

Tipologia	Hospital						
Caracterização da tipologia	Hospital em edifício independente, com vários pavimentos, constituído por ambientes dedicados a serviços de saúde, tais como salas de exames e procedimentos, quartos de observação e internação, enfermarias, centro cirúrgicos, centros de tratamento intensivo, atendimento de emergência, laboratórios, consultórios, restaurante, cozinha e um subsolo.						
Equações de benchmark	Cidades com GHR acima de 54.000						
	Consumo total (kWh/m ² /ano) = (((-224,69 + 55,10*logGHR + 0,754*ILUM + 0,5137*ENVO)*n° de centros cirúrgicos * área média do centro cirúrgico) + ((-10,567 + 2,6435*logGHR + 0,00964*AVAC + 0,032663*ILUM) * n° de leitos de UTI * área média por leito de UTI) + ((-1,306 + 0,302*logGHR + 0,03697*AVAC + 0,012985*ILUM) * n° de leitos comuns * área média por leito comum) + ((-320,5 + 108,3*logGHR + 5,193*AVAC + 2,381*ILUM - 4,18*ENVO) * n° salas de exames * área média das salas de exames) + ((-279,5 + 87,96*logGHR + 10,223*AVAC + 4,5011*ILUM) * área das demais áreas))/área total do hospital						
	Cidades com GHR abaixo de 54.000						
	Consumo total (kWh/m ² /ano) = (((-20,02 + 3,537*logGHR - 1,041*logGDA + 0,545*ILUM + 0,468*ENVO)*n° de centros cirúrgicos * área média do centro cirúrgico) + ((0,8451 + 0,2373*logGHR - 0,08469*logGDA + 0,02757*ILUM) * n° de leitos de UTI * área média por leito de UTI) + ((-0,0317 + 0,03687*logGHR - 0,01411*logGDA + 0,012505*ILUM + 0,02826*AVAC) * n° de leitos comuns * área média por leito comum) + ((153,9 + 8,43*logGHR - 7,31*logGDA + 2,423*ILUM + 4,686*AVAC - 4,155*ENVO) * n° salas de exames * área média das salas de exames) + ((87,1 + 11,32*logGHR - 4,55*logGDA + 8,487*AVAC + 4,412*ILUM) * área das demais áreas))/área total do hospital						
Escala de Consumo	<p>A faixa de consumo típico tem como limite inferior o consumo mínimo acrescido de um coeficiente “i” e o limite superior o consumo mínimo acrescido de três vezes o fator “i”.</p> <p>Para o cálculo do consumo mínimo, tomam-se como parâmetros fixos da edificação avaliada as variáveis GHR, GDA e ENVO da equação e, como parâmetros variáveis [limite mínimo / limite máximo], as variáveis ILUM [10,77 / 17,81] e AVAC [1 - VRF / 3 - Chiller a ar].</p> $i = \frac{\text{consumo máximo da edificação} - \text{consumo mínimo da edificação}}{5}$ <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 33%; background-color: #28a745; color: white;">Eficiente</td> <td style="width: 33%; background-color: #6c757d; color: white;">Típico</td> <td style="width: 33%; background-color: #ffc107; color: white;">Ineficiente</td> </tr> <tr> <td>Consumo mínimo + i</td> <td>Consumo mínimo + 3i</td> <td></td> </tr> </table>	Eficiente	Típico	Ineficiente	Consumo mínimo + i	Consumo mínimo + 3i	
Eficiente	Típico	Ineficiente					
Consumo mínimo + i	Consumo mínimo + 3i						
Variáveis das Equações	GHR	Graus-hora de resfriamento da cidade onde se localiza a edificação [valor do GHR da cidade]					
	GDA	Graus-dia de aquecimento da cidade onde se localiza a edificação [valor do GDA da cidade]					
	ILUM	Densidade de potência de iluminação instalada [valor em W/m ²]					
	ENVO	Transmitância térmica das paredes externas [valores entre 0,53 e 2,50 W/m ² .K]					
	AVAC	Tipo de sistema de condicionamento de ar [número adimensional: 1- Central VRF, 2 – Split Individual, 3 – Central Chiller]					
	N° de centros cirúrgicos	Quantidade de unidades de centro cirúrgico					
	Área média do centro cirúrgico	Média das áreas das unidades de centro cirúrgico					
	Número de leitos de UTI	Quantidade total de leitos de UTI					
	Área média por leito de UTI	Média das áreas de cada configuração de leito de UTI					
	N° de leitos comuns	Quantidade total de leitos das Enfermarias e Quartos					
	Área média por leito comum	Média das áreas de cada configuração de leito comum					
	N° salas de exames	Quantidade total de salas de exame					
Área média das salas de exames	Média das áreas de todas as salas de exame						

	Área das demais áreas	Somatória de todas as demais dependências do hospital
	Área total do hospital	Somatória de todas as áreas anteriores
Amostra utilizada para o desenvolvimento das equações	Banco de dados de consumo: 495 edifícios (amostra bruta), 401 edifícios (amostra tratada) e 341 edifícios (amostra tratada com dados completos), cobrindo os 27 Estados brasileiros. Dados de auditorias: 01 auditoria publicada realizada a partir de visitas <i>in loco</i> .	

Arquétipo simulado

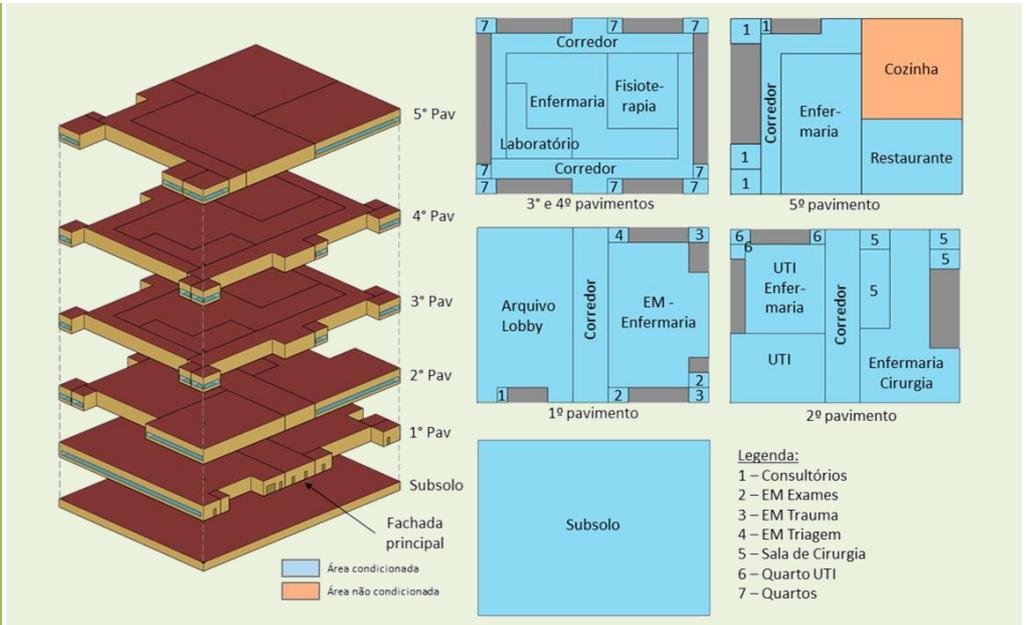


Figura 1. Planta dos pavimentos – área total 19.960 m²

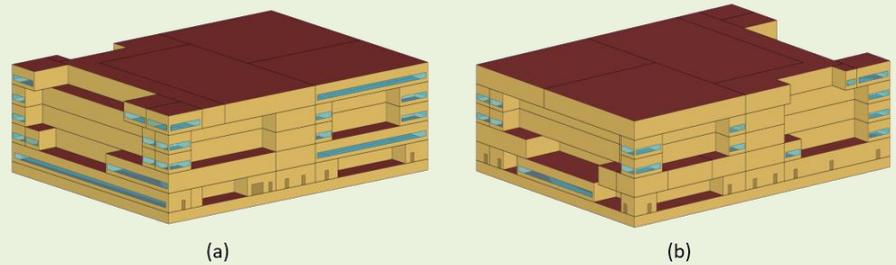


Figura 2. Perspectiva da volumetria

Simulação Realizada	<p>Simulações Energéticas: 192 simulações.</p> <p>Para representar a variedade de condições climáticas e o seu impacto no consumo energético das edificações, especialmente nos sistemas de condicionamento de ar, utilizou-se uma análise do grau-hora de resfriamento (GHR) para um grupo de 413 cidades. O GHR é um indicador de desempenho térmico que representa a somatória total anual da diferença entre a temperatura operativa horária e uma temperatura de base (RTQ, 2017). Foi adotada a temperatura de base de 15°C para cálculo do GHR. A partir da análise do GHR para as 413 cidades, foram determinadas oito faixas de GHR que variam de 10.000 em 10.000 graus-hora. Então, uma cidade populosa, e com arquivo climático disponível, foi selecionada como representativa de cada faixa.</p>
----------------------------	--

Parâmetros da Simulação	<p>Fixos</p> <p>Tipo de cobertura: transmitância térmica da cobertura (1,00 W/m².K)</p> <p>Tipo de vidro: vidro com um certo nível de controle solar (fator solar de 0,68).</p> <p>Densidade de cargas de equipamentos de tomada:</p>
--------------------------------	---

Categoria do Espaço	Carga de Equipamentos [W/m ²]
Exame	16.0
Consultórios	8.4
Cozinha	81.8
Enfermarias	12.7
Quartos	23.1
Laboratórios	43.0
Salas Cirúrgicas	43.1
Radiologia	107.6
Restaurante	10.8
UTI	32.3
Áreas de Apoio	6.1

Uso do arquivo modelo de referência ASHRAE901_Hospital_STD2019_Atlanta.idf do software EnergyPlus v.9.2

Variáveis

- **Iluminação:** Cenário mais eficiente com DPI média de 10,77 W/m² e cenário menos eficiente com DPI média de 17,81 W/m², correspondendo, respectivamente, ao PBE classe A e D, para a média ponderada dos valores de DPI para todos os ambientes do arquétipo de acordo com o tipo de atividades exercida.
- **Envoltória:** Cenário mais eficiente com paredes $U_{parede} = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$ e cenário menos eficiente com paredes $U_{parede} = 2,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- **Cor da envoltória:** Cenário mais eficiente com fachadas em cores mais claras (absortância 0,3) e cenário menos eficiente com fachadas em cores mais escuras (absortância 0,7).
- **AVAC:** Três cenários, sendo um com sistema tipo split (EER = 3,24 W/W), outro cenário com sistema central tipo VRF (EER = 4,06W/W, 4,21W/W, 4,24W/W, 4,26W/W, 4,41W/W, e 4,69W/W) e outro cenário com sistema central tipo Chiller condensado à ar (EER = 3,08 W/W).
- **Forma de ocupação:** Dois cenários, sendo um com ocupação fixa, ou seja, considerando os ambientes ocupados 24h por dia, 7 dias por semana, e outro cenário com ocupação em horário comercial estendido, das 07:00 às 22:00 horas de segunda-feira à sábado.

Limitações da equação de *benchmark*

Equação não considera o consumo de energia elétrica para o sistema de aquecimento de água e para os serviços de lavanderia. Caso estejam presentes e sejam valores conhecido, deve-se subtrair este consumo do consumo total medido que está sendo comparado com o consumo calculado pela equação de *benchmark*.

Data de publicação

01/07/2021

Futuros trabalhos

Aprofundar o estudo da tipologia, incluindo a realização de auditorias energéticas e a diversificação de modelos de arquétipos, de forma a cobrir diferentes volumetrias e configurações de serviços médicos presentes nesta tipologia de edificação.

Referências

RT2A.13: Relatório de Auditorias Energéticas – Tipologia de Hospital e RT2B. 13: Desenvolvimento de arquétipo, modelo de simulação, análise de sensibilidade e equações de *benchmark* para a tipologia de Hospital.

Equipe Técnica CBCS (2018 – 2021)

Coordenador Técnico: Roberto Lamberts; Pesquisadores: Ana Carolina Veloso, Ana Paula Melo, Anderson Letti, Arthur Cursino, Camila Suizu, Daniel Amaral, Eduardo Kanashiro, Matheus Geraldi e Kleber Moura; Coordenador CBCS: Clarice Degani.

Coordenação Eletrobras/Procel

Elisete Cunha

Realização

CBCS Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
Eletrobras / PROCEL
Plataforma de cálculo: plataformadeo.cbcs.org.br
Contato: energia.benchmarking@cbcs.org.br