



**CBCS**

Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

## **RT2A.09: Relatório de Auditorias Energéticas - Tipologia de Restaurante e Preparação de Alimentos**

**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 Geraldini  
Roberto Lamberts  
Kleber Moura

**Coordenação Eletrobras/Procel: Elisete Cunha**

**Publicado em 08/03/2021**

**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 Restaurante e Preparação de Alimentos.**

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO E METODOLOGIA.....</b>	<b>2</b>
Método geral adotado para o convênio .....	3
<b>2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ANÁLISE DOS DADOS DO ESTOQUE.....</b>	<b>5</b>
Características gerais.....	6
Ocupação.....	7
Cargas especiais .....	9
Intensidade de Uso de Energia (EUI).....	9
Iluminação artificial.....	10
Características construtivas .....	11
<b>4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS .....</b>	<b>12</b>
Características gerais.....	12
Ocupação.....	14
Cargas especiais .....	14
Condicionamento de ar.....	15
Iluminação.....	15
Cargas de tomada.....	16
Análise dos usos finais.....	16
<b>5. VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E ANÁLISE DOS CONSUMOS .....</b>	<b>18</b>
Validação do arquétipo e variáveis relevantes .....	18
Comparação do consumo real com os consumos estimados .....	19
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>21</b>

# 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.

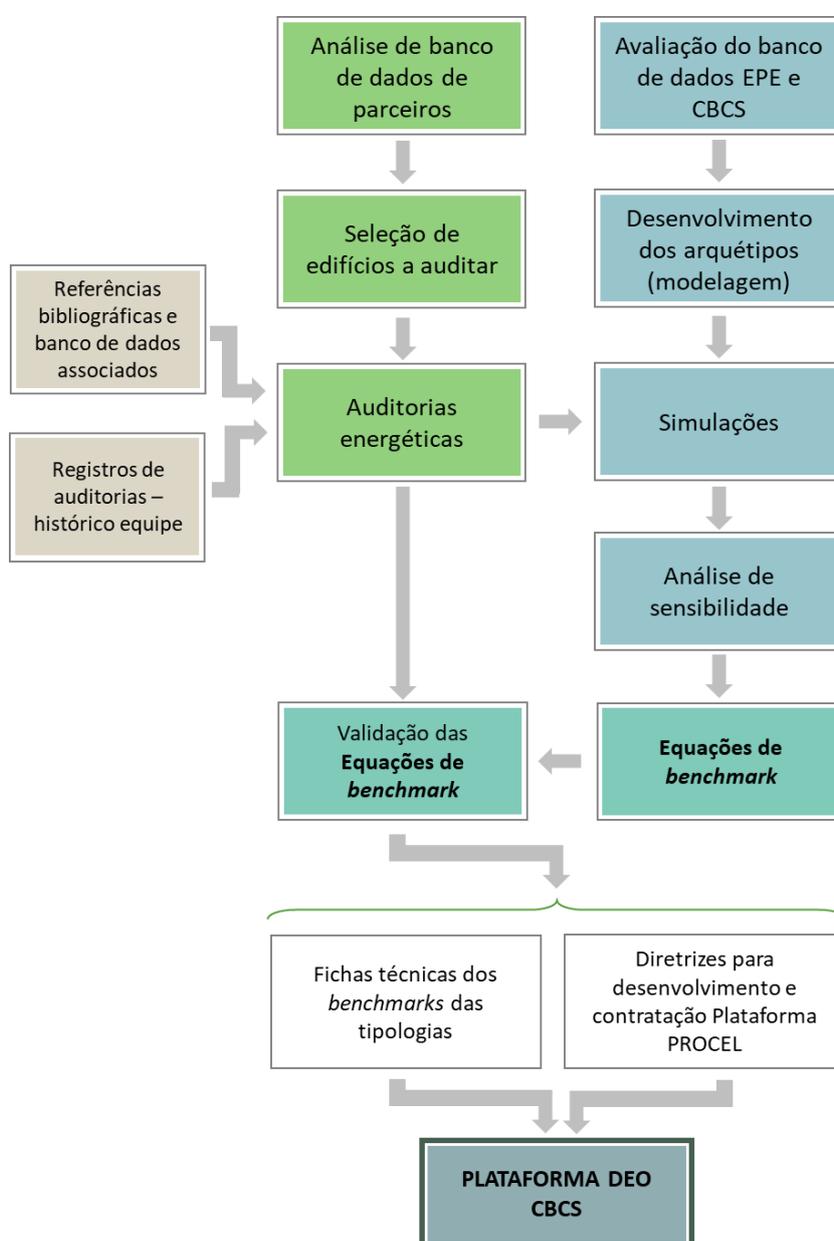


Figura 1 - Método aplicado pelo CBCS para o desenvolvimento dos benchmarks

*no âmbito deste convênio*

## 2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este relatório apresenta a caracterização da tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos** 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-DEO<sup>1</sup>;
- 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;

<sup>1</sup> 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 **Restaurante e Preparação de Alimentos** foi feita com base nas amostras descritas no projeto META. O banco de dados do estoque apresenta informações pertinentes à caracterização construtiva e ao consumo de energia, com dados de edificações em 25 das 27 unidades federativas brasileiras. A amostra é constituída por dados de 406 unidades de edificações provenientes da base de dados do projeto META. Desta amostra, o estado de São Paulo apresenta dados de 141 unidades, representando aproximadamente 35% do banco de dados, seguido pelo estado de Minas Gerais, com 13% 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 395 unidades. Destas 395 unidades, todas apresentaram informações mais completas, contendo as seguintes variáveis: quantidade de refrigeradores e consumo de gás de cozinha (GLP).

Dois edifícios foram auditados e são apresentados separadamente.

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

**Tabela 1 - Resumo dos dados analisados da tipologia de Restaurante e Preparação de Alimentos**

RESUMO DO BANCO DE DADOS	
Amostra bruta	406 unidades
Amostra tratada (sem valores espúrios)	395 unidades
Amostra selecionada (dados completos)	<b>395 unidades</b>
Unidades Federativas contendo dados	25
Variáveis Contidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Dados básicos (Estado, município e parceiro);</li> <li>– Área construída;</li> <li>– Histórico consumo total de energia de (12 meses);</li> <li>– Idade de construção;</li> <li>– Quantidade de refrigeradores;</li> <li>– Consumo de GLP.</li> </ul>
Auditorias energéticas	2 unidades

## CARACTERÍSTICAS GERAIS

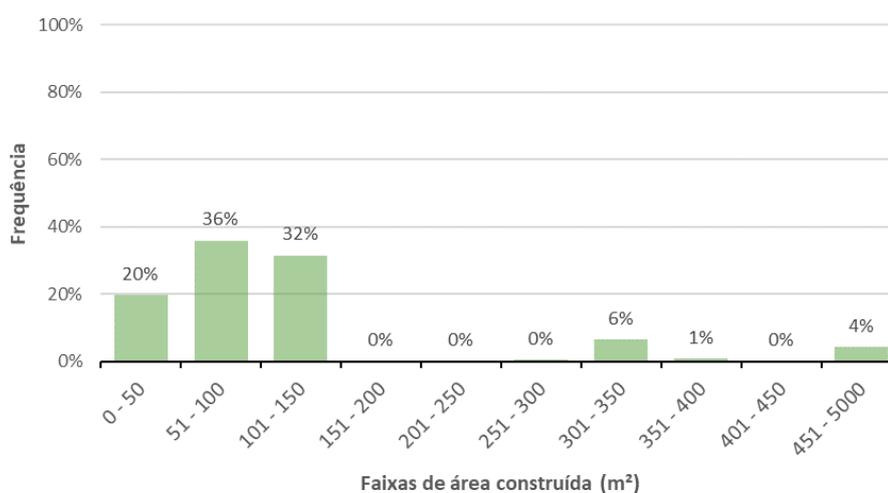
A Tabela 2 apresenta as medidas de síntese estatística da amostra para a tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos**.

**Tabela 2 – Medidas de síntese das variáveis do estoque para a tipologia de Restaurante e Preparação de Alimentos**

VARIÁVEIS	VALOR MÍN.	1º QUARTIL (25%)	MEDIANA	MÉDIA	3º QUARTIL (75%)	VALOR MÁX.
Ano de construção	1930	1965	1980	1981	1995	2014
Número de Funcionários	1	2	3	4	5	9
Número de Funcionários/100 m <sup>2</sup>	0,00	1,33	3,00	5,01	5,01	36,00
Consumo de GLP (Botijão/m <sup>2</sup> )	0	2	5	9	10	144
Número de Geladeiras e Freezers	1	2	2	3	4	17
Área Total [m <sup>2</sup> ]	25,0	75,0	75,0	138,1	150,0	813,2
EUI [kWh/m <sup>2</sup> /ano]	0,0	53,5	121,7	194,8	255,2	1.025,6

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 194,8 kWh/m<sup>2</sup>/ano, variando de 53,5 a 255,2 kWh/m<sup>2</sup>/ano, entre o primeiro e o terceiro quartil, e que o valor máximo é bastante elevado em relação à média. Porém, reitera-se que os valores espúrios já foram retirados.

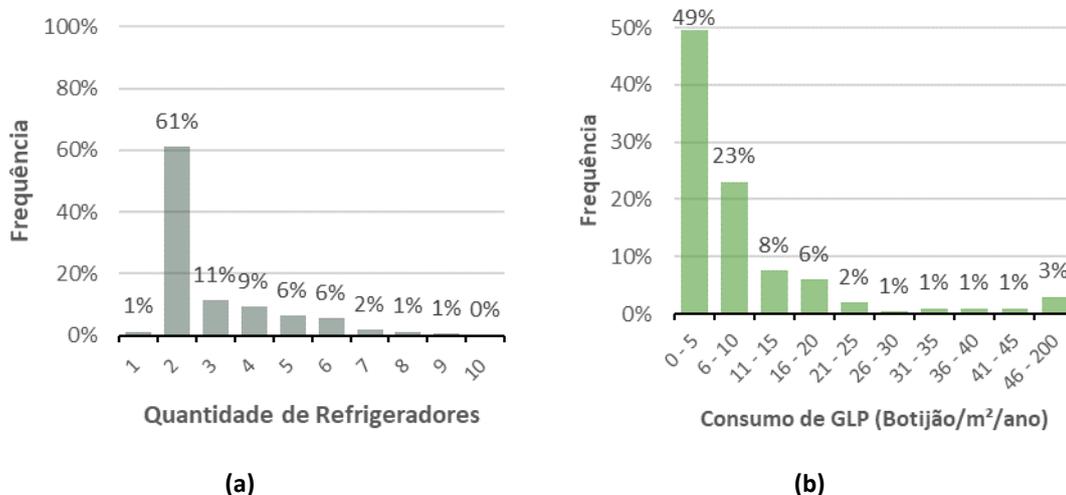
Com relação à área construída, a amostra apresenta área média de 138,1 m<sup>2</sup>, mediana de 75,0 m<sup>2</sup> e desvio de padrão de 151,59 m. A Figura 2 apresenta um histograma da área construída desta tipologia. Observa-se que até 88% dos restaurantes e edificações para preparação de alimentos têm área construída de até 150 m<sup>2</sup>.



**Figura 2 - Histograma da variável área construída**

Além da área construída, algumas características físicas ou de sistemas são determinantes para o consumo de energia. Especificamente para a tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos**, a

quantidade de refrigeradores e o consumo com GLP 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.



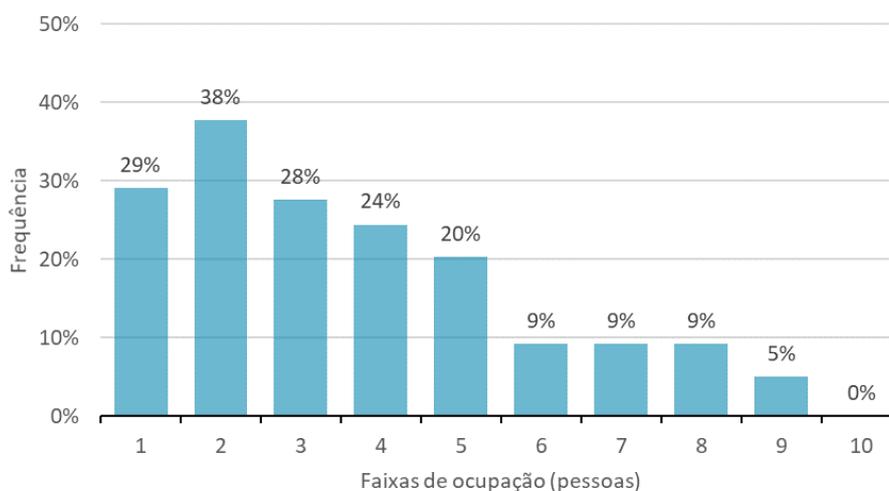
**Figura 3 – Histograma das variáveis consideradas mais determinantes em relação ao consumo total por edificação**

A Figura 3 revela que para a tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos**, a quantidade média de refrigeradores é de 4 unidades, no entanto, 61% banco de dados do estoque possui 2 unidades de refrigeradores.

Com relação ao consumo de gás de cozinha (GLP), nota-se que a maior parte das edificações do banco de dados do estoque (49%) tem um consumo de até 5 botijões/m²/ano. O consumo médio é de 9,27 botijões/m²/ano.

### OCUPAÇÃO

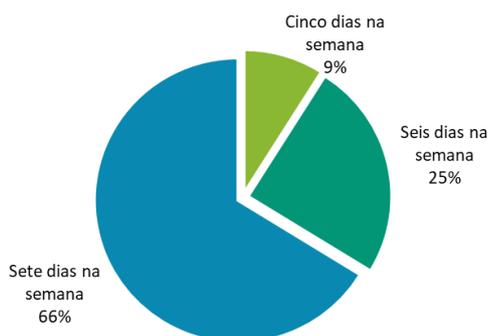
A caracterização da ocupação de edificações da tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos** foi feita de acordo com a informação de colaboradores (funcionários) da edificação. A Figura 4 apresenta o histograma da quantidade de funcionários das edificações analisadas no estoque.



**Figura 4 – Histograma da ocupação por funcionários**

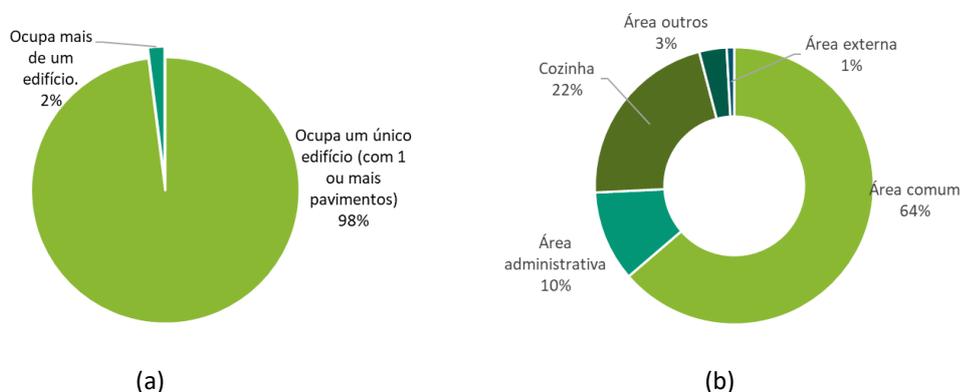
A quantidade de edificações com até 2 funcionários corresponde a maior parte do estoque, cerca de 67% das edificações. Em média, uma edificação dessa tipologia possui 4 funcionários. Considerando-se como base a área construída média do banco de dados analisado e a quantidade média de funcionários, a densidade de ocupação é de 34,5 m<sup>2</sup> por pessoa.

Além disso, uma variável determinante para a tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos** é a quantidade de dias de operação. Ou seja, se a edificação funciona 5 dias na semana (de segunda a sexta), 6 dias na semana (incluindo sábado) ou 7 dias na semana (incluindo domingo). A Figura 5 apresenta a proporção dessa variável no estoque analisado. Percebe-se que a maior parte das edificações do estoque opera sete dias na semana (66%).



**Figura 5 – Proporção do estoque em relação ao número de dias de operação**

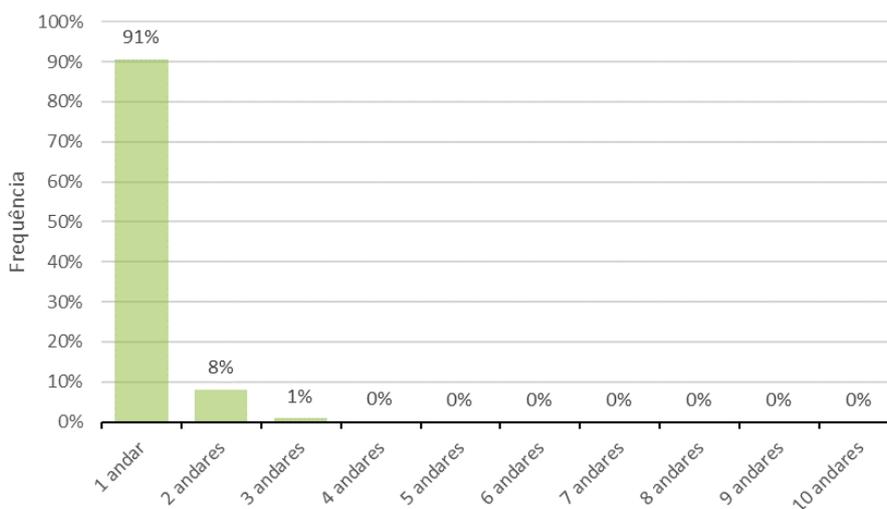
A Figura 6 apresenta a proporção de edificações do estoque que é composta por um edifício ou mais de um edifício e a proporção da divisão de uso dos espaços internos.



**Figura 6 – Proporção do estoque em relação (a) ao número de edifícios e (b) divisão de uso dos espaços internos**

A totalidade das edificações analisadas para a tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos** é composta por um único bloco, sendo que a maior parte da área da edificação tem uso comum e ocupado pelo salão do restaurante – aproximadamente 64% da área total. A cozinha é a segunda maior área da edificação, representando em torno de 22%.

A Figura 7 apresenta a proporção das edificações em relação ao número de pavimentos, sendo mais frequentes aquelas com 1 pavimento.



**Figura 7 – Histograma do número de pavimentos das edificações**

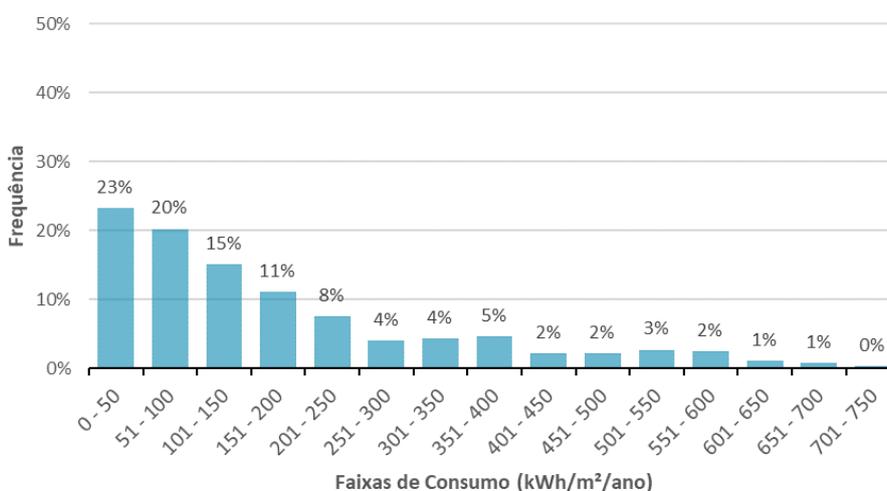
Portanto, a partir das proporções de ocupação, número de pavimentos e área identificados no estoque, pode-se dizer que uma edificação típica da tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos** é uma edificação de 1 pavimento, bloco único, com aproximadamente 138,1 m<sup>2</sup>, ocupação média de 4 funcionários e funcionamento durante os sete dias da semana.

### CARGAS ESPECIAIS

Nenhuma carga especial foi identificada no banco de dados analisado da tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos**. 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 **Restaurante e Preparação de Alimentos** na amostra analisada foi de 194,8 kWh/m<sup>2</sup>/ano, com mediana 121,7 kWh/m<sup>2</sup>/ano e desvio padrão de 202,45 kWh/m<sup>2</sup>/ano. A Figura 8 apresenta uma análise da distribuição desta variável. Grande parte dos dados (58%) está centrada em consumos de até 150 kWh/m<sup>2</sup>/ano.

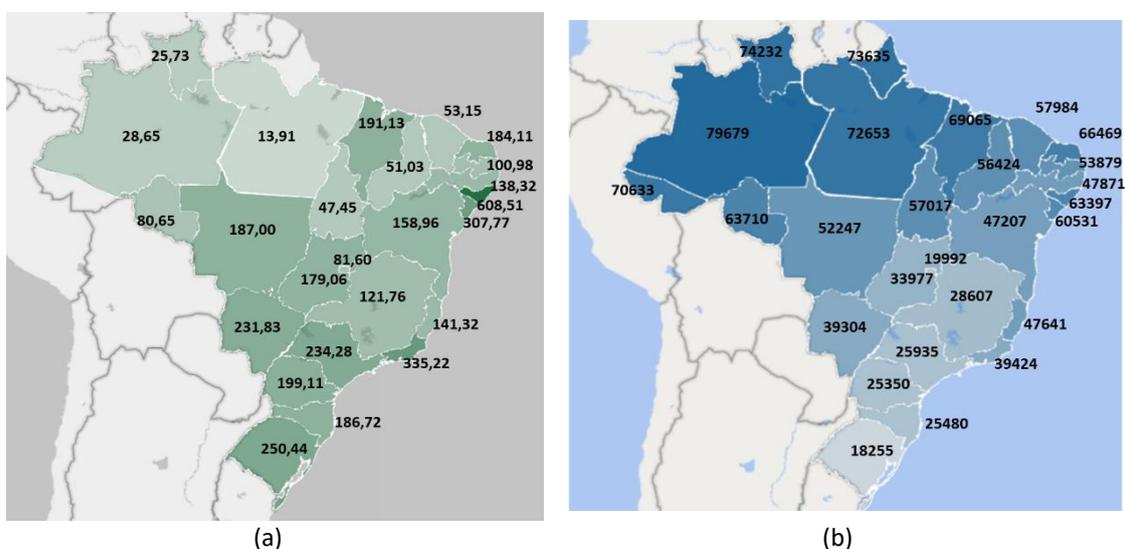


**Figura 8 – Histograma da variável EUI**

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  $5,02 \times 10^{-16}$  (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 GHR em cada estado do Brasil e associa a média de EUI das edificações do estoque analisado.



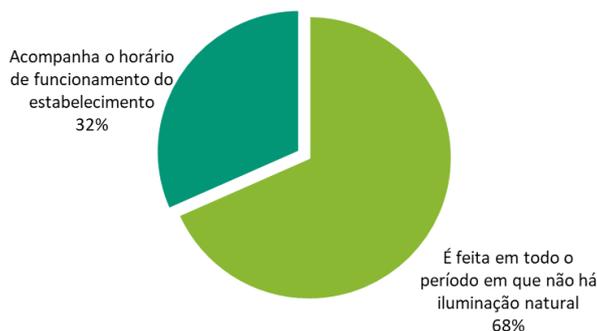
**Figura 9 – Comparação entre (a) Média de EUI da amostra e (b) Média de GHR, por estado da federação brasileira**

A Figura 9 evidencia que os estados com maior GHR não apresentaram maior EUI médio, o que pode significar que o uso dos equipamentos de condicionamento de ar não é influenciado diretamente pelas condições climáticas nesta tipologia. Os maiores consumos são observados nas regiões Sul e Sudeste. Porém, é possível verificar que estados com expressivo GHR, como Alagoas e Sergipe, apresentaram alto EUI também. Nesse cenário, esta análise não traz muitas conclusões.

### ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

***O padrão de uso da iluminação artificial para a tipologia de Restaurante e Preparação de Alimentos 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).***

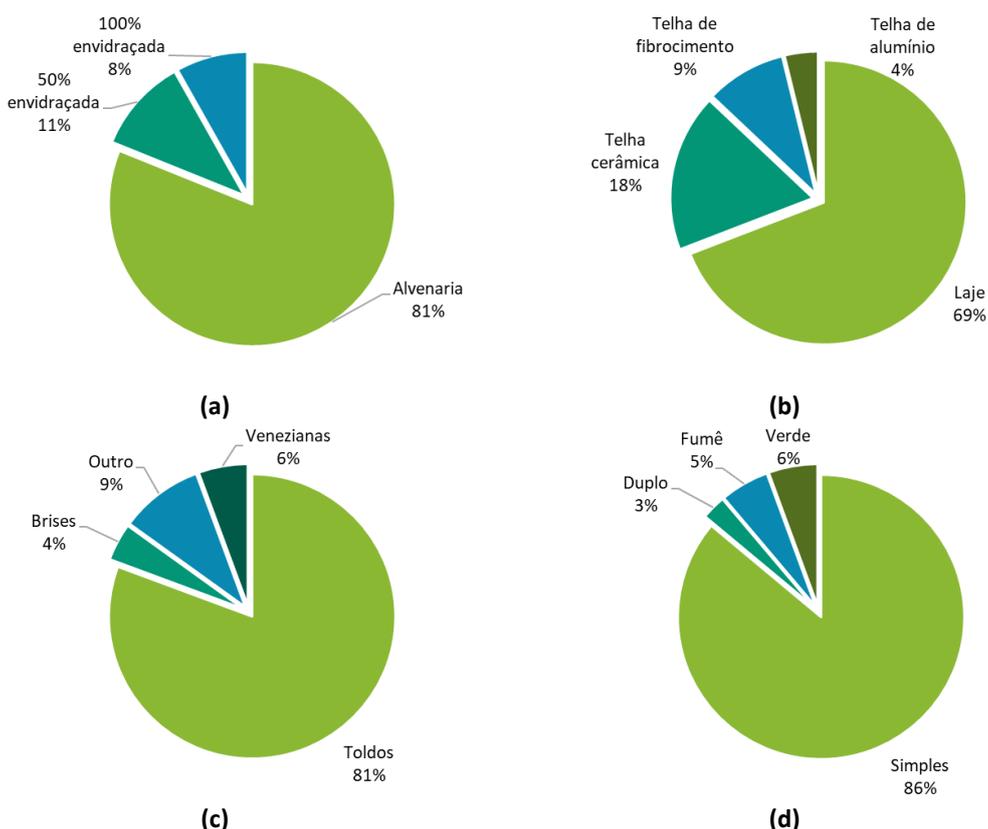


**Figura 10 – Padrão de aproveitamento da iluminação natural**

Percebe-se que mais da metade das edificações (68%) que apresentaram essa informação aproveitam a iluminação natural durante o dia. 32% responderam que há utilização de iluminação artificial durante todo o horário de funcionamento da edificação, o que indica que a iluminação se mantém acionada continuamente.

**CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS**

A Figura 11 apresenta as características construtivas típicas da tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos**.



**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 (81%), cobertura com laje (69%), possuem elementos de sombreamento do tipo toldos (81%) e o tipo de vidro nas esquadrias é majoritariamente do tipo vidro simples incolor (86%).

## 4. AUDITORIAS ENERGÉTICAS

### CARACTERÍSTICAS GERAIS

As auditorias energéticas, neste caso, foram realizadas a partir da visita *in loco* em duas edificações desta tipologia. A Tabela 3 apresenta um resumo dos dados principais das edificações analisadas.

**Tabela 3 – Dados principais das edificações auditadas**

Edificação	A	B
Número de Pavimentos	1	1
Município	São Paulo	BambuÍ
Estado	SP	MG
Pé-Direito <sup>1</sup> [m]	N/D	N/D
Perfil de ocupação <sup>2</sup>	Monoussário	Monoussário
Dias de ocupação semanal	5	7
Área construída [m <sup>2</sup> ]	317,86	1.119,12
Área Útil <sup>3</sup> [m <sup>2</sup> ]	317,86	1.119,12
Área Privativa <sup>4</sup> [m <sup>2</sup> ]	186,85	409,78
Área Comum <sup>5</sup> [m <sup>2</sup> ]	131,01	709,34
Área técnica [m <sup>2</sup> ]	0,00	0,00
Quantidade de funcionários [pessoas]	N/D	20
Taxa de Ocupação <sup>6</sup>	87%	46%
Densidade de Potência de Iluminação [W/m <sup>2</sup> ]	16,91	6,12
EUI real [kWh/m <sup>2</sup> /ano]	238,99	47,12

<sup>1</sup> Medida de Piso a forro;

<sup>2</sup> Monoussário - Único Locatário; Multiusuário - Diversos Locatários; Individual - Edifício único; Coletivo - Edifícios Corporativos.

<sup>3</sup> Soma das áreas comuns e privativas, exclui áreas técnicas, garagens, jardim, depósitos e etc.

<sup>4</sup> Soma das áreas Privativas (Ex.: Quartos, Salas, Escritórios, etc.).

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

<sup>6</sup> Relação entre a área efetivamente ocupada por funcionários e clientes e a área total;

Nota: N/D = não disponível.

Nota-se que o EUI real – isto é, o que foi realmente medido – das edificações auditadas variou de 47,12 a 238,99 kWh/m<sup>2</sup>/ano. O EUI médio foi de 143,05 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Este valor contrastou com o EUI médio identificado na análise do estoque de 194,8 kWh/m<sup>2</sup>/ano, apresentando uma diferença de 26% a menos. Nota-se a variação expressiva entre os EUIs observados nas duas edificações auditadas, as quais também apresentam diferenças significativas de áreas. No entanto, em linhas gerais, pode-se dizer que as edificações estão dentro da faixa de valores dos três quartis, observada na análise do banco de dados dos estoques desta tipologia, que vão de 53,5 a 255,2 kWh/m<sup>2</sup>/ano.

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	Não presente.
Iluminação	Lâmpada tipo T8 Fluorescente (32W), Lâmpada Compacta Fluorescente com Reator Integrado(16W)
Aquecimento de água	Presença de aquecedor elétrico em uma edificação e sem sistema de aquecimento de água na outra edificação auditada.
Cargas de tomadas	Balcão <i>self-service</i> ; <i>estufa</i> ; <i>refrigerador</i> ; computador; televisores; bebedouros; micro-ondas e cafeteira.
Cargas específicas	Não observado.
CPDs	Presença de equipamentos do tipo <i>rack</i> e <i>switches</i> para composição da rede lógica interna da edificação, com potências menores e de <i>nobreaks</i> com fonte de alimentação ininterrupta – UPS.
Gerador	Não observado.

As duas edificações possuem formatos retangulares. O pé direito não foi informado em nenhuma das edificações. As edificações auditadas apresentaram apenas 1 pavimento.

De modo geral, as edificações desta tipologia apresentam partido arquitetônico similar, constituído por espaços funcionais parecidos: áreas comuns (salão de refeições); áreas privativas (cozinha e salas administrativas) e nenhuma área técnica.

Dentre as edificações auditadas, a área construída média é de 718,49 m<sup>2</sup>, com área útil média de 100% desse valor. A área construída média observada na análise do banco de dados foi de 138,1 m<sup>2</sup>, cinco vezes menor do que a área construída média das edificações auditadas, se encaixando na faixa de áreas de 10% da amostra. A proporção de área privativa média é de 48% da área útil e a proporção das áreas comuns é de 52%. Não foi observada área técnica. A Figura 12 apresenta a proporção das áreas comuns, privativas e técnicas de cada edificação auditada.

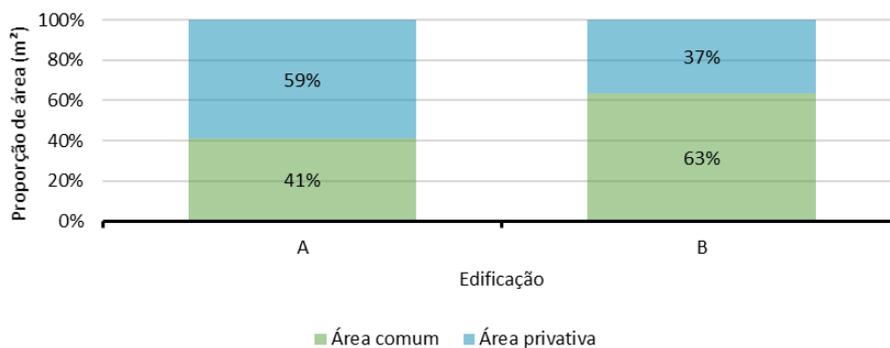


Figura 12 - Proporção dos tipos de áreas das edificações auditadas

### OCUPAÇÃO

Uma edificação funciona cinco dias da semana e a outra sete dias da semana. A quantidade de dias de funcionamento semanal é uma variável importante para a tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos**.

Apenas uma edificação reportou a quantidade de 20 funcionários, divergindo da média de 4 funcionários por edificação proveniente do banco de dados do estoque. Como forma de estimar a ocupação, coletou-se a quantidade de pessoas atendidas por dia e por refeição. A Figura 13 apresenta a quantidade de pessoas atendidas por dia e a relação entre área total e áreas efetivamente ocupadas das edificações auditadas.

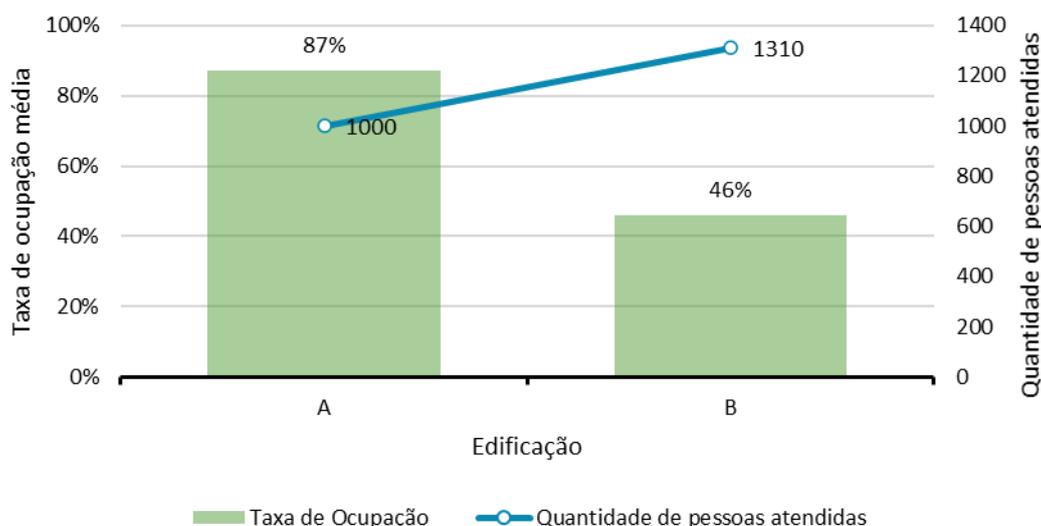
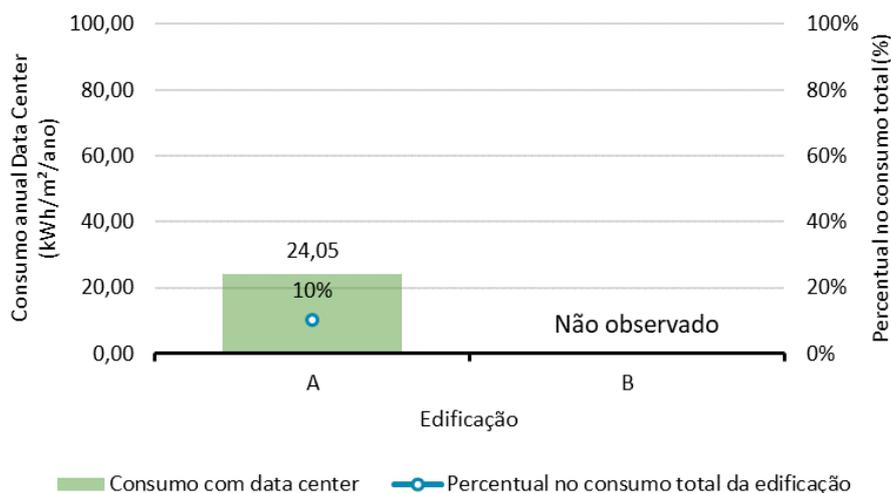


Figura 13 – Taxa de Ocupação e Quantidade de funcionários das edificações auditadas

A taxa de ocupação variou de 46% a 87% da área da edificação. A quantidade média de pessoas atendidas foi de 1.155 pessoas/dia.

### CARGAS ESPECIAIS

Para a tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos**, como carga especial, observou-se a presença de equipamentos de *data center* para a composição da rede de lógica interna da edificação “A”, compostos principalmente por *racks* e *no-breaks*, localizados em ambientes administrativos. A Figura 14 apresenta o consumo desses equipamentos e seu impacto no consumo total das edificações auditadas.



**Figura 14 – Proporção do consumo de Data Center em relação ao consumo total das edificações auditadas**

Apesar de apenas a edificação “A” reportar esse tipo de sistema, o consumo com aparelhos de processamento de dados se mostrou impactante no consumo total estimado da edificação, sendo de 24,05 kWh/m²/ano, representando 10% do consumo total da edificação.

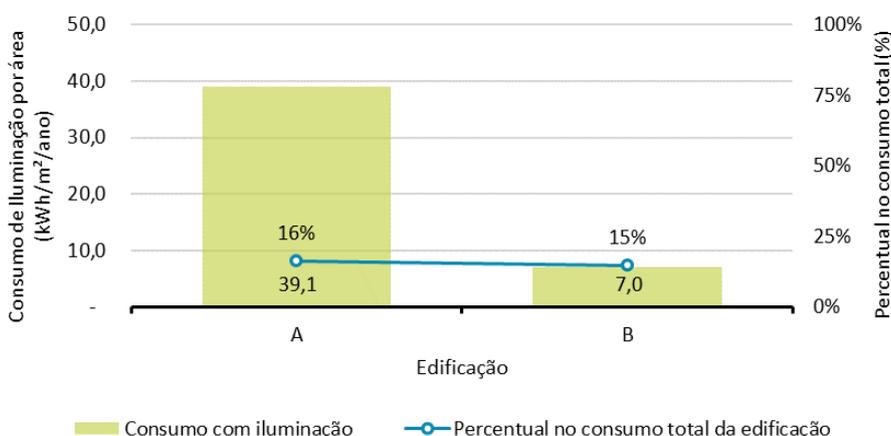
Não foram observadas outras cargas especiais nesta tipologia. As cargas específicas como bancadas *self-service*, estufas e refrigeradores foram classificados como cargas de tomada.

**CONDICIONAMENTO DE AR**

Não foram observados sistemas de condicionamento de ar nas edificações auditadas da tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos**.

**ILUMINAÇÃO**

Com relação ao sistema de iluminação da tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos**, verificou-se majoritariamente o uso de Lâmpada tipo T8 Fluorescente (32W), Lâmpada Compacta Fluorescente com Reator Integrado (16W). A Figura 15 apresenta o consumo com iluminação e a proporção do seu respectivo consumo no consumo total da edificação.



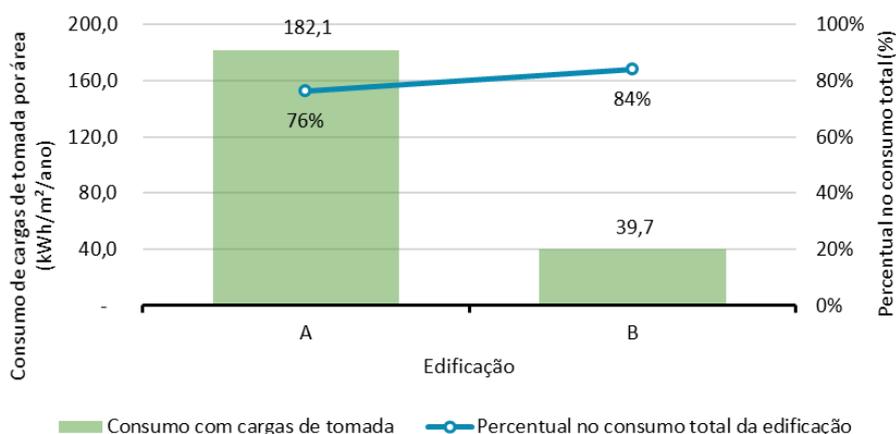
**Figura 15 – Proporção do consumo de iluminação para as edificações auditadas**

Há uma variação considerável entre os consumos por área com iluminação, variando de 7,0 kWh/m²/ano a 39,1 kWh/m²/ano. De fato, a densidade de potência de iluminação da edificação “A” é maior do que na

edificação “B” (16,91 W/m<sup>2</sup> e 6,12 W/m<sup>2</sup>, respectivamente). No entanto, destaca-se as edificações “A” e “B”, as quais apresentaram percentuais de consumo com iluminação sobre o consumo total da edificação similares entre si (16% e 15%). O consumo médio com iluminação das edificações auditadas foi de 23,05 kWh/m<sup>2</sup>/ano.

### CARGAS DE TOMADA

As cargas de tomada na tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos** constituem um uso final importante com relação ao uso de energia em edificações. No caso das edificações auditadas, estimou-se o consumo com cargas de tomada com base na quantidade de bancadas self-service, estufas e refrigeradores que foram registrados no levantamento de dados. A Figura 16 apresenta o consumo com cargas de tomada e a proporção desse uso final no consumo total de cada edificação.

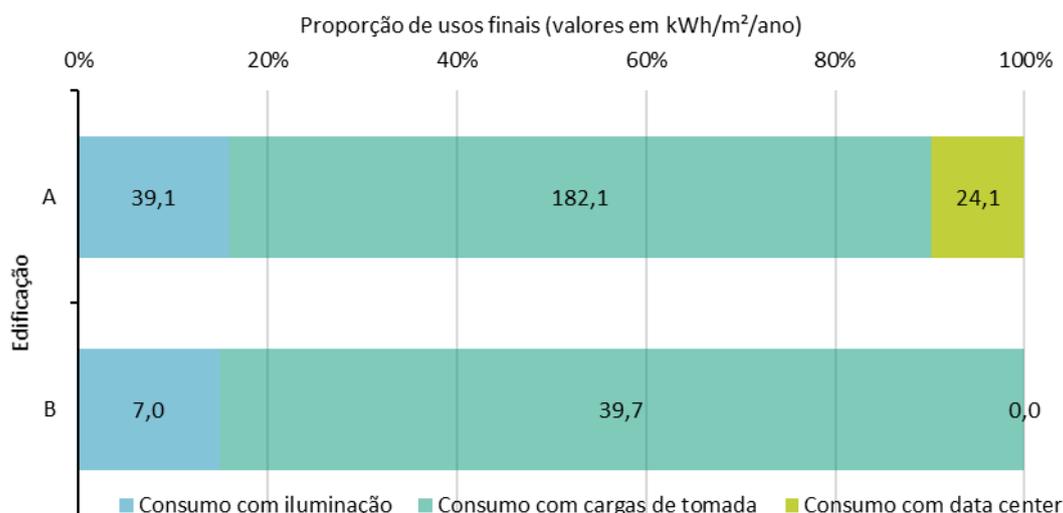


**Figura 16 – Proporção do consumo de energia para cargas de tomada para as edificações auditadas**

É possível perceber que o consumo pelas cargas de tomada apresentou variação significativa entre as duas edificações, variando de 39,7 kWh/m<sup>2</sup>/ano a 182,1 kWh/m<sup>2</sup>/ano, no entanto, apresentaram proporções semelhantes em relação ao consumo total das edificações, variando de 76% a 84% do consumo total estimado. Em média, pode-se dizer que as cargas de tomada representam cerca de 80% do consumo total anual de uma edificação para essa tipologia (110,9 kWh/m<sup>2</sup>/ano). Este consumo é representativo uma vez que é referente a todas as cargas de refrigeradores, freezers, estufas e balcão de *self-services*.

### ANÁLISE DOS USOS FINAIS

A Figura 17 apresenta a síntese dos consumos anuais por área construída dos principais sistemas das edificações da tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos** auditadas e calculados por meio da planilha de auditoria energética CBCS-DEO.



**Figura 17 – Proporção e valores dos usos finais por área construída da edificação auditada**

É possível perceber que o consumo com cargas de tomada é o uso final com maior importância em todas as edificações, representando em média 80% do consumo total das edificações auditadas (110,9 kWh/m²/ano). O consumo com iluminação foi o mais expressivo em segundo lugar, representando 15,5% do consumo total (23,05 kWh/m²/ano). O consumo com data center foi encontrado apenas na edificação “A” e representou 10% do consumo total dessa edificação (24 kWh/m²/ano).

Apesar de os valores de consumos mostrarem ordens de grandeza diferentes, percebe-se que em termos de proporção, os usos finais apresentam uma proporção semelhante nas duas edificações auditadas. Em média, o EUI estimado pela planilha CBCS-DEO desta tipologia foi de 145,95 kWh/m²/ano.

## 5. VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E ANÁLISE DOS CONSUMOS

### VALIDAÇÃO DO ARQUÉTIPO E VARIÁVEIS RELEVANTES

O arquétipo desenvolvido e detalhado no relatório RT2B.09, adotado nas simulações para determinação dos *benchmarks* desta tipologia, foi confrontado com os resultados desta análise do estoque e das auditorias energéticas.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a comparação desses dados e os valores adotados para o arquétipo desta tipologia.

**Tabela 5 – Resumo dos principais dados construtivos.**

Dados	Análise do estoque	Auditorias	Arquétipo CBCS
Pavimentos	1 ou mais pavimentos	1	1
Subsolos	0	0	0
Pé-Direito[m]*	-	-	3,00
Formato	-	Retangular	Retangular
Sombreamento	Toldos-	Sem sombreamento	Beiral de 0,8 m
Perfil de Ocupação	Monousuário	Monousuário	Monousuário
Turnos	7 dias na semana	5 e 7 dias na semana	7 dias na semana
Área Construída [m <sup>2</sup> ]	Média= 138,1	718,49	499,40
	Mediana = 75,0		
Área Privativa [%]	32%	48%	31,32%
Área Comum [%]	64%	52%	68,18%
Área Técnica [%]	[4% outras áreas e externas]	0%	0%
Ocupação [m <sup>2</sup> por pessoa]	34,5 m <sup>2</sup> por funcionário	35,92 m <sup>2</sup> por funcionário	Variável dependendo do tipo de serviço oferecido

\* Medida de Piso a forro;

O modelo do arquétipo do CBCS foi constituído por uma edificação de um pavimento, com volumetria retangular, dimensões 22,70m x 22,0m x 3,0m (L x C x A) e totalizando 499,40 m<sup>2</sup>. A edificação é do tipo monousuário, com seis zonas térmicas condicionadas para representar o salão de refeições (duas zonas frontais, duas zonas laterais, uma zona central e uma zona de entrada) e uma zona não condicionada, aos fundos, representando a cozinha.

Quanto à ocupação, foram considerados dois tipos de serviço nas simulações, o serviço tipo *buffet/bandejão* e o *à la carte*. O tipo de serviço impacta principalmente na densidade de potência de equipamentos e na densidade de ocupação a serem considerados nas zonas que representam o salão. As propriedades construtivas dos vidros foram consideradas como de vidro simples ( $U_{vidro} = 5,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  e fator solar de 0,7).

As cozinhas de restaurantes apresentam diversidade de equipamentos elétricos e à gás. Portanto os equipamentos da cozinha não foram considerados no modelo arquétipo e devem ser uma entrada de dados que o usuário necessitará fazer de acordo com os equipamentos que possuir e seu perfil de uso.

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 13,9 W/m<sup>2</sup> para salão e 17,12 W/m<sup>2</sup> para cozinha e outro cenário com DPI médio de 8,4 W/m<sup>2</sup> para o salão e 11,4 W/m<sup>2</sup> para cozinha;
- **Entorno:** Um cenário considerando a envoltória exposta e outro cenário considerando envoltória inserida em outra edificação, ou seja, adiabática, exceto fachada principal exposta;
- **Orientação solar:** Quatro cenários, um com fachada principal voltada para cada uma das orientações Sul, Oeste, Norte e Leste;
- **Envoltória:** Um cenário considerando paredes e coberturas menos eficientes ( $U_{\text{parede}} = 3,70$  W/m<sup>2</sup>K e  $U_{\text{cobertura}} = 2,00$  W/m<sup>2</sup>K) e outro cenário considerando paredes e coberturas mais eficientes ( $U_{\text{parede}} = 2,55$  W/m<sup>2</sup>K e  $U_{\text{cobertura}} = 1,00$  W/m<sup>2</sup>K);
- **Cor da envoltória:** Um cenário considerando cores mais escuras (absortância = 0,7) e outro cenário considerando cores mais claras (absortância = 0,3);
- **Tipo de sistema de condicionamento de ar:** Um cenário com sistema do tipo split (EER = 3,24 W/W), outro cenário com sistema do tipo Split inverter (EER= 3,55 W/W) e um terceiro cenário sem sistema de condicionamento de ar, somente com ventiladores;
- **Tipo de Serviço (densidade de equipamentos e ocupação):** Um cenário com serviço de *buffet* e outro cenário com serviço *à la carte*;
- **Turno:** Três cenários, sendo um com almoço e jantar, outro cenário apenas com almoço e outro cenário com apenas jantar.

#### COMPARAÇÃO DO CONSUMO REAL COM OS CONSUMOS ESTIMADOS

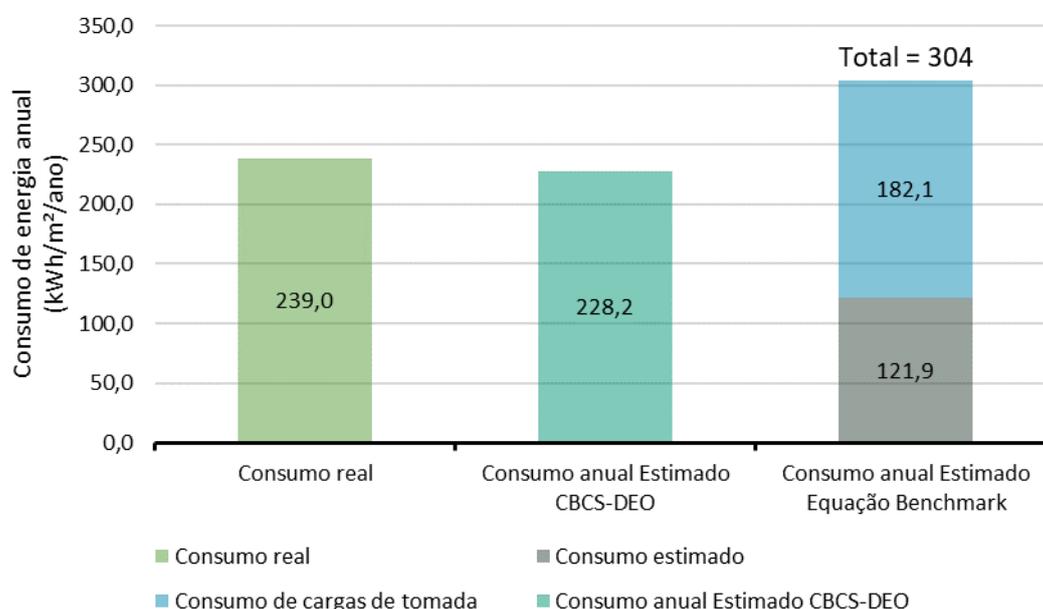
A comparação do consumo real com as estimativas é uma etapa importante de validação dos métodos utilizados para estimativa do consumo de energia em edificações.

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. Três equações foram desenvolvidas: uma para edificações sem condicionamento de ar, uma para edificações com condicionamento de ar em cidades com GHR acima de 54 mil, e uma terceira para edificações com condicionamento de ar em cidades com GHR abaixo de 54 mil.

Assim, a estimativa do consumo de energia anual também foi calculada, por meio da inserção das informações obtidas na auditoria da edificação “A” na equação para edificações sem condicionamento de ar, uma das três equações detalhadas no relatório RT2B.09. De modo geral, as equações de *benchmark* desenvolvidas para a tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos** consideram as seguintes variáveis independentes:

- GHR – Graus-hora de resfriamento da cidade onde se localiza a edificação;
- GDA – Graus-dia de aquecimento da cidade onde se localiza a edificação;
- AVAC – Tipo de sistema de condicionamento de ar (1) *Inverter*, (2) *Split*;
- ILUM – Densidade de potência de iluminação instalada (W/m<sup>2</sup>);
- TURN – Turno Almoço (1), Jantar (2), Almoço e Jantar (3)
- SERV – Serviço *À la carte* (7,0); *Buffet*/bandeirão (37,6)

A Figura 18 apresenta a comparação do consumo real de uma das edificações auditadas em relação à estimativa calculada por meio da planilha de auditoria energética CBCS-DEO e da equação de *benchmark* desta tipologia referente a edificações sem condicionamento de ar.



**Figura 18 – 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 5% para a edificação “A”. Essa diferença pode ser considerada aceitável dentro das variações possíveis quando se utiliza uma estimativa para se comparar com a realidade.

Com relação à estimativa pela equação de *benchmark*, o modelo de estimativa foi feito em duas etapas: primeiro, a estimativa do consumo por meio da equação (coluna em cinza na Figura 18), e depois há a necessidade de se somar o consumo com cargas de tomada (coluna em azul na Figura 18). Essa separação foi necessária uma vez que o consumo com cargas de tomada é muito representativo nesta tipologia de **Restaurante e Preparação de Alimentos** e essas cargas podem variar significativamente de uma edificação a outra. Além disso, cargas de tomada são difíceis de se modelar, uma vez que dependem exclusivamente da ação do usuário e não estão relacionadas com as propriedades construtivas da edificação. Nesse sentido, a estimativa feita por meio da equação de *benchmark* resultou em uma diferença de 27% a mais em relação ao consumo total real da edificação.

De fato, há uma incerteza inerente do processo de estimativa, que pode acarretar variações expressivas por motivos de diferenças em operação dos sistemas e variações climáticas. Espera-se variações da ordem de até 40%<sup>1</sup> quando estimativas desse tipo são feitas em sistemas simulados de edificações. Esse tipo de variação é denominado pela literatura internacional de *energy performance gap*<sup>2</sup>, 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 as variações climáticas que são imprevisíveis a longo prazo.

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

<sup>2</sup> 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 **Restaurante e Preparação de Alimentos** a partir da análise de dados do estoque de edificações (com 395 dados completos e tratados, cobrindo as 25 Unidades Federativas brasileiras) e da análise de auditorias energéticas realizadas em duas edificações em duas cidades diferentes.

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.

Por outro lado, a estimativa realizada pela equação de *benchmark* apresentou uma diferença de 27% em relação ao consumo real da edificação auditada. Pode-se supor que a razão da diferença seja o fato de o arquétipo desconsiderar as cargas específicas de tomada dos equipamentos de cozinha e salão, as quais ficam para inserção isolada na equação.