

1 **NBR 15575 – PARTE 1: REQUISITOS GERAIS**

2 Em cor vermelha foram destacados os trechos com as alterações mais relevantes no método proposto,
3 em relação à versão anterior (versão 4, de agosto de 2020).

5 **3 Termos e definições**

7 **3.1**

8 **abertura**

9 todos os vãos da envoltória da edificação, abertos ou com fechamento translúcido ou transparente (que
10 permitam a entrada de luz e/ou ar) incluindo, por exemplo, janelas, painéis plásticos, portas de vidro
11 (com mais da metade da área de vidro), paredes de blocos de vidro e aberturas zenitais.

13 **3.2**

14 **abertura para ventilação**

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

17 **3.3**

18 **absortância à radiação solar (α)**

19 quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente
20 sobre esta mesma superfície.

22 **3.4**

23 **ambiente**

24 espaço interno de uma edificação, fechado por superfícies sólidas que vedem do piso ao teto, tais como
25 paredes ou divisórias piso-teto, teto, piso e dispositivos operáveis, tais como janelas e portas.

27 **3.5**

28 **ambiente de permanência prolongada (APP)**

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

32 **3.6**

33 **ambiente de permanência transitória (APT)**

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

38 **3.7**

39 **ângulo vertical de sombreamento (AVS)**

40 ângulo formado entre dois planos que contêm a base da abertura: o plano vertical na base da folha de
41 vidro (ou material translúcido); e o plano formado pela extremidade mais distante da proteção solar
42 horizontal até a base da folha de vidro (ou material translúcido).

44 **3.8**

45 **ano climático típico**

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

50 **3.9**

51 **área útil da UH (AU_{UH})**

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

3.10

área útil do APP ($A_{U,APP}$)

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

3.11

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

representa a soma das áreas de superfície dos elementos transparentes do APP, em m^2 . 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.

3.12

barreira radiante

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

3.13

caixilho

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

3.14

capacidade térmica (CT)

quantidade de calor necessária para variar, em uma unidade, a temperatura de um sistema. Calculada conforme ABNT NBR 15220-2. Para a capacidade térmica de paredes externas, adota-se o termo CT_{par} .

3.15

carga térmica de aquecimento (C_{gTA})

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

3.16

carga térmica de refrigeração (C_{gTR})

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

3.17

carga térmica total (C_{gTT})

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

3.18

coeficiente de descarga (C_d)

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.

3.19

coeficiente de fluxo de ar por frestas quando a abertura está fechada

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.

3.20

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.

3.21

coeficiente de transferência térmica (H)

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.

3.22

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.

3.23

degradação

redução do desempenho devido à atuação de um ou de vários agentes de degradação.

3.24

edificação multifamiliar

edificação que possui mais de uma unidade habitacional (UH) autônoma 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.

3.25

edificação unifamiliar

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

3.26

elemento

parte de um sistema com funções específicas. Geralmente, é composto por um conjunto de componentes (por exemplo, parede de vedação de alvenaria, painel de vedação pré-fabricado, estrutura de cobertura).

3.27

elemento transparente

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

3.28

emissividade (ϵ)

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

3.29

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.

3.30

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.

1 **3.31**

2 **esquadria**

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

7 **3.32**

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

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

11 **3.33**

12 **fachada**

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

16 **3.34**

17 **fachada-cortina**

18 esquadrias interligadas e estruturadas, com função de vedação, que formam um sistema contínuo,
19 desenvolvendo-se no sentido da altura e/ou da largura da fachada da edificação, sem interrupção, por
20 pelo menos dois pavimentos.

22 **3.35**

23 **fachada leste**

24 fachada com normal à superfície voltada para a direção de 90° em sentido horário a partir do norte
25 geográfico. Fachadas em que a orientação variar de -44,9° a +45° em relação a direção de 90° serão
26 consideradas como fachada leste.

28 **3.36**

29 **fachada norte**

30 fachada com normal à superfície voltada para a direção de 0° a partir do norte geográfico. Fachadas em
31 que a orientação variar de -44,9° a +45° em relação a direção de 0° serão consideradas como fachada
32 norte.

34 **3.37**

35 **fachada oeste**

36 fachada com normal à superfície voltada para a direção de 270° em sentido horário a partir do norte
37 geográfico. Fachadas em que a orientação variar de -44,9° a +45° em relação a direção de 270° serão
38 consideradas como fachada oeste.

40 **3.38**

41 **fachada sul**

42 fachada com normal à superfície voltada para a direção de 180° em sentido horário a partir do norte
43 geográfico. Fachadas em que a orientação variar de -44,9° a +45° em relação a direção de 180° serão
44 consideradas como fachada sul.

46 **3.39**

47 **fator solar (FS)**

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

- 1 **3.40**
2 **incremento do percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura operativa**
3 **($\Delta PHFT$)**
4 diferença entre o valor de PHFT obtido pelo Modelo Real, em relação ao valor de PHFT obtido pelo
5 Modelo de Referência.
6
- 7 **3.41**
8 **incremento mínimo do percentual de horas ocupadas dentro de uma faixa de temperatura**
9 **operativa ($\Delta PHFT_{min}$)**
10 diferença mínima entre o valor de PHFT obtido pelo Modelo Real, em relação ao valor de PHFT obtido
11 pelo Modelo de Referência.
12
- 13 **3.42**
14 **janela**
15 esquadria, vertical ou inclinada, geralmente envidraçada, destinada a preencher um vão, em fachadas
16 ou não. Entre outras, sua finalidade é permitir a iluminação e/ou ventilação de um recinto para outro.
17
- 18 **3.43**
19 **manual de uso, operação e manutenção**
20 documento que reúne as informações necessárias para orientar as atividades de conservação, uso e
21 manutenção da edificação e operação dos equipamentos.
22
- 23 **3.44**
24 **manutenção**
25 conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da
26 edificação e seus sistemas constituintes, a fim de atender às necessidades e segurança dos seus
27 usuários.
28
- 29 **3.45**
30 **modelo de referência**
31 modelo de simulação computacional termoenergética, que representa a unidade habitacional avaliada,
32 adotando-se características de referência.
33
- 34 **3.46**
35 **modelo real**
36 modelo de simulação computacional termoenergética, que representa a unidade habitacional avaliada,
37 conservando suas características geométricas, propriedades térmicas e composições construtivas.
38
- 39 **3.47**
40 **padrão de ocupação**
41 número de horas em que um determinado ambiente é ocupado, considerando a dinâmica dos ambientes
42 da edificação.
43
- 44 **3.48**
45 **padrão de uso**
46 número de horas em que um determinado equipamento é utilizado.
47
- 48 **3.49**
49 **paredes externas**
50 superfícies opacas que delimitam o interior do exterior da edificação. Esta definição exclui as aberturas.
51
- 52 **3.50**
53 **paredes internas**

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

3.51

pavimento

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

3.52

pavimento de cobertura

pavimento localizado no último andar da edificação.

3.53

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.

3.54

pavimento térreo

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

3.55

pavimento tipo

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

3.56

pavimento tipo com cobertura parcialmente exposta

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

3.57

pé-direito

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

3.58

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

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

3.59

percentual de elementos transparentes ($P_{t,APP}$)

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

3.60

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.

3.61

pilotis

consiste na área aberta, sustentada por pilares, que corresponde à projeção da superfície do pavimento imediatamente acima.

3.62

ponte térmica

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

3.63

porta

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

3.64

redução da carga térmica total (RedCgTT)

redução percentual da CgTT obtida pelo Modelo Real, em relação à CgTT obtida pelo Modelo de Referência.

3.65

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.

3.66

resistência térmica de elementos e componentes (R)

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

3.67

sistema de cobertura (SC)

conjunto de elementos/componentes, dispostos no topo da construção, com a função de assegurar estanqueidade às águas pluviais e salubridade, **auxiliar na proteção dos** demais sistemas da edificação habitacional ou elementos e componentes da deterioração por agentes naturais.

3.68

sistemas de vedações verticais externas (SVVE)

partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação, como as fachadas externas.

3.69

sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE)

partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas.

3.70

temperatura de setpoint

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

3.71

temperatura operativa (To)

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

3.72

temperatura operativa anual máxima (Tomáx)

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.

3.73

temperatura operativa anual mínima (Tomín)

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.

3.74

transmitância térmica (U)

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. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da ABNT NBR 15220-2. Para a transmitância térmica de paredes externas, adota-se o termo U_{par} . A transmitância térmica de coberturas é tratada pelo termo U_{cob} .

3.75

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).

3.76

vão

abertura existente na parede, que pode receber uma esquadria.

3.77

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.

3.78

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.

1 NBR 15575 – PARTE 1: REQUISITOS GERAIS

2 11 Desempenho térmico

3 11.1 Generalidades

4 O desempenho térmico de habitações depende de seus componentes (paredes e coberturas), das áreas
5 envidraçadas e de ventilação, das cargas térmicas internas (pessoas, iluminação e equipamentos), da
6 maneira como se operam as aberturas e do clima da cidade. O Brasil possui climas variados, onde
7 estratégias bioclimáticas podem permitir que as habitações não dependam de equipamentos de
8 condicionamento artificial. Esta norma busca avaliar o desempenho térmico da habitação quando
9 operada sem condicionamento do ar, enquanto também possibilita a análise da carga térmica quando
10 condicionada artificialmente.

11 O desempenho térmico das unidades habitacionais (UHs) é caracterizado por meio da delimitação de
12 três níveis de desempenho: Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S). É de caráter obrigatório o
13 atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos para o nível de desempenho Mínimo. O
14 atendimento aos níveis de desempenho Intermediário e Superior é facultativo.

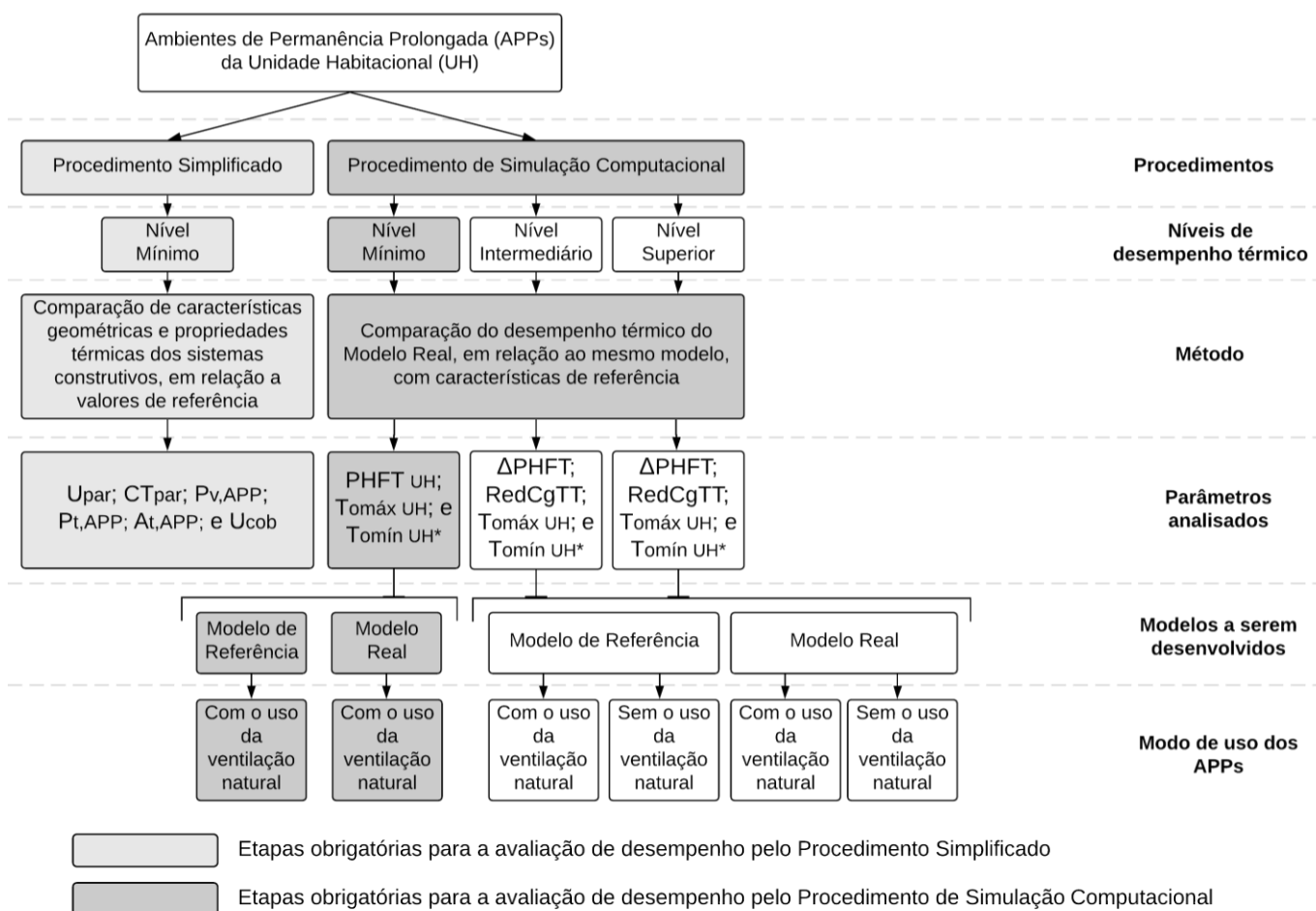
15 A avaliação de desempenho térmico deve ser realizada para os ambientes de permanência prolongada
16 (APPs) da unidade habitacional. Quando avaliadas unidades habitacionais de edificações
17 multifamiliares, devem ser considerados o pavimento térreo, o(s) pavimento(s) tipo e o pavimento de
18 cobertura. Todas as UHs destes pavimentos devem ser consideradas.

19 O desempenho térmico da UH deverá ser analisado considerando um dos dois procedimentos:

20 — O Procedimento Simplificado avalia o desempenho térmico da UH por meio da comparação de
21 características geométricas dos APPs e de propriedades térmicas dos sistemas construtivos, em
22 relação a valores de referência destes parâmetros. Este procedimento estabelece o atendimento
23 aos requisitos e critérios para sistemas de vedações verticais externas (SVVEs) e de coberturas,
24 descritos no item 11 da ABNT NBR 15575-4 e no item 11 da ABNT NBR 15575-5, respectivamente.
25 No caso do não atendimento de algum dos critérios do Procedimento Simplificado, por um ou mais
26 APPs, toda a avaliação da UH deverá ser realizada por meio do Procedimento de Simulação
27 Computacional. No caso de edificações multifamiliares, o mesmo procedimento deve ser adotado
28 para todas as UHs. O Procedimento Simplificado permite a análise de desempenho térmico para a
29 obtenção do nível Mínimo, de caráter obrigatório. O atendimento aos níveis Intermediário e Superior
30 deve ser avaliado por meio do Procedimento de Simulação Computacional.

31 — O Procedimento de Simulação Computacional avalia o desempenho térmico da UH por meio do
32 desenvolvimento de modelos computacionais em um programa compatível com as características
33 descritas no item 11.4.1 da ABNT NBR 15575-1. Este procedimento estabelece as condições para
34 o desenvolvimento de dois modelos, Real e de Referência, que devem ser comparados de acordo
35 com os critérios descritos no item 11.4 desta norma. O Procedimento de Simulação Computacional
36 permite a avaliação da UH para o atendimento aos níveis Mínimo, Intermediário e Superior.

37 A Figura 1 resume as principais características dos procedimentos de avaliação de desempenho
38 térmico, cujos detalhamentos são apresentados nos itens 11.3 e 11.4 desta norma, assim como na
39 ABNT NBR 15575-4 e na ABNT NBR 15575-5.



*Necessário apenas para as zonas bioclimáticas 1, 2, 3 e 4

Figura 1 – Procedimentos de avaliação de desempenho térmico

11.2 Métodos de medição de propriedades térmicas de materiais e elementos construtivos

Na composição de materiais para a avaliação do desempenho térmico pelo Procedimento Simplificado e pelo Procedimento de Simulação Computacional, deve-se adotar os processos descritos neste item para a determinação das propriedades térmicas de materiais e/ou sistemas construtivos.

A condutividade térmica deve ser determinada por meio de medição laboratorial, conforme método indicado na Tabela 1, ou por comprovação do fabricante. Para materiais com condutividades térmicas acima de 0,3 W/(m.K), permite-se a estimativa da condutividade a partir da densidade de massa aparente, utilizando os dados da Tabela B.3 da ABNT NBR 15220-2.

As barreiras radiantes devem ser submetidas a ensaio de envelhecimento acelerado com névoa salina, seguindo a Norma ASTM D5994 – 2016, antes que os ensaios térmicos e/ou ópticos sejam realizados.

Para determinar a absorvância à radiação solar das superfícies, deve-se utilizar os métodos normalizados indicados na Tabela 1, considerando as faixas do espectro solar UV-VIS-NIR (ultravioleta, visível e infravermelho próximo).

A absorvância dos materiais altera-se ao longo do tempo. Em produtos orgânicos, como tintas poliméricas e plásticos, a degradação combina a deposição de poeira e o crescimento microbiano (fungos e bactérias), com a degradação superficial do polímero e dos pigmentos. Produtos inorgânicos não-metálicos de baixa porosidade e rugosidade são mais estáveis, desde que sejam oferecidas condições seguras para a lavagem periódica das superfícies. A degradação pode ser desconsiderada para superfícies cujos materiais não sofrerem alteração da absorvância à radiação solar ao longo do tempo, desde que apresentada justificativa técnica fundamentada.

1 A determinação do valor da absorvância à radiação solar é normalmente realizada a partir de medições
2 do produto novo. Desta forma, quando adotados os procedimentos para a análise de desempenho
3 térmico, recomenda-se observar o efeito da degradação sobre os valores de absorvância, de modo a
4 melhor refletir o comportamento térmico da unidade habitacional no período de ocorrência de
5 intervenções de manutenção, previstas no Manual de Uso, Operação e Manutenção. O Anexo A.1, de
6 caráter informativo, apresenta sugestões para a análise da degradação.

7 **Tabela 1 - Métodos de medição de propriedades térmicas de materiais e elementos construtivos**

Propriedade	Determinação
Condutividade térmica	ASTM C518, ASTM C177, ASTM C1363, ISO 8301, ISO 8302, ISO 8990
Calor específico	ASTM E1269, ASTM D4611
Densidade de massa aparente	ASTM D854
Emissividade	ASTM C1371
Absorvância à radiação solar	ASTM C1549, ASTM E903, ASTM E1918
Resistência ou transmitância térmica de elementos	ABNT NBR 15220
Fator solar e características espectrais de vidros (transmitância, refletância, absorvância e emitância)	ASTM E903, ASTM E1585, ISO 9050, EN 410, EN 12898, NFRC 300, NFRC 301, ASHRAE 74-1988

8 11.3 Procedimento simplificado

9 O Procedimento Simplificado avalia os sistemas de vedações verticais externas (SVVEs) quanto aos
10 valores de transmitância térmica (U_{par}), capacidade térmica (CT_{par}), percentual de abertura para
11 ventilação ($P_{v,APP}$), percentual de elementos transparentes ($P_{t,APP}$) e área de superfície dos elementos
12 transparente ($A_{t,APP}$), em relação a critérios que indicam valores de referência para estes parâmetros. Os
13 requisitos e critérios aplicados aos SVVEs são descritos no item 11 da ABNT NBR 15575-4.

14 As coberturas são avaliadas no Procedimento Simplificado quanto a sua transmitância térmica (U_{cob}),
15 adotando-se o mesmo procedimento de comparação com um valor de referência. Os requisitos e
16 critérios aplicados às coberturas são descritos no item 11 da ABNT NBR 15575-5.

17 11.4 Procedimento de simulação computacional

18 O Procedimento de Simulação Computacional avalia o desempenho térmico anual da envoltória da
19 edificação, em relação à esta envoltória com características de referência. Neste procedimento devem
20 ser elaborados dois modelos:

- 21 — O Modelo Real, que conserva as características geométricas da UH, as propriedades térmicas e
22 composições dos elementos transparentes, paredes e cobertura;
- 23 — O Modelo de Referência, que representa a edificação avaliada, mas com características de
24 referência, conforme determinado no item 11.4.7.2 desta norma.

25 Quando avaliado o desempenho térmico para o atendimento do nível Mínimo, os Modelos Real e de
26 Referência devem ser simulados considerando somente o uso da ventilação natural nos APPs. Para a
27 obtenção dos níveis Intermediário e Superior, os Modelos Real e de Referência devem ser simulados
28 em duas condições de utilização dos APPs:

- 29 — 1. Com o uso da ventilação natural; e
- 30 — 2. Sem o uso da ventilação natural.

31 A partir da simulação 1, com o uso da ventilação natural, devem ser determinados:

- 1 — O percentual de horas ocupadas dos APPs dentro de uma faixa de temperatura operativa
2 (PHFT_{APP}). A faixa de temperatura operativa considerada varia com o clima local, sendo possíveis
3 três intervalos: de 18°C a 26°C, até 28°C e até 30°C;
- 4 — A temperatura operativa anual máxima (Tomáx_{APP}) de cada APP, considerando apenas os períodos
5 de ocupação do APP. Quando a edificação estiver localizada nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4
6 (ABNT NBR 15220-3), também deve ser determinada a temperatura operativa anual mínima
7 (Tomín_{APP}) de cada APP, considerando apenas os períodos de ocupação do APP.
- 8 A partir dos valores de PHFT_{APP}, Tomáx_{APP} e Tomín_{APP} para cada APP, deve-se determinar o PHFT_{UH},
9 Tomáx_{UH} e Tomín_{UH} da UH. O item 11.4.7.6 desta norma descreve o cálculo do PHFT_{UH}, enquanto o
10 item 11.4.7.7 descreve a determinação da Tomáx_{UH} e da Tomín_{UH}.
- 11 A partir da simulação 2, sem o uso da ventilação natural, devem ser determinados:
- 12 — O somatório anual dos valores horários da carga térmica de refrigeração (CgTR_{APP}), conforme o
13 processo descrito no item 11.4.7.5 desta norma.
- 14 — O somatório anual dos valores horários da carga térmica de aquecimento (CgTA_{APP}), conforme o
15 processo descrito no item 11.4.7.5 desta norma. A consideração da carga térmica de aquecimento
16 somente é necessária quando avaliadas edificações localizadas em climas que se enquadram no
17 Intervalo 1 da Tabela 2, ou seja, que possuam média anual da temperatura externa de bulbo seco
18 inferior a 25,0°C.
- 19 A partir dos valores de CgTR_{APP} e CgTA_{APP} para cada APP, deve-se determinar o somatório anual dos
20 valores horários da carga térmica total da UH (CgTT_{UH}), conforme item 11.4.7.8 desta norma.
- 21 O Procedimento de Simulação Computacional permite a avaliação dos três níveis de desempenho
22 térmico: Mínimo (M), Intermediário (I) e Superior (S). A obtenção do nível Mínimo é obrigatória,
23 enquanto a obtenção dos níveis Intermediário ou Superior é facultativa. Os níveis de desempenho
24 térmico da UH são definidos a partir dos seguintes critérios:
- 25 — Mínimo, que avalia o PHFT_{UH} e a temperatura operativa anual máxima (Tomáx_{UH}) da UH do Modelo
26 Real, em relação ao Modelo de Referência. Para edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1,
27 2, 3 ou 4, também deve ser avaliada a temperatura operativa anual mínima (Tomín_{UH});
- 28 — Intermediário, que avalia o Modelo Real no atendimento dos critérios do nível Mínimo, assim como
29 quanto ao incremento do PHFT_{UH} e à redução da carga térmica total (CgTT_{UH}) do Modelo Real, em
30 relação ao Modelo de Referência;
- 31 — Superior, que avalia o Modelo Real no atendimento dos critérios do nível Mínimo, assim como
32 quanto ao incremento do PHFT_{UH} e à redução da carga térmica total (CgTT_{UH}) do Modelo Real, em
33 relação ao Modelo de Referência. Em comparação com o nível Intermediário, o atendimento ao
34 nível Superior diferencia-se na obtenção de reduções mais elevadas da carga térmica total
35 (CgTT_{UH}).
- 36 Caso um ou mais APPs da UH adotem soluções construtivas que impossibilitem o uso de sistemas de
37 condicionamento de ar (como aberturas fixas para ventilação sem a possibilidade de fechamento), estes
38 podem ser analisados apenas quanto ao seu PHFT_{APP}, Tomáx_{APP} e Tomín_{APP}. Os demais APPs da UH
39 devem incluir a modelagem do sistema de condicionamento de ar, quando avaliado o atendimento dos
40 níveis Intermediário e Superior.
- 41 Caso ateste-se que a UH em análise não necessita do uso de sistemas de climatização de ar, ao longo
42 de todo o ano, o nível Superior de desempenho térmico pode ser obtido se o PHFT_{UH} do Modelo Real
43 for igual ou superior à 95%. O Modelo Real também deve atender ao critério de temperaturas operativas
44 anuais máxima e mínima (Tomáx_{UH} e Tomín_{UH}), conforme descrito no item 11.4.5.

1 11.4.1 Características do programa de simulação computacional

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

- 7 — Ser validado pela ASHRAE Standard 140;
- 8 — Modelar efeitos de inércia térmica;
- 9 — Modelar trocas de calor entre a edificação e o solo;
- 10 — Calcular cargas térmicas latente e sensível;
- 11 — Ser capaz de simular o sombreamento proveniente de elementos externos às zonas térmicas, como
- 12 brises, sacadas e o entorno;
- 13 — Ser capaz de simular os efeitos da ventilação cruzada em um ambiente, ou entre dois ou mais
- 14 ambientes.

15 11.4.2 Características do arquivo climático

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

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

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

- 25 — Temperatura de bulbo seco (°C);
- 26 — Temperatura do ponto de orvalho (°C);
- 27 — Umidade relativa (%);
- 28 — Pressão atmosférica (Pa);
- 29 — Intensidade de radiação horizontal de onda longa (Wh/m²);
- 30 — Radiação horizontal global (Wh/m²);
- 31 — Radiação normal direta (Wh/m²);
- 32 — Radiação horizontal difusa (Wh/m²);
- 33 — Direção do vento (°), considerando o sentido horário a partir da direção Norte;
- 34 — Velocidade do vento (m/s).

35 11.4.3 Requisito – Desempenho térmico da envoltória

36 A envoltória da unidade habitacional (UH) deve apresentar desempenho térmico que atenda aos
37 critérios descritos nos itens 11.4.4, 11.4.5 e 11.4.6 desta norma, quando comparado com o desempenho
38 térmico da envoltória com características de referência.

39 A avaliação dos critérios descritos nos itens 11.4.4 e 11.4.6 desta norma é definida com base em
40 intervalos de temperaturas externas. A identificação do intervalo a ser considerado para cada clima é

- 1 realizada por meio da média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBS_m) do arquivo climático
2 utilizado, conforme apresentado na Tabela 2. Deve-se considerar o arredondamento do valor de TBS_m
3 obtido, adotando uma casa decimal.

4 **Tabela 2 - 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	$TBS_m \geq 27,0^{\circ}\text{C}$

5 **11.4.4 Critério – Percentual de horas ocupadas da UH dentro da faixa de temperatura operativa**
6 **($PHFT_{UH}$)**

- 7 Este critério avalia o percentual de horas em que a UH encontra-se dentro de uma faixa de temperatura
8 operativa ($PHFT_{UH}$). O $PHFT_{UH}$ é resultado da avaliação individual de cada APP ($PHFT_{APP}$) desta UH,
9 durante o seu respectivo período de ocupação, de acordo com as faixas de temperaturas operativas da
10 Tabela 3. Os procedimentos de determinação do $PHFT_{APP}$ e do $PHFT_{UH}$ são descritos nos itens 11.4.7.5
11 e 11.4.7.6 desta norma, respectivamente.

12 **Tabela 3 - 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	$T_{OAPP} < 30,0^{\circ}\text{C}$

T_{OAPP} é a temperatura operativa do APP, que atende aos limites estabelecidos nesta tabela.

- 13 Para o atendimento ao critério de $PHFT_{UH}$ no nível Mínimo (M), o Modelo Real de simulação
14 computacional deve apresentar, ao longo de um ano e durante os períodos de ocupação dos APPs,
15 $PHFT_{UH,real}$ que seja superior a 90% do obtido para o Modelo de Referência ($PHFT_{UH,ref}$).

- 16 O atendimento ao critério de $PHFT_{UH}$, nos níveis Intermediário (I) e Superior (S), é realizado por meio de
17 um incremento do $PHFT_{UH,real}$ ($\Delta PHFT$), em relação ao $PHFT_{UH,ref}$, conforme apresentado na Tabela 4. O
18 valor referente ao $\Delta PHFT_{min}$, que representa o incremento mínimo do $PHFT_{UH,real}$ para o atendimento
19 aos níveis de desempenho, é fornecido na Tabela 20 (desempenho Intermediário) e na Tabela 21
20 (desempenho Superior).

21 **Tabela 4 - Critério de avaliação de desempenho térmico da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$**

Nível de desempenho	Critério
Mínimo (M)	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$
Intermediário (I)	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$
Superior (S)	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$

$\Delta PHFT$ é o incremento do $PHFT_{UH,real}$, em relação ao $PHFT_{UH,ref}$
 $\Delta PHFT_{min}$ é o incremento mínimo do $PHFT_{UH,real}$, em relação ao $PHFT_{UH,ref}$, com valor obtido por meio da Tabela 20, para o nível Intermediário, e da Tabela 21, para o nível Superior.

22 **11.4.5 Critério – Temperaturas operativas anuais máxima e mínima da UH ($Tomáx_{UH}$ e $Tomín_{UH}$)**

- 23 Este critério avalia as temperaturas operativas anuais máxima ($Tomáx_{UH}$) e mínima ($Tomín_{UH}$) da UH,
24 que devem ser obtidas considerando-se os períodos de ocupação dos APPs. O procedimento de

1 determinação das temperaturas operativas anuais máxima e mínima da UH é descrito no item 11.4.7.7
2 desta norma.

3 Para todos os níveis de desempenho, Mínimo, Intermediário ou Superior, em todas as zonas
4 bioclimáticas, a temperatura operativa anual máxima do Modelo Real deve ser menor ou igual à obtida
5 para o Modelo de Referência, após somado um valor de tolerância ($\Delta Tomáx$), conforme equação:

$$6 \quad Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + \Delta Tomáx$$

7 Onde:

8 $Tomáx_{UH,real}$ é a temperatura operativa anual máxima da UH no Modelo Real ($^{\circ}C$);

9 $Tomáx_{UH,ref}$ é a temperatura operativa anual máxima da UH no Modelo de Referência ($^{\circ}C$);

10 $\Delta Tomáx$ é o valor de tolerância da temperatura operativa anual máxima ($^{\circ}C$).

11 Deve-se considerar $\Delta Tomáx$ igual a $2^{\circ}C$ para UHs unifamiliares e para UHs em edificações
12 multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura. Para UHs em edificações multifamiliares
13 localizadas nos pavimentos térreo ou tipo, deve-se adotar $\Delta Tomáx$ igual a $1^{\circ}C$.

14 A temperatura operativa anual mínima deve ser analisada nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4, onde a
15 $Tomín_{UH}$ do Modelo Real deverá ser igual ou superior à $Tomín_{UH}$ do Modelo de Referência, após
16 reduzido um valor de tolerância ($\Delta Tomín$). Deve-se adotar $\Delta Tomín$ igual a $1^{\circ}C$ para todas as UHs
17 avaliadas. O critério de temperatura operativa anual mínima é descrito pela equação:

$$18 \quad Tomín_{UH,real} \geq Tomín_{UH,ref} - \Delta Tomín$$

19 Onde:

20 $Tomín_{UH,real}$ é a temperatura operativa anual mínima da UH no Modelo Real ($^{\circ}C$);

21 $Tomín_{UH,ref}$ é a temperatura operativa anual mínima da UH no Modelo de Referência ($^{\circ}C$);

22 $\Delta Tomín$ é o valor de tolerância da temperatura operativa anual mínima ($^{\circ}C$).

23 **11.4.6 Critério – Carga térmica total da UH ($CgTT_{UH}$)**

24 Este critério avalia a carga térmica total da UH ($CgTT_{UH}$) no modelo de simulação sem o uso da
25 ventilação natural, nos períodos em que os APPs do modelo com o uso de ventilação natural estiverem
26 ocupados e com temperaturas operativas dentro dos limites determinados na Tabela 5. A $CgTT_{UH}$ é
27 resultado da avaliação individual das cargas térmicas de refrigeração e aquecimento de cada APP da
28 UH ($CgTR_{APP}$ e $CgTA_{APP}$), cujos cálculos são descritos no item 11.4.7.5 desta norma. O procedimento de
29 determinação da $CgTR_{UH}$, da $CgTA_{UH}$ e da $CgTT_{UH}$ é descrito no item 11.4.7.8 desta norma.

30 **Tabela 5 - 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	$To_{APP} \geq 26,0^{\circ}C$	$To_{APP} \leq 18,0^{\circ}C$
Intervalo 2	$To_{APP} \geq 28,0^{\circ}C$	Não considera
Intervalo 3	$To_{APP} \geq 30,0^{\circ}C$	Não considera
To_{APP} é a temperatura operativa do APP considerada para o cálculo da $CgTR_{APP}$ e da $CgTA_{APP}$.		

31 O critério da $CgTT_{UH}$ é considerado nos níveis de desempenho Intermediário e Superior, de caráter não
32 obrigatório, conforme Tabela 6. O valor da $RedCgTT_{min}$, fornecido na Tabela 20 (desempenho

1 Intermediário) e na Tabela 21 (desempenho Superior), representa o percentual mínimo de redução da
2 $CgTT_{UH,real}$, em relação à $CgTT_{UH,ref}$.

3 **Tabela 6 - Critério de avaliação de desempenho térmico da envoltória quanto à $CgTT_{UH}$**

Nível de desempenho	Critério
Mínimo (M)	Não considera
Intermediário (I)	$RedCgTT \geq RedCgTT_{min}$
Superior (S)	$RedCgTT \geq RedCgTT_{min}$

RedCgTT é a redução da carga térmica total do Modelo Real ($CgTT_{UH,real}$), em relação à Referência ($CgTT_{UH,ref}$).
RedCgTT_{min} é a redução mínima da $CgTT_{UH,real}$, em relação à referência ($CgTT_{UH,ref}$), com valor obtido por meio da Tabela 20, para o nível Intermediário, e da Tabela 21, para o nível Superior.

4 11.4.7 Método de avaliação

5 Este item descreve o método para a modelagem, simulação e avaliação da UH.

6 11.4.7.1 Modelagem da unidade habitacional

7 O Procedimento de Simulação Computacional requer a modelagem de toda a UH, incluindo ambientes
8 de permanência prolongada (APPs) e ambientes de permanência transitória (APT). Quando avaliadas
9 unidades habitacionais de edificações multifamiliares, devem ser considerados o pavimento térreo, o(s)
10 pavimento(s) tipo e o pavimento de cobertura. Todas as UHs destes pavimentos devem ser
11 consideradas, conforme ilustra a Figura 2.

12 Pavimentos tipo sequenciais, idênticos quanto à geometria e às características construtivas, podem ser
13 modelados uma única vez, tendo os resultados de suas UHs atribuídos às respectivas UHs localizadas
14 nos demais pavimentos tipo. Pavimentos tipo com cobertura parcialmente exposta devem ser
15 modelados individualmente. Quando existentes, pavimentos no subsolo devem ser representados.

16 Em edificações multifamiliares, pavimentos que não possuem unidades habitacionais são tratados como
17 pavimentos não residenciais. Estes pavimentos devem ser modelados considerando a volumetria total
18 como um único ambiente, que deve ser representado como APT.

Corte esquemático da edificação		Número de pavimentos a serem representados na modelagem computacional
Uso residencial	Pavimento de cobertura	Modelagem de todas as UHs
Uso residencial	Agrupamento de pavimentos idênticos*: Pavimento tipo 5	Modelagem de todas as UHs
Uso residencial		
Uso residencial	Pavimento tipo 4 (cobertura parcialmente exposta)	Modelagem de todas as UHs
Uso residencial	Pavimento tipo 3	Modelagem de todas as UHs
Uso não residencial	Pavimento tipo 2	Representação como APT
Uso residencial	Agrupamento de pavimentos idênticos*: Pavimento tipo 1	Modelagem de todas as UHs
Uso residencial		
Uso não residencial	Pavimento térreo	Representação como APT

Superfície do solo

19 *Idênticos quanto à geometria e características construtivas

20 **Figura 2 – Exemplo da delimitação dos pavimentos a serem representados no modelo computacional**

- 1 Para a análise do desempenho térmico da UH, devem ser elaborados dois modelos computacionais da
2 edificação: 1. Modelo Real; e 2. Modelo de Referência.
- 3 O Modelo Real deve representar a edificação a ser analisada, conforme suas características
4 volumétricas, percentuais de elementos transparentes e de aberturas para ventilação, propriedades
5 térmicas dos sistemas construtivos e presença de elementos de sombreamento externos fixos na
6 fachada, quando existentes (por exemplo, brises, beirais e venezianas).
- 7 O Modelo de Referência deve representar a edificação a ser analisada, adotando-se características de
8 referência. Este modelo deve manter a volumetria do Modelo Real, alterando os percentuais de
9 elementos transparentes e de aberturas para ventilação e as propriedades térmicas dos sistemas
10 construtivos, conforme descrito no item 11.4.7.2 desta norma.
- 11 No Modelo de Referência não são considerados os elementos de sombreamento externos fixos na
12 fachada, como brises e venezianas, assim como não deve ser considerada a presença de sacadas.
- 13 No Modelo Real e no Modelo de Referência, janelas e portas com elementos transparentes devem ser
14 representadas considerando as áreas de superfície com transparência, assim como considerando a
15 parcela correspondente aos caixilhos. No Modelo de Referência, as características das esquadrias
16 devem adotar valores de referência, conforme apresentado no item 11.4.7.2 desta norma. Caso a
17 especificação dos caixilhos não esteja disponível no projeto, o Modelo Real deve adotar as mesmas
18 características dos caixilhos do Modelo de Referência.
- 19 Os modelos devem preservar as características de volume interno, áreas de superfícies expostas ao
20 exterior, norte geográfico e área útil total dos ambientes da edificação projetada. O Modelo Real e o
21 Modelo de Referência devem possuir a mesma divisão de ambientes. Quando existente, o ático entre
22 laje e cobertura pode ser modelado como um ambiente.
- 23 Quando houver espaços internos ligados por áreas de circulação, sem a presença de portas, deve-se
24 considerar a área de circulação integrada ao ambiente. No caso de cozinhas e salas conjugadas, deve-
25 se modelar os dois espaços internos no mesmo ambiente, considerando as definições para o ambiente
26 sala.
- 27 Os espaços internos comuns das edificações multifamiliares, tais como circulação vertical, corredores,
28 *hall* de entrada e similares, podem ser agrupados e modelados em um único ambiente, considerando as
29 características de APTs.
- 30 O Modelo Real e o Modelo de Referência devem manter a mesma condição de contato com o solo.
- 31 No caso de sistema construtivo sobre pilotis, deve-se considerar o piso do pavimento exposto às
32 condições externas, sem o ganho de calor pela incidência de radiação solar direta e considerando a
33 influência das ações do vento.
- 34 No Modelo Real, deve ser avaliada a ocorrência de pontes térmicas nas superfícies externas que
35 compõem os APPs. Quando estiver presente, na composição das superfícies externas, qualquer
36 elemento com coeficiente de transferência térmica ($H_{el,i}$) que represente mais do que 20% do coeficiente
37 de transferência térmica total (H_{total}) da superfície, este elemento deve ser considerado na modelagem.
38 O coeficiente de transferência térmica ($H_{el,i}$) deve ser calculado por meio da equação:
- 39
$$H_{el,i} = A_{el,i} \cdot U_{el,i}$$
- 40 Onde:
- 41 $H_{e,i}$ é o coeficiente de transferência térmica de um elemento i da superfície externa (W/K);
- 42 $A_{el,i}$ é a área de superfície do elemento i (m²);
- 43 $U_{el,i}$ é a transmitância térmica do elemento i (W/(m².K)).
- 44 O coeficiente de transferência térmica total (H_{total}) deve ser calculado por meio da equação:

$$H_{total} = \sum_{i=1}^n H_{el,i}$$

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.

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

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.

O entorno da edificação deve ser considerado, identicamente, no Modelo Real e no Modelo de Referência. Devem ser representadas, no Modelo Real e no Modelo de Referência, 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 norma, 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 normativos 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.

O Modelo Real e o Modelo de Referência devem ser simulados com o mesmo programa de simulação computacional, na mesma versão do programa e com o mesmo arquivo climático. Deve ser desconsiderada a ocorrência de precipitação de chuva em ambos os modelos, Real e de Referência.

11.4.7.2 Características do modelo de referência

No Modelo de Referência deve-se 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 7. O piso de todos os pavimentos, assim como as paredes internas e externas, devem apresentar essas características no Modelo de Referência.

Tabela 7 – 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

1 O Modelo de Referência deve adotar a cobertura externa composta de telha com 6 mm de espessura,
2 câmara de ar com resistência térmica de 0,21 (m².K)/W e laje com 100 mm de espessura, conforme as
3 propriedades térmicas descritas na Tabela 8. Quando avaliada uma edificação localizada na zona
4 bioclimática 8, deve-se considerar sobre a laje o uso de isolamento com resistência térmica igual a
5 0,67 (m².K)/W, conforme Tabela 9.

6 **Tabela 8 – 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

7 **Tabela 9 – Propriedades térmicas do material de isolamento da cobertura para o Modelo de Referência na**
8 **zona bioclimática 8**

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

9 Os elementos transparentes da envoltória do APP são descritos pelo percentual da área destes
10 elementos, em relação à área útil do APP. O percentual de elementos transparentes ($P_{t,APP}$) deve ser
11 calculado de acordo com a seguinte equação:

$$12 \quad P_{t,APP} = 100 \cdot \frac{(A_{t,APP})}{(AU_{APP})}$$

13 Onde:

14 $P_{t,APP}$ é o percentual de elementos transparentes na envoltória do APP (%);

15 $A_{t,APP}$ é a área de superfície dos elementos transparentes do APP (m²);

16 AU_{APP} é a área útil do APP (m²).

17 A área útil do APP (AU_{APP}) deve considerar todo o ambiente delimitado por este APP. Em espaços
18 internos integrados, sem a presença de divisões por paredes ou portas, deve-se considerar a soma das
19 áreas úteis desses espaços, resultando na área útil do ambiente. Podem ser considerados espaços
20 integrados: salas e cozinhas conjugadas, salas com corredor ou *hall* de entrada, ou condições similares,
21 desde que compreendidas por um único ambiente.

22 Para os APPs com duas ou mais aberturas com elementos transparentes, o valor de $A_{t,APP}$ equivale ao
23 somatório das áreas de superfície dos elementos transparentes das aberturas.

24 A representação dos elementos transparentes da edificação no Modelo de Referência deve ser
25 realizada a partir do redimensionamento das áreas destes elementos, de modo a atender o especificado
26 para o percentual de elementos transparentes ($P_{t,APP}$) da Tabela 10. O posicionamento dos elementos
27 transparentes do Modelo de Referência deve respeitar os mesmos centros geométricos dos respectivos
28 elementos transparentes do Modelo Real.

1 Caso a envoltória do APP possua dois ou mais elementos transparentes, o redimensionamento destes
2 elementos, para o Modelo de Referência, deve ser realizado de forma proporcional às suas áreas reais,
3 respeitando a especificação do $P_{t,APP}$ na Tabela 10.

4 Após o redimensionamento dos elementos transparentes no Modelo de Referência, deve ser
5 considerada uma abertura para ventilação de 45% para cada elemento. A multiplicação do $P_{t,APP}$, na
6 condição de referência, pelo fator de ventilação (FV) de 45% deve levar ao percentual de abertura para
7 ventilação ($P_{v,APP}$) estabelecido na Tabela 11. O percentual de abertura para ventilação ($P_{v,APP}$) deve ser
8 calculado por meio da equação:

$$9 \quad P_{v,APP} = 100 \cdot \frac{(A_{v,APP})}{(AU_{APP})}$$

10 Onde:

11 $P_{v,APP}$ é o percentual de abertura para ventilação do APP (%);

12 $A_{v,APP}$ é a área efetiva de abertura para ventilação do APP (m²);

13 AU_{APP} é a área útil do APP (m²).

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

17 No cálculo da área efetiva de abertura para ventilação do APP, devem ser desconsideradas as áreas de
18 portas internas.

19 Quando o APP possuir portas balcão ou semelhantes, com elementos transparentes e fixadas na
20 parede externa, toda a área de abertura resultante do deslocamento da folha móvel da porta deve ser
21 considerada.

22 A modelagem da forma de abertura (pivotante, de correr, entre outras) de janelas e portas deve ser
23 considerada igualmente para o Modelo Real e para o Modelo de Referência, respeitando os limites
24 descritos para a condição de referência.

25 Nas portas externas, constituídas de elementos transparentes e pertencentes aos APPs, deve-se utilizar
26 os percentuais descritos na Tabela 10 para modelar a abertura na condição de referência, mesmo que
27 suas proporções finais resultem em dimensões incompatíveis com as de uma porta usual.

28 As portas constituídas exclusivamente de elementos opacos devem apresentar a mesma geometria e as
29 propriedades térmicas das portas do Modelo Real. A existência de outras aberturas para a ventilação do
30 APP, como grelhas e chaminés, deve ser considerada apenas no Modelo Real.

31 No Modelo de Referência, o fator solar e a transmitância térmica dos elementos transparentes do APP
32 devem ser considerados com os valores da Tabela 10. O Modelo de Referência deve preservar o $P_{t,APP}$
33 da Tabela 10 e modelar os perfis da esquadria ao redor de cada elemento transparente, considerando
34 as características da Tabela 12. A esquadria deve ser representada por uma única folha, considerando
35 somente montantes e travessas adjacentes ao vão de abertura. Definições dos tipos de esquadrias e de
36 suas partes devem ser verificadas na ABNT NBR 10821-1.

37 **Tabela 10 – 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

38

Tabela 11 – 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

Tabela 12 – 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

O percentual de elementos transparentes, percentual de abertura para ventilação, transmitância térmica e fator solar dos elementos transparentes de ambientes de permanência transitória (APTs) devem ser modelados da mesma maneira para o Modelo Real e para o Modelo de Referência, considerando as características do Modelo Real.

Os dados de entrada não mencionados anteriormente devem ser modelados da mesma maneira para o Modelo Real e para o Modelo de Referência, respeitando as características do Modelo Real.

11.4.7.3 Modelagem da ocupação e das cargas internas

A modelagem da edificação deve considerar a ocorrência de cargas internas, por meio da ocupação dos usuários nos APPs e do uso de iluminação artificial e de equipamentos. A modelagem da ocupação e das cargas internas deve ser realizada igualmente para o Modelo Real e para o Modelo de Referência, conforme os padrões de uso estabelecidos na Tabela 13 até a Tabela 17.

O padrão de ocupação de salas e dormitórios, o calor dissipado por cada ocupante e sua fração radiante devem ser os mesmos para todos os dias do ano, incluindo finais de semana, conforme os valores descritos na Tabela 13 e na Tabela 14.

Quando um APP for utilizado como sala e como dormitório (por exemplo, quitinetes, *lofts* e similares), este deve ser modelado considerando o uso misto. Em APPs com uso misto, o padrão de ocupação corresponde à união, dentro do mesmo modelo de simulação, dos períodos ocupados em ambientes do tipo sala e do tipo dormitório (Tabela 13), considerando duas taxas metabólicas que dependem do horário (Tabela 14). O APP com uso misto também considera a utilização da iluminação artificial conforme a Tabela 15 e a Tabela 16, assim como considera o uso de equipamentos (Tabela 17).

1

Tabela 13 – Padrões de ocupação diários dos APPs

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

Nota 1: Considerar a quantidade de 2 ocupantes (100% da ocupação) por dormitório existente na edificação, excluindo-se dependências de empregados.

Nota 2: O valor total (100%) de ocupantes da sala é definido em função do número de dormitórios. Para cada dormitório, considerar 2 ocupantes na sala, respeitando um limite máximo de 4 ocupantes. Na ocorrência de maior número de ocupantes, estes devem ser desconsiderados no período de ocupação da sala, respeitando-se o limite de 4 ocupantes.

Nota 3: Na condição de uso misto o valor de ocupação igual a 100% é equivalente a 2 ocupantes no APP.

2

Tabela 14 – Taxa metabólica 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 às 07:59 e 22:00 às 23:59	Dormindo ou descansando	45	81	0,30
Sala	14:00 às 21:59	Sentado ou assistindo TV	60	108	0,30
Uso misto	00:00 às 07:59 e 22:00 às 23:59	Dormindo ou descansando	45	81	0,30
	14:00 às 21:59	Sentado ou assistindo TV	60	108	0,30

1 O padrão de uso do sistema de iluminação artificial deve ser o mesmo para todos os dias do ano,
2 incluindo finais de semana, conforme valores descritos na Tabela 15. O valor de densidade de potência
3 instalada de iluminação (DPI) e os valores de fração radiante e visível devem estar de acordo com a
4 Tabela 16.

5 **Tabela 15 – Padrões de uso do sistema de iluminação artificial dos APPs**

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

6 **Tabela 16 – Densidade de potência instalada, fração radiante e fração visível para o sistema de iluminação**

Ambiente	DPI (W/m²)	Fração radiante	Fração visível
Dormitório	5,00	0,32	0,23
Sala	5,00	0,32	0,23
Uso misto	5,00	0,32	0,23

7 A carga interna dos equipamentos deve ser adicionada apenas nos APPs referentes às salas, ou
8 quando considerado uso misto, conforme o período de uso. Os valores de densidade de cargas internas
9 e da fração radiante são descritos na Tabela 17. O padrão de uso de equipamentos deve ser
10 considerado para todos os dias do ano, incluindo finais de semana.

1 Tabela 17 – Período de uso, densidade de cargas internas e fração radiante para equipamentos dos APPs

Ambiente	Período de uso	Potência (W)	Fração radiante
Sala	14:00 – 21:59	120	0,30
Uso misto	14:00 – 21:59	120	0,30

2 11.4.7.4 Modelagem com e sem o uso da ventilação natural

3 O Modelo Real e o Modelo de Referência podem ser simulados com duas maneiras de utilização dos
4 APPs:

- 5 — Com o uso da ventilação natural, para a determinação do $PHFT_{UH}$ e das temperaturas operativas
6 anuais máxima ($Tomá_{UH}$) e mínima ($Tomín_{UH}$), necessários para as avaliações de todos os níveis
7 de desempenho térmico;
- 8 — Sem o uso da ventilação natural, para o cálculo das cargas térmicas anuais de refrigeração
9 ($CgTR_{UH}$) e de aquecimento ($CgTA_{UH}$), necessárias para as avaliações dos níveis de desempenho
10 térmico Intermediário e Superior.

11 Para o modelo simulado com o uso da ventilação natural, deve-se permitir a abertura das janelas
12 apenas quando o APP estiver ocupado, e de acordo com dois critérios de temperatura:

- 13 — Quando a temperatura de bulbo seco interna do APP for igual ou superior a 19°C; e
- 14 — Quando a temperatura de bulbo seco interna for superior à temperatura de bulbo seco externa.

15 As janelas dos APPs devem considerar a infiltração por frestas quando fechadas, adotando-se os
16 coeficientes da Tabela 18. O Modelo Real pode adotar valores relativos às esquadrias definidas em
17 projeto, para os parâmetros da Tabela 18, quando estes forem disponibilizados pelo fabricante.

18 As janelas dos ambientes de permanência transitória (APT), com exceção dos banheiros, são
19 consideradas fechadas e com infiltração por frestas, durante todo o ano, de acordo com a Tabela 18.
20 Para os APTs destinados a banheiros, deve-se considerar as janelas sempre abertas, com percentual
21 de abertura para ventilação igual ao estabelecido em projeto.

22 Tabela 18 – 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

23 As portas internas dos modelos simulados com o uso da ventilação natural devem ser consideradas
24 abertas entre APPs e APTs, com exceção de portas de banheiros, que devem ser consideradas sempre
25 fechadas. As portas externas devem ser consideradas fechadas e com infiltração por frestas, durante
26 todo o ano, de acordo com a Tabela 18. Portas externas de sacadas, que constituírem-se de elementos
27 transparentes, devem seguir a mesma operação das janelas. Portas externas de varandas e de áreas
28 de serviço podem adotar a operação das janelas, caso não representem a porta de acesso principal da
29 unidade habitacional. Portas externas de varandas e de sacadas devem adotar parâmetros de
30 ventilação iguais às demais portas.

31 Os valores adotados para os coeficientes de pressão nas aberturas da envoltória da edificação devem
32 ser os mesmos para o Modelo Real e para o Modelo de Referência.

33 Os modelos simulados sem o uso da ventilação natural devem manter todas as portas e janelas
34 fechadas durante todo o ano, com exceção da janela do banheiro, que deve ser mantida aberta. Nessas

portas e janelas devem ser utilizados os mesmos coeficientes de infiltração utilizados para o modelo com o uso da ventilação natural.

Os modelos simulados sem o uso da ventilação natural devem utilizar, nos APPs, um sistema de cálculo da carga térmica de refrigeração que seja considerado ideal, ou seja, que opere sem perdas de energia na retirada de calor do APP. O cálculo da carga térmica de refrigeração deve possuir *setpoint* de 23°C, com acionamento somente nos períodos em que o APP estiver ocupado. Em climas compreendidos pelo Intervalo 1 da Tabela 2, além de adotada a refrigeração dos APPs, o mesmo sistema ideal de cálculo de carga térmica também deve ser considerado para o aquecimento. Este sistema deve considerar *setpoint* de aquecimento igual a 21°C, com acionamento condicionado à ocorrência de ocupação do APP. **O cálculo da carga térmica deve ser equivalente à soma das cargas térmicas sensíveis e latentes.**

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.

11.4.7.5 Dados de saída dos modelos simulados com e sem o uso de ventilação natural

Os dados de saída da simulação devem ser solicitados a cada hora, para todos os modelos analisados, apresentando um total de 8760 valores para cada variável.

O modelo com o uso da ventilação natural deve solicitar, como variável de saída, a temperatura operativa horária de cada APP da edificação. A partir desta variável deve-se calcular, para cada APP, o $PHFT_{APP}$, conforme equação:

$$PHFT_{APP} = \frac{Nh_{FT}}{Nh_{Ocup}} \cdot 100$$

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 encontra-se 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.

O $PHFT_{APP}$ deve ser calculado, separadamente, para todos os APPs do Modelo Real e do Modelo de Referência. Deve-se considerar o arredondamento destes valores, adotando uma casa decimal.

O modelo com o uso da ventilação natural deve identificar o valor de temperatura operativa máxima de cada APP ($Tomáx_{APP}$), durante seu respectivo período de ocupação. Nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4, também deve-se identificar o valor de temperatura operativa anual mínima de cada APP ($Tomín_{APP}$), durante seu respectivo período de ocupação. Deve-se considerar o arredondamento dos valores de $Tomáx_{APP}$ e $Tomín_{APP}$, adotando uma casa decimal.

O modelo sem ventilação natural deve solicitar, como variável de saída horária, as cargas térmicas de refrigeração para cada APP da edificação. Deve ser realizado o somatório anual dos valores de carga térmica de refrigeração ($CgTR_{APP}$), do modelo sem ventilação natural, para os horários que atenderem as seguintes condições:

- 1 — O APP encontra-se com ocupação;
- 2 — A temperatura operativa do APP, no modelo com ventilação natural, encontra-se dentro dos limites de temperaturas operativas estabelecidas na Tabela 5.
- 3
- 4 O mesmo procedimento deve ser adotado para o somatório anual da carga térmica de aquecimento
- 5 (CgTA_{APP}), considerada apenas para as edificações localizadas em climas do Intervalo 1, conforme
- 6 Tabela 2.
- 7 A Figura 3 ilustra a análise horária a ser desenvolvida, a partir dos dados de saída dos modelos com e
- 8 sem ventilação natural, para o cálculo do PHFT_{APP}, da CgTR_{APP} e da CgTA_{APP}. Este processo deve ser
- 9 adotado para todos os APPs da UH.

Hora do ano	Horário	Ocupação do APP	Modelo com o uso da ventilação natural		Modelo sem o uso da ventilação natural	
			To APP	PHFT _{APP}	CgTR _{APP}	CgTA _{APP}
1	00:00 – 00:59	Sim	18°C < To < 26°C	Sim	Não	Não
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
6	05:00 – 05:59	Sim	To ≥ 26°C	Não	Sim	Não
7	06:00 – 06:59	Sim	To ≥ 26°C	Não	Sim	Não
8	07:00 – 07:59	Não	To ≥ 26°C	Não	Não	Não
9	08:00 – 08:59	Não	To ≥ 26°C	Não	Não	Não
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4345	00:00 – 00:59	Sim	To ≤ 18°C	Não	Não	Sim
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8760	23:00 – 23:59	Sim	18°C < To < 26°C	Sim	Não	Não

Figura 3 – Ilustração esquemática da análise horária dos dados de saída dos modelos com e sem o uso da ventilação natural, para o cálculo do PHFT_{APP}, da CgTR_{APP} e da CgTA_{APP}

11.4.7.6 Determinação do percentual de horas ocupadas da UH dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT_{UH})

Deve ser calculado o PHFT_{UH} do Modelo Real e do Modelo de Referência através da seguinte equação:

$$PHFT_{UH} = \frac{\sum_{i=1}^n PHFT_{APP,i}}{n}$$

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.

11.4.7.7 Determinação das temperaturas operativas anuais máxima ($Tomá_{UH}$) e mínima ($Tomín_{UH}$) da UH

Deve ser determinada a temperatura operativa anual máxima ($Tomá_{UH}$) da UH, dentro dos períodos de ocupação, a partir da comparação da $Tomá_{APP}$ de cada APP desta UH, adotando-se o maior valor entre os APPs.

Deve ser determinada a temperatura operativa anual mínima ($Tomín_{UH}$) da UH, dentro dos períodos de ocupação, a partir da comparação da $Tomín_{APP}$ de cada APP desta UH, adotando-se o menor valor entre os APPs. A avaliação da $Tomín_{UH}$ deve ser realizada apenas para edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4.

11.4.7.8 Determinação da carga térmica total ($CgTT_{UH}$) da UH

Deve-se calcular a carga térmica de refrigeração ($CgTR_{UH}$) da UH, para os Modelos Real e de Referência, através da seguinte equação:

$$CgTR_{UH} = \sum_{i=1}^n CgTR_{APP,i}$$

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 2, a carga térmica de aquecimento ($CgTA_{UH}$) da UH, para o Modelo Real e para o Modelo de Referência, deve ser calculada por meio da equação:

$$CgTA_{UH} = \sum_{i=1}^n CgTA_{APP,i}$$

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 2:

$$CgTT_{UH} = CgTR_{UH} + CgTA_{UH}$$

Para os Intervalos 2 e 3 da Tabela 2:

$$CgTT_{UH} = CgTR_{UH}$$

Onde:

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

1 11.4.7.9 Níveis de desempenho térmico intermediário e superior

2 Este item estabelece os limites para a obtenção dos níveis de desempenho térmico Intermediário e
3 Superior, de caráter não obrigatório. A avaliação destes níveis baseia-se na capacidade de incremento
4 do $PHFT_{UH,real}$ ($\Delta PHFT$) e de redução da carga térmica total ($RedCgTT$) do Modelo Real, em relação ao
5 Modelo de Referência. O $\Delta PHFT$ e a $RedCgTT$ são analisados em comparação com valores mínimos
6 estabelecidos, definidos como $\Delta PHFT_{min}$ e $RedCgTT_{min}$, conforme descreve a Tabela 19. Assim como
7 na análise de desempenho Mínimo, o critério de temperaturas operativas anuais máxima ($Tomax_{UH}$) e
8 mínima ($Tomín_{UH}$) também deve ser atendido para a obtenção dos níveis Intermediário e Superior.

9 O incremento do $PHFT_{UH,real}$ do Modelo Real, em relação ao $PHFT_{UH,ref}$ do Modelo de Referência, é
10 definido pela equação:

11
$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

12 Onde:

13 $\Delta PHFT$ é o incremento do $PHFT_{UH,real}$, em relação ao $PHFT_{UH,ref}$.

14 $PHFT_{UH,real}$ é o percentual de horas ocupadas da UH no Modelo Real dentro da faixa de temperatura
15 operativa (%).

16 $PHFT_{UH,ref}$ é o percentual de horas ocupadas da UH no Modelo de Referência dentro da faixa de
17 temperatura operativa (%).

18 A redução da $CgTT_{UH,real}$ do Modelo Real, em relação ao $CgTT_{UH,ref}$ do Modelo de Referência, é descrita
19 pela equação:

20
$$RedCgTT = \left[1 - \frac{(CgTT_{UH,real})}{(CgTT_{UH,ref})} \right] \cdot 100$$

21 Onde:

22 $RedCgTT$ é a redução da carga térmica total da UH no Modelo Real, em relação ao Modelo de
23 Referência (%);

24 $CgTT_{UH,real}$ é a carga térmica total da UH no Modelo Real (kWh/ano);

25 $CgTT_{UH,ref}$ é a carga térmica total da UH no Modelo de Referência (kWh/ano).

26 Os valores de $\Delta PHFT_{min}$ e $RedCgTT_{min}$ são apresentados na Tabela 20 (nível Intermediário) e na Tabela
27 21 (nível Superior), que devem ser analisadas a partir dos valores de $PHFT_{UH,ref}$ e de $CgTT_{UH,ref}$ do
28 Modelo de Referência.

1 Tabela 19 – Critérios para o atendimento dos níveis de desempenho térmico Intermediário e Superior

Nível de desempenho	Critérios
Intermediário (I)	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$, $Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + \Delta Tomáx$, $Tomín_{UH,real} \geq Tomín_{UH,ref} - \Delta Tomín$ e $RedCgTT \geq RedCgTT_{\min}$
Superior (S)	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$, $Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + \Delta Tomáx$, $Tomín_{UH,real} \geq Tomín_{UH,ref} - \Delta Tomín$ e $RedCgTT \geq RedCgTT_{\min}$

$\Delta PHFT_{\min}$ é obtido por meio da Tabela 20, para o nível Intermediário, e da Tabela 21, para o nível Superior.
 $RedCgTT_{\min}$ é obtido por meio da Tabela 20, para o nível Intermediário, e da Tabela 21, para o nível Superior.
 NOTA 1 Deve-se adotar $\Delta Tomáx$ 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.
 NOTA 2 Deve-se adotar $\Delta Tomín$ igual a 1°C para todas as UHs avaliadas.

2 Para a obtenção do nível Intermediário, o incremento do PHFT_{UH} do Modelo Real ($\Delta PHFT$) deve atender
 3 ao incremento mínimo ($\Delta PHFT_{\min}$), definido na Tabela 20.

4 A obtenção do nível Intermediário também está condicionada à um critério de carga térmica, delimitado
 5 por um percentual mínimo de redução da carga térmica total ($RedCgTT_{\min}$). Para um Modelo de
 6 Referência com $PHFT_{UH,ref}$ inferior a 70%, a $RedCgTT_{\min}$ é igual a zero, ou seja, a $CgTT_{UH,real}$ do Modelo
 7 Real deverá ser menor ou igual à $CgTT_{UH,ref}$ do Modelo de Referência. Se o Modelo de Referência
 8 possuir $PHFT_{UH,ref}$ igual ou superior a 70%, o Modelo Real deverá obter uma redução da $CgTT_{UH,real}$
 9 ($RedCgTT$) de modo a atender um $RedCgTT_{\min}$, estabelecido na Tabela 20.

10 A avaliação do nível de desempenho térmico Superior é realizada com base no incremento do
 11 $PHFT_{UH,real}$ ($\Delta PHFT$) e na redução da carga térmica total ($RedCgTT$), que devem atender aos limites
 12 definidos pela Tabela 21.

13 Tabela 20 – Incremento mínimo do $PHFT_{UH,real}$ e redução mínima da $CgTT_{UH,real}$ para o atendimento ao nível
 14 de desempenho térmico Intermediário

Critério		Tipologia			
		Unifamiliar	Multifamiliar		
		-	Pavimento térreo	Pavimento tipo	Pavimento cobertura
$PHFT_{UH,ref}$ (%)	$CgTT_{UH,ref} / AU_{UH}$ (kWh/(ano.m²))	$\Delta PHFT_{\min}$ (%)			
$PHFT_{UH,ref} < 70\%$	Todos os valores	Obtido a partir do ábaco ou equações da Figura 4			
$PHFT_{UH,ref} \geq 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$PHFT_{UH,ref}$ (%)	$CgTT_{UH,ref} / AU_{UH}$ (kWh/(ano.m²))	$RedCgTT_{\min}$ (%)			
$PHFT_{UH,ref} < 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$PHFT_{UH,ref} \geq 70\%$	$CgTT_{UH,ref} / AU_{UH} < 100$	17	15	22	15
	$CgTT_{UH,ref} / AU_{UH} \geq 100$	27	20	25	20

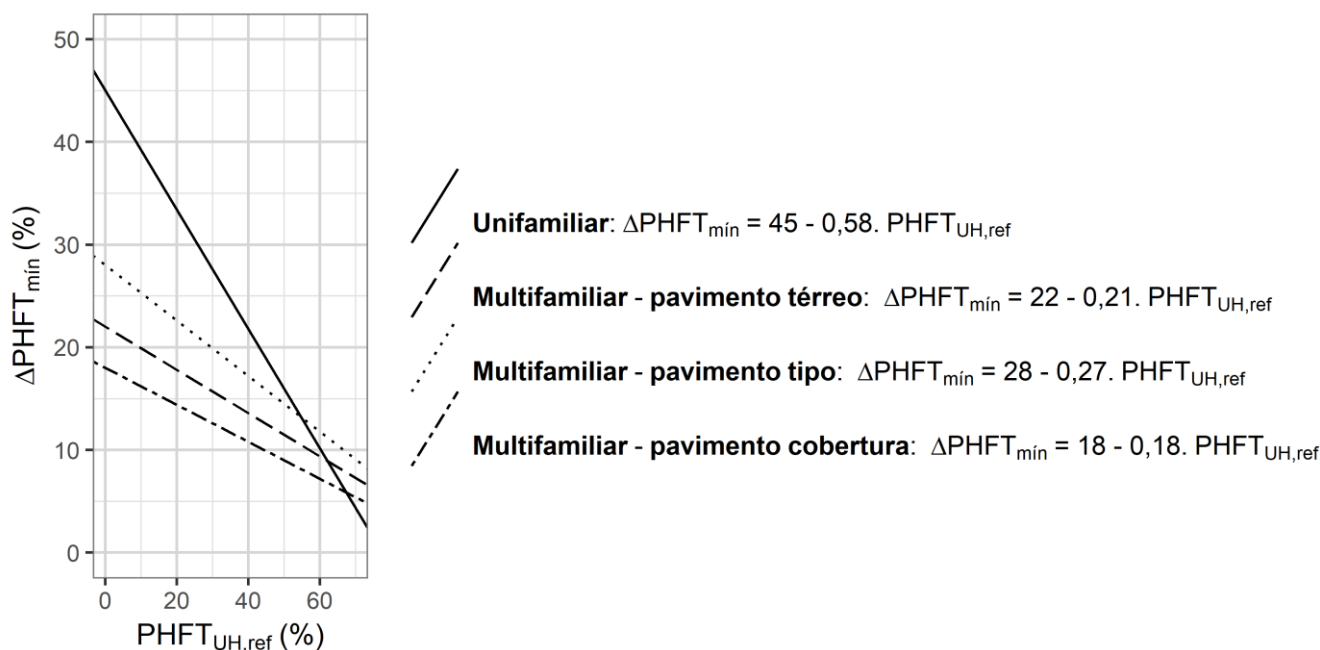
NOTA 1 O nível Superior também pode ser obtido se o $PHFT_{UH,real}$ do Modelo Real for maior ou igual a 95%, juntamente com o atendimento ao critério de temperaturas anuais máxima e mínima ($Tomáx_{UH}$ e $Tomín_{UH}$).

1 Tabela 21 – Incremento mínimo do $PHFT_{UH,real}$ e redução mínima da $CgTT_{UH,real}$ para o atendimento ao nível
2 de desempenho térmico Superior

Critério		Tipologia			
		Unifamiliar	Multifamiliar		
		-	Pavimento térreo	Pavimento tipo	Pavimento cobertura
$PHFT_{UH,ref}$ (%)	$CgTT_{UH,ref} / AU_{UH}$ (kWh/(ano.m ²))	$\Delta PHFT_{min}$ (%)			
$PHFT_{UH,ref} < 70\%$	Todos os valores	Obtido a partir do ábaco ou equações da Figura 4			
$PHFT_{UH,ref} \geq 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$PHFT_{UH,ref}$ (%)	$CgTT_{UH,ref} / AU_{UH}$ (kWh/(ano.m ²))	Red $CgTT_{min}$ (%)			
Todos os valores	$CgTT_{UH,ref} / AU_{UH} < 100$	35	30	45	30
	$CgTT_{UH,ref} / AU_{UH} \geq 100$	55	40	50	40

NOTA 1 O nível Superior também pode ser obtido se o $PHFT_{UH,real}$ do Modelo Real for maior ou igual a 95%, juntamente com o atendimento ao critério de temperaturas anuais máxima e mínima ($Tomá_{UH}$ e $Tomín_{UH}$).

- 3 Na Tabela 20 e na Tabela 21, a $CgTT_{UH,ref}$ deve ser analisada em relação à AU_{UH} , que representa a
4 soma das áreas úteis de todos os APPs da UH (AU_{APP}), em metros quadrados.
- 5 A aplicação da Tabela 20, da Tabela 21 e da Figura 4 em edificações multifamiliares deve considerar:
- 6 — Os valores de $\Delta PHFT_{min}$ e Red $CgTT_{min}$ do pavimento térreo somente para as UHs posicionadas em
7 contato com o solo;
 - 8 — UHs localizadas em pavimento térreo sobre pilotis, ou que possuam pavimentos no subsolo abaixo
9 delas, devem considerar os valores de $\Delta PHFT_{min}$ e Red $CgTT_{min}$ do pavimento tipo;
 - 10 — Os valores de $\Delta PHFT_{min}$ e Red $CgTT_{min}$ do pavimento de cobertura para as UHs localizadas no
11 último andar da edificação, assim como em pavimentos tipo com cobertura parcialmente exposta.



12
13 **Figura 4 – Ábaco e equações para a obtenção do $\Delta PHFT_{min}$ quando o $PHFT_{UH,ref}$ for menor ou igual a 70%**

ANEXO A

(informativo)

Parâmetros informativos para a análise do desempenho térmico

A.1 Degradação da absorvência à radiação solar

O estabelecimento da curva de absorvência em relação ao tempo de exposição pode ser realizado de duas formas:

1. Por meio do estudo de produtos em uso, com inspeção sistemática de amostra representativa do estoque construído, em condições de exposição semelhantes ou relevantes para o edifício projetado; e
2. Por meio do estudo de envelhecimento natural de corpos-de-prova de pequenas dimensões do revestimento, aplicado sobre o substrato para o qual foi desenvolvido. Estes corpos-de-prova devem ser expostos em estações de envelhecimento natural, na inclinação de 45° Norte, em condições climáticas semelhantes às observadas no local de implantação do edifício projetado.

A Tabela A.1 apresenta valores de absorvência à radiação solar, obtidos em corpos-de-prova de estudo realizado após três anos de degradação natural em campos de exposição no Brasil. Esta tabela demonstra o impacto da degradação da superfície na absorvência, obtida para uma dada superfície e algumas possibilidades de tratamento do substrato ou recobrimento de superfície.

Tabela A.1 - Absorvência à radiação solar da superfície após degradação por um período de três anos

Absorvência à radiação solar inicial da superfície externa ($\alpha_{t=0}$)	Absorvência à radiação solar da superfície externa após degradação de três anos ($\alpha_{t=3}$)
0,1	0,33
0,2	0,39
0,3	0,45
0,4	0,52
0,5	0,58
0,6	0,65
0,7	0,72
0,8	0,79
0,9	0,86

Para ilustrar a degradação da absorvência, para os valores não especificados na Tabela A.1, o valor final da absorvência solar da superfície poderá ser estimado através da seguinte equação:

$$\alpha_{t=3} = 0,07 \cdot (\alpha_{t=0})^2 + 0,59 \cdot \alpha_{t=0} + 0,27$$

Onde:

$\alpha_{t=3}$ é a absorvência à radiação solar da superfície externa após degradação de três anos (adimensional);

$\alpha_{t=0}$ é a absorvência à radiação solar inicial da superfície externa (adimensional);

t é o tempo de exposição da superfície (anos).

1 **A.2 Parâmetros informativos do procedimento de simulação computacional**

2 Para uma análise complementar do desempenho térmico da habitação, de caráter informativo, são
3 estabelecidos os parâmetros: percentual de horas ocupadas com temperaturas superiores à faixa de
4 temperatura operativa (PHsFT); percentual de horas ocupadas com temperaturas inferiores à faixa de
5 temperatura operativa (PHiFT).

6 O PHsFT_{APP} representa a fração de horas, ao longo do ano, onde o APP encontra-se ocupado e com
7 temperaturas operativas superiores às estabelecidas pela faixa de temperaturas da Tabela 3, no item
8 11.4.4 desta norma. O PHsFT_{APP} é definido pela equação:

9
$$\text{PHsFT}_{\text{APP}} = \frac{\text{Nh}_{\text{sFT}}}{\text{Nh}_{\text{Ocup}}} \cdot 100$$

10 Onde:

11 PHsFT_{APP} é o percentual de horas ocupadas do APP com temperaturas superiores à faixa de
12 temperatura operativa da Tabela 3.

13 Nh_{sFT} é o número de horas em que o APP encontra-se ocupado e com temperaturas superiores
14 à faixa de temperatura operativa, estabelecida na Tabela 3, ao longo do ano.

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

17 O PHiFT_{APP} representa a fração de horas, ao longo do ano, onde o APP encontra-se ocupado e com
18 temperaturas operativas inferiores às estabelecidas pela faixa de temperaturas da Tabela 3, no item
19 11.4.4 desta norma. O PHiFT_{APP} pode ser calculado apenas para climas que se enquadram no Intervalo
20 1, com média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBS_m) inferior a 25°C. Nestes casos, o
21 PHiFT_{APP} representa o percentual de horas ocupadas em que o APP apresentou temperaturas
22 operativas iguais ou inferiores a 18°C. O PHiFT_{APP} é definido pela equação:

23
$$\text{PHiFT}_{\text{APP}} = \frac{\text{Nh}_{\text{iFT}}}{\text{Nh}_{\text{Ocup}}} \cdot 100$$

24 Onde:

25 PHiFT_{APP} é o percentual de horas ocupadas do APP com temperaturas inferiores à faixa de
26 temperatura operativa da Tabela 3.

27 Nh_{iFT} é o número de horas em que o APP encontra-se ocupado e com temperaturas inferiores
28 à faixa de temperatura operativa, estabelecida na Tabela 3, ao longo do ano.

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

31 O PHsFT_{UH} e o PHiFT_{UH} da unidade habitacional devem ser obtidos por meio da média aritmética dos
32 valores de PHsFT_{APP} e PHiFT_{APP} de todos os APPs da UH, respectivamente.

1 **A.3 Diagnóstico de desempenho térmico da unidade habitacional segundo o procedimento de**
2 **simulação computacional**

Características da Unidade Habitacional (UH)			
Tipologia	Identificação da UH	Número de APPs	Superfícies expostas
() Unifamiliar () Multifamiliar			() Fachada Norte () Fachada Oeste
	Pavimento	AU _{UH} (m²)	() Fachada Leste () Cobertura
			() Fachada Sul () Piso

Características dos Ambientes de Permanência Prolongada (APPs)			
Nº do APP	1	2	3
Tipo de uso	Sala	Dormitório	Dormitório
AU _{APP} (m²)			

Diagnóstico de Desempenho Térmico dos APPs			
Modelo Real			
Nº do APP	1	2	3
PHFT _{APP} (%)			
Tomáx _{APP} (°C)			
Tomín _{APP} (°C)			
CgTR _{APP} (kWh/ano)			
CgTA _{APP} (kWh/ano)			
CgTT _{APP} (kWh/ano)			
Modelo de Referência			
Nº do APP	1	2	3
PHFT _{APP} (%)			
Tomáx _{APP} (°C)			
Tomín _{APP} (°C)			
CgTR _{APP} (kWh/ano)			
CgTA _{APP} (kWh/ano)			
CgTT _{APP} (kWh/ano)			

Diagnóstico de Desempenho Térmico da UH			
	Modelo Real	Modelo de Referência	Atendimento ao Nível Mínimo
PHFT _{UH} (%)			() Sim () Não
Tomáx _{UH} (°C)			() Sim () Não
Tomín _{UH} (°C)			() Sim () Não
CgTR _{UH} (kWh/ano)			Não se aplica
CgTA _{UH} (kWh/ano)			Não se aplica
CgTT _{UH} (kWh/ano)			Não se aplica
CgTT _{UH} /AU _{UH} (kWh/(ano.m²))			Não se aplica

1

Diagnóstico do Nível de Desempenho Térmico da UH			
Nível Intermediário			
Critério: $\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT$	$\Delta PHFT_{\min}$	Atendimento
			() Sim () Não
Critério: $RedCgTT \geq RedCgTT_{\min}$	RedCgTT (%)	RedCgTT_{min} (%)	Atendimento
			() Sim () Não
Nível Superior			
Critério: $\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT$	$\Delta PHFT_{\min}$	Atendimento
			() Sim () Não
Critério: $RedCgTT \geq RedCgTT_{\min}$	RedCgTT (%)	RedCgTT_{min} (%)	Atendimento
			() Sim () Não
Nível de desempenho térmico obtido pela UH			() Mínimo () Intermediário () Superior

2

Parâmetros Informativos do Desempenho Térmico dos APPs			
Modelo Real			
Nº do APP	1	2	3
PHsFT_{APP} (%)			
PHiFT_{APP} (%)			
Modelo de Referência			
Nº do APP	1	2	3
PHsFT_{APP} (%)			
PHiFT_{APP} (%)			

3

Parâmetros Informativos do Desempenho Térmico da UH		
	Modelo Real	Modelo de Referência
PHsFT_{UH} (%)		
PHiFT_{UH} (%)		

4