



# **EVOLUÇÃO DOS CRITÉRIOS DA ASHRAE 90.1 – 2010, 2016, 2019 e 2022.**

# **2026**

**DESENVOLVIDO POR**

**BE ≠**

Engenharia  
& Sustentabilidade

# SUMÁRIO

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| ENVOLTÓRIA DO EDIFÍCIO (SEÇÃO 5.4) .....         | 2  |
| SISTEMAS DE AVAC (SEÇÃO 6.4).....                | 3  |
| AQUECIMENTO DE ÁGUA DE SERVIÇO (SEÇÃO 7.4) ..... | 5  |
| POTÊNCIA E SISTEMAS ELÉTRICOS (SEÇÃO 8.4) .....  | 7  |
| ILUMINAÇÃO (SEÇÃO 9.4) .....                     | 9  |
| ANEXO 1 - TABELA RESUMO.....                     | 10 |

## ENVOLTÓRIA DO EDIFÍCIO (SEÇÃO 5.4)

### A. Barreira de Ar Contínua e Infiltração (Seção 5.4.3)

- **ASHRAE 90.1-2010:**
  - Tornou obrigatória a presença de barreira de ar contínua na envoltória para a maioria das zonas climáticas.
  - Estabeleceu limites de permeabilidade para:
    - Material: Máximo de  $0,02 \text{ L/s}\cdot\text{m}^2$  a 75 Pa (ASTM E2178).
    - Conjunto/Montagem: Máximo de  $0,20 \text{ L/s}\cdot\text{m}^2$  a 75 Pa (ASTM E2357).
  - O teste de pressurização do edifício construído (whole-building testing) era opcional.
- **ASHRAE 90.1-2016:**
  - Manteve os limites de permeabilidade e exigiu maior detalhamento no projeto executivo (junções, lajes, cobertura e penetrações), além de protocolo de verificação e inspeção visual durante a obra.
- **ASHRAE 90.1-2019:**
  - Padronizou o critério global de estanqueidade ao ar para a edificação (whole-building air leakage) no valor limite de  $2,0 \text{ L/s}\cdot\text{m}^2$  a 75 Pa (conforme ASTM E779 ou ASTM E1827). O ensaio ainda mantinha caráter preferencial/regulatório local.
- **ASHRAE 90.1-2022:**
  - Mudança Crítica: Tornou compulsório o teste físico de estanqueidade (Blower Door Test) para edificações com área total de envoltória inferior a  $2.300 \text{ m}^2$  (ou área construída equivalente).
  - Limite medido: Máximo de  $2,0 \text{ L/s}\cdot\text{m}^2$  a 75 Pa. Caso o resultado fique entre 2,0 e  $3,0 \text{ L/s}\cdot\text{m}^2$ , exige-se diagnóstico, plano de ação com vedação corretiva e reinspeção visual.

### B. Vestíbulos / Antecâmaras de Entrada (Seção 5.4.4)

- **ASHRAE 90.1-2010:**
  - Exigia vestíbulos com portas de fechamento automático em entradas principais de prédios com mais de 3 pavimentos nas Zonas Climáticas 3 a 8.
- **ASHRAE 90.1-2016:**
  - Expansão da obrigatoriedade para Zonas Climáticas 3 a 8 independentemente do número de andares do edifício.
- **ASHRAE 90.1-2019:**
  - Normatizou o uso de cortinas de ar (air curtains) como alternativa direta aos vestíbulos físicos, desde que testadas e certificadas (ex.: AHRI 1010).
- **ASHRAE 90.1-2022:**
  - Adicionou controle automático do sistema de climatização dos vestíbulos:
    - Desligamento automático do aquecimento quando a temperatura externa for superior a  $7^\circ\text{C}$ .
    - Setpoints limites obrigatórios: Aquecimento até no máximo  $15,5^\circ\text{C}$  e Refrigeração a partir de no mínimo  $29,4^\circ\text{C}$ .

## SISTEMAS DE AVAC (SEÇÃO 6.4)

### A. Controles Obrigatórios e Operação (Seção 6.4.1 e 6.4.3)

- **ASHRAE 90.1-2010:**
  - Exigia controle de setback noturno/não ocupado (redução de aquecimento / elevação de refrigeração) e desligamento automático de sistemas com capacidade > 10 kW ou vazão > 2.400 L/s.
  - Reset de temperatura de água gelada (chilled water) e ar primário obrigatório apenas para sistemas maiores.
- **ASHRAE 90.1-2016:**
  - Exigência de retornos e desligamentos zonais automáticos mais rígidos (Zone Isolation).
  - Ampliação do controle de reset de temperatura de água de condensação/água gelada em função da carga térmica ou temperatura externa.
- **ASHRAE 90.1-2019:**
  - Ampliou o uso obrigatório de sensores de presença para desligamento/redução de vazão de ar-condicionado e ventilação em zonas não ocupadas (ex.: salas de reunião, quartos de hotel).
- **ASHRAE 90.1-2022:**
  - Obrigatoriedade de FDD (Fault Detection and Diagnostics): Exigido para unidades rooftop e AHUs a partir de 15 kW de capacidade (antes restrito a grandes sistemas). O sistema deve monitorar e alertar automaticamente falhas em sensores, travamento de dampers, falhas no economizer e vazamentos de válvulas.
  - Setbacks mais agressivos e obrigatórios com intertravamento a sistemas de ocupação e chave de cartão em hotéis.

### B. Controle e Estanqueidade de Dampers (Seção 6.4.3.4)

- **ASHRAE 90.1-2010:**
  - Exigia dampers motorizados de fechamento automático para ar exterior e exaustão em sistemas com vazão > 150 L/s.
  - Taxa máxima de vazamento do damper: 10 L/s·m<sup>2</sup> a 250 Pa (conforme AMCA 500D - Classe IA ou I).
- **ASHRAE 90.1-2016:**
  - Exigência estendida para praticamente todas as tomadas de ar externo e exaustão mecânica.
  - Restrição do uso de dampers gravidade (gravity dampers), limitando-os a edifícios de baixa altura em zonas climáticas amenas.
- **ASHRAE 90.1-2019:**

- Manteve limite de vazamento de  $10 \text{ L/s}\cdot\text{m}^2$  a 250 Pa para dampers motorizados, mas estipulou que os dampers de tomada de ar e exaustão devem ser intertravados para fechar automaticamente quando o equipamento/zona estiver desligado ou em modo de setback.
- **ASHRAE 90.1-2022:**
  - Maior rigor de controle: Introduziu critérios exigindo dampers motorizados com atuadores de retorno por mola (spring-return) ou falha-segura (fail-safe) em sistemas de ar externo e exaustão.
  - Requisitos específicos de vedação em dampers acoplados a áreas de docas, galpões e garagens para evitar refluxo e infiltração indesejada de ar externo.

## AQUECIMENTO DE ÁGUA DE SERVIÇO (SEÇÃO 7.4)

### A. Eficiência Mínima de Equipamentos de Aquecimento (Seção 7.4.2)

- **ASHRAE 90.1-2010:**
  - Aquecedores a gás de grande porte exigiam eficiência térmica mínima de 80% (Et).
  - Aquecedores elétricos de acumulação tinham limites baseados no cálculo de perda em standby (SL em Watts).
- **ASHRAE 90.1-2016:**
  - Manteve eficiências base para pequenos aquecedores e introduziu critérios mais rigorosos de perda em standby para reservatórios térmicos (storage tanks).
- **ASHRAE 90.1-2019:**
  - Salto de eficiência para aquecedores a gás comerciais de grande porte: a eficiência térmica mínima subiu para 90% (Et), forçando o mercado a adotar tecnologia de condensação (condensing water heaters) para edifícios comerciais de grande demanda.
- **ASHRAE 90.1-2022:**
  - Consolidação da Condensação e Bombas de Calor: Reforço na eficiência térmica de equipamentos a gás ( $\geq 90\%$  a  $95\%$ ) e incentivo/requisitos específicos para introdução de Bombas de Calor para Aquecimento de Água (HPWH), visando a descarbonização/eletificação do consumo térmico.

### B. Controles de Recirculação e Desligamento por Demanda (Seção 7.4.4)

- **ASHRAE 90.1-2010:**
  - Bombas de recirculação deviam possuir chaves de desligamento automático ou temporizadores (time switches) para desligamento durante períodos não ocupados.
- **ASHRAE 90.1-2016:**
  - Proibição de bombas de recirculação de funcionamento contínuo 24/7 sem controle de temperatura de retorno ou horários programados.
- **ASHRAE 90.1-2019:**
  - Exigência de recirculação por demanda (demand-recirculation systems) ou controle termostático de retorno: a bomba só deve operar quando houver queda da temperatura no anel ou quando acionada por presença/uso.
- **ASHRAE 90.1-2022:**
  - Controle Integrado de Temperatura e Presença: Exigência de sistemas de controle inteligentes que desliguem a recirculação e os cabos heat-trace quando a zona/edifício estiver em modo de não ocupação (unoccupied setback).

Limitadores de vazão nas torneiras/chuveiros integrados à lógica de acionamento do SWH.

### C. Recuperação de Calor Obrigatória (Heat Recovery - Seção 7.4.6)

- **ASHRAE 90.1-2010:**
  - Exigia recuperação de calor da refrigeração/chillers para pré-aquecimento de água sanitária em edifícios de operação contínua 24/7 (ex.: hotéis, hospitais) com capacidade de refrigeração > 1.000 kW.
- **ASHRAE 90.1-2016 & 2019:**
  - Redução da barreira de capacidade: edifícios com operação 24/7 (Hotéis e Hospitais) e sistemas de água gelada com capacidade > 350 kW a 500 kW passaram a exigir recuperação de rejeito de calor (condenser heat recovery) para cobrir a base de aquecimento de água de serviço.
- **ASHRAE 90.1-2022:**
  - Ampliação da obrigatoriedade de aproveitamento de fontes de calor descartado (waste heat) para pré-aquecimento de SWH em empreendimentos comerciais de grande porte ou chillers dedicados à recuperação de calor (heat-recovery chillers).

## POTÊNCIA E SISTEMAS ELÉTRICOS (SEÇÃO 8.4)

### A. Controle Automático de Tomadas (Seção 8.4.2)

- **ASHRAE 90.1-2010:**
  - Inovação Marcante: Tornou obrigatório o controle automático de no mínimo 50% de todas as tomadas de 120 V, 15 A e 20 A instaladas em escritórios (privativos e abertos), estações de trabalho, salas de conferência, copas e salas de impressão.
  - O desligamento automático devia ser acionado por:
    - Programação horária (timer);
    - Sensores de presença (occupancy sensors); ou
    - Sinal do sistema de alarme/automação predial (BMS).
- **ASHRAE 90.1-2016:**
  - Expansão da exigência para mais espaços, incluindo quartos de hotel/motel (com sinal de controle derivado do acesso/chave de cartão ou presença) e áreas de apoio.
  - Exigência de identificação visual permanente e diferenciada na face da tomada controlada (símbolo padronizado de tomada controlada).
- **ASHRAE 90.1-2019:**
  - Inclusão de requisitos de desligamento automático por temporizadores locais com limite de acionamento manual temporário de no máximo 2 horas (cancelamento por toque).
  - Ampliação da obrigatoriedade de tomadas controladas em áreas funcionais como escritórios modulares e bancadas de testes elétricos/TI em TI/escritórios.
- **ASHRAE 90.1-2022:**
  - **Rigor Adicional:** Além de manter os 50% das tomadas de uso geral, adicionou regras para desligamento inteligente de tomadas conectadas a periféricos em standby e integração mandatória do controle de tomadas com os sensores de presença da iluminação (evitando duplicidade de sensores no mesmo ambiente).

### B. Medição, Submedição e Monitoramento de Energia (Seção 8.4.3)

- **ASHRAE 90.1-2010:**
  - Exigia apenas pontos de medição básica na entrada de energia da concessionária para edifícios de maior porte.
- **ASHRAE 90.1-2016:**
  - **Mudança Estrutural:** Tornou obrigatória a submedição e monitoramento de energia por subsistemas para edifícios novos com área superior a 2.300 m<sup>2</sup>.
  - Exigência de medição separada (com registro histórico de dados) para:

1. HVAC (aquecimento, refrigeração e ventiladores);
2. Iluminação interna e externa;
3. Cargas de tomadas e processos;
4. Aquecimento de água de serviço.

- **ASHRAE 90.1-2019:**

- **Redução da área limite para medição:** exigência estendida para edifícios a partir de 2.000 m².
- Obrigatoriedade de retenção de dados históricos de consumo por no mínimo **36 meses (3 anos)**, com gravação em intervalos horários e diários.

- **ASHRAE 90.1-2022:**

- **Monitoramento Analítico Contínuo:** Exigência de sistemas de gestão de dados energéticos capazes de exportar relatórios de perfil de carga, demanda de pico e gráficos comparativos por subsistema.
- Inclusão de **submedição obrigatória** para infraestrutura de recarga de **Veículos Elétricos (EV)** e geração de **energia renovável no local** (on-site renewables).

### C. Limites de Queda de Tensão (Seção 8.4.1)

- **ASHRAE 90.1-2010 / 2016 / 2019 / 2022:**

- A regra base permaneceu consistente e rigorosa em todas as edições para evitar perdas elétricas por dissipação térmica em condutores:
  - **Alimentadores (Feeders):** Queda de tensão máxima de 2,0% no projeto nominal.
  - **Circuitos Terminais (Branch Circuits):** Queda de tensão máxima de 3,0% até a carga mais distante.
  - **Queda Total Combinada:** Máximo de 5,0% do painel principal de entrada até o ponto final de consumo.

## ILUMINAÇÃO (SEÇÃO 9.4)

### A. Requisitos Obrigatórios de Controle de Iluminação (Seção 9.4.1)

- **ASHRAE 90.1-2010:**
  - Exigia desligamento automático de iluminação em edifícios > 460 m<sup>2</sup> via temporizador (timer) ou sensor de presença (occupancy sensor).
  - Exigia controle individual por ambiente (dimmer ou chave manual) com pelo menos um ponto de controle intermediário.
  - Sensores de presença obrigatórios em salas de reunião, escritórios privativos, salas de aula e vestiários, desligando em no máximo 30 minutos após a desocupação.
- **ASHRAE 90.1-2016:**
  - Aproveitamento de Luz Natural (Daylight Responsive Controls): Tornou obrigatório o controle automático por luz natural em zonas primárias e secundárias adjacentes a janelas e sob domos (skylights).
  - Redução do tempo máximo de desligamento por sensor de presença de 30 minutos para 20 minutos.
  - Sensores de presença exigidos em mais ambientes (copas, corredores e depósitos).
- **ASHRAE 90.1-2019:**
  - Ampliou a obrigatoriedade de controles de iluminação por zonas de aproveitamento de luz natural e adicionou regras para zonas de iluminação superior (toplighting).
  - Exigência de redução automática de iluminação em corredores e escadarias em no mínimo 50% quando desocupados.
  - Inclusão de regras para novas aplicações de iluminação (hortícola, germicida UV, etc.).
- **ASHRAE 90.1-2022:**
  - **Controle de Iluminação Personalizado (LLLC - Luminaire Level Lighting Control):** Introduziu diretrizes para iluminação com sensores de presença e luz natural integrados no próprio corpo da luminária, não é item obrigatório, é uma opção de atendimento à controlabilidade.
  - **Diminuição do tempo de desarme:** Redução da tolerância de desocupação para 15 a 20 minutos dependendo da tipologia.
  - **Controle Avançado por Luz Natural:** Ajuste contínuo (continuous dimming) de 100% até desativação total ou mínimo de 10% nas zonas primárias e secundárias de luz natural.

**Eng. Anderson Benite**

anderson@benite.com.br | C 11 95638.8975

**Eng. Benjamin Boudler**

benjamin@benite.com.br | C 11 99190.0300

**Eng. Pedro Gonzalez**

pedrogonzalez@benite.com.br | C 11 99876.2761

## ANEXO 1 - TABELA RESUMO

| EVOLUÇÃO DA ASHRAE 90.1/2010,2016, 2019 e 2022 |                                                                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                  |                                                                                                   |                                                                                                         |                                                                 |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Data: Agosto 2026                              |                                                                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                  |                                                                                                   |                                                                                                         |                                                                 |
| <div>BE</div>                                  |                                                                                 |                                                                                                                                  |                                                                                                  |                                                                                                   |                                                                                                         |                                                                 |
| ENVOLVORIA                                     | Item da Envolvória                                                              | ASHRAE 90.1-2010                                                                                                                 | ASHRAE 90.1-2016                                                                                 | ASHRAE 90.1-2019                                                                                  | ASHRAE 90.1-2022                                                                                        |                                                                 |
|                                                | Barreira de Ar (Mat./Conj.)                                                     | Material: <= 0,02 L/s m²<br>Conjunto: <= 0,20 L/s m²                                                                             | Mantém limites, exige inspeção e detalhamento em projeto                                         | Teste de Estanteidade atendendo ao limite global do prédio: 2,0 L/s m² a 75 Pa                    | Teste e limite mantido em 2,0 L/s m² a 75 Pa                                                            |                                                                 |
|                                                | Teste de Infiltração (Blower Door)                                              | Opcional                                                                                                                         | Opcional (diretrizes de inspeção)                                                                | Opcional / Regulatório local                                                                      | Obrigatório para edifícios com envoltória < 2.300 m²                                                    |                                                                 |
|                                                | Vestibulos / Antecâmaras                                                        | Edifícios > 3 andares (Zonas 3 a 8)                                                                                              | Todos os edifícios (Zonas 3 a 8)                                                                 | Cortinas de ar acatadas como alternativa direta                                                   | Exige controle automático de temp. (desliga aquecimento se > 7 °C)                                      |                                                                 |
|                                                | Portas de Docas / Galpões                                                       | Vedação perimetral simples                                                                                                       | Dock seals obrigatórios em áreas condicionadas                                                   | Padronização dos limites de vazamento de frestas                                                  | Integração ao controle do HVAC (intertravamento de fechamento)                                          |                                                                 |
|                                                | Pontes Térmicas (Thermal Bridges)                                               | Isolamento contínuo (c.i.) tabelado                                                                                              | Fatores corrigidos para perfis metálicos (steel studs)                                           | Craterias reforçadas em bordas de laje e parapetos                                                | Modelagem obrigatória de pontes lineares (Psi) e pontuais (Chi)                                         |                                                                 |
|                                                | Refletância Solar                                                               | Coberturas frias em zonas quentes                                                                                                | Regras de SRI mantidas e refinadas                                                               | Atualização nos critérios de albedo para telhados                                                 | Expansão de refletância para Paredes Externas (Zona Climática 0)                                        |                                                                 |
| AVAC                                           | Item de AVAC                                                                    | ASHRAE 90.1-2010                                                                                                                 | ASHRAE 90.1-2016                                                                                 | ASHRAE 90.1-2019                                                                                  | ASHRAE 90.1-2022                                                                                        |                                                                 |
|                                                | Controle de Dampers (Damper Control)                                            | Dampers motorizados obrigatórios para vazao > 150 L/s. Taxa máxima de vazamento: <= 10 L/s m² a 250 Pa. (Avaliar a zona térmica) | Restricao a dampers de gravidade. Motorizados exigidos em mais tomadas de ar externo e exaustão. | Intertravamento obrigatório de fechamento automatico no desligamento do sistema ou modo setback.  | Atuadores com retorno por mola / falha-segura (fail-safe) e maior rigor em docas/galpões.               |                                                                 |
|                                                | Diagnostico de Falhas (FDD)                                                     | Nao exigido para equipamentos unitários.                                                                                         | Exigido apenas para grandes AHUs e sistemas VAV complexos.                                       | Expandido obrigatoriamente para Rooftops e AHUs com capacidade > 25 kW.                           | Obrigatório a partir de 15 kW em Rooftops e AHUs (monitoramento ativo de dampers, válvulas e sensores). |                                                                 |
|                                                | Controles de Economizer                                                         | Obrigatório por zona climática e capacidade > 16 kW.                                                                             | Exigência expandida para capacidades menores em mais zonas climáticas.                           | Integração obrigatória do Economizer com a refrigeração mecanica (sem desligamento prematuro).    | Exigência de monitoramento contínuo de falha no economizer via FDD com alarme direto.                   |                                                                 |
|                                                | Controle de Vazao de Bombas/Fas                                                 | Exigia inversor de frequencia (VFD) em ventiladores VAV > 7,5 kW.                                                                | VFD obrigatório para motores de ventiladores e bombas de agua gelada de maior porte.             | Exigência de VFD/Variação de velocidade em bombas e ventiladores reduzida para motores >= 3,7 kW. | Variação de velocidade estendida a pequenos equipamentos e motores EC (electronically commutated).      |                                                                 |
|                                                | Equipamento / Capacidade Típica                                                 | ASHRAE 90.1-2010                                                                                                                 | ASHRAE 90.1-2016                                                                                 | ASHRAE 90.1-2019                                                                                  | ASHRAE 90.1-2022                                                                                        | Varição Acumulada (2010 vs 2022)                                |
|                                                | Chiller Centrífugo H2O (1.050 a 2.100 kW)                                       | >= 6,10 COP                                                                                                                      | >= 6,10 COP                                                                                      | >= 6,10 COP                                                                                       | >= 6,80 COP                                                                                             | +11,5%                                                          |
|                                                | (Path A - Plena Carga / Carga Parcial)                                          | >= 6,40 IPLV.ec                                                                                                                  | >= 6,50 IPLV.ec                                                                                  | >= 7,00 IPLV.ec                                                                                   | >= 7,50 IPLV.ec                                                                                         | + 17,2%                                                         |
|                                                | Chiller Parafuso/Scroll H2O (500 a 1.000 kW)                                    | >= 5,50 COP                                                                                                                      | >= 5,80 COP                                                                                      | >= 5,80 COP                                                                                       | >= 6,10 COP                                                                                             | +10,9%                                                          |
|                                                | (Path A - Plena Carga / Carga Parcial)                                          | >= 5,90 IPLV.ec                                                                                                                  | >= 6,20 IPLV.ec                                                                                  | >= 6,50 IPLV.ec                                                                                   | >= 7,00 IPLV.ec                                                                                         | +18,6%                                                          |
| AVAC                                           | Chiller Resfriado a Ar (> 500 kW)                                               | >= 2,80 COP<br>>= 3,65 IPLV.ec                                                                                                   | >= 2,93 COP<br>>= 4,00 IPLV.ec                                                                   | >= 3,00 COP<br>>= 4,10 IPLV.ec                                                                    | >= 3,12 COP<br>>= 4,35 IPLV.ec                                                                          | +11,4%<br>+19,2%                                                |
|                                                | Rooftop Expansão Direta (40 a 70 kW)                                            | >= 3,22 COP<br>(N/A)                                                                                                             | >= 3,22 COP<br>>= 3,75 IEER                                                                      | >= 3,22 COP<br>>= 4,10 IEER                                                                       | >= 3,37 COP<br>>= 4,45 IEER                                                                             | +4,7%<br>+18,7%                                                 |
|                                                | Sistemas VRF / Multi-Split (> 39 kW)                                            | >= 3,10 COP<br>(N/A)                                                                                                             | >= 3,10 COP<br>>= 4,10 IEER                                                                      | >= 3,20 COP<br>>= 4,40 IEER                                                                       | >= 3,30 COP<br>>= 4,80 IEER                                                                             | +6,5%<br>+21,1%                                                 |
|                                                | Equipamento / Tipologia de AVAC                                                 | ASHRAE 90.1-2010                                                                                                                 | ASHRAE 90.1-2016                                                                                 | ASHRAE 90.1-2019                                                                                  | ASHRAE 90.1-2022                                                                                        | Varição Acumulada (2010 vs 2022)                                |
|                                                | VRF Condensação a Ar (Capacidade típica: 40 a 70 kW / 135.000 a 240.000 Btu/h)  | 11,0 EER (COP 3,22)<br>12,3 IEER                                                                                                 | 10,6 EER (COP 3,11)<br>13,9 IEER                                                                 | 10,6 EER (COP 3,11)<br>13,9 IEER                                                                  | 10,3 EER (COP 3,02)<br>14,9 IEER                                                                        | + 21,1% em carga parcial (IEER) (Adequação da norma ASHRI 1230) |
|                                                | VRF Condensação a Água (Capacidade típica: 20 a 40 kW / 65.000 a 135.000 Btu/h) | 12,0 EER (COP 3,51)<br>(N/A em IEER)                                                                                             | 12,0 EER (COP 3,51)<br>16,0 IEER                                                                 | 12,0 EER (COP 3,51)<br>16,0 IEER                                                                  | 12,0 EER (COP 3,51)<br>16,0 IEER                                                                        | Consolidação do IEER como métrica sazonal mandatória            |
|                                                | Chiller Centrífugo H2O (Porte 1.050 a 2.100 kW / 300 a 600 TR – Path A)         | COP 6,10<br>IPLV.ec 6,40                                                                                                         | COP 6,10<br>IPLV.ec 6,50                                                                         | COP 6,10<br>IPLV.ec 7,00                                                                          | COP 6,28<br>IPLV.ec 7,03                                                                                | + 9,8% no IPLV.ec (Redução no consumo em carga parcial)         |
|                                                | Chiller Parafuso / Scroll H2O (Porte 500 a 1.050 kW / 150 a 300 TR – Path A)    | COP 5,17<br>IPLV.ec 6,06                                                                                                         | COP 5,33<br>IPLV.ec 6,51                                                                         | COP 5,33<br>IPLV.ec 6,51                                                                          | COP 5,33<br>IPLV.ec 6,51                                                                                | + 7,4% no IPLV.ec                                               |
|                                                | Chiller Resfriado a Ar (Capacidade >= 525 kW / >= 150 TR – Path A)              | COP 2,80 (9,56 EER)<br>IPLV.ec 3,73 (12,75 IPLV)                                                                                 | COP 2,96 (10,10 EER)<br>IPLV.ec 4,10 (14,00 IPLV)                                                | COP 2,96 (10,10 EER)<br>IPLV.ec 4,10 (14,00 IPLV)                                                 | COP 2,96 (10,10 EER)<br>IPLV.ec 4,10 (14,00 IPLV)                                                       | + 9,9% no IPLV.ec                                               |
| AQUECIMENTO DE ÁGUA                            | Item de Aquecimento de Água (SWH)                                               | ASHRAE 90.1-2010                                                                                                                 | ASHRAE 90.1-2016                                                                                 | ASHRAE 90.1-2019                                                                                  | ASHRAE 90.1-2022                                                                                        |                                                                 |
|                                                | Eficiência Aquecedores a Gás (> 88 kW)                                          | Eficiência Térmica Et >= 80%                                                                                                     | Et >= 80% (regras mais rígidas para perdas em standby)                                           | Et >= 90% (obriga tecnologia de condensação)                                                      | Et >= 90% a 95% / Inclusão de requisitos de Bombas de Calor (HPWH)                                      |                                                                 |
|                                                | Isolamento de Tubulações                                                        | 2,4 m iniciais e anel principal (13 mm a 25 mm)                                                                                  | Toda a rede de recirculação e cabos heat trace                                                   | Aumento de espessura (>= 38 mm de isolamento para tubos grandes)                                  | Isolamento rigoroso em flanges/conexões e limites de standby do reservatório reduzidos                  |                                                                 |
|                                                | Controle de Recirculação                                                        | Temporizador básico (timer) manual/programável                                                                                   | Proibição de circulação contínua sem controle de retorno                                         | Recirculação acionada por demanda ou termostato de retorno                                        | Intertravamento com sensores de ocupação/BMS para desligamento total em não ocupação                    |                                                                 |
| SISTEMAS ELÉTRICOS                             | Recuperação de Calor (Heat Recovery)                                            | Exigida em edifícios 24/7 com Chillers > 1.000 kW                                                                                | Limite reduzido para Chillers > 500 kW em operação contínua                                      | Exigida para Chillers > 350 kW em Hotéis e Hospitais                                              | Expansão para mais tipologias e incentivo a chillers de recuperação dedicada                            |                                                                 |
|                                                | Item de Sistemas Elétricos                                                      | ASHRAE 90.1-2010                                                                                                                 | ASHRAE 90.1-2016                                                                                 | ASHRAE 90.1-2019                                                                                  | ASHRAE 90.1-2022                                                                                        |                                                                 |
|                                                | Controle de Tomadas (50% Receptacles)                                           | Obrigatório em 50% das tomadas de uso geral em escritórios, salas de reunião e copas                                             | Expanso para quartos de hotel; exigência de ícone padronizado de identificação na face da tomada | Limite de acionamento manual temporário (override) local de no máximo 2 horas                     | Integração obrigatória com sensores de iluminação e controle de cargas em standby                       |                                                                 |
|                                                | Submedição por Subsistema                                                       | Medição geral básica na entrada da concessionária                                                                                | Obrigatória por subsistema (HVAC, Luz, Tomadas) para prédios > 2.300 m²                          | Área limite reduzida para > 2.000 m²; armazenamento de dados por 36 meses                         | Medição obrigatória de Carregadores de EV, Renováveis no local e relatórios analíticos de perfil        |                                                                 |
| SISTEMAS ELÉTRICOS                             | Queda de Tensão (Voltage Drop)                                                  | Alimentadores: <= 2%<br>Terminais: <= 3%<br>Total: <= 5%                                                                         | Alimentadores: <= 2%<br>Terminais: <= 3%<br>Total: <= 5%                                         | Alimentadores: <= 2%<br>Terminais: <= 3%<br>Total: <= 5%                                          | Alimentadores: <= 2%<br>Terminais: <= 3%<br>Total: <= 5%                                                |                                                                 |
|                                                | Eficiência de Transformadores                                                   | Padrão NEMA TP-1 para transformadores a seco                                                                                     | Elevação para padrão U.S. DOE 2016 (eficiências típicas entre 98,0% e 99,2%)                     | Padrões mantidos com regras adicionais para perdas em vazio (no-load)                             | Desenergização automática em vazio em períodos prolongados de inatividade                               |                                                                 |
| ILUMINAÇÃO                                     | Requisito de Controlabilidade                                                   | ASHRAE 90.1-2010                                                                                                                 | ASHRAE 90.1-2016                                                                                 | ASHRAE 90.1-2019                                                                                  | ASHRAE 90.1-2022                                                                                        |                                                                 |
|                                                | Tempo de Desarme do Sensor (Timeout)                                            | Máximo de 30 minutos após a desocupação                                                                                          | Máximo de 30 minutos após a desocupação                                                          | Máximo de 20 minutos após a desocupação                                                           | Redução para 15 a 20 minutos dependendo da tipologia de espaço                                          |                                                                 |
|                                                | Aproveitamento de Luz Natural (Daylight)                                        | Requisito simples/manual em zonas sob claraboias (skylights)                                                                     | Obrigatório automático em zonas primárias e secundárias perto de janelas                         | Controle independente e graduado por zonas primárias e secundárias                                | Dimming contínuo até 0% (OFF) na presença de luz solar suficiente                                       |                                                                 |
|                                                | Modo de Acionamento do Sensor                                                   | Ligar 100% automático (Auto-ON) aceito na maioria das áreas                                                                      | Proibido Auto-ON 100% em salas de aula/reunião (exige Manual-ON ou Partial-ON <= 50%)            | Mantido Manual-ON / Partial-ON <= 50% para evitar acionamentos desnecessários                     | Mantido e integrado à lógica de iluminação de tarefa / fundo                                            |                                                                 |
|                                                | Corredores e Escadarias                                                         | Desligamento geral por temporizador/BMS em horários não ocupados                                                                 | Sensores de presença em corredores e áreas de serviço                                            | Redução automática de no mínimo 50% da potência na desocupação                                    | Redução de 50% mandatória com acionamento por zona/segmento                                             |                                                                 |
|                                                | Arquitetura de Controle                                                         | Interruptores e dimmers centrais / zonais manuais                                                                                | Controladores por zonas funcionais e fotocélulas de teto                                         | Integração por zonas e limites de override temporário de 2 horas                                  | Controle por Nível de Luminária (LLLC) incorporado e comissionado (opcional)                            |                                                                 |
|                                                | Tipologia do Edifício (Building Type)                                           | ASHRAE 90.1-2010                                                                                                                 | ASHRAE 90.1-2016                                                                                 | ASHRAE 90.1-2019                                                                                  | ASHRAE 90.1-2022                                                                                        | Redução Acumulada (2010 vs 2022)                                |
|                                                | Escritório (Office)                                                             | 10,55 W/m²                                                                                                                       | 8,50 W/m²                                                                                        | 6,89 W/m²                                                                                         | 5,70 W/m²                                                                                               | 46,00%                                                          |
|                                                | Galpão / Logística (Warehouse)                                                  | 7,10 W/m²                                                                                                                        | 5,17 W/m²                                                                                        | 4,84 W/m²                                                                                         | 4,09 W/m²                                                                                               | 42,40%                                                          |
|                                                | Hotel / Pousada (Hotel / Motel)                                                 | 9,47 W/m²                                                                                                                        | 8,07 W/m²                                                                                        | 6,03 W/m²                                                                                         | 5,49 W/m²                                                                                               | 42,00%                                                          |
| ILUMINAÇÃO                                     | Varejo / Lojas (Retail)                                                         | 15,07 W/m²                                                                                                                       | 11,41 W/m²                                                                                       | 9,04 W/m²                                                                                         | 8,18 W/m²                                                                                               | 45,70%                                                          |
|                                                | Escola / Educação (School/University)                                           | 10,66 W/m²                                                                                                                       | 8,72 W/m²                                                                                        | 7,75 W/m²                                                                                         | 6,14 W/m²                                                                                               | 42,40%                                                          |
|                                                | Hospital                                                                        | 13,02 W/m²                                                                                                                       | 11,30 W/m²                                                                                       | 10,33 W/m²                                                                                        | 8,93 W/m²                                                                                               | 31,40%                                                          |
|                                                | Edifício de Garagem (Parking Garage)                                            | 2,69 W/m²                                                                                                                        | 1,61 W/m²                                                                                        | 1,40 W/m²                                                                                         | 1,29 W/m²                                                                                               | 52,00%                                                          |
|                                                | Espaço Interno / Ambiente                                                       | ASHRAE 90.1-2010                                                                                                                 | ASHRAE 90.1-2016                                                                                 | ASHRAE 90.1-2019                                                                                  | ASHRAE 90.1-2022                                                                                        | Redução Acumulada (2010 vs 2022)                                |
|                                                | Escritório Aberto (Open Office)                                                 | 10,55 W/m²                                                                                                                       | 8,72 W/m²                                                                                        | 6,57 W/m²                                                                                         | 5,60 W/m²                                                                                               | 46,7%                                                           |
|                                                | Escritório Privativo (Private Office)                                           | 11,95 W/m²                                                                                                                       | 10,01 W/m²                                                                                       | 8,07 W/m²                                                                                         | 7,10 W/m²                                                                                               | 40,6%                                                           |
|                                                | Galpão: Área de Estocagem / Porta-Paletes                                       | 6,24 W/m²                                                                                                                        | 4,74 W/m²                                                                                        | 4,52 W/m²                                                                                         | 3,66 W/m²                                                                                               | 41,3%                                                           |
|                                                | Galpão: Área de Expedição e Manuseio                                            | 8,29 W/m²                                                                                                                        | 6,24 W/m²                                                                                        | 5,38 W/m²                                                                                         | 4,52 W/m²                                                                                               | 45,5%                                                           |
|                                                | Hotel: Quarto de Hóspede (Guestroom)                                            | 11,95 W/m²                                                                                                                       | 8,29 W/m²                                                                                        | 4,41 W/m²                                                                                         | 3,98 W/m²                                                                                               | 66,7%                                                           |
| ILUMINAÇÃO                                     | Hotel: Lobby / Recepção                                                         | 11,41 W/m²                                                                                                                       | 9,47 W/m²                                                                                        | 5,49 W/m²                                                                                         | 4,95 W/m²                                                                                               | 56,6%                                                           |
|                                                | Sala de Reunião (Conference Room)                                               | 13,24 W/m²                                                                                                                       | 11,52 W/m²                                                                                       | 10,44 W/m²                                                                                        | 8,83 W/m²                                                                                               | 33,3%                                                           |
|                                                | Sala de Aula (Classroom)                                                        | 13,35 W/m²                                                                                                                       | 10,12 W/m²                                                                                       | 7,64 W/m²                                                                                         | 6,57 W/m²                                                                                               | 50,8%                                                           |
|                                                | Corredores (Corridors)                                                          | 7,86 W/m²                                                                                                                        | 7,10 W/m²                                                                                        | 4,41 W/m²                                                                                         | 4,09 W/m²                                                                                               | 48,0%                                                           |