica ($H_{el,i}$) deve ser calculado por meio da equação:

$$H_{el,i} = A_{el,i} \cdot U_{el,i} \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

$H_{el,i}$ é o coeficiente de transferência térmica de um elemento i da superfície externa (W/K);

$A_{el,i}$ é a área de superfície do elemento i (m²);

$U_{el,i}$ é a transmitância térmica do elemento i (W/(m².K)).

O coeficiente de transferência térmica total (H_{total}) deve ser calculado por meio da equação:

$$H_{total} = \sum_{i=1}^n H_{el,i} \quad \text{Equação (8)}$$

Onde:

H_{total} é o coeficiente de transferência térmica total da superfície (W/K);

$H_{el,i}$ é o coeficiente de transferência térmica de um elemento i da superfície externa (W/K);

n é o número de elementos que compõem a superfície externa.

Nota 1: A consideração das pontes térmicas deve ser realizada a partir da modelagem dos diferentes elementos que compõem a superfície externa.

Quando incluídas venezianas no projeto da edificação, estas devem ser inseridas apenas no modelo real, considerando os modelos com e sem o uso da ventilação natural. A operação das venezianas deve permitir proteger ou expor os elementos transparentes aos quais estão vinculadas, por meio do seu fechamento ou abertura, respectivamente. Em APTs, quando existentes, as venezianas devem ser consideradas sempre fechadas, enquanto nos APPs devem ser considerados os seguintes critérios:

- as venezianas devem abrir quando a temperatura externa de bulbo seco for menor ou igual a 26°C;
- as venezianas devem fechar quando a temperatura externa de bulbo seco for maior que 26°C.

C3.5 Representação do modelo de referência

A representação do modelo de referência deve:

- adotar paredes e pisos, de APPs e APTs, referentes a um elemento de vedação com 100 mm de espessura, composto por um material com propriedades térmicas de acordo com as apresentadas na Tabela C.6. O piso de todos os pavimentos, assim como as paredes internas e externas, devem apresentar essas características no modelo de referência;

Tabela C.6 - Propriedades térmicas de paredes e pisos para o modelo de referência

	Condutividade térmica (W/(m.K))	Calor específico (J/(kg.K))	Absortância à radiação solar	Emissividade de onda longa	Densidade (kg/m³)
Paredes externas	1,75	1000	0,58	0,90	2200
Paredes internas	1,75	1000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2200
Pisos	1,75	1000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2200

- b) adotar a cobertura externa composta de telha com 6 mm de espessura, câmara de ar com resistência térmica de 0,21 (m².K)/W e laje com 100 mm de espessura, conforme as propriedades térmicas descritas na Tabela C.7. Quando avaliada uma edificação localizada na zona bioclimática 8, deve-se considerar sobre a laje o uso de isolamento com resistência térmica igual a 0,67 (m².K)/W, conforme Tabela C.8;

Tabela C.7 - Propriedades térmicas da cobertura para o modelo de referência

	Condutividade térmica (W/(m.K))	Calor específico (J/(kg.K))	Absortância à radiação solar	Emissividade de onda longa	Densidade (kg/m³)
Telha com 6 mm de espessura	0,65	840	0,65	0,90	1700
Laje com 100 mm de espessura	1,75	1000	Adotar valor do modelo real	Adotar valor do modelo real	2200

Tabela C.8 - Propriedades térmicas do material de isolamento da cobertura para o modelo de referência na zona bioclimática 8

	Resistência térmica ((m².K)/W)	Absortância à radiação solar	Emissividade de onda longa
Isolamento térmico	0,67	0,70	0,90

- c) considerar os elementos transparentes dos APPs com as características descritas na Tabela C.9;

Tabela C.9 - Características dos elementos transparentes nas esquadrias para o modelo de referência

	Fator solar (FS)	Transmitância térmica (U_t) (W/(m².K))	Percentual de elementos transparentes (P_{t,APP}) (%)
Elementos transparentes	0,87	5,70	17,00

O percentual de elementos transparentes (P_{t,APP}) deve ser calculado de acordo com a seguinte equação:

$$P_{t,APP} = 100. \frac{(A_{t,APP})}{(A_{p,APP})} \quad \text{Equação (9)}$$

Onde:

$P_{t,APP}$ é o percentual de elementos transparentes na envoltória do APP (%);

$A_{t,APP}$ é a área de superfície dos elementos transparentes do APP (m²);

$A_{p,APP}$ é a área de piso do APP (m²).

Nota 1: Nas portas externas, constituídas de elementos transparentes e pertencentes aos APPs, deve-se utilizar os percentuais descritos na Tabela C.9 para modelar a abertura no modelo de referência, mesmo que suas proporções finais resultem em dimensões incompatíveis com as de uma porta usual.

- d) após redimensionados os elementos transparentes dos APPs, considerar um fator de ventilação (FV) de 45% para cada elemento, levando ao percentual de abertura para ventilação $P_{v,APP}$ da Tabela C.10;

Tabela C.10 - Percentual de abertura para ventilação nas esquadrias para o modelo de referência

	Percentual de abertura para ventilação ($P_{v,APP}$) (%)
Abertura para ventilação	7,65

O percentual de abertura para ventilação ($P_{v,APP}$) deve ser calculado por meio da equação:

$$P_{v,APP} = 100 \cdot \frac{(A_{v,APP})}{(A_{p,APP})} \quad \text{Equação (10)}$$

Onde:

$P_{v,APP}$ é o percentual de abertura para ventilação do APP (%);

$A_{v,APP}$ é a área efetiva de abertura para ventilação do APP (m^2);

$A_{p,APP}$ é a área de piso do APP (m^2).

Nota 1: Para o cálculo da área efetiva de abertura para ventilação do APP, devem ser consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, de vidros e de qualquer outro obstáculo.

Nota 2: No cálculo da área efetiva de abertura para ventilação do APP não devem ser consideradas as áreas de portas internas.

Nota 3: A existência de outras aberturas para a ventilação do APP, como grelhas e chaminés, deve ser considerada apenas no modelo real.

- e) considerar os perfis das esquadrias ao redor de cada elemento transparente, adotando as características da Tabela C.11. A esquadria deve ser representada por uma única folha, considerando somente montantes e travessas adjacentes ao vão de abertura.

Tabela C.11 - Características dos perfis das esquadrias para o modelo de referência

	Absortância à radiação solar dos perfis	Emissividade de onda longa dos perfis	Condutância térmica ($W/(m^2.K)$)	Largura dos perfis da esquadria (mm)
Perfis das esquadrias	0,58	0,90	56,00	50,00

- f) considerar as aberturas sem o uso de venezianas;
- g) considerar a edificação sem elemento de sombreamento externo em relação ao alinhamento da fachada (Ex: *brises, beirais, sacadas etc.*).

Nota 1: Os dados de entrada não mencionados anteriormente devem ser modelados igualmente para o modelo real e para o modelo de referência.

C4. PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO

C4.1. Condições gerais

Uma vez simulados os modelos real e de referência, deve-se calcular os valores dos indicadores de desempenho para cada APP. Para a simulação com o uso da ventilação natural, devem ser determinados:

- o percentual de horas ocupadas dos APPs dentro da faixa de temperatura operativa ($PHFT_{APP}$). A faixa de temperatura operativa considerada varia com o clima local, conforme Tabela C.12 e Tabela C.13;
- a temperatura operativa anual máxima ($TomáX_{APP}$) de cada APP, considerando apenas os períodos de ocupação do APP. Quando a edificação estiver localizada nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4 (ABNT NBR 15220-3), também deve ser determinada a temperatura operativa anual mínima ($Tomín_{APP}$) de cada APP, considerando apenas os períodos de ocupação do APP.

A partir dos valores de $PHFT_{APP}$, $TomáX_{APP}$ e $Tomín_{APP}$ para cada APP, deve-se determinar o $PHFT_{UH}$, a $TomáX_{UH}$ e a $Tomín_{UH}$ da UH.

A partir da simulação sem o uso da ventilação natural, devem ser determinados:

- a carga térmica de refrigeração do APP ($CgTR_{APP}$);
- a carga térmica de aquecimento do APP ($CgTA_{APP}$). A consideração da carga térmica de aquecimento somente é necessária quando avaliadas edificações localizadas em climas que se enquadram no Intervalo 1 da Tabela C.12, ou seja, que possuam média anual da temperatura externa de bulbo seco inferior a 25,0°C.

A partir dos valores de $CgTR_{APP}$ e $CgTA_{APP}$ para cada APP, deve-se determinar a $CgTR_{UH}$ e a $CgTA_{UH}$ da UH. Após determinados esses valores, calcula-se a carga térmica total da UH ($CgTT_{UH}$).

Caso um ou mais APPs da UH adotem soluções construtivas que impossibilitem o uso de sistemas de condicionamento de ar (como aberturas fixas para ventilação sem a possibilidade de fechamento), estes podem ser analisados apenas quanto ao seu $PHFT_{APP}$, $TomáX_{APP}$ e $Tomín_{APP}$. Os demais APPs da UH devem incluir a modelagem do sistema de condicionamento de ar.

Tabela C.12 - Intervalos de temperaturas externas de bulbo seco

Intervalos de temperaturas externas	Média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBS_m) (°C)
Intervalo 1	$TBS_m < 25,0^{\circ}\text{C}$
Intervalo 2	$25,0^{\circ}\text{C} \leq TBS_m < 27,0^{\circ}\text{C}$
Intervalo 3	$TBS_m \geq 27,0^{\circ}\text{C}$

C4.2. Percentual de horas ocupadas dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT)

O $PHFT_{APP}$ deve ser calculado individualmente para cada APP da UH, durante o seu respectivo período de ocupação, de acordo com as faixas de temperaturas operativas da Tabela C.13.

Tabela C.13 - Faixas de temperaturas operativas para a determinação do $PHFT_{APP}$

Intervalos de temperaturas externas	Faixa de temperatura operativa a ser considerada
Intervalo 1	$18,0^{\circ}\text{C} < T_{OAPP} < 26,0^{\circ}\text{C}$
Intervalo 2	$T_{OAPP} < 28,0^{\circ}\text{C}$
Intervalo 3	$T_{OAPP} < 30,0^{\circ}\text{C}$

Nota 1: T_{OAPP} corresponde à temperatura operativa do APP que atende aos limites estabelecidos nesta tabela.

O cálculo do $PHFT_{APP}$ deve ser realizado por meio da equação:

$$PHFT_{APP} = \frac{Nh_{FT}}{Nh_{Ocup}} \cdot 100 \quad \text{Equação (11)}$$

Onde:

$PHFT_{APP}$ é o percentual de horas ocupadas do APP dentro da faixa de temperatura operativa (%).

Nh_{FT} é o número de horas em que o APP se encontra ocupado e com temperaturas operativas dentro da faixa de temperatura operativa, estabelecida na Tabela 3, ao longo do ano.

Nh_{Ocup} é o número de horas em que o APP é ocupado ao longo do ano, equivalente a 2920 horas para salas e 3650 horas para dormitórios.

Após calculados os valores de $PHFT_{APP}$ de cada APP, deve ser calculado o $PHFT_{UH}$ da UH por meio da equação:

$$PHFT_{UH} = \frac{\sum_{i=1}^n PHFT_{APP,i}}{n} \quad \text{Equação (12)}$$

Onde:

$PHFT_{UH}$ é o percentual de horas ocupadas da UH dentro da faixa de temperatura operativa (%);

$PHFT_{APP,i}$ é o percentual de horas ocupadas do APP i dentro da faixa de temperatura operativa (%);

n é o número de ambientes de permanência prolongada da UH.

Nota 1: Os procedimentos de determinação do $PHFT_{APP}$ e $PHFT_{UH}$ devem ser realizados igualmente para o modelo real e para o modelo de referência.

Nota 2: Deve-se considerar o arredondamento destes valores, adotando uma casa decimal.

A partir dos resultados de $PHFT_{UH}$, deve-se calcular o incremento do modelo real ($PHFT_{UH,real}$) em relação ao modelo de referência ($PHFT_{UH,ref}$), conforme equação:

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref} \quad \text{Equação (13)}$$

Onde:

$\Delta PHFT$ é o incremento do $PHFT_{UH,real}$ em relação ao $PHFT_{UH,ref}$;

$PHFT_{UH,real}$ é o percentual de horas ocupadas da UH no modelo real dentro da faixa de temperatura operativa (%);

$PHFT_{UH,ref}$ é o percentual de horas ocupadas da UH no modelo de referência dentro da faixa de temperatura operativa (%).

C4.3. Temperaturas operativas anuais máxima (Tomáx) e mínima (Tomín)

A $Tomáx_{APP}$ deve corresponder ao maior valor de temperatura operativa do APP ao longo do ano, considerando seu respectivo período de ocupação.

Nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 e 4, também deve ser determinada a $Tomín_{APP}$, que corresponde ao menor valor de temperatura operativa do APP ao longo do ano, considerando seu respectivo período de ocupação.

Nota 1: Deve-se considerar o arredondamento dos valores de $Tomáx_{APP}$ e $Tomín_{APP}$, adotando uma casa decimal.

A partir dos valores de cada APP, devem ser determinados os valores da UH:

- a $Tomáx_{UH}$ é obtida a partir da comparação da $Tomáx_{APP}$ de cada APP da UH, adotando-se o maior valor entre os APP;
- a $Tomín_{UH}$ é obtida a partir da comparação da $Tomín_{APP}$ de cada APP da UH, adotando-se o menor valor entre os APP.

Nota 1: Os procedimentos de determinação da $Tomáx_{APP}$, $Tomín_{APP}$, $Tomáx_{UH}$ e $Tomín_{UH}$ devem ser realizados igualmente para o modelo real e para o modelo de referência.

C4.4. Carga térmica de refrigeração (CgTR), de aquecimento (CgTA) e total (CgTT)

A $CgTR_{APP}$ corresponde ao somatório anual das cargas térmicas de refrigeração do APP, obtidas a partir da simulação do modelo sem ventilação natural, considerando somente os horários em que são atendidas as condições:

- o APP encontra-se com ocupação;
- a temperatura operativa do APP, no modelo com ventilação natural, encontra-se dentro dos limites de temperaturas operativas estabelecidas na Tabela C.14.

O mesmo procedimento deve ser adotado para o somatório anual da carga térmica de aquecimento ($CgTA_{APP}$), considerada apenas para as edificações localizadas em climas do Intervalo 1, conforme Tabela C.12.

Tabela C.14 - Valores de temperatura operativa para o cálculo da $CgTR_{APP}$ e da $CgTA_{APP}$

Intervalos de temperaturas externas	Faixa de temperatura operativa para o cálculo da $CgTR_{APP}$	Faixa de temperatura operativa para o cálculo da $CgTA_{APP}$
Intervalo 1	$T_{OAPP} \geq 26,0^{\circ}\text{C}$	$T_{OAPP} \leq 18,0^{\circ}\text{C}$
Intervalo 2	$T_{OAPP} \geq 28,0^{\circ}\text{C}$	Não considera

Intervalo 3	$T_{OAPP} \geq 30,0^{\circ}\text{C}$	Não considera
-------------	--------------------------------------	---------------

Nota 1: T_{OAPP} é a temperatura operativa do APP considerada para o cálculo da $CgTR_{APP}$ e da $CgTA_{APP}$.

Após obtidos os valores de $CgTR_{APP}$ para cada APP, deve-se calcular a carga térmica de refrigeração da UH ($CgTR_{UH}$):

$$CgTR_{UH} = \sum_{i=1}^n CgTR_{APP,i} \quad \text{Equação (14)}$$

Onde:

$CgTR_{UH}$ é a carga térmica de refrigeração da UH (kWh/ano);
 $CgTR_{APP,i}$ é a carga térmica de refrigeração do APP i (kWh/ano);
n é o número de ambientes de permanência prolongada da UH.

Para os climas compreendidos pelo Intervalo 1 da Tabela C.12, a carga térmica de aquecimento da UH ($CgTA_{UH}$) deve ser calculada:

$$CgTA_{UH} = \sum_{i=1}^n CgTA_{APP,i} \quad \text{Equação (15)}$$

Onde:

$CgTA_{UH}$ é a carga térmica de aquecimento da UH (kWh/ano);
 $CgTA_{APP,i}$ é a carga térmica de aquecimento do APP i (kWh/ano);
n é o número de ambientes de permanência prolongada da UH.

A carga térmica total ($CgTT_{UH}$) da UH deve ser obtida conforme as equações abaixo. Para o Intervalo 1 da Tabela C.12:

$$CgTT_{UH} = CgTR_{UH} + CgTA_{UH} \quad \text{Equação (16)}$$

Onde:

$CgTT_{UH}$ é a carga térmica total da UH (kWh/ano).
 $CgTR_{UH}$ é a carga térmica de refrigeração da UH (kWh/ano);
 $CgTA_{UH}$ é a carga térmica de aquecimento da UH (kWh/ano).

Para os Intervalos 2 e 3 da Tabela C.12:

$$CgTT_{UH} = CgTR_{UH} \quad \text{Equação (17)}$$

Onde:

$CgTT_{UH}$ é a carga térmica total da UH (kWh/ano).
 $CgTR_{UH}$ é a carga térmica de refrigeração da UH (kWh/ano);

Nota 1: Os procedimentos de determinação da $CgTR_{APP}$, $CgTA_{APP}$, $CgTR_{UH}$, $CgTA_{UH}$ e $CgTT_{UH}$ devem ser realizados igualmente para o modelo real e para o modelo de referência.

A partir dos resultados de $CgTT_{UH}$, deve-se calcular a redução percentual do modelo real ($CgTT_{UH,real}$) em relação ao modelo de referência ($CgTT_{UH,ref}$), conforme equação:

$$RedCgTT = \left[1 - \frac{(CgTT_{UH,real})}{(CgTT_{UH,ref})} \right] \cdot 100 \quad \text{Equação (18)}$$

Onde:

$RedCgTT$ é a redução da carga térmica total da UH no modelo real em relação ao modelo de referência (%);

$CgTT_{UH,real}$ é a carga térmica total da UH no modelo real (kWh/ano);

$CgTT_{UH,ref}$ é a carga térmica total da UH no modelo de referência (kWh/ano).

C5. PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DA ENVOLTÓRIA DA UH

C5.1 Cálculo do consumo energético da envoltória do modelo real

O consumo energético total da envoltória do modelo real equivale ao somatório dos consumos para aquecimento e consumo para refrigeração do modelo real, conforme Equação 19.

$$CT_{UH,real} = CR_{UH,real} + CA_{UH,real} \quad \text{Equação (19)}$$

Onde:

$CT_{UH,real}$ é o consumo de energia elétrica total da UH no modelo real (kWh/ano);

$CR_{UH,real}$ é o consumo de energia elétrica para refrigeração da UH no modelo real (kWh/ano), obtido pela Equação 20;

$CA_{UH,real}$ é o consumo de energia elétrica para aquecimento da UH no modelo real (kWh/ano), obtido pela Equação 24.

Nota: Para UHs localizadas em climas não compreendidos pelo Intervalo 1 da Tabela C.12, considera-se que o consumo energético total do modelo real é igual ao consumo energético para refrigeração.

C5.1.1 Cálculo do consumo energético para refrigeração do modelo real

O consumo energético anual para refrigeração do modelo real é obtido por meio da divisão da carga térmica de refrigeração da UH pelo coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração (CEE_R), conforme Equação 20.

$$CR_{UH,real} = \frac{CgTR_{UH,real}}{CEE_R} \quad \text{Equação (20)}$$

Onde:

$CR_{UH,real}$ é o consumo de energia elétrica para refrigeração da UH no modelo real (kWh/ano);

$CgTR_{UH,real}$ é a carga térmica de refrigeração da UH do modelo real (kWh/ano);

CEE_R é coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração (W/W).

O cálculo do CEE_R de sistemas com capacidade igual ou inferior a 17,6 kW (60.000 BTU/h) deve ser realizado com base no COP, no IDRS ou no CSPF, de acordo com as especificidades do sistema de condicionamento de ar.

C5.1.1.1 Com base no COP

Para aparelhos de condicionamento de ar do tipo janela ou *split* de velocidade fixa é obrigatório utilizar este método para calcular o CEE_R , conforme a Equação 21.

$$CEE_R = 1,062 \cdot COP_R \quad \text{Equação (21)}$$

Onde:

CEE_R é o coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração (W/W);

COP_R é o coeficiente de performance para refrigeração do aparelho de condicionamento de ar (W/W).

C5.1.1.2 Com base no IDRS

Para aparelhos de condicionamento de ar do tipo *split* com *inverter*, o CEE_R pode ser calculado a partir do Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), obtido com base nas tabelas de eficiência energética disponibilizadas na página do Inmetro (Índices Novos – IDRS) <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>>.

$$CEE_R = \frac{CgTT_{real}}{(CgTT_{real}/IDRS) + W_{vent}} \quad \text{Equação (22)}$$

Onde:

CEE_R é o coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração (W/W);

$CgTT_{real}$ é a carga térmica total anual da edificação real (kWh/ano);

IDRS é o Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal;

W_{vent} é a potência do equipamento de renovação de ar.

C5.1.1.3 Com base no CSPF

Alternativamente, para aparelhos de condicionamento de ar do tipo *split* com *inverter*, o cálculo do CEE_R pode ser adaptado para climas específicos em função da temperatura externa de climas específicos e das horas de operação do sistema (Equação 23). O CSPF (*Cooling Seasonal Performance Factor*) deve ser obtido por meio da interface *web* de cálculo do CSPF, disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/cspf/>>, utilizando o arquivo climático (EPW) do clima desejado e para as horas de operação diurnas.

$$CEE_R = \frac{CgTT_{real}}{(CgTT_{real}/CSPF) + W_{vent}} \quad \text{Equação (23)}$$

Onde:

CEE_R é o coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para refrigeração (W/W);

$CgTT_{real}$ é a carga térmica total anual da edificação real (kWh/ano);

CSPF é o *Cooling Seasonal Performance Factor*;

W_{vent} é a potência do equipamento de renovação de ar.

Nota: Para as UHs com sistemas de condicionamento de ar com capacidade superior a 17,6 kW (60.000 BTU/h) deve-se obter o CEE_R dos sistemas por meio da metodologia descrita no item B.II.4.2 da INI-C.

C5.1.2 Cálculo do consumo energético para aquecimento do modelo real

O consumo energético anual para aquecimento do modelo real é obtido por meio da divisão da carga térmica de aquecimento da UH pelo coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para aquecimento (CEE_A), conforme Equação 24.

$$CA_{UH,real} = \frac{CgTA_{UH,real}}{CEE_A} \quad \text{Equação (24)}$$

Onde:

$CA_{UH,real}$ é o consumo de energia elétrica para aquecimento da UH no modelo real (kWh/ano);

$CgTA_{UH,real}$ é a carga térmica de aquecimento da UH do modelo real (kWh/ano);

CEE_A é coeficiente de eficiência energética do sistema de condicionamento de ar para aquecimento (W/W). Para sistemas de condicionamento de ar *Split* e de janela deve-se considerar o valor de 3,24 para todas as zonas bioclimáticas para o modelo real.

Nota: O consumo energético anual para aquecimento deve ser calculado somente para UHs localizadas em climas compreendidos pelo Intervalo 1 da Tabela C.12.

C5.2 Cálculo do consumo da envoltória do modelo de referência

O consumo energético total da envoltória do modelo de referência equivale ao somatório do consumo para refrigeração e consumo para aquecimento do modelo de referência, conforme Equação 25.

$$CT_{UH,ref} = CR_{UH,ref} + CA_{UH,ref} \quad \text{Equação (25)}$$

Onde:

$CT_{UH,ref}$ é o consumo de energia elétrica total da UH no modelo de referência (kWh/ano);

$CR_{UH,ref}$ é o consumo de energia elétrica para refrigeração da UH no modelo de referência (kWh/ano);

$CA_{UH,ref}$ é o consumo de energia elétrica para aquecimento da UH no modelo de referência (kWh/ano).

Nota: Para UHs localizadas em climas não compreendidos pelo Intervalo 1 da Tabela C.12, considera-se que o consumo energético total do modelo de referência é igual ao consumo energético para refrigeração.

O consumo energético anual para refrigeração e para aquecimento do modelo de referência é obtido por meio da Equação 26 e Equação 27, respectivamente.

$$CR_{UH,ref} = \frac{CgTR_{UH,ref}}{2,6} \quad \text{Equação (26)}$$

Onde:

$CR_{UH,ref}$ é o consumo de energia elétrica para refrigeração da UH no modelo de referência (kWh/ano);

$CgTR_{UH,ref}$ é a carga térmica de refrigeração da UH do modelo de referência (kWh/ano);

$$CA_{UH,ref} = \frac{CgTA_{UH,ref}}{2,6} \quad \text{Equação (26)}$$

Onde:

$CA_{UH,ref}$ é o consumo de energia elétrica para aquecimento da UH no modelo de referência (kWh/ano);

$CgTA_{UH,ref}$ é a carga térmica de aquecimento da UH do modelo de referência (kWh/ano);

Nota: O consumo energético anual para aquecimento deve ser calculado somente para UHs localizadas em climas compreendidos pelo Intervalo 1 da Tabela C.12.

C6. DETERMINAÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA

A envoltória da UH deve apresentar desempenho que atenda aos critérios descritos nos itens C6.1, C6.2 e C6.3 desta instrução normativa, quando comparado com o desempenho da envoltória com características de referência.

C6.1. Critério – Percentual de horas ocupadas da UH dentro da faixa de temperatura operativa ($PHFT_{UH}$)

Para o atendimento ao critério de $PHFT_{UH}$ nas classes C e D, o modelo real de simulação computacional deve apresentar, ao longo de um ano e durante os períodos de ocupação dos APPs, $PHFT_{UH,real}$ que seja superior a 90% do obtido para o modelo de referência ($PHFT_{UH,ref}$), conforme Tabela C.15.

O atendimento ao critério de $PHFT_{UH}$ na classe B e na classe A é realizado por meio de um incremento do $PHFT_{UH,real}$ ($\Delta PHFT$) em relação ao $PHFT_{UH,ref}$, conforme apresentado na Tabela C.15. O valor referente ao $\Delta PHFT_{\min}$, que representa o incremento mínimo do $PHFT_{UH,real}$ para o atendimento às classes de eficiência energética, é fornecido na Tabela C.17 (classe B) e na Tabela C.18 (classe A).

Tabela C.15 - Critério de classificação de eficiência energética da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$

Classificação de eficiência energética	Critério
Classe D	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$
Classe C	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$
Classe B	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$

Classe A	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$
----------	---------------------------------------

C6.2. Critério – Temperaturas operativas anuais máxima e mínima da UH ($Tomáx_{UH}$ e $Tomín_{UH}$)

Para as classes de eficiência energética D, C, B e A, em todas as zonas bioclimáticas, a temperatura operativa anual máxima do modelo real deve ser menor ou igual à obtida para o modelo de referência, após somado um valor de tolerância ($\Delta Tomáx$), conforme equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + \Delta Tomáx \quad \text{Equação (25)}$$

Onde:

$Tomáx_{UH,real}$ é a temperatura operativa anual máxima da UH no modelo real (°C);

$Tomáx_{UH,ref}$ é a temperatura operativa anual máxima da UH no modelo de referência (°C);

$\Delta Tomáx$ é o valor de tolerância da temperatura operativa anual máxima (°C).

Nota 1: Deve-se considerar $\Delta Tomáx$ igual a 2°C para UHs unifamiliares e para UHs em edificações multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura. Para UHs em edificações multifamiliares localizadas nos pavimentos térreo ou tipo, deve-se adotar $\Delta Tomáx$ igual a 1°C.

A temperatura operativa anual mínima deve ser analisada nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4, onde a $Tomín_{UH}$ do modelo real deverá ser igual ou superior à $Tomín_{UH}$ do modelo de referência, após reduzido um valor de tolerância ($\Delta Tomín$). Deve-se adotar $\Delta Tomín$ igual a 1°C para todas as UHs avaliadas. O critério de temperatura operativa anual mínima é descrito pela equação:

$$Tomín_{UH,real} \geq Tomín_{UH,ref} - \Delta Tomín \quad \text{Equação (26)}$$

Onde:

$Tomín_{UH,real}$ é a temperatura operativa anual mínima da UH no modelo real (°C);

$Tomín_{UH,ref}$ é a temperatura operativa anual mínima da UH no modelo de referência (°C);

$\Delta Tomín$ é o valor de tolerância da temperatura operativa anual mínima (°C).

C6.3. Critério – Carga térmica total da UH ($CgTT_{UH}$)

O critério de $CgTT_{UH}$ é considerado conforme Tabela C.16, onde a $RedCgTT_{\min}$ representa o percentual mínimo de redução da $CgTT_{UH,real}$ em relação à $CgTT_{UH,ref}$.

Para o atendimento deste critério na classe D, o modelo real deve possuir $CgTT_{UH,real}$ superior à obtida para o modelo de referência ($CgTT_{UH,ref}$) em proporção limitada aos valores da Tabela C.17.

O atendimento à classe C está condicionado à obtenção de $CgTT_{UH,real}$ inferior ou igual à $CgTT_{UH,ref}$, ou seja, a $RedCgTT$ deve ser maior ou igual a zero e inferior aos limites estabelecidos para a classe D.

O atendimento às classes B e A requer a obtenção de redução percentual mínima da $CgTT_{UH,real}$ em relação à $CgTT_{UH,ref}$, conforme Tabela C.18 e Tabela C.19, respectivamente.

Tabela C.16 - Critério de classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $CgTT_{UH}$

Classificação de eficiência energética	Critério
Classe D	$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$
Classe C	$RedCgTT \geq 0\%$ e $RedCgTT \leq RedCgTT_{minD}$
Classe B	$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$
Classe A	$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$

C6.4. Cálculo do incremento mínimo do $PHFT_{UH,real}$ ($\Delta PHFT_{min}$) e da redução mínima da $CgTT_{UH,real}$ ($RedCgTT_{min}$)

Os valores de $RedCgTT_{min}$ são apresentados na Tabela C.17 (classe D), na Tabela C.18 (classe B) e na Tabela C.19 (Classe A). Para as classes B e A, também é necessário o atendimento à um $\Delta PHFT_{min}$, apresentado na Tabela C.18 (classe B) e na Tabela C.19 (classe A). A $RedCgTT_{min}$ e o $\Delta PHFT_{min}$ devem ser analisadas a partir dos valores de $PHFT_{UH,ref}$ e de $CgTT_{UH,ref}$ do modelo de referência.

Tabela C.17 - $RedCgTT_{minD}$ para o atendimento à classe D de eficiência energética

Critério	Tipologia			
	Unifamiliar	Multifamiliar		
	-	Pavimento térreo	Pavimento tipo	Pavimento cobertura
$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH}$ (kWh/(ano.m ²))	$RedCgTT_{minD}$ (%)			
$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} < 100$	-17	-15	-22	-15
$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} \geq 100$	-27	-20	-25	-20

Tabela C.18 - $\Delta PHFT_{min}$ e $RedCgTT_{minB}$ para o atendimento à classe B de eficiência energética

Critério		Tipologia		
		Unifamiliar	Multifamiliar	
		-	Pavimento térreo	Pavimento tipo cobertura
$PHFT_{UH,ref}$ (%)	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH}$ (kWh/(ano.m ²))	$\Delta PHFT_{min}$ (%)		
$PHFT_{UH,ref} < 70\%$	Todos os valores	Obtido a partir do ábaco ou equações da Figura C.1		

$\text{PHFT}_{\text{UH,ref}} \geq 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$\text{PHFT}_{\text{UH,ref}} (\%)$	$\text{CgTT}_{\text{UH,ref}} / A_{\text{p,UH}}$ (kWh/(ano.m ²))	RedCgTT_{minB} (%)			
$\text{PHFT}_{\text{UH,ref}} < 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$\text{PHFT}_{\text{UH,ref}} \geq 70\%$	$\text{CgTT}_{\text{UH,ref}} / A_{\text{p,UH}} < 100$	17	15	22	15
	$\text{CgTT}_{\text{UH,ref}} / A_{\text{p,UH}} \geq 100$	27	20	25	20

Tabela C.19 - $\Delta\text{PHFT}_{\text{min}}$ e $\text{RedCgTT}_{\text{minA}}$ para o atendimento à classe A de eficiência energética

Critério		Tipologia			
		Unifamiliar	Multifamiliar		
		-	Pavimento térreo	Pavimento tipo	Pavimento cobertura
$\text{PHFT}_{\text{UH,ref}} (\%)$	$\text{CgTT}_{\text{UH,ref}} / A_{\text{p,UH}}$ (kWh/(ano.m ²))	$\Delta\text{PHFT}_{\text{min}} (\%)$			
$\text{PHFT}_{\text{UH,ref}} < 70\%$	Todos os valores	Obtido a partir do ábaco ou equações da Figura C.1			
$\text{PHFT}_{\text{UH,ref}} \geq 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$\text{PHFT}_{\text{UH,ref}} (\%)$	$\text{CgTT}_{\text{UH,ref}} / A_{\text{p,UH}}$ (kWh/(ano.m ²))	RedCgTT_{minA} (%)			
Todos os valores	$\text{CgTT}_{\text{UH,ref}} / A_{\text{p,UH}} < 100$	35	30	45	30
	$\text{CgTT}_{\text{UH,ref}} / A_{\text{p,UH}} \geq 100$	55	40	50	40

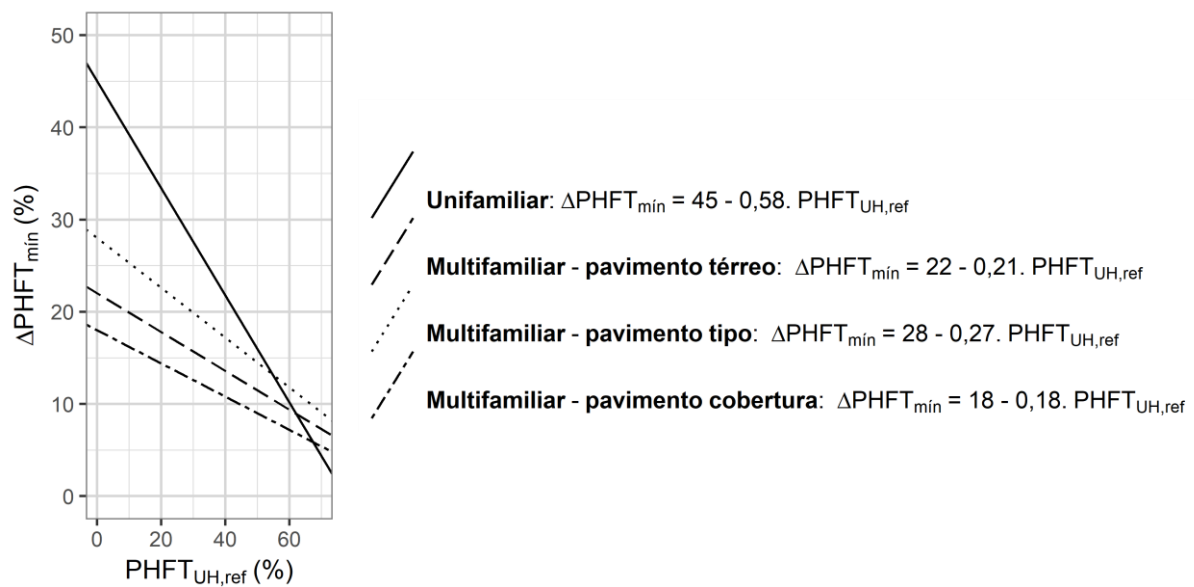
Nota 1: Na Tabela C.17, na Tabela C.18 e na Tabela C.19 a $\text{CgTT}_{\text{UH,ref}}$ deve ser analisada em relação à $A_{\text{p,UH}}$, que representa a soma das áreas de piso de todos os APPs da UH ($A_{\text{p,APP}}$), em metros quadrados.

Nota 2: Caso ateste-se que a UH em análise não necessita do uso de sistemas de climatização de ar, ao longo de todo o ano, a classe A pode ser obtida se o PHFT_{UH} do modelo real for igual ou superior à 95%. O modelo real também deve atender ao critério de temperaturas operativas anuais máxima e mínima (Tomáx_{UH} e Tomín_{UH}). Mesmo quando atendidas estas condições, também devem ser calculadas as cargas térmicas de refrigeração e de aquecimento, quando houver, por meio da simulação considerando a utilização dos APPs sem o uso da ventilação natural.

Nota 3: A aplicação da Tabela C.17, da Tabela C.18, da Tabela C.19 e da Figura C.1 em edificações multifamiliares deve considerar:

- Os valores de $\Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$ e $\text{RedCgTT}_{\text{mín}}$ do pavimento térreo somente para as UHs posicionadas em contato com o solo;
- UHs localizadas em pavimento térreo sobre pilotis, ou que possuam pavimentos no subsolo abaixo delas, devem considerar os valores de $\Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$ e $\text{RedCgTT}_{\text{mín}}$ do pavimento tipo;
- Os valores de $\Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$ e $\text{RedCgTT}_{\text{mín}}$ do pavimento de cobertura para as UHs localizadas no último andar da edificação, assim como em pavimentos tipo com cobertura parcialmente exposta.

Figura C.1. Ábaco e equações para a obtenção do $\Delta\text{PHFT}_{\text{mín}}$ quando o $\text{PHFT}_{\text{UH,ref}}$ for menor ou igual a 70%



ANEXO D – GERAÇÃO LOCAL DE ENERGIA RENOVÁVEL

Neste anexo são estabelecidos os critérios para a avaliação do uso de sistemas de geração de energia local por meio de fontes de energia renováveis em unidades habitacionais (UHs) e edificações multifamiliares. Neste anexo também são descritas as condições para a avaliação de Edificações de Energia Quase Zero (NZEBs) e Edificações de Energia Positiva (EEPs).

O sistema de geração local de energia renovável deve estar instalado na edificação avaliada, ou no mesmo lote em que ela se encontra. Os sistemas devem estar conectados ao relógio medidor de energia da edificação, ou parcela da edificação a qual atendem.

D.1. Determinação do potencial de geração de energia elétrica a partir do uso de fontes locais de energia renovável

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 fim de que possa ser subtraída do consumo total de energia primária ($C_{EP,real}$), conforme a equação 8.2, subitem 8.1.

O potencial de geração de energia elétrica pelo uso de fontes locais de energia renovável é obtido por meio da equação D.1. Este representa o percentual da energia consumida pela edificação atendido pela energia gerada por meio de fontes locais renováveis, devendo ser exposto na ENCE da edificação avaliada.

$$PG_E = \frac{G_{EE} \cdot 100}{C_{EE}} \quad \text{Equação D.1}$$

Onde:

PG_E é o potencial de geração de energia (%);

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

C_{EE} é o consumo total de energia elétrica da unidade habitacional ao longo do ano (kWh/ano).

D.2. Condições para a avaliação de NZEBs

A edificação de energia quase zero deve ser energeticamente eficiente, comprovada pela obtenção da classificação A de eficiência energética geral da edificação.

Além disso, a NZEB deve ter 50%, ou mais, de sua demanda energética anual suprida por energia renovável gerada localmente, conforme equação D.2

$$(G_{EE} \cdot fc_E) \geq 0,5 \cdot ((C_{EE} \cdot fc_E) + (C_{ET} \cdot fc_T)) \quad \text{Equação D.2}$$

Onde:

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

fc_E é o fator de conversão de energia elétrica em energia primária;

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

CET é o consumo total de energia térmica da unidade habitacional avaliada (kWh/ano);
 fcT é o fator de conversão de energia térmica em energia primária.

D.3. Condições para a avaliação de EPPs

A edificação de energia positiva deve ser energeticamente eficiente, comprovada pela obtenção da classificação A de eficiência energética geral da edificação. A EPP deve ter geração local de energia renovável superior à sua demanda anual de energia, com balanço energético positivo (equação D.3). Como resultado, a EPP recebe a classificação de eficiência energética A+ na ENCE geral.

$$(G_{EE} \cdot fc_E) - ((C_{EE} \cdot fc_E) + (C_{ET} \cdot fc_T)) \geq 0 \quad \text{Equação D.3}$$

Onde:

GEE é a energia gerada por fontes locais de energia renovável (kWh/ano);

fcE é o fator de conversão de energia elétrica em energia primária;

CEE é o consumo total de energia elétrica da unidade habitacional avaliada (kWh/ano);

CET é o consumo total de energia térmica da unidade habitacional avaliada (kWh/ano);

fcT é o fator de conversão de energia térmica em energia primária.

ANEXO E – EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO

Neste anexo são estabelecidos os critérios para a determinação do percentual de redução ou acréscimo das emissões de dióxido de carbono (CO₂) provenientes dos sistemas de unidades habitacionais (UHs) e edificações unifamiliares. Esta avaliação tem caráter informativo nesta INI-R, e não altera a classe de eficiência energética da edificação. Sua determinação baseia-se na comparação entre as emissões de dióxido de carbono da edificação real e sua condição de referência

E.1 Determinação do percentual de redução ou acréscimo da emissão de dióxido de carbono

O percentual de redução ou acréscimo das emissões de dióxido de carbono (P_{CO₂}) deve ser obtido por meio da equação E.1. Caso o resultado da equação seja negativo, há uma redução nas emissões de CO₂. Caso o resultado seja positivo, há um aumento nas emissões de dióxido de carbono em relação à edificação de referência.

$$P_{CO_2} = \left[\frac{E_{CO_2,real}}{E_{CO_2,ref}} - 1 \right] \cdot 100 \quad \text{Equação (E.1)}$$

Onde:

P_{CO₂} é o percentual de redução ou acréscimo das emissões de dióxido de carbono (%);

E_{CO₂,real} é a emissão total de dióxido de carbono da unidade habitacional real (tCO₂/ano);

E_{CO₂,ref} é a emissão total de dióxido de carbono da unidade habitacional em sua condição de referência (tCO₂/ano);

E.2 Determinação da emissão total de dióxido de carbono da edificação

O valor relativo às emissões deve ser calculado para a unidade habitacional real (equação E.2), e condição de referência (equação E.3). Para a determinação das emissões, o consumo total de energia elétrica e térmica deve ser multiplicado pelo fator de emissão de dióxido de carbono correspondente.

Na condição real, deve-se descontar a geração local de energia renovável, que deve ser multiplicada pelo fator de emissão de dióxido de carbono referente à geração de eletricidade. Os consumos e a geração local de energia renovável devem ser considerados conforme a tabela E.1.

Os fatores de emissão de dióxido de carbono por geração de eletricidade são diferenciados para as localidades cujo fornecimento de energia elétrica está ligado ao Sistema Interligado Nacional (SIN), e para aquelas que fazem parte de Sistemas Isolados (SIs). Os fatores de emissão de dióxido de carbono estão descritos no site do PBE Edifica, disponíveis em <<http://www.pbeedifica.com.br/node/134>>.

Tabela E.1- Valores de referência dos sistemas individuais para o cálculo das emissões de dióxido de carbono

Sistema individual	Condição real	Condição de referência
Condicionamento de ar	Condição real	Consumo elétrico da condição de referência
Aquecimento de Água	Condição real	Consumo elétrico da condição de referência*
Equipamentos	Condição real	Consumo elétrico da condição de referência
Geração local de energia renovável	Condição real	Sem geração

* A condição de referência a ser adotada em sistemas com acumulação de água deve ser o boiler elétrico; para sistemas sem acumulação de água, a condição de referência deve ser o chuveiro elétrico.

$$E_{CO_2,real} = \frac{(C_{EE,real} \cdot fe_E) + (C_{ET,real} \cdot fe_T) - (G_{EE} \cdot fe_E)}{1000} \quad \text{Equação (E.2)}$$

Onde:

$E_{CO_2,real}$ é a emissão total de dióxido de carbono da unidade habitacional real (tCO₂/ano);

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

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

fe_E é o fator de emissão de dióxido de carbono na geração de energia elétrica (kg.CO₂/kWh);

fe_T é o fator de emissão de dióxido de carbono na queima de combustível (kg.CO₂/kWh);

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

$$E_{CO_2,ref} = \frac{(C_{EE,ref} \cdot fe_E) + (C_{ET,ref} \cdot fe_T)}{1000} \quad \text{Equação (E.3)}$$

Onde:

$E_{CO_2,ref}$ é a emissão total de dióxido de carbono da unidade habitacional em sua condição de referência (tCO₂/ano);

$C_{EE,ref}$ é o consumo total de energia elétrica da unidade habitacional em sua condição de referência (kWh/ano);

$C_{ET,ref}$ é o consumo total de energia térmica da unidade habitacional em sua condição de referência (kWh/ano);

fe_E é o fator de emissão de dióxido de carbono na geração de energia elétrica (kg.CO₂/kWh);

fe_T é o fator de emissão de dióxido de carbono na queima de combustível (kg.CO₂/kWh).

ANEXO F – USO RACIONAL DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES

Neste anexo são estabelecidos os critérios para a determinação do percentual anual de redução do consumo de água potável por meio do seu uso racional nas unidades habitacionais (UHs) e edificações unifamiliares. Esta avaliação tem caráter informativo nesta INI-R, e não altera a classe de eficiência energética da edificação. Sua determinação baseia-se na comparação entre o consumo de água potável da edificação real e sua condição de referência.

F.1 Determinação do percentual anual de redução no consumo de água potável

A avaliação do consumo de água objetiva incentivar o uso de sistemas que promovam a redução do consumo de água potável. Podem ser avaliados equipamentos economizadores, sistemas de uso racional de água e fontes alternativas de água não potável.

O percentual anual de redução no consumo de água potável ($Red_{\text{água}}$) é obtido por meio da equação F.1, e compara o consumo de água da edificação real, descontando-se a oferta de água não potável, com a edificação em sua condição de referência.

$$Red_{\text{água}} = \left[\frac{C_{\text{água},ref} - (C_{\text{água},real} - O_{\text{água,não potável}})}{C_{\text{água},ref}} \right] \cdot 100 \quad \text{Equação (F.1)}$$

Onde:

$Red_{\text{água}}$ é o percentual anual de redução no consumo de água potável (%);

$C_{\text{água},ref}$ é o consumo anual de água da edificação na condição de referência (L/ano);

$C_{\text{água},real}$ é o consumo anual de água da edificação na condição real (L/ano);

$O_{\text{água,não,potável}}$ é a oferta de água não potável (L/ano) calculada pelo projetista, conforme laudo técnico.

F.2 Consumo de água da edificação na condição de referência

O consumo anual de água da edificação em sua condição de referência é calculado por meio equação F.2, que utiliza um padrão de uso de água e de ocupação em dias/ano. O padrão de uso adotado é fixo, e têm seus valores adaptados do LEED v.4 (2015).

$$C_{\text{água},ref} = 365 \cdot N \cdot (Q_{ref,BS} \cdot UD_{BS} + Q_{ref,TL} \cdot t_{TL} \cdot UD_{TL} + Q_{ref,CH} \cdot t_{CH} \cdot UD_{CH} + Q_{ref,TC} \cdot t_{TC} \cdot UD_{TC}) \quad \text{Equação (F.2)}$$

Onde:

$C_{\text{água},ref}$ é o consumo anual de água da edificação em sua condição de referência (L/ano);

$Q_{ref,BS}$ é a vazão da bacia sanitária na condição de referência (L/minuto), conforme a Tabela F.1;

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

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

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

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

$Q_{ref,CH}$ é a vazão do chuveiro na condição de referência (L/minuto), conforme a Tabela F.1;

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

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

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

t_{TC} é o tempo de uso da torneira da pia da cozinha (minutos), conforme Tabela F.2;

UD_{TC} são os usos diários da torneira da pia da cozinha por pessoa (usos/pessoa.dia), conforme a Tabela F.3;

N é o número de usuários da edificação, conforme Equação F.3.

$$N = 2 \cdot n_{dormitórios} \quad \text{Equação (F.3)}$$

Onde:

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

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

Tipo de dispositivo	Vazão (L/minuto)
Bacia sanitária (caixa de descarga)	57,6 L/minuto
Bacia sanitária (válvula de descarga)	102 L/minuto
Torneira de lavatório	9,0 L/minuto
Torneira de Tanque	15,0 L/minuto
Torneira da pia da cozinha	15,0 L/minuto
Banho/chuveiro	15,0 L/minuto

Fonte: adaptado de NBR 8.160 (ABNT, 1999)

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

Tipo de dispositivo	Duração (minutos)
Bacia sanitária	0,08 ¹
Torneira de lavatório	1,0
Torneira da pia da cozinha	1,0
Torneira de Tanque	1,0
Banho / chuveiro	8,0

¹Considerada duração média das descargas de 5 segundos Fonte: NBR 8.160 (ABNT, 1999)

Fonte: Adaptado de LEED v.4 (2015).

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

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

Fonte: Adaptado de LEED v.4 (2015)

F.3 Consumo de água da edificação na condição real

O consumo anual de água da edificação na condição real é determinado conforme equação F.4.

$$C_{\text{água,real}} = 365 \cdot N \cdot (Q_{\text{real,BS}} \cdot UD_{\text{BS}} + Q_{\text{real,TL}} \cdot t_{\text{TL}} \cdot UD_{\text{TL}} + Q_{\text{real,CH}} \cdot t_{\text{CH}} \cdot UD_{\text{CH}} + Q_{\text{real,TC}} \cdot t_{\text{TC}} \cdot UD_{\text{TC}})$$

Equação (F.4)

Onde:

$C_{\text{água,real}}$ é o consumo anual de água da edificação real (L/ano);

$Q_{\text{real,BS}}$ é a vazão da bacia sanitária na condição real (L/minuto), conforme projeto da edificação;

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

$Q_{\text{real,TL}}$ 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 F.2;

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

$Q_{\text{real,CH}}$ 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 F.2;

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

$Q_{\text{real,TC}}$ 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 F.2;

UD_{TC} são os usos diários da torneira da pia da cozinha por pessoa (usos/pessoa.dia), conforme a Tabela F.3;

N é o número de usuários da edificação, conforme Equação F.3.

F.4 Oferta de água não potável

A oferta de água não potável considerada neste regulamento corresponde à água de chuva, água pluvial e o reaproveitamento de água de condensação. Este item deve ser calculado pelo projetista e considerado conforme laudo técnico. Na existência de sistema de aproveitamento de água da chuva na edificação deve ser observado o disposto na norma ABNT NBR 15527. No uso de fontes alternativas de água não potável deve-se observar o disposto na norma ABNT NBR 16783.

