

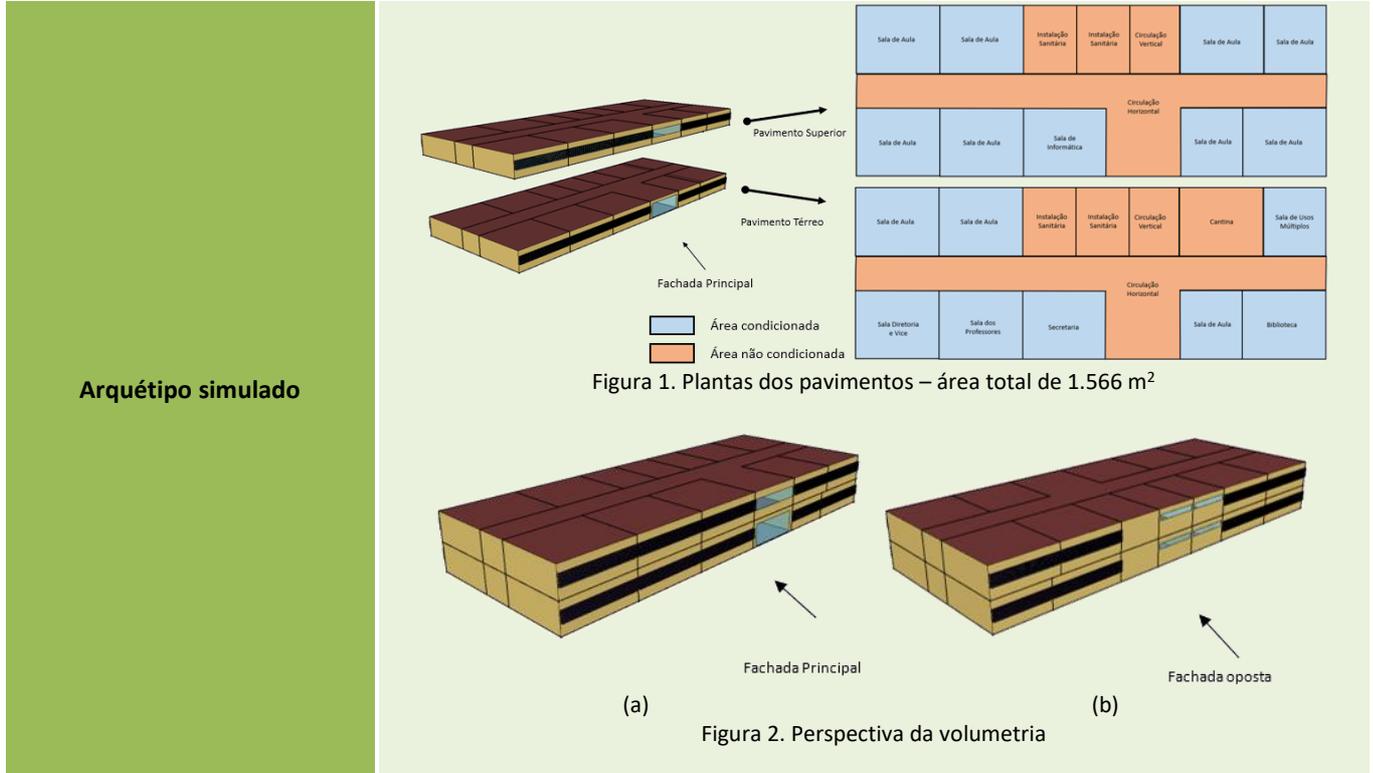
Tipologia	Escola de Ensino Fundamental e Médio	
Caracterização da tipologia	Escola de ensino fundamental e médio em edifício independente com múltiplos pavimentos, cuja função principal é de desenvolvimento de crianças e adolescentes, tanto no quesito acadêmico quanto no pessoal e social. A área bruta da edificação deve incluir todo o espaço dentro do edifício, incluindo salas de aula, salas administrativas, cantina, banheiros, corredores, escadas etc.	
Equações de <i>benchmark</i>	Cidades com GHR acima de 54.000	
	CONSUMO_Totalmente Condicionado [kWh/m ² /ano] = -388,3 + 80,14 logGHR + 3,1128 ILUM + 21,697 TURN + 6,993 ASOL - 0,01625 ORIE + 19,332 RENO + 4,137 SOMB - 7,683 PESS CONSUMO_Parcialmente Condicionado [kWh/m ² /ano] = -106,95 + 17,41 logGHR + 2,7547 ILUM + 16,459 TURN + 2,282 RENO + 1,081 SOMB	
	Cidades com GHR abaixo de 54.000	
	CONSUMO_Totalmente Condicionado [kWh/m ² /ano] = -27,70 + 7,720 logGHR - 6,715 logGDA + 2,9926 ILUM + 17,986 TURN + 4,178 ASOL + 2,688 SOMB - 6,110 PESS CONSUMO_Parcialmente Condicionado [kWh/m ² /ano] = -27,22 + 1,660 logGHR - 1,476 logGDA + 2,7213 ILUM + 15,2688 TURN	
Escala de Consumo	Edificações sem sistema de ar condicionado	
	CONSUMO_Ventilador [kWh/m ² /ano] = -22,111 + 2,5816 ILUM + 14,4745 TURN	
Dados de entrada 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]
Dados de entrada das Equações	ILUM	Densidade de potência de iluminação instalada [valor em W/m ²]
	ASOL	Absortância da envoltória [valores entre 0,3 e 0,7, sendo α: 0,3 - cor clara, α: 0,7 - cor escura]
	TURN	Turno [número adimensional: 2- manhã/tarde, 3- manhã/tarde/noite]
	ORIE	Orientação da fachada principal da edificação [número adimensional: 180 - norte/sul, 90 - leste/oeste]
	RENO	Renovação de ar [número adimensional: 0 - sem renovação, 1 - com renovação de acordo com nível 2 da NBR 16401-3]. Embora a renovação de ar em ambientes condicionados artificialmente no Brasil seja obrigatória por lei e norma técnica, ainda é comum encontrar edificações que não possuem um sistema de renovação de ar.
	SOMB	Uso de elementos de sombreamento nas aberturas [número adimensional: 0 - com brise, 1 - sem brise].

$$i = \frac{\text{consumo máximo da edificação} - \text{consumo mínimo da edificação}}{5}$$



PESS Densidade de alunos em sala de aula [valor de área em m² por aluno]

Amostra utilizada para o desenvolvimento das equações Banco de dados de consumo: 21.250 edifícios (amostra bruta), 11.678 (amostra tratada, cobrindo 18 Estados brasileiros) e 2.989 edifícios (amostra tratada com dados completo).
Dados de auditorias: 04 auditorias realizadas a partir de visitas *in loco*.



Simulação Realizada Simulações Energéticas: 4.608 simulações.
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.

Parâmetros da simulação

Fixos
Envoltória: transmitância térmica de paredes de alvenaria simples de 15 cm $U_{parede} = 2,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ e cobertura com laje $U_{cobertura} = 1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$; aberturas em vidro simples (fator solar 0,7).
Dezessete zonas térmicas condicionadas.

Variáveis

- **Ocupação:** Três cenários de ocupação das salas de aula, sendo um cenário com alta ocupação (1m² por aluno), outro cenário com média ocupação (2m² por aluno) e outro cenário com baixa ocupação (4m² por aluno), estando 1 professor por sala de aula.
- **Iluminação:** Cenário mais eficiente com DPI média de 9,90 W/m² e cenário menos eficiente com DPI média de 16,32 W/m²; correspondendo, respectivamente, às classes A e D do PBE.
- **Turno:** Dois cenários, sendo um cenário com aulas nos períodos manhã, tarde e noite, com início das atividades as 7h00 e término as 22h00, e outro cenário com aulas apenas nos períodos manhã e tarde, mantendo o início das atividades as 7h00 porém com término as 18h00.
- **Sombreamento:** Dois cenários, sendo um sem proteção nas janelas e o outro cenário com brises horizontais de 20 cm de projeção e 20 cm de espaçamento entre as aletas por toda a extensão, com extensão de 20 cm em relação as bordas laterais das janelas.

	<ul style="list-style-type: none"> - Orientação solar: Dois cenários, sendo um com a fachada principal voltada a Sul e outro cenário com a fachada principal voltada a Leste. - 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 cenário com splits instalados em todos os ambientes com permanência prolongada, outro cenário com splits instalados somente nas salas administrativas, bibliotecas e salas de uso múltiplo, e um terceiro cenário com ventiladores em salas de aula e salas administrativas. - Renovação de ar: Dois cenários, um sem renovação de ar e outro com renovação de ar com a vazão apropriada de acordo com o tipo de ambiente, conforme Nível 2 da norma ABNT NBR 16401-3.
Limitações da equação de benchmark	Equação não considera as cargas de tomada dos equipamentos da cozinha, refeitórios, centros esportivos e laboratórios de ensino, e nem o consumo com sistemas de iluminação de quadras externas e ginásios de esportes. Caso sejam conhecidos, deve-se subtrair este consumo do consumo total medido que está sendo comparado com o consumo calculado pela equação de <i>benchmark</i> . A estimativa de consumo é feita apenas para um tipo de sistema de condicionamento de ar (Split).
Data de publicação	01/07/2021
Futuros trabalhos	Aprofundar o estudo da tipologia, incluindo a realização de auditorias energéticas com a finalidade de identificar padrões nacionais para os tipos de equipamento consumidores de energia elétrica utilizados em escolas de ensino fundamental e médio, além da inclusão de consumo por sistemas centrais de condicionamento de ar e sistemas de iluminação de quadras e ginásios esportivos.
Referências	RT2A.11: Relatório de Auditorias Energéticas – Tipologia de Escola de Ensino Fundamental e Médio e RT2B.11: Desenvolvimento de arquétipo, modelo de simulação, análise de sensibilidade e equações de <i>benchmark</i> para a tipologia de Escola de Ensino Fundamental e Médio.
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