



CBCS

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

RT2A.04: Relatório de Auditorias Energéticas - Tipologia de Hotel de Pequeno Porte e Pousada

PROJETO: ECV – PRFP 003B/2020

CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICO-FINANCEIRA ENTRE A ELETROBRAS E O CBCS,
DESTINADO AO DESENVOLVIMENTO DE BENCHMARKS ENERGÉTICOS NO ÂMBITO DO
PROCEL

**Relatório elaborado pelos colaboradores do CBCS CONSELHO BRASILEIRO
DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL:**

Ana Carolina Veloso
Ana Paula Melo
Anderson Letti
Arthur Cursino
Camila Suizu

Clarice Degani
Daniel Amaral
Eduardo Kanashiro
Matheus Geraldi
Roberto Lamberts
Kleber Moura

Coordenação Eletrobras/Procel: Elisete Cunha

Publicado em 24/02/2021

Relatório da atividade 2A com a finalidade de descrever as auditorias energéticas que subsidiaram a configuração dos arquétipos, os dados de entrada das simulações e as escalas de *benchmark* para a tipologia de Hotel de Pequeno Porte e Pousada.

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO E METODOLOGIA.....	2
Método geral adotada para o convênio.....	3
2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	4
3. ANÁLISE DOS DADOS DO ESTOQUE.....	6
Características gerais.....	7
Ocupação.....	9
Cargas especiais	10
Intensidade de Uso de Energia (EUI).....	11
Iluminação artificial.....	13
Características construtivas	14
4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS	15
Características gerais.....	15
Ocupação.....	17
Cargas especiais	17
Condicionamento de ar.....	18
Iluminação.....	19
Cargas de tomada.....	20
Análise dos usos finais.....	21
5. VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E ANÁLISE DOS CONSUMOS	22
Validação do arquétipo e variáveis relevantes	22
Comparação do consumo real com os consumos estimados	23
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25

1. CONTEXTUALIZAÇÃO E METODOLOGIA

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) é uma organização da sociedade civil, sem fins lucrativos, que tem por objetivo contribuir para a promoção do desenvolvimento sustentável, por meio da geração e disseminação de conhecimento e da mobilização da cadeia produtiva do setor da construção civil, de seus clientes e consumidores.

Dentre outras atuações, o CBCS tem desenvolvido ações de *benchmarking* de consumo energético, desde 2013, quando lançou o projeto Desempenho Energético Operacional (DEO) e desenvolveu uma metodologia de *benchmarking* para agências bancárias, para edifícios de escritórios corporativos e para edifícios públicos administrativos.

Em 2018, o CBCS firmou este convênio de cooperação com a Eletrobras, no âmbito do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, que inclui o projeto intitulado “Estruturação do setor de edificações por meio de estudos e desenvolvimentos de base de dados com indicadores”. O Convênio firmado também tem total aderência com as atividades do Procel Edifica – Eficiência Energética em Edificações, que coordena tecnicamente o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações – PBE Edifica, do Inmetro, programa que define classes de desempenho energético para construções novas.

É clara a necessidade de avanços para o desenvolvimento de um programa nacional de gestão energética em edificações existentes e a pertinência do presente convênio. Sendo assim, para melhor entender o consumo energético das edificações em operação, a fim de permitir a gestão destes consumos e operações mais eficientes, a aplicação de *benchmarks* revela-se um excelente ponto de partida.

Deste modo, o objetivo do convênio é desenvolver *benchmarks* e indicadores de desempenho energético para 15 tipologias de edificações em uso e operação, privadas e públicas, visando o futuro desenvolvimento de uma base de dados de consumo energético e de um programa nacional de gestão energética para edificações em uso, semelhante ao já existente para novas construções.

MÉTODO GERAL ADOTADO PARA O CONVÊNIO

A metodologia adotada para o convênio teve como ponto de partida o estudo da base de dados do projeto META (Projeto de Assistência Técnica dos Setores de Energia e Mineral) da EPE (Empresa de Pesquisa em Energia Elétrica), detalhado no relatório RT1A.01, a partir do qual obteve-se informações para a caracterização de grande parte das diferentes tipologias alvo deste convênio.

No transcorrer do convênio, dados de caracterização do estoque para cada tipologia foram obtidos, tratados e analisados – seja por meio de auditorias ou de bancos de dados já existentes – e foram usados para a construção dos arquétipos e a realização de simulações para cada tipologia. As simulações fundamentaram a construção das equações de *benchmark* e os dados de caracterização do estoque disponível foram utilizados para a validação destas equações. O fluxograma do método é apresentado na Figura 1.

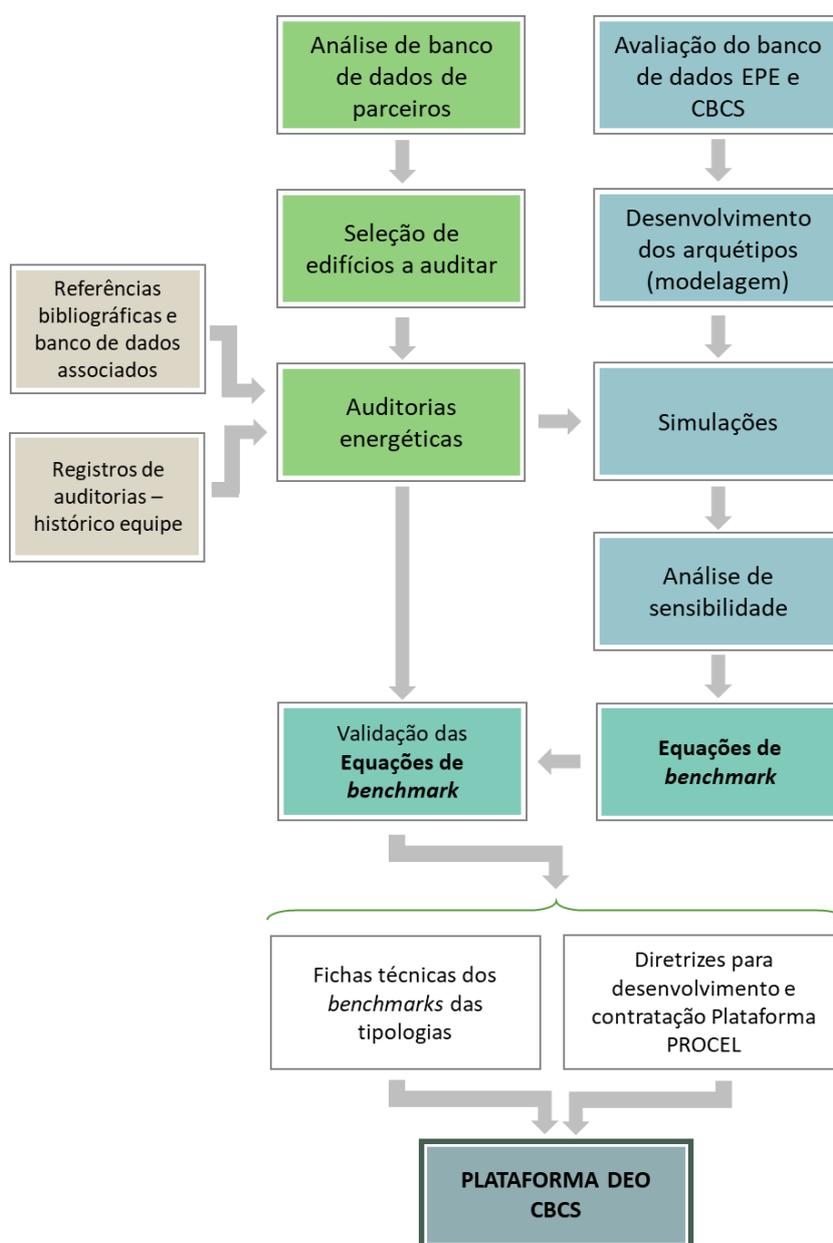


Figura 1 - Método aplicado pelo CBCS para o desenvolvimento dos benchmarks no âmbito deste convênio

2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este relatório apresenta a caracterização da tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** a partir da análise de banco de dados e das auditorias energéticas. Registram-se neste relatório todos os métodos utilizados para a realização destas análises, bem como as principais variáveis identificadas para esta tipologia e os seus valores representativos.

A análise de banco de dados foi feita a partir de informações representativas do grupo de edificações dessa tipologia no Brasil, delineando as principais características construtivas, as estatísticas de consumo de energia e a relação dessas características com a região geográfica de uma quantidade extensiva de edificações - denominada de estoque.

As auditorias energéticas são levantamentos de dados coletados por meio de visitas técnicas nas edificações auditadas. Seu objetivo é compreender as especificidades e as variações inerentes de uma amostra de edificações e, dessa forma, enriquecer a caracterização do estoque realizada sobre os bancos de dados extensivos, adicionando a perspectiva da realidade. As auditorias energéticas realizadas no âmbito do presente convênio são simplificações das práticas de diagnóstico energético, as quais geralmente são executadas com a finalidade de medir o desempenho energético de uma edificação, identificar seus usos finais de energia e prospectar medidas de eficiência energética aplicáveis (ISO 50002,2019).

Deste modo, a caracterização da tipologia é uma das etapas da metodologia para o desenvolvimento das equações de *benchmark*, com o objetivo de identificar e entender o padrão construtivo, operacional e de consumo energético das edificações a partir de estudos de caso reais. Estas informações obtidas em campo contribuem para o refinamento dos arquétipos, para a definição dos tipos de sistemas e dos padrões de uso considerados nas simulações, para a calibração dos modelos de simulação e, posteriormente, para as análises de sensibilidade e validação das equações de *benchmark*.

Sempre que possível, o processo de caracterização da tipologia seguiu as seguintes etapas:

- 1) Análise do banco de dados existente;
- 2) Levantamento preliminar de dados adicionais e complementares;
- 3) Análise dos dados preliminares e seleção dos edifícios para visita técnica;
- 4) Realização das visitas técnicas;
- 5) Tabulação das informações levantadas durante visita técnica e análise de dados utilizando a planilha de auditoria energética CBCS-DEO¹;
- 6) Análise da estimativa de consumo de energia elétrica por usos finais;
- 7) Elaboração do relatório de análise de consumo destinado ao parceiro.

Em fevereiro de 2020, a declaração da pandemia de COVID-19 implicou em medidas de isolamento e distanciamento sociais para conter o espalhamento do novo coronavírus pelo país. Em virtude dessas restrições, o acesso de pessoas em geral e da equipe de auditores às edificações foi impedido, e as visitas técnicas em algumas tipologias não puderam acontecer. Para suprir esta lacuna, as visitas técnicas impossibilitadas tiveram como alternativa de levantamento de dados:

- i. Análise de resultados de auditorias energéticas reportadas em pesquisas acadêmicas e em arquivos de profissionais de mercado;

¹ Baseada no TM22 - Memorando Técnico 22 (do inglês: *Technical Memoranda 22 - Energy Assessment and Reporting Method*), desenvolvido pelo CIBSE (do inglês: *Chartered Institution of Building Services Engineers*) publicado em 2006;

- ii. Análise de plantas e memoriais descritivos de projetos de arquitetura, elétrica, luminotécnica e sistemas AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado) de edificações existentes; e
- iii. Entrevistas por videoconferência com gerentes de instalações prediais.

A tabulação das informações, a análise dos dados e a estimativa do consumo de energia por uso final foi feita por meio da planilha eletrônica desenvolvida para este projeto, denominada **Planilha de auditoria energética CBCS-DEO**. Seu método de cálculo leva em consideração a quantidade, a potência, as horas de operação ao longo do ano e o fator de uso dos equipamentos presentes nas edificações, apresentando a estratificação dos consumos por sistema, quando não há medição setorizada na edificação ou quando não foi possível realizar a sub medição durante a visita *in loco*.

O modelo da **Planilha de auditoria energética CBCS-DEO** é apresentado nos relatórios técnicos **RT1A.02** e **RT1B.01** deste convênio.

3. ANÁLISE DOS DADOS DO ESTOQUE

A análise de banco de dados para a caracterização da tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** foi feita com base nas amostras descritas no projeto META e por meio do compartilhamento voluntário de dados do estoque de parceiros.

O recorte feito nas amostras descritas no projeto META, para definir cada uma das três tipologias de hotel previstas no convênio, procurou considerar os seus portes, em termos de número de quartos e área total, sendo separados para a análise da tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** aqueles com número de quartos inferiores a 40 unidades e área construída abaixo de 1.500 m². Como a base de dados do META para hotelaria possui uma classificação diferente, agrupando as edificações em "HOTEL", "POUSADA", "RESORT" e "MOTEL", ao realizar este recorte da amostra foram selecionados edifícios nas categorias "HOTEL", "POUSADA" e "MOTEL", procurando não exceder o limite máximo definido para o número de quartos e área construída desta tipologia. No entanto, o conjunto de dados analisados apresentaram alguns edifícios com número de quartos e área construída superiores, mas que não trouxeram prejuízo para o objetivo desta análise, que é a caracterização da tipologia para o seu *benchmarking*.

O banco de dados do estoque apresenta informações pertinentes à caracterização construtiva e ao consumo de energia, com dados de edificações em todas as 27 unidades federativas brasileiras. A amostra é constituída por 431 unidades de edificações, representando edificações de hospedagem que tem capacidade para receber pequeno volume de hóspedes. Desta amostra, o estado de São Paulo apresenta dados de 96 unidades, representando aproximadamente 22% do banco de dados, seguido pelo estado de Minas Gerais, com 11% dos dados da amostra.

Filtros para a retirada de valores espúrios de área construída e consumo de energia foram aplicados na amostra bruta, resultando em uma amostra tratada final com 415 unidades. Destas 415 unidades, todas apresentaram informações mais completas, contendo as seguintes variáveis: consumo de energia por quarto, quantidade de refrigeradores, freezers e geladeiras, quantidade de funcionários, número de quartos e ocupação por quartos.

Dados de quatro edifícios com auditorias energéticas publicadas são analisados e apresentados separadamente neste relatório.

A Tabela 1 apresenta o resumo dos dados disponíveis do estoque e que foram analisados.

Tabela 1 - Resumo dos dados analisados da tipologia de Hotel de Pequeno Porte e Pousada

RESUMO DO BANCO DE DADOS	
Amostra bruta	431 unidades
Amostra tratada (sem valores espúrios)	415 unidades
Amostra selecionada (dados completos)	415 unidades
Unidades Federativas contendo dados	27
Variáveis Contidas	<ul style="list-style-type: none"> – Dados básicos (Estado, município e parceiro); – Área construída; – Histórico consumo total de energia de (12 meses); – Idade de construção; – Quantidade de funcionários; – Quantidade de refrigeradores, freezers e geladeiras;

- Ocupação por quarto;
- Quantidade de quartos.

Auditorias energéticas **4 unidades**

CARACTERÍSTICAS GERAIS

A Tabela 2 apresenta as medidas de síntese estatística da amostra selecionada para a tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada**. Importante mencionar que o recorte do banco de dados do Meta reuniu as edificações das categorias "HOTEL", "POUSADA" e "MOTEL", procurando não exceder o limite máximo definido para o número de quartos (40) e a área construída (1.500 m²), porém, em virtude da diversidade de edificações do estoque nestas categorias, acabam havendo desvios, mas que não interferem na análise de suas médias e terceiros quartis.

Tabela 2 – Medidas de síntese das variáveis do estoque para a tipologia de Hotel de Pequeno Porte e Pousada

VARIÁVEIS	VALOR MÍN.	1º QUARTIL (25%)	MEDIANA (50%)	MÉDIA	3º QUARTIL (75%)	VALOR MÁX.
Ano de construção	1903	1975	1985	1982	1995	2014
Número de Funcionários	1	5	8	13	15	126
Número de Funcionários/100 m ²	0,08	0,80	1,71	3,27	3,27	34,67
Número de Quartos	2	14	20	29	34	300
Número de Geladeiras e Freezers	1	1	2	3	3	14
Número de quartos /100m ²	0	2	4	7	8	87
Área Total [m ²]	25,0	350,0	750,0	892,60	750,0	15.154
EUI [kWh/m ² /ano]	0,3	21,4	50,5	108,0	133,6	914,2

A partir da razão entre consumo de energia de 12 meses e área construída, pode-se calcular o EUI (do inglês: *Energy Use Intensity*, Intensidade de Uso de Energia) de todas as edificações do estoque tratado. A intensidade de uso de energia é um indicador amplamente utilizado para quantificar o uso de energia de uma edificação em relação à sua área construída. Nota-se, que o estoque possui um EUI médio de 108,0 kWh/m²/ano, variando de 21,4 a 133,6 kWh/m²/ano entre o primeiro e o terceiro quartil. Nota-se que o valor máximo é bastante elevado em relação à média - reitera-se que os valores espúrios já foram retirados.

Com relação à área construída, a amostra apresenta uma média de 892,60 m², mediana de 750,0 m² e desvio de padrão de 2.991,3 m². A Figura 2 apresenta um diagrama de barras da área construída das edificações da base de dados. Nota-se que há uma frequência maior de edificações de até 500 m², mas também há a presença de edificações maiores, entre 3.000 m² a 3.500 m².

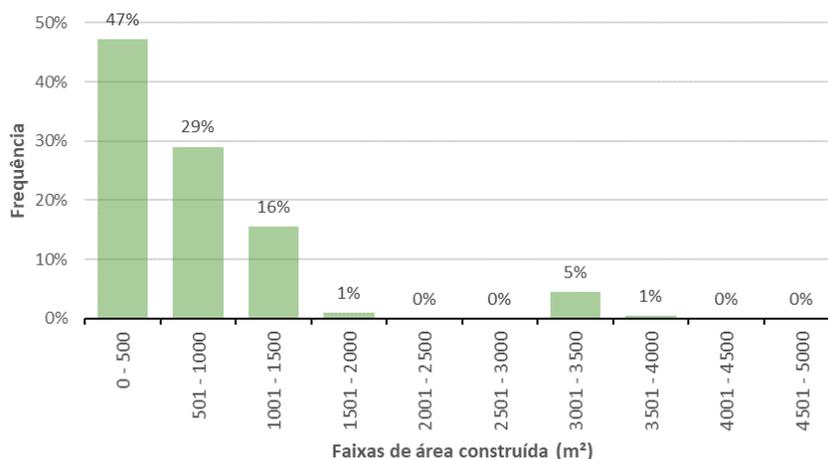
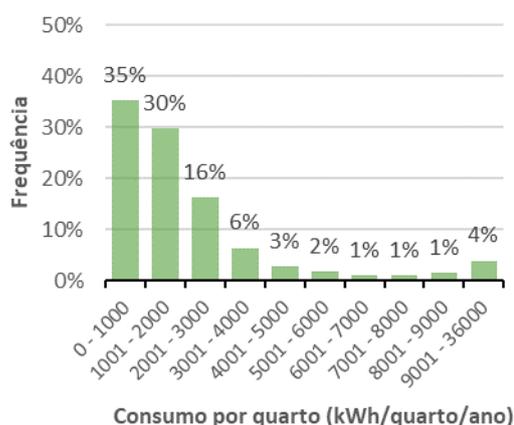
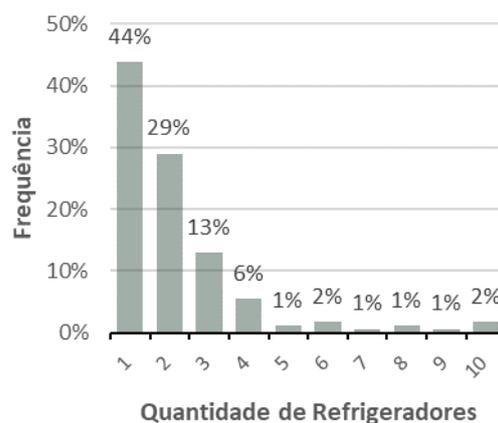


Figura 2 - Histograma da área construída.

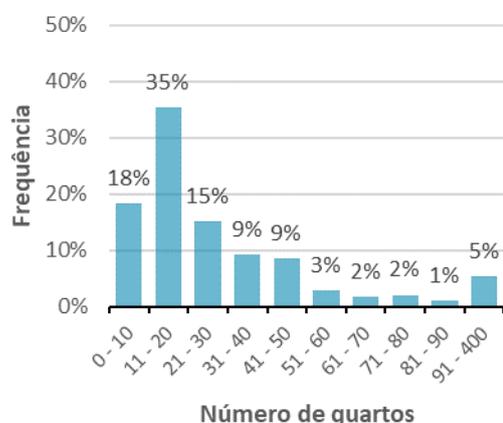
Além da área construída, algumas características físicas ou de sistemas são determinantes para o consumo de energia. Especificamente para a tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada**, o consumo anual por quarto, a quantidade de refrigeradores, a quantidade de quartos e a ocupação média por quarto foram identificados como sendo estes fatores, dentre as demais variáveis presentes na base de dados. A Figura 3 apresenta o comportamento das variáveis importantes que caracterizam esta tipologia para as edificações que apresentavam essas informações.



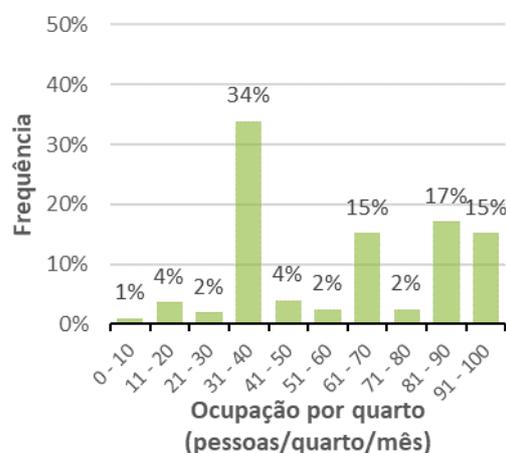
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3 – Histograma das variáveis consideradas mais determinantes em relação ao consumo total por edificação.

A Figura 3 revela que para a tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada**, a quantidade média de quartos é de 29 quartos. Com relação ao consumo médio por quarto, o valor médio anual é de 2.412 kWh por quarto por ano, e a ocupação média mensal observada nas edificações do estoque foi de 58 hóspedes por quarto por mês. A quantidade média de refrigeradores e geladeiras é de 3 equipamentos por edificação. Nota-se que neste levantamento somente foram considerados refrigeradores e geladeiras os equipamentos de porte doméstico ou superior, e não equipamentos de frigobar, geralmente presentes em cada um dos quartos.

Considerando a ocupação média mensal por quarto e a quantidade média de quartos obtidas no banco de dados do estoque, a quantidade média de hóspedes por ano é de 22.968 hóspedes/ano, totalizando 696 hóspedes por quarto por ano, logo considerada uma ocupação de 1,9 hóspedes por quarto por dia.

OCUPAÇÃO

A ocupação da tipologia de **Hotel de Pequeno de Porte e Pousada** é uma variável composta por duas parcelas: a de funcionários e a de hóspedes. A ocupação de hóspedes é apresentada na Figura 3.d e a Figura 4 apresenta o histograma da quantidade de funcionários das edificações analisadas no estoque.

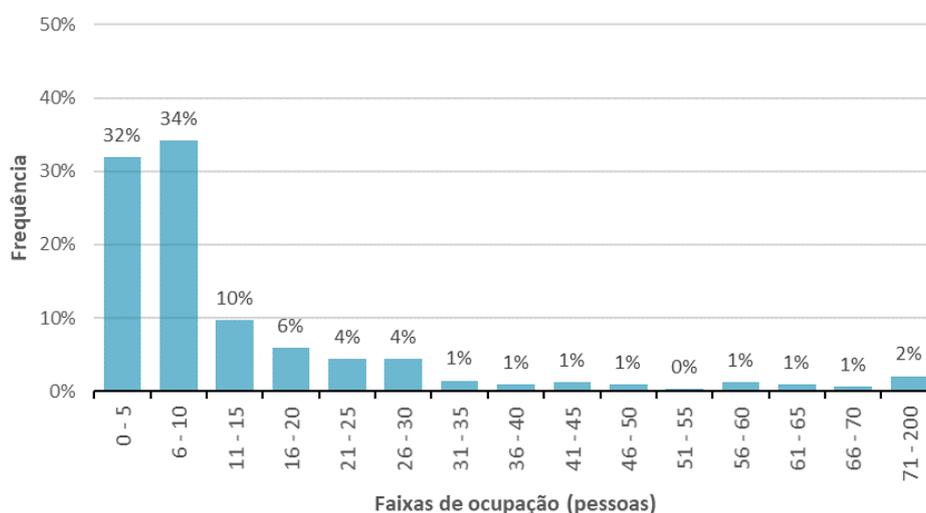


Figura 4 – Histograma da ocupação por funcionários.

A Figura 4 informa que a maior parte das edificações têm até 10 funcionários (66%), sendo a ocupação média de 13 funcionários, correspondendo a uma densidade de ocupação de funcionários de 69 m² por pessoa, considerando-se a área média obtida no banco de dados do estoque. A partir daí, considerando a ocupação média de hóspedes acrescida da ocupação média de funcionários, a densidade de ocupação total é de 12 m² por pessoa por dia.

Com relação à forma de ocupação do edifício, a Figura 5 apresenta a proporção de edificações do estoque se ocupando um único edifício ou mais de um edifício.

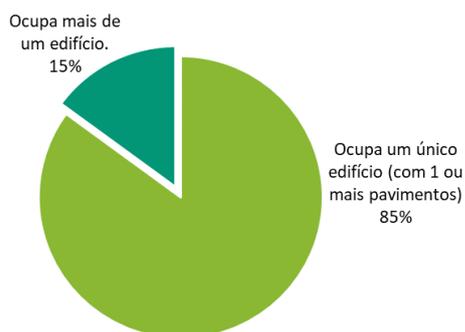


Figura 5 – Proporção do estoque em relação ao número de blocos.

Como grande parte do estoque (85%) ocupa um único edifício, pode-se dizer que esta tipologia é representada majoritariamente por edificações monousuário.

Com relação à operação do edifício, todos os edifícios têm operação constante, 24 horas por dia, sete dias por semana.

A Figura 6 apresenta a proporção de edificações em relação ao número de pavimentos, sendo o valor mais frequente edificações de um pavimento.

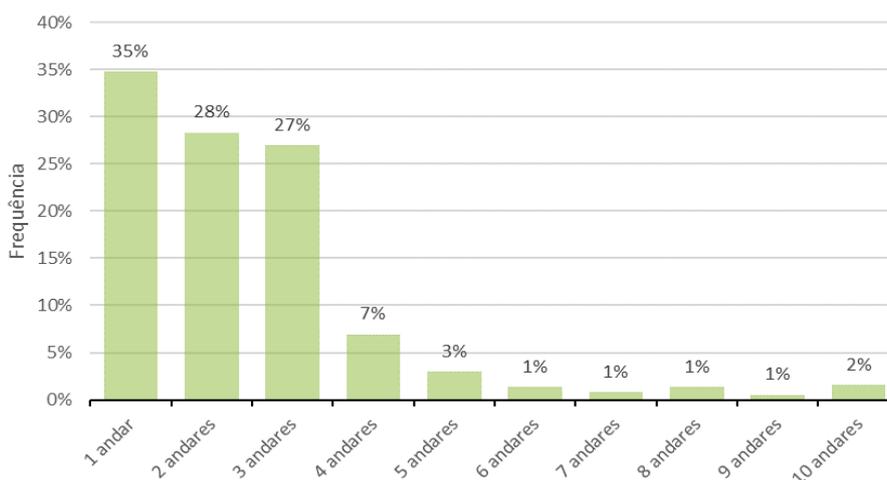


Figura 6 – Histograma do número de pavimentos das edificações.

Portanto, a partir das proporções de ocupação, número de pavimentos e área identificados no estoque, pode-se dizer que uma edificação típica da tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** é uma edificação de um a três pavimentos, composta por um bloco único, de aproximadamente 892,60 m², ocupação média de 13 funcionários e possui 29 quartos.

CARGAS ESPECIAIS

Para a tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** foram observadas as seguintes cargas especiais: piscina aquecida com eletricidade e lavanderia. A Figura 7 apresenta a proporção e o padrão de uso das lavanderias das edificações que reportaram esse tipo de equipamento e a frequência de piscinas aquecidas dentre as edificações analisadas. Não foram reportadas no banco de dados do estoque mais informações sobre potência e volume desses sistemas nas edificações para análise mais detalhada.

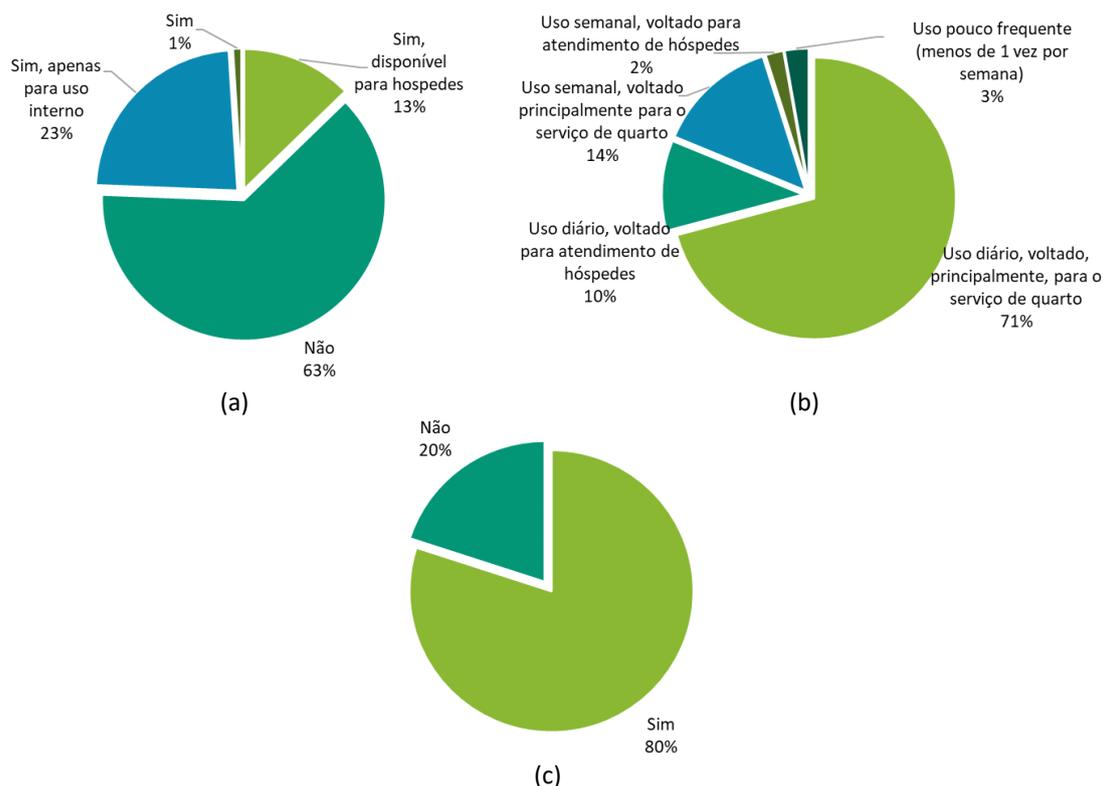


Figura 7 – Proporção das edificações com cargas especiais: (a) Proporção e (b) usos de lavanderias, e (c) proporção de edificações que possuem piscinas aquecidas.

Nota-se que a maior parte das edificações não possui lavanderia (63%), mas as que possuem, utilizam a lavanderia diariamente de forma disponível para os hóspedes e, especialmente, para o serviço de quarto (71%). Quanto à piscina aquecida, observa-se que grande parte do estoque analisado possui esse sistema (80%).

Não foram disponibilizados dados de Centrais de Processamento de dados (CPDs) nesta base de dados.

INTENSIDADE DE USO DE ENERGIA (EUI)

O EUI médio para a tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** na amostra analisada foi de 108,0 kWh/m²/ano, com mediana 50,5 kWh/m²/ano e desvio padrão de 188,59 kWh/m²/ano. A Figura 8 apresenta uma análise da distribuição desta variável neste caso, para cada edificação no banco de dados.

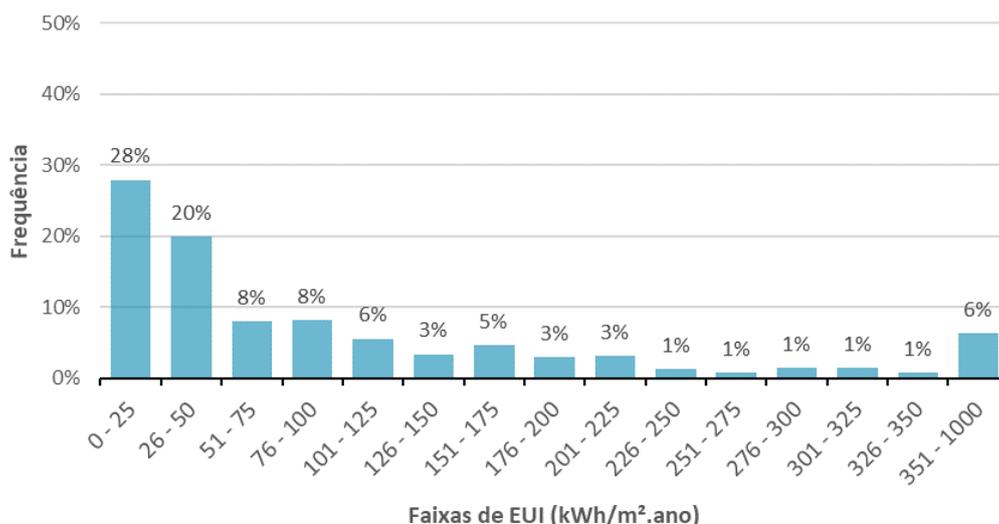


Figura 8 – Histograma da variável EUI.

Verificou-se que a variável EUI não possui uma distribuição normal, a partir do teste de Anderson-Darling a 95% de confiança, o qual resultou em um valor de probabilidade de 2×10^{-5} (rejeitando-se a hipótese da normalidade). Porém, é possível observar que a variável segue uma distribuição que se assemelha à log-normal.

O desempenho do sistema de condicionamento de ar é dependente do clima no qual a edificação está inserida. O Grau-Hora de Resfriamento (GHR) é um indicador utilizado para caracterizar a relação da necessidade de resfriamento do ambiente interno com as condições médias climáticas de uma região, de forma simplificada. Este indicador é obtido por meio da somatória total anual da diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura de base - adotada 15°C.

A Figura 9 ilustra a média de GRH em cada estado do Brasil e associa a média de EUI das edificações do estoque analisado.

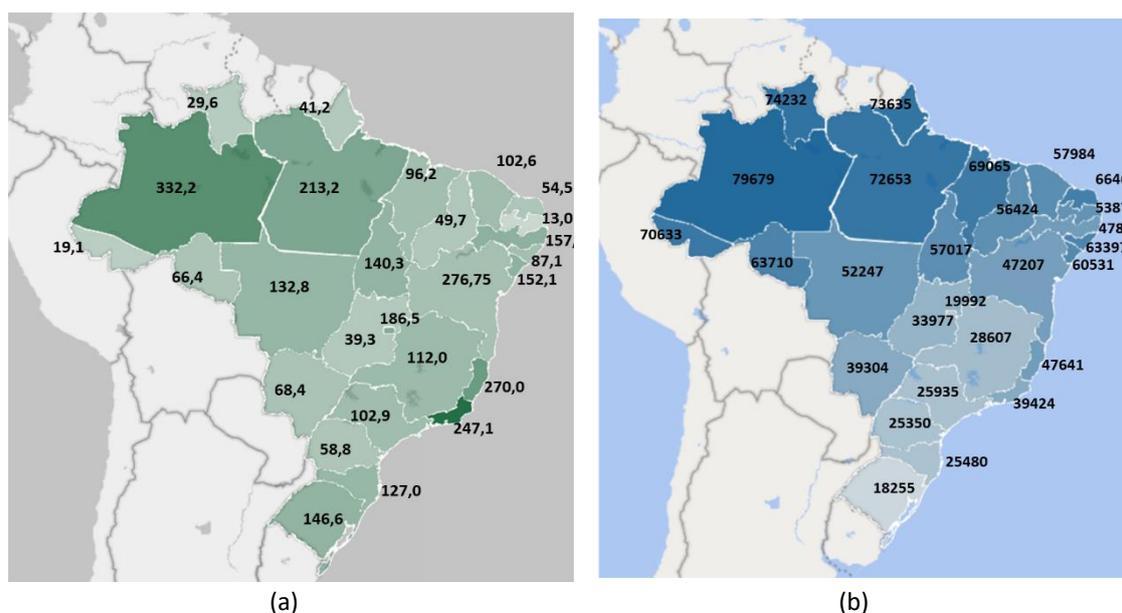


Figura 9 – Comparação entre (a) Média de EUI da amostra e (b) Média de GHR, por estado da federação brasileira.

A Figura 9 evidencia que os estados com maior GHR apresentaram maior EUI médio, o que pode significar que o uso dos equipamentos de condicionamento de ar é influenciado diretamente pelas condições climáticas, como é o caso dos estados do Amazonas e Pará. Nota-se que no estado do Rio de Janeiro o uso intenso dos sistemas de condicionamento equipara-se ao consumo nos estados com GHR maior que o seu.

ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

O padrão de uso da iluminação artificial para a tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** foi caracterizado por meio do banco de dados do Projeto META, no qual há informações sobre o padrão de uso da iluminação artificial em relação à disponibilidade de luz natural externa (Figura 10).

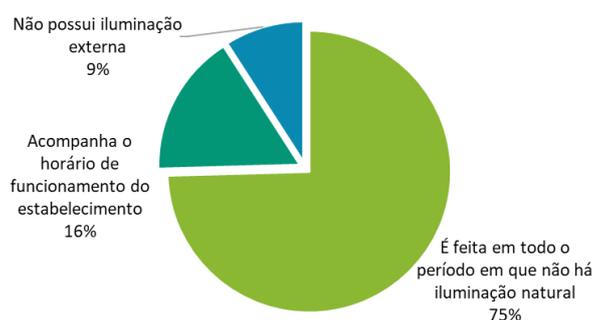


Figura 10 – Padrão de aproveitamento da iluminação natural.

Percebe-se que a maior parte das edificações que apresentaram essa informação tendem a aproveitar a iluminação natural externa durante o dia, uma vez que cerca de 75% das edificações reportaram utilizar iluminação artificial apenas quando não há iluminação natural disponível.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

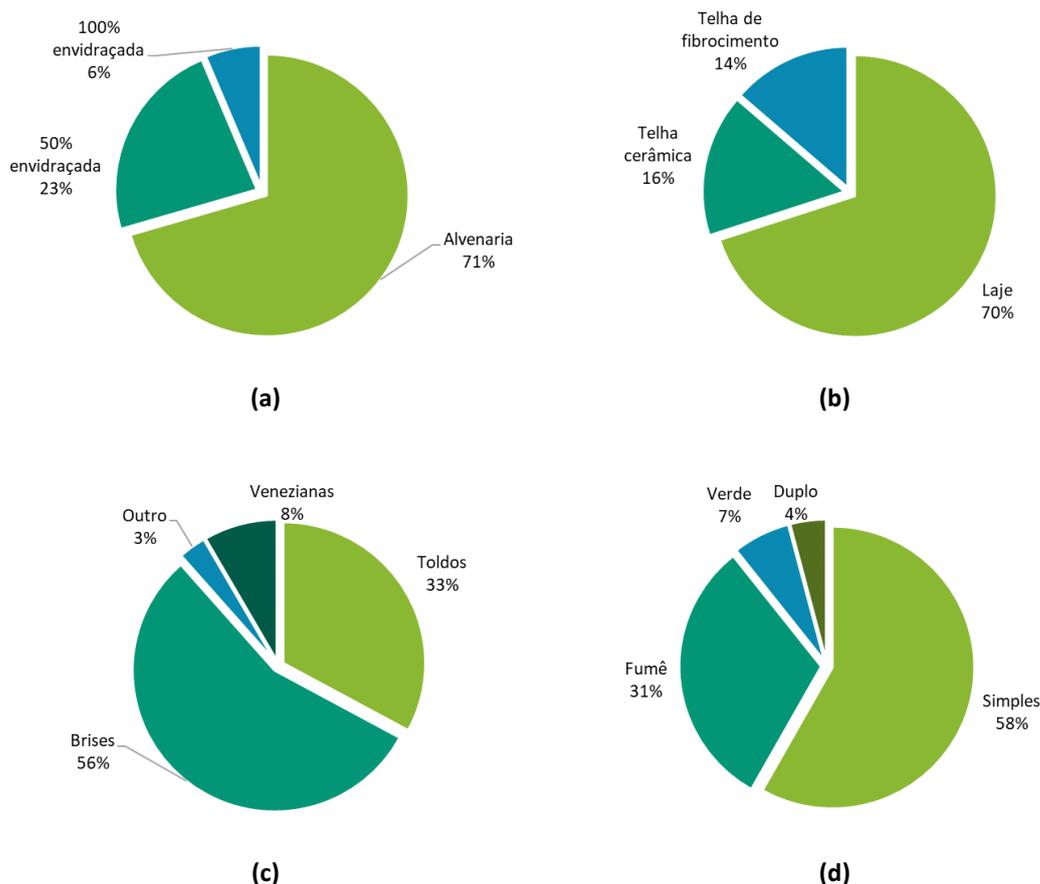


Figura 11 – Características construtivas típicas do estoque – Composição das (a) fachadas, (b) coberturas, (c) sombreamento das fachadas e (d) vidros externos.

As características construtivas das vedações externas (fachadas), coberturas, tipos de vidro das esquadrias externas e sombreamentos constituem os elementos da envoltória, que é a interface entre o interior do ambiente construído com o exterior. As propriedades da envoltória são determinantes para o desempenho termo-lumínico-energético da edificação, pois são as propriedades térmicas que vão definir o fluxo de calor entre a edificação e o meio, e é o tamanho e translucidez do vidro que vão determinar a quantidade e a qualidade da iluminação natural que adentra o edifício.

Por meio da Figura 11, percebe-se que a maior parte das edificações tem fachada de alvenaria (71%), cobertura de laje simples (70%), elementos de sombreamento do tipo brises (56%) e as esquadrias compostas majoritariamente por vidros simples (58%).

4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS

CARACTERÍSTICAS GERAIS

As quatro auditorias energéticas descritas a seguir foram realizadas a partir de visitas *in loco* em quatro edificações e obtidas por meio de suas publicações.

A Tabela 3 apresenta um resumo dos dados principais das edificações analisadas.

Tabela 3 – Dados principais das edificações auditadas.

Edificação	A	B	C	D
Município	Rio de Janeiro	Maceió	Imbituba	Arraial do Cabo
Estado	RJ	AL	SC	RJ
Pavimentos	2	2	1	3
Subsolos	0	0	0	0
Pé-Direito¹ [m]	2,8	2,8	2,8	2,8
Formato	Múltiplos blocos	“l”	Múltiplos blocos	Múltiplos blocos
Sombreamento	Cortinas internas	Cortinas internas	Cortinas internas	Cortinas internas
Perfil de ocupação²	Monousuário	Monousuário	Monousuário	Monousuário
Dias de operação por semana	7	7	7	7
Área construída [m²]	619,00	1.436,54	667,52	N/D
Área Útil³ [m²]	N/D	1.406,14	667,52	N/D
Área Privativa⁴ [m²]	N/D	839,14	435,00	N/D
Área Comum⁵ [m²]	N/D	567,00	232,52	N/D
Taxa de Ocupação⁶	56%	61%	N/D	N/D
Quantidade de quartos	44	39	8	N/D
EUI real [kWh/m²/ano]	123,11	78,05	22,54	N/D

¹ Medida de Piso a forro;

² Monousuário - Único Locatário; Multiusuário - Diversos Locatários; Individual - Edifício único; Coletivo - Edifícios Corporativos.

³ Soma das áreas comuns e privativas, exclui áreas técnicas, garagens, jardim, depósitos e etc.

⁴ Soma das áreas Privativas (Ex.: Quartos, Salas, Escritórios, etc.).

⁵ Soma das áreas Comuns (Ex.: Corredores, Hall, Academia, Quadra, Piscina e etc.).

⁶ Percentual médio do total de quartos ocupados nos últimos 12 meses;

Nota: N/D = não disponível.

Nota-se que o EUI real – isto é, o que foi realmente medido – das edificações auditadas variou de 22,54 a 123,11 kWh/m²/ano. O EUI médio foi de 74,56 kWh/m²/ano. Este valor contrastou com o EUI médio identificado na análise do estoque de 108,0 kWh/m²/ano, apresentando uma diferença de 30% a menos. Porém, pode-se dizer que as edificações estão dentro da faixa de valores dos quartis, observada na análise do banco de dados dos estoques desta tipologia. De fato, quando o histograma de EUI do estoque é analisado, percebe-se que 57% das edificações do estoque apresentam EUI de até 75 kWh/m²/ano, similar ao observado nas edificações auditadas.

A Tabela 4 apresenta a síntese dos principais sistemas presentes nas edificações auditadas. É importante enfatizar que os projetos compartilhavam características similares e que aqui descreve-se a percepção média destes sistemas.

Tabela 4 – Caracterização dos sistemas das edificações auditadas.

SISTEMAS	CARACTERÍSTICAS
Fornecimento de energia	Rede aérea de baixa tensão, subgrupo B3, modalidade tarifária convencional
AVAC	Majoritariamente sistema unitário do tipo <i>split inverter</i> em todos os ambientes condicionados. Não foi observado em nenhuma edificação um sistema de condicionamento de ar centralizado.
Iluminação	Diversos tipos de luminárias, principalmente lâmpadas compactas LED (9 W e 15W) e compactas fluorescentes (25W). Porém, há luminárias com lâmpadas tubulares tipo T8 (32W), lustres e dicroicas para iluminação cênica.
Aquecimento de água	Aquecimento de água feito com aquecedor central de gás e em alguns casos, com chuveiro elétrico.
Cargas de tomadas	Refrigeradores, mini refrigeradores e frigobares, secadores de cabelo, são presentes. Foi também reportado a existência de computadores nas áreas administrativas, televisores; utensílios de cozinha, como microondas, cafeteira, fogão, entre outros.
Cargas específicas	Duas edificações possuíam um elevador, com potência unitária nominal de 8.300W.
CPDs	Não foram reportados Centrais de Processamento de dados ou equipamentos similares nas auditorias realizadas.
Gerador	Não presente.

Predominantemente, as edificações auditadas são compostas por múltiplos blocos, com um pé-direito médio de 2,8 m. O número de pavimentos médio foi de 2 pavimentos e notou-se um perfil de ocupação monousuário. Comparando-se com o banco de dados do estoque, percebe-se que cerca de 28% das edificações têm 2 pavimentos.

De modo geral, as edificações desta tipologia apresentam partido arquitetônico diverso, apesar de possuírem espaços funcionais semelhantes, como: áreas comuns (hall de acesso, recepção, área de alimentação, espaço para integração); áreas privativas (quartos, salas de uso comum); e áreas técnicas (manutenção, almoxarifado, jardins, depósitos e áreas correlatas).

Dentre as edificações auditadas, a área construída média é de 907,69 m², com área útil média de 98% desse valor. A proporção de área privativa média é de 62%, de área comum é de 37% e de área técnica é de 1% da área útil. A área construída média observada na análise do estoque desta tipologia foi de 1.216,4 m², valor próximo do observado nas edificações auditadas.

A Figura 12 apresenta a proporção das áreas comuns, privativas e técnicas de 2 das edificações auditadas. Percebe-se que as áreas privativas constituem a maior parte em ambas.

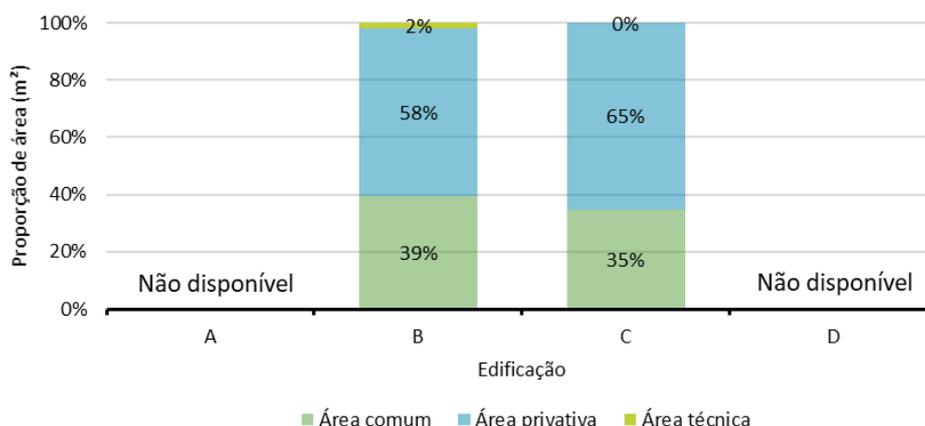


Figura 12 - Proporção dos tipos de áreas das edificações auditadas.

OCUPAÇÃO

Todas as quatro edificações da tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** analisadas têm horário de funcionamento integral (24h por dia, 7 dias por semana).

A quantidade de funcionários e a quantidade e hóspedes não foi reportada em nenhuma edificação auditada.

A relação entre a área total de quartos disponíveis e as áreas de quartos efetivamente ocupados durante os últimos 12 meses das edificações auditadas variou de 56 a 61% (Figura 13).

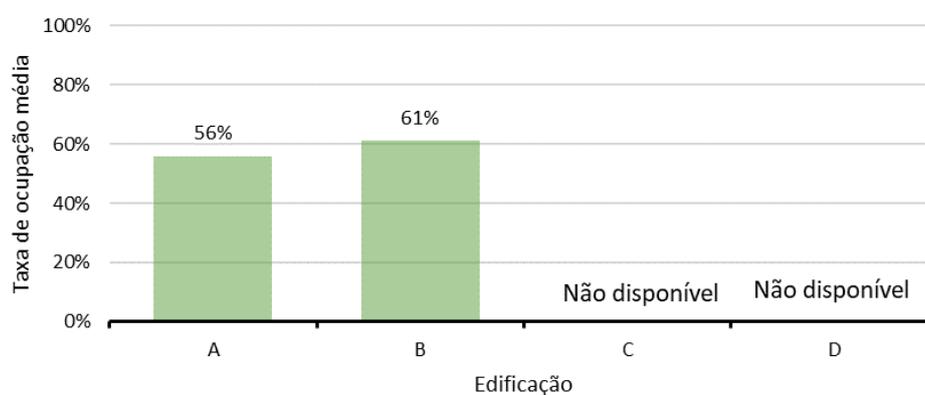


Figura 13 – Taxa de ocupação média anual de quartos das edificações auditadas.

CARGAS ESPECIAIS

Para a tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada**, as auditorias energéticas não destacaram nenhum tipo de carga especial. Duas edificações reportaram que possuíam um elevador cada, mas que o uso não era expressivo uma vez que o equipamento só era utilizado em casos de portadores de necessidades especiais.

Não foram reportados Centrais de Processamento de dados ou equipamentos similares nas auditorias realizadas.

CONDICIONAMENTO DE AR

Em termos de equipamentos de condicionamento de ar para a tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada**, a densidade de refrigeração média das edificações auditadas foi de 170,25 BTU/h/m², considerando a área condicionada total. Os quartos, devido à alta densidade de equipamentos, apresentaram uma densidade de refrigeração média maior, de 1.543,4 BTU/h/m². A Tabela 5 apresenta a síntese da potência dos sistemas de condicionamento de ar para as edificações auditadas.

Tabela 5 - Lista de equipamentos do sistema de condicionamento de ar nas edificações auditadas.

Edifício	Tipo de equipamento	Ambiente	Potência instalada [BTU/h]
A	Split Inverter	- Recepção	60.000
		- Quartos	312.000
B	Split Inverter	- Salas administrativas	18.000
		- Quartos	351.000
		- Restaurante	18.000
C	Split Inverter	- Salas administrativas, apoio	96.000
D	N/D	N/D	N/D

A partir de uma abordagem de aproximação do consumo, baseado no método instituído pela planilha de auditoria energética CBCS-DEO, foram estimados os consumos de energia anuais com o sistema de condicionamento de ar das edificações auditadas. Esta estimativa do consumo levou em consideração a potência de resfriamento dos aparelhos, seus coeficientes de *performance* e as horas de operação das edificações - considerando que o sistema opera sempre que há ocupação. A Figura 14 apresenta os resultados dessa estimativa e o quanto o consumo com os sistemas de condicionamento de ar representam no consumo total de cada edificação.

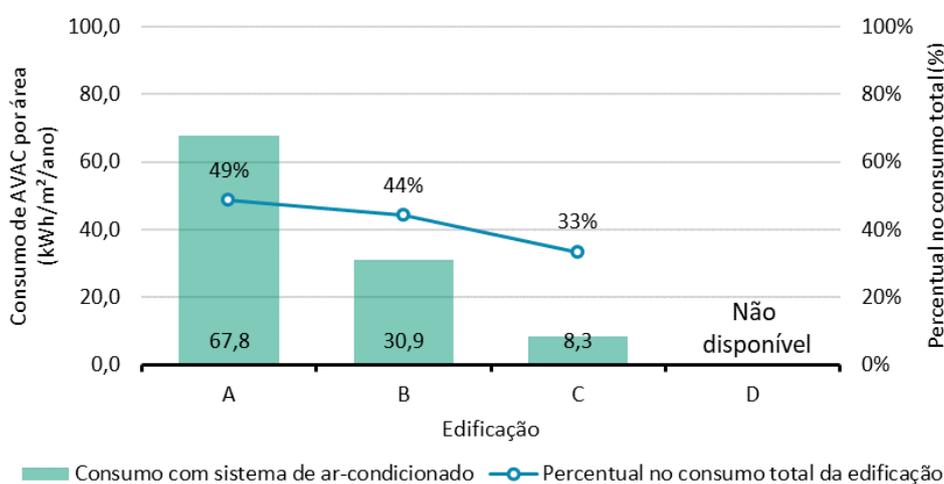


Figura 14 - Proporção do consumo dos sistemas de condicionamento de ar em relação ao consumo total nas edificações auditadas.

Percebe-se que o condicionamento de ar é uma parcela expressiva no consumo total desta tipologia, neste caso representando de 33 a 49% do consumo total. Além disso, percebe-se que a maioria dos equipamentos presentes nas edificações são do tipo *split inverter*, que são sistemas eficientes. Mesmo com sistemas que consomem menos em relação aos sistemas comuns do mercado, o condicionamento de ar ainda se mostra como uma parcela significativa do consumo total das edificações auditadas.

Como o consumo de energia com sistemas de condicionamento de ar é intrinsecamente dependente do clima, é importante visualizar as características climáticas nas quais as edificações estão inseridas. A Figura 15 apresenta os GHR da região única em que estão as edificações auditadas, em conjunto com o EUI total da edificação e o consumo com equipamentos do sistema de condicionamento de ar. Neste cenário, esta análise não é capaz de trazer maiores correlações.

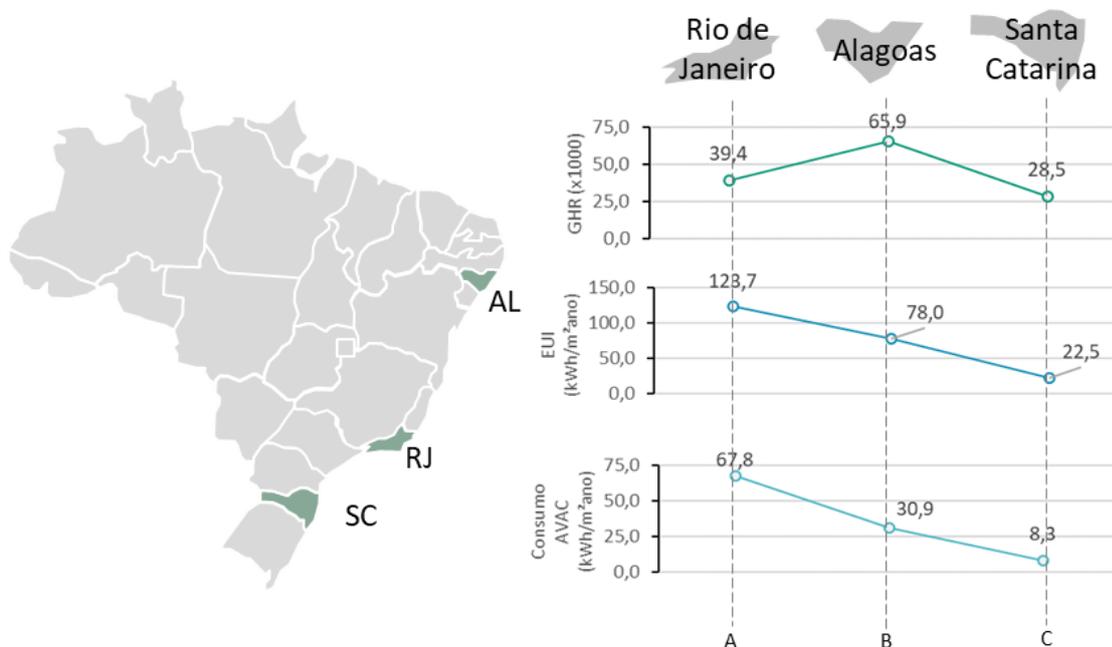


Figura 15 – Relação entre consumo do AVAC, EUI e GHR das regiões onde estão inseridas as edificações auditadas.

É possível perceber que as edificações auditadas nos estados mais quentes, como Rio de Janeiro e Alagoas, que apresentam maior GHR, apresentaram consumo com sistemas de condicionamento de expressivamente maior do que o consumo com sistemas de condicionamento de ar da edificação auditada no estado de Santa Catarina, que possui menor GHR. E, do mesmo modo que observado na Figura 9 que considera toda a amostra brasileira, o padrão de uso dos sistemas de condicionamento de ar no estado do Rio de Janeiro tende a ser mais intenso do que nos demais estados.

ILUMINAÇÃO

Com relação ao sistema de iluminação da tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada**, verificou-se que há uma diversidade de tipos de lâmpadas e luminárias. É frequente o emprego de lâmpadas compactas LED (9 W e 15W) e compactas fluorescentes (25W), porém, há luminárias com lâmpadas tubulares tipo T8 (32W), lustres e dicroicas para iluminação cênica. A Figura 16 apresenta o consumo com iluminação e a proporção do seu respectivo consumo no consumo total das edificações auditadas.

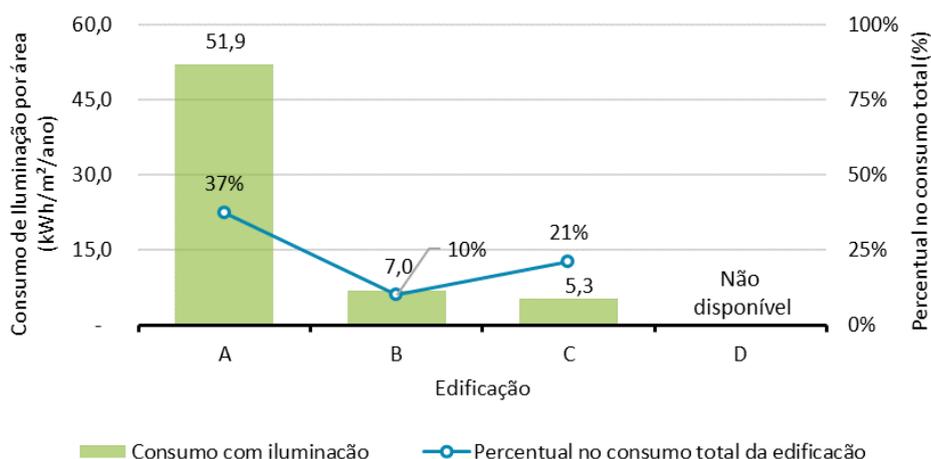


Figura 16 – Proporção do consumo de iluminação nas edificações auditadas.

A Figura 16 mostra que o consumo com iluminação representa uma porção que varia de 10 a 37% do consumo total das edificações auditadas. Em média, a iluminação representou cerca de 23% do consumo total estimado das edificações, com um consumo médio anual de 21,4 kWh/m²/ano. A densidade de potência de iluminação média observado nas edificações auditadas foi de 4,00 W/m².

CARGAS DE TOMADA

Cargas de tomada na tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** constituem um uso final importante com relação ao uso de energia em edificações. Estimou-se o consumo com cargas de tomada com base na quantidade de equipamentos que foram registrados no levantamento de dados, levando-se em consideração equipamentos como: computadores, impressoras e demais equipamentos de escritório, utensílios de cozinha e preparação de refeições, entre outras cargas de tomada menores. A Figura 17 apresenta o consumo com cargas de tomada e a proporção desse uso final no consumo total das edificações auditadas.

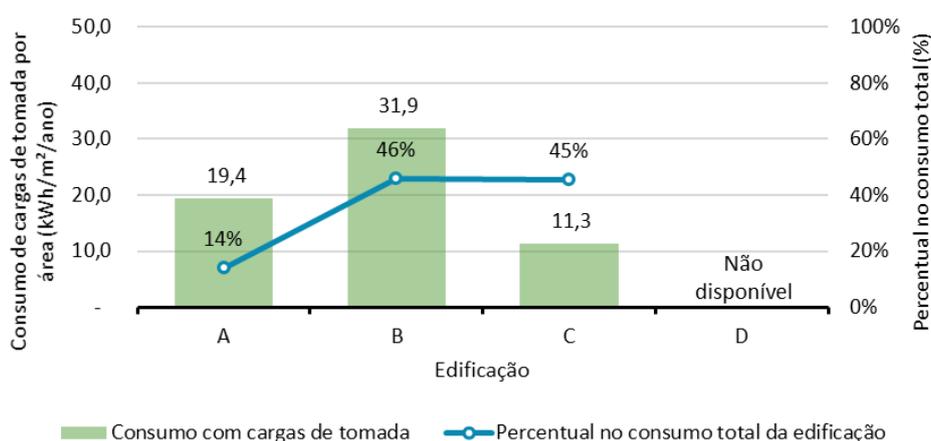


Figura 17 – Proporção do consumo de energia com cargas de tomada nas edificações auditadas.

É possível perceber que a proporção das cargas de tomada no consumo total da edificação representa uma parcela significativa no consumo total da edificação, variando de 14 a 46%, com média de 20,9 kWh/m²/ano e representando 35% do consumo médio das edificações auditadas.

Reporta-se aqui o sistema de aquecimento de água das unidades foi incluso nas cargas de tomada para fins de cálculo, uma vez que as edificações B e C relataram aquecimento de água com chuveiro elétrico, com potência de 5500 W.

ANÁLISE DOS USOS FINAIS

A Figura 18 apresenta a síntese dos consumos anuais por área construída dos principais sistemas das edificações da tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** auditadas e calculados por meio da planilha de auditoria energética CBCS-DEO.

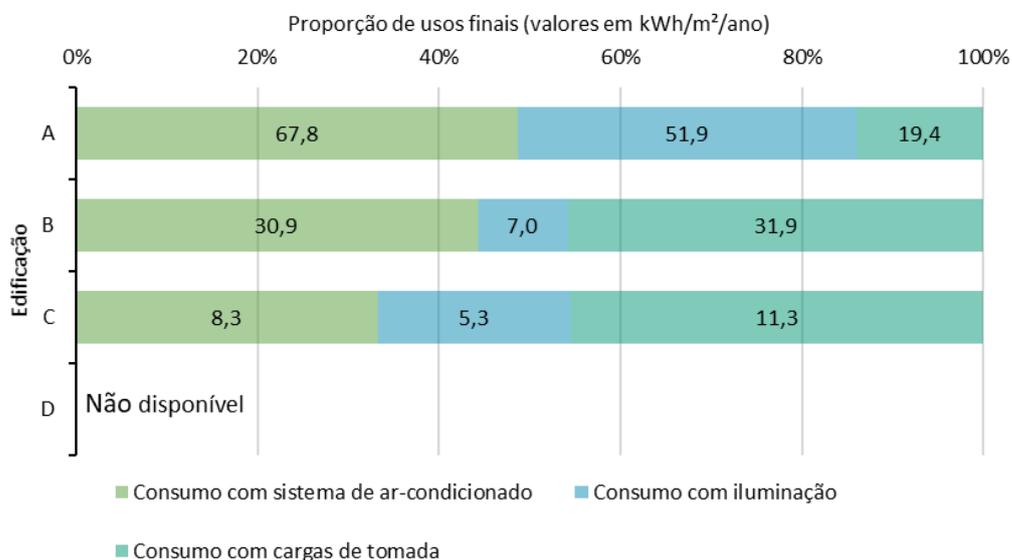


Figura 18 – Proporção e valores dos usos finais por área construída das edificações auditadas.

É possível perceber que o consumo com sistemas de condicionamento de ar é uma parcela expressiva, representando em média 35,6 kWh/m²/ano, cerca de 42 % do consumo médio total das edificações auditadas. Os consumos com iluminação e com cargas de tomadas foram similares entre si, representando, respectivamente, 23% do consumo médio (21,4 kWh/m²/ano), e 26,8% (20,9 kWh/m²/ano).

A expressão no consumo com cargas de tomada é devida ao fato de que nas edificações B e C o sistema de aquecimento de água foi considerado dentro desse uso final, uma vez que o aquecimento é feito por chuveiro elétrico.

5. VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E ANÁLISE DOS CONSUMOS

VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E VARIÁVEIS RELEVANTES

O arquétipo desenvolvido e detalhado no relatório **RT2B.04**, adotado nas simulações para determinação dos *benchmarks* desta tipologia, foi confrontado com os resultados desta análise do estoque e das auditorias energéticas.

A Tabela 6 apresenta a comparação desses dados e os valores adotados para o arquétipo desta tipologia.

Tabela 6 – Resumo dos principais dados construtivos.

Dados	Análise do estoque	Auditorias	Arquétipo CBCS
Pavimentos	Média = 3 Mediana = 3	Média = 2	3
Subsolos	0	0	0
Pé-Direito [m] ¹	-	2,76	3,2
Formato	Bloco único	Múltiplos blocos	Retangular bloco único
Sombreamento	-	Persianas internas	Variável
Perfil de Ocupação	Monousuário	Monousuário	Monousuário
Turnos	Integral	Integral	Integral
Área Construída [m ²]	Média = 892,60	Média = 907,69	929,88
Área Privativa [%]	-	62%	54%
Área Comum [%]	-	37%	38%
Área Técnica [%]	-	1%	8% ²
Ocupação diária	1,9 hóspedes por quarto	N/D	1 hóspede por quarto

¹ Medida de Piso a forro

² Área de serviços

O modelo do arquétipo do CBCS foi constituído por uma edificação de três pavimentos, de dimensões 37,80 m x 8,20 m (L x C), totalizando 929,88m². Uma edificação do tipo monousuário, com 24 zonas térmicas condicionadas representando os quartos, duas zonas térmicas condicionadas representando o restaurante e recepção, 24 zonas térmicas não condicionadas representando os banheiros, 2 corredores, lavanderia e cozinha não condicionados. Foi considerada uma volumetria retangular.

Quanto à ocupação, como notou-se uma significativa variação tanto no estoque quanto nas auditorias, adotou-se, um modelo de ocupação por operação. Dessa forma, a ocupação da edificação e equipamentos elétricos de tomada foram definidos de acordo com a utilização de cada ambiente. Os equipamentos do restaurante, cozinha e lavanderia não foram considerados no modelo, mas as cargas referentes aos equipamentos instalados nos ambientes de restaurante e cozinha podem ser calculadas pela equação de *benchmark* da tipologia de Restaurante e Preparo de Alimento.

Considerou-se como parâmetros variáveis na composição dos cenários de simulação do modelo:

- **Iluminação:** um cenário com Densidade de Potência de Iluminação (DPI) médio de 12,15 W/m² e outro cenário com DPI médio de 8,15 W/m²;
- **Entorno:** um cenário sem sombreamento pelo entorno e outro cenário com sombreamento pelo entorno igual à altura do edifício;
- **Orientação solar:** um cenário com frente orientada a Norte e outro cenário com frente orientada a Oeste;
- **Envoltória:** quatro cenários, sendo um considerando paredes, coberturas e cores menos eficientes ($U_{\text{parede}} = 3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{\text{cobertura}} = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e absorvância 0,7), outro considerando a cobertura como adiabática e menor absorvância ($U_{\text{parede}} = 3,70 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{\text{cobertura}} = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e absorvância 0,3), outro considerando paredes e coberturas mais eficientes e cores mais escuras ($U_{\text{parede}} = 2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{\text{cobertura}} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e absorvância 0,7) e um quarto cenário com paredes e coberturas mais eficientes e cores mais claras ($U_{\text{parede}} = 2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_{\text{cobertura}} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e absorvância 0,3);
- **AVAC:** um cenário com split EER = 3,24 W/W e outro cenário com split inverter EER = 3,42 W/W;
- **Veneziana:** um cenário sem veneziana e outro cenário com veneziana.

COMPARAÇÃO DO CONSUMO REAL COM OS CONSUMOS ESTIMADOS

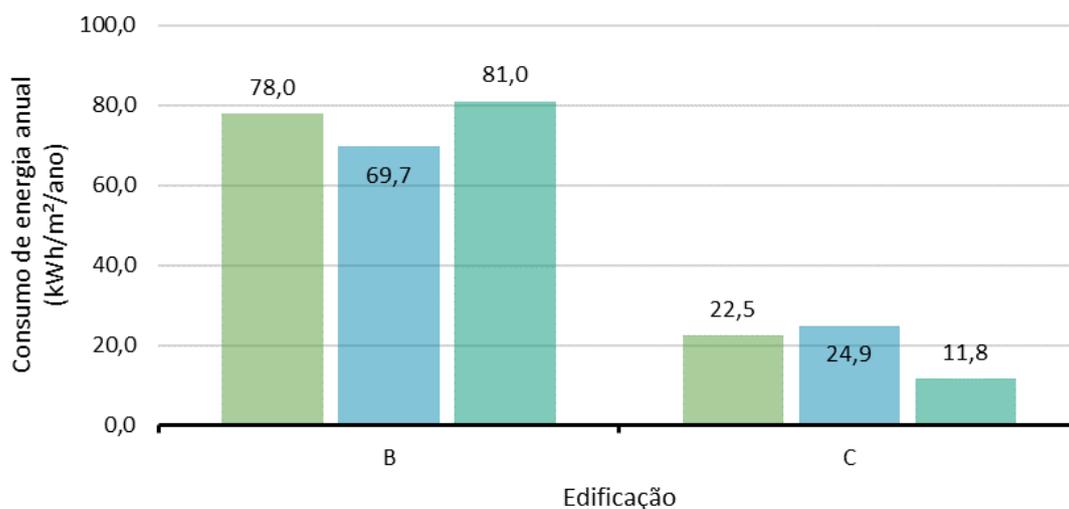
A comparação do consumo real com as estimativas é uma etapa importante de validação dos métodos utilizados para estimativa do consumo de energia em edificações.

O método de estimativa de consumo energético proposto pela planilha CBCS-DEO leva em consideração as potências, a operação e o fator de uso de cada equipamento presente na edificação. Já a estimativa pela equação de *benchmark* é obtida por meio da aplicação de regressão múltipla, calculada a partir dos resultados das simulações realizadas sobre o arquétipo embasado nas auditorias e análises do estoque detalhados no presente relatório.

Assim, a estimativa do consumo de energia anual também foi calculada, por meio da inserção das informações obtidas nas auditorias realizadas nas edificações “B” e “C” (os dados das edificações “A” e “D” não foram considerados por não apresentarem informações suficientes) na equação de *benchmark* desenvolvida para a tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada**, detalhada no relatório **RT2B.04**, a qual considera as seguintes variáveis independentes:

- a) GHR – Graus-hora de resfriamento da cidade onde se localiza a edificação;
- b) GDA – Graus-dia de aquecimento da cidade onde se localiza a edificação;
- c) AVAC – Tipo de sistema de condicionamento de ar (1 - Split Inverter, 2 - Split);
- d) ILUM – Densidade de potência de iluminação instalada (W/m²);
- e) ENVOLTÓRIA – Combinação de transmitância de paredes e coberturas menos eficientes e mais eficientes com absorvância de fachadas maiores e menores;
- f) ENTO – Condição de entorno (0 - com sombreamento pelo entorno igual a altura do edifício, 1 - sem sombreamento);
- g) SAQ – Tipo de sistema de aquecimento de água de banho (0 – gás, solar, outro; 1 – chuveiro elétrico);
- h) Número de quartos [un].

A Figura 19 apresenta a comparação do consumo real das edificações auditadas em relação às estimativas calculadas por meio da planilha de auditoria energética CBCS-DEO e da equação de *benchmark* desta tipologia.



■ Consumo real ■ Consumo anual Estimado Planilha CBCS-DEO ■ Consumo anual Estimado Equação Benchmark

Figura 19 – Comparação do consumo real e consumos estimados pela planilha CBCS-DEO e pela equação de benchmark desta tipologia

A diferença entre o consumo estimado pela planilha CBCS-DEO e o consumo real foi de 11% menor para a edificação “B” e 10% maior para a edificação “C”. Essas diferenças podem ser consideradas aceitáveis dentro das variações possíveis quando se utiliza uma estimativa para se comparar com a realidade.

Com relação à comparação da estimativa de equação de *benchmark* com o consumo real, percebe-se a diferença relativa maior em 4% na edificação “B” e menor em 48% na edificação “C”. No entanto, percebe-se que o EUI da edificação “C” é muito baixo e, apesar da diferença relativa ser expressiva, a diferença absoluta não o é. Relevante considerar que a edificação “B” é um edifício com formato I e a edificação “C” é constituída por múltiplos blocos.

Além disso, há as incertezas inerentes ao processo de estimativa, que pode acarretar variações expressivas por motivos de diferenças em operação dos sistemas e variações climáticas.

De fato, espera-se variações da ordem de até 40%¹ quando estimativas desse tipo são feitas em sistemas simulados de edificações – especialmente quando decorrem do uso de energia para condicionamento de ambientes. Esse tipo de variação é denominado pela literatura internacional de *energy performance gap*², e vem sendo cada vez mais explorado para identificar suas causas e procurar formas de mitigação. Atualmente, sabe-se que as principais causas do *energy performance gap* são as variações de operação causadas pelo usuário e variações climáticas que são imprevisíveis a longo prazo.

¹ De Wilde, Pieter. 2014. “The Gap between Predicted and Measured Energy Performance of Buildings: A Framework for Investigation.” *Automation in Construction* 41:40–49.

² Coleman, Sylvia and John B. Robinson. 2018. “Introducing the Qualitative Performance Gap: Stories about a Sustainable Building.” *Building Research and Information* 46(5):485–500.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório apresenta a caracterização da tipologia de **Hotel de Pequeno Porte e Pousada** a partir da análise de dados do estoque de edificações (com 415 dados completos e tratados, cobrindo as 27 Unidades Federativas brasileiras), e da análise de auditorias energéticas realizadas em quatro edificações em quatro cidades.

A análise do estoque e a síntese dos resultados das auditorias energéticas realizadas serviram para caracterizar uma amostra de edificações desta tipologia, identificando os principais usos finais de energia em cada edificação e as suas proporções em relação aos consumos totais anuais.

A partir de extensiva análise das características contidas nestas bases de dados, foram identificados os aspectos predominantes pertinentes a esta tipologia, relacionados a características construtivas, ocupação, cargas especiais, sistema de condicionamento de ar, iluminação e cargas de tomada.

O processo de validação comparou estas características e os resultados das auditorias, confrontando os valores de consumo real com os valores estimados, tanto pelo método de estimativa da planilha de auditoria energética CBCS-DEO quanto pela equação de *benchmark* desenvolvida.

A comparação dos consumos estimados com o consumo real evidenciou que o método de estimativa da planilha CBCS-DEO proporciona resultados coerentes com a realidade encontrada nas edificações auditadas, uma vez que os valores de consumo estimados foram próximos dos valores de consumo reais.

Já em relação ao comparativo dos consumos reais com os estimados pelas equações de *benchmark*, lembra-se que, em termos de volumetria, os dados do estoque conduziram ao arquétipo em bloco único, com três pavimentos. A equação de *benchmark* testada para o hotel auditado com esta configuração apresentou pouca diferença, entretanto, para o hotel constituído por diversos edifícios, a diferença de consumo foi da ordem de 48%, indicando que, possivelmente, esta configuração de unidades de hospedagem em diversas edificações não seja aplicável nestas equações desenvolvidas, havendo ainda outros fatores que poderiam justificar esta diferença de consumo real e estimado, tais como a iluminação externa, que pode ser um consumo bastante representativo quando as unidades de hospedagem são agrupadas em múltiplos edifícios, além das cargas específicas provenientes dos equipamentos de cozinha e lavanderia.