XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Metodologias para identificar oportunidades de eficiência energética em escolas públicas municipais: Resultados do Programa Cidades Eficientes em 4 capitais brasileiras

Metodologías para la identificación de oportunidades de eficiencia energética en escuelas públicas municipales: Resultados del Programa Ciudades Eficientes en cuatro capitales brasileñas

Methodologies for identifying energy efficiency opportunities in municipal public schools: Results of the Efficient Cities Program in 4 Brazilian cities

Eficiência energética / *Eficiencia energética / Energy efficiency*

Triana, Maria Andrea
Dra, Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, Florianópolis, Brasil,
mandreatriana@gmail.com

Griggs, Carolina

MPA, Conselho Brasileiro de Construção Sustentável*, Florianópolis, Brasil,*
carolina.griggs@gmail.com

Degani, Clarice
Dra, Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, São Paulo, Brasil,
clarice.degani@cbcs.org.br

Lyra, Giselle
MSc, Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, Rio de Janeiro, Brasil,
giselle.lyra@fau.ufrj.br

Sangoy, Juliana

MSc, Conselho Brasileiro de Construção Sustentável*, Joinville, Brasil,*

julimaysangoi@hotmail.com

Lamberts, Roberto
PhD, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Florianópolis, Brasil,
roberto.lamberts@ufsc.br

Resumo

O artigo mostra metodologias aplicadas para identificar oportunidades de redução do consumo energético com conforto dos usuários, em edifícios escolares municipais das cidades de Rio de Janeiro, Florianópolis, Palmas e Teresina. As metodologias desenvolvidas e aplicadas pelo Programa Cidades Eficientes do CBCS foram a gincana energética (capacitação com interação dos usuários na edificação) e a pesquisa nas escolas (diagnóstico dos consumos de energia de todo o estoque escolar). Ambas identificaram oportunidades de eficiência energética considerando os principais usos finais de energia nas escolas, fornecendo diretrizes aos municípios para direcionar investimentos. Considerando os altos custos de energia e a necessidade de redução de emissões de CO_2 pelas edificações, os resultados podem inspirar outros municípios, servindo como fonte de informação para programas nacionais.

Palavras-chave: Escolas. Gincana energética. Eficiência energética. Edifícios públicos. Brasil.

Resumen

El artículo presenta metodologías aplicadas para identificar oportunidades de reducción del consumo de energía con confort del usuario, en edificios escolares municipales de las ciudades de Río de Janeiro, Florianópolis, Palmas y Teresina. Las metodologías desarrolladas y aplicadas por el Programa Ciudades Eficientes del CBCS fueron la yincana energética (capacitación con interacción de los usuarios en el edificio) y la investigación en escuelas (diagnóstico del consumo energético de todos los edificios escolares). Ambas identificaron oportunidades de eficiencia energética considerando los principales usos finales de la energía en las escuelas, brindando pautas para que los municipios dirijan inversiones. Considerando los altos costos de la energía y la necesidad de reducir las emisiones de CO_2 de los edificios, los resultados pueden inspirar a otros municipios y servir como fuente de información para programas nacionales.

Palabras clave: Escuelas. Yincana energética. Eficiencia energética. Edificios públicos. Brasil.

Abstract

The article presents methodologies applied to identify opportunities for reducing energy consumption while ensuring user comfort in municipal school buildings in the cities of Rio de Janeiro, Florianópolis, Palmas and Teresina. The methodologies developed and applied by CBCS´s Efficient Cities Program were the energy treasure hunt (training with interaction of users in the building) and the survey in schools (diagnosis of energy consumption of the entire school building stock). Both identified opportunities for energy efficiency considering the main end uses of energy in schools, providing guidelines for municipalities to direct investments. Considering the high energy costs and the need to reduce CO_2 emissions from buildings, the results can inspire other municipalities, serving as a source of information for national programs.

Keywords: Schools. Energy Treasure Hunt. Energy Efficiency. Municipal buildings. Brazil.

Introdução

As edificações escolares são uma tipologia relevante das edificações públicas municipais do Brasil constituindo grande parte do seu estoque e custo. Conforme Geraldi e Ghisi (2020), as escolas municipais no país têm um potencial grande de melhorar a eficiência energética. Nesse sentido, conforme Alfaris, Juaidi e Manzano-Agugliaro (2016) um programa de gestão de energia garante a melhoria do desempenho energético das escolas devendo ser implementado por meio de um fluxo de trabalho e etapas claras. O Programa Cidades Eficientes do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS (CBCS, 2024a) é um programa iniciado em 2018 que apoia as prefeituras brasileiras na mitigação e adaptação climática por meio do desenvolvimento de políticas públicas e ferramentas para o ambiente construído. Os eixos de atuação do programa são: 1) a gestão de consumo por meio de uma plataforma de dados que organiza o consumo e custo de energia elétrica, água e gás das edificações públicas, sistemas e serviços do município; 2) a capacitação do corpo técnico das prefeituras por meio de atividades como a pesquisa nas escolas e a gincana energética entre outras e 3) o desenvolvimento de políticas públicas como o código de energia para edificações, manual de compras eficientes, decreto de gestão de energia e um guia de gestão de energia e água para escolas eficientes. Quatro prefeituras de cidades capitais do Brasil implantaram a plataforma de gestão de consumo de suas edificações públicas, sistemas e serviços municipais. Florianópolis implantou a plataforma a partir de 2020, Rio de Janeiro em 2022 e Teresina e Palmas em 2024. Os resultados do programa para essas cidades com foco nas tipologias de edificações escolares (ensino infantil e básico) demonstram que a tipologia escolar tem predominância no consumo e custo das edificações públicas municipais.

A implementação da plataforma de gestão exigiu a criação de um cadastro do estoque de edificações dessas prefeituras. A Tabela 1 mostra os dados de edificações registradas até 2024 nas plataformas de gestão nos municípios. A construção do cadastro municipal de edifícios públicos é uma atividade que deve ter uma continuidade nos municípios e de forma geral as cidades não contavam com um cadastro ou plataforma de gestão das suas edificações. Na tabela é possível ver a importância da tipologia escolar em relação ao estoque de edifícios públicos dos municípios com porcentagens que variam entre 48% a 74% do estoque. Nos dados levantados até o momento pelas prefeituras reportados ao Programa Cidades Eficientes, podem estar faltando outras edificações não escolares, portanto as porcentagens aqui estimadas para a tipologia podem variar. Foram identificados nas plataformas de gestão

implantadas, 267 edifícios municipais em Florianópolis, 188 em Palmas, 438 em Teresina e 2.078 no Rio de Janeiro. No entanto, o Rio de Janeiro estima ter 2.400 edifícios.

Tabela 1: Cadastro de edifícios municipais de quatro capitais brasileiras

	N.º de edifícios municipais identificados no cadastro municipal	N.º das edificações municipais que são de tipologias escolares	% das edificações municipais que são de tipologias escolares
Florianópolis	267	127	48%
Palmas	132	82	62%
Rio de Janeiro	2.078	1.543	74%
Teresina	438	321	73%

Fonte: Os autores (2024).

Foi possível identificar o consumo e o custo em kWh das edificações escolares em três das quatro capitais: Florianópolis, Teresina e Rio de Janeiro. A Tabela 2, mostra o consumo anual de energia elétrica nas edificações da tipologia escolar, o consumo médio mensal por escola e o custo estimado total e médio por escola.

Tabela 2: Consumo anual das edificações municipais de três capitais brasileiras

	Edificações municipais escolares (N.º)	Consumo anual das tipologias escolares (MWh)	Consumo anual no ano anterior (MWh)	Média de consumo mensal por escola (kWh)	Custo anual (milhões de Reais)	Custo anual médio por escola (Reais)
Florianópolis (2023)	127	4.019	3.324	2.638	3,7	29.133
Rio de Janeiro (2023)	1.543	88.734	76.076	4.792	93,6	60.661
Teresina (2024)	321	15.247	ND	4.008	17,3	53.894

Fonte: Os autores (2024).

Ainda, no Rio de Janeiro, 385 edificações escolares consumiram 401.930 metros cúbicos de gás canalizado em 2023, ao custo de 3,7 milhões de reais. Pode-se observar pelos dados a influência do clima no consumo de energia elétrica das escolas, geralmente associado a um maior uso de ar-condicionado. Os números de consumo de energia elétrica apresentam

grandes oportunidades para eficiência energética e melhor gestão de consumo das edificações escolares.

Objetivo

O artigo tem como objetivo apresentar as oportunidades de eficiência energética, identificadas com as metodologias implementadas pelo Programa Cidades Eficientes, no estoque de edificações municipais escolares em quatro capitais do Brasil.

Metodologia

São apresentadas duas metodologias aplicadas no eixo capacitação do Programa Cidades Eficientes para avaliar e identificar oportunidades de eficiência energética na tipologia escolar. As metodologias são a gincana energética e a pesquisa nas escolas. A gincana energética é uma atividade colaborativa realizada em uma edificação individual. O objetivo é a identificação de oportunidades de eficiência energética com baixo ou nenhum custo. Ela foi aplicada em duas escolas do Rio de Janeiro. A experiência das gincanas serviu como inspiração para desenvolver a pesquisa de gestão de consumo nas escolas (Pesquisa nas escolas) para conseguir dados similares de um número maior de escolas. A pesquisa nas escolas foi aplicada nas prefeituras do Rio de Janeiro, Florianópolis, Teresina e Palmas.

A gincana energética aplicada no Programa Cidades Eficientes tomou como base e adaptou a metodologia do *Energy Treasure Hunt do Energy Star* dos Estados Unidos (US EPA, 2021). A gincana foi realizada em dois edifícios escolares da prefeitura do Rio de Janeiro, a escola Rivadávia Corrêa (agosto 2022) e a escola Vicente Licínio Cardoso (junho 2024). Foi realizada com equipes de 4 a 6 pessoas para cada andar da edificação avaliada. Nas duas gincanas realizadas nas escolas do Rio de Janeiro participaram funcionários da equipe do Escritório de Planejamento (responsável pela implementação das ações do Programa na prefeitura), representantes da Secretaria Municipal de Educação, professores e alunos das escolas avaliadas, a equipe de pesquisadores do Programa Cidades Eficientes do CBCS e pesquisadores convidados de instituições e/ou universidades ligadas à temática da eficiência energética. A gincana inclui dois percursos realizados durante dois dias, durante os quais são levantadas as oportunidades de melhorias por meio de um questionário impresso ou digital. São 49 perguntas de rápido preenchimento de dados gerais da edificação e informações relacionadas à iluminação, ventilação, climatização, equipamentos e gestão de consumo. O primeiro percurso é realizado durante o final do expediente da escola, sendo uma visita em torno de 1

a 2 horas, em todos os ambientes, com aplicação do questionário pelas equipes. O objetivo deste primeiro percurso é a verificação das condições em que fica a edificação após o uso, como por exemplo o caso de equipamentos e iluminação ligados sem nenhum usuário. O segundo percurso é realizado no dia seguinte em um período de funcionamento da escola e inclui uma visita a todos os ambientes do andar, pela equipe alocada à aquele andar. O preenchimento do questionário (foi utilizado Google forms) é feito uma vez por cada ambiente. As perguntas são desta vez mais detalhadas e incluem o levantamento de informações (ex. quantidade de luminárias; quantidade, potência e classe de eficiência do ar-condicionado, entre outras). O contato com os usuários no levantamento das informações é importante, tornando-se assim uma capacitação tanto para quem está levantando as informações, como para quem está usando a edificação. Especialistas compartilham o conhecimento aos participantes da gincana e usuários da edificação. Como parte da gincana, adesivos relacionados aos temas presentes no questionário são colados pelas equipes como informativos para ações futuras de operação dos usuários. Inicialmente o questionário foi aplicado de forma impressa e na escola Vicente Licínio Cardoso foi de forma online (Figura 1). A gincana energética inclui uma análise final do retorno financeiro das oportunidades levantadas.

Figura 1: Questionário online da gincana energética e adesivos informativos da gincana



Fonte: Os autores (2024).

A pesquisa nas escolas aplicada por meio de um questionário online (Google Forms) caracteriza o uso da energia elétrica e água nas escolas municipais. O questionário foi enviado aos gestores das escolas. Consta de perguntas divididas em 7 seções que incluem perguntas sobre: identificação, informações gerais da escola, sistemas de ar-condicionado e ventilação, iluminação natural e artificial, equipamentos e uso de energia fotovoltaica, uso da água e

acompanhamento do consumo de energia, água e uso do gás. Os resultados com relação a água e gás não são apresentados aqui. O questionário foi enviado a todas as escolas das prefeituras dando um tempo de preenchimento que variou entre 2 a 4 semanas nos municípios. Na prefeitura do Rio de Janeiro a pesquisa foi aplicada em 2022. Uma versão atualizada com 59 perguntas foi aplicada nas prefeituras de Florianópolis, Palmas e Teresina em 2024.

Resultados

Os resultados são mostrados para as metodologias aplicadas.

Para as **gincanas energéticas** são mostrados os resultados por tema para ambas as escolas destacando os principais resultados por escola. A escola Rivadávia Corrêa possui o pavimento térreo e 4 andares, com área construída de 1.726m^2, uma população de 287 alunos e horário de funcionamento das 7h às 15h. O consumo de energia total anual foi de 95.120kWh ou R$122.245,78 em 2021. Uma economia de 10%, conforme recomendação do Energy Star para a metodologia do *Energy Treasure Hunt*, significaria em torno de R$12.200/ano. A gincana teve a participação de 21 pessoas, dos quais 6 alunos e 3 funcionários da escola, entre agentes educadores e professores (Figura 2).

Figura 2: Gincana energética na Escola Rivadávia Corrêa, RJ.



Fonte: Os autores (2022).

A escola Vicente Licínio Cardoso, possui andar térreo e 3 pavimentos, 10 horas de ocupação por dia, área construída 2.206,21 m^2 e população de 373 alunos. O consumo de energia total anual foi de 44.080 kWh ou R$ 51.825 em 2022. Uma economia de 10% significaria em torno de R$5.182/ano (Figura 3).

Figura 3: Gincana energética na escola Vicente Licínio Cardoso, RJ.

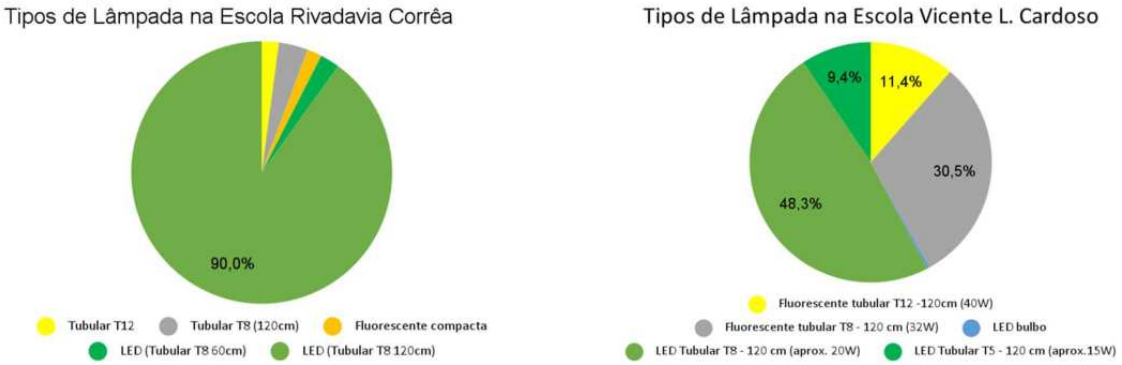


Fonte: Os autores (2024).

No setor da iluminação, se observou na escola Rivadavia Corrêa um total de 328 lâmpadas, 90%, do tipo LED tubular T8 (Figura 4), sendo que 22% do total de lâmpadas foram encontradas acesas durante o dia sem necessidade. O uso potencial de sensores nas áreas comuns mostrou um alto percentual de economia, variando por pavimento. Somente 10% dos ambientes possuíam lâmpadas perto das janelas com circuito independente, permitindo economia por meio do aproveitamento da luz natural. Foi também observada que a pintura existente na fachada da escola, que incluia pintura nas janelas, prejudica a entrada de iluminação natural e tende a aumentar a carga térmica no interior do edifício por ser com cores mais escuras, de maior absortância térmica. A estratégia recomendada para a escola na área de iluminação incluiu as seguintes ações: troca por lâmpadas LED, o uso de sensores de presença nos corredores, banheiros, e pátio e uso de controladores na iluminação das salas de aula para acionar de forma independente as luminárias perto das janelas. Estas estratégias tinham um potencial de economia anual de 9.495 kWh/ano com um payback estimado em menos de um ano (0,60 ano).

Na escola Vicente Licínio Cardoso 58% das lâmpadas são em LED, sendo a maior parte LED Tubular T8 (Figura 4). Considerando-se a substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e T12 encontradas na escola, por lâmpadas LED T8 de 18W e 1.850 lm, a economia prevista seria de 1.908 kWh/ano com payback estimado em torno de 1,8 anos. Das 302 lâmpadas da escola, 44 poderiam ser desligadas se houvesse separação dos circuitos, o que corresponde a 15% das lâmpadas e 57 poderiam ter algum tipo de sensor (ocupação e/ou iluminação), o que corresponde a 19% das lâmpadas.

Figura 4: Tipos de Lâmpada nas Escolas Rivadavia Corrêa e Vicente Cardoso



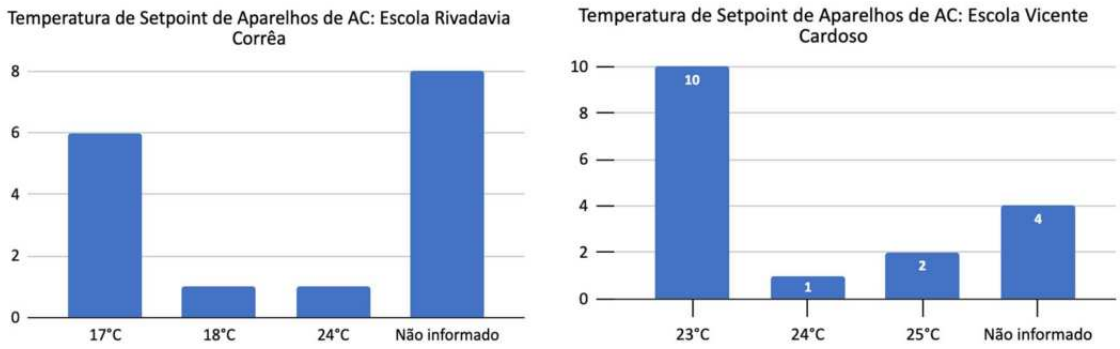
Fonte: Os autores (2022, 2024).

Com relação ao uso do ar-condicionado foram encontrados na escola Rivadávia Corrêa 17 aparelhos do tipo split de 24 mil BTU/h que apresentavam Etiqueta Nacional de Conservação de Energia do PBE Edifica - ENCE classe C. Foi estimada uma troca desses aparelhos por equipamentos inverter classe A com IDRS 8,20. A análise de economia de energia foi feita com base nas informações de consumo do equipamento especificado na tabela de eficiência do Inmetro. Para os 17 aparelhos foi considerado um investimento de R$90.667, uma economia anual de R$48.769 e uma economia anual de energia de 37.947 kWh/ano, considerando 4,5 horas de uso diárias. Estimou-se um payback ao redor de 2 anos e um valor presente líquido de R$212.660. No dia da gincana, a temperatura externa era de 26°C e ao menos seis aparelhos de ar-condicionado operavam no *setpoint* de 17°C (Figura 5), abaixo de 24°C, setpoint indicado para maior conforto dos usuários e economia de energia. Como destaque a maior parte das salas de aula possuem ventiladores, sendo 21 do tipo parede.

Na escola Vicente Licínio Cardoso, dos 33 aparelhos de ar-condicionado na escola, instalados principalmente nas salas de aula, 73% possuíam etiqueta Nível D ou E no PBE. Desta vez, os consumos e as economias foram estimados pelo método simplificado da INI-C, considerando 1 sala de aula com equipamento de 24.000 BTU/h. Foi utilizada a INI-C, por considerar-se uma forma mais precisa para estimativa da carga térmica do ambiente considerando o clima local. Os resultados indicaram que a substituição dos equipamentos nível E por equipamentos com Etiqueta A podem levar a uma economia de aproximadamente 30% no consumo de energia para condicionamento de ar do ambiente, com payback ao redor de 4 anos. Fazendo a substituição por equipamentos com Selo Procel Ouro, a economia pode alcançar 50%, com payback ao redor de 3 anos. No dia da gincana, com temperatura externa de 25 graus, 77%

dos ambientes apresentavam aparelhos em temperaturas informadas entre 23 a 25 graus (Figura 5) e em 37% das salas tinham ventiladores de ar.

Figura 5: Setpoints por Aparelho de Ar Condicionado Escolas Rivadávia Corrêa e Vicente Licínio Cardoso



Fonte: Os autores (2022, 2024).

Na escola Rivadávia Corrêa com relação aos outros equipamentos, para equipamentos de uso contínuo, foi apontada como estratégia a substituição de três geladeiras e um freezer, por equipamentos de alto desempenho com tecnologia inverter e classe A no PBE. A economia anual prevista seria de 1.062,00 kWh/ano, contudo, tendo um payback maior que as estratégias anteriores, sendo de 5,19 anos (Tabela 3). A Tabela 3 mostra as principais economias identificadas em ambas gincanas. Observa-se que as oportunidades são superiores aos 10% buscados inicialmente na gincana. Maiores informações sobre os cálculos realizados e os cenários assumidos para as estratégias podem ser encontradas no site do Programa Cidades Eficientes.

Tabela 3: Escola Rivadávia Corrêa

Oportunidades de Eficiência Energética Escola Rivadávia Corrêa (2022)	**Investimento Inicial R$**	**Economia Anual (R$)**	**Economia Anual (kWh/ano)**	**Valor Presente Líquido (R$)**	**Payback (anos)**
Substituição de ar-condicionado (AC) por Selo Procel Inverter (17 equipamentos)	90.667	48.769	37.947	212.660	1,86
LED +sensores de presença+controladores de ilum	5.702	7.383	9.496	38.959	0,60
Substituição de 3 geladeiras	7.059	1.359	1.062	101	5,19

Oportunidades de Eficiência Energética Escola Vicente Cardoso (2024)	Investimento Inicial R$	Economia Anual (R$)	Economia Anual (kWh/ano)	Valor Presente Líquido (R$)	Payback (anos)
Substituição de AC por Selo Procel Ouro (14 equipamentos)	98.000	32.661	30.008	178.305	3,00
Substituir 174 lâmpadas para LED	3.477	1.904	1.750	8.751	1,80

Fonte: Os autores (2024).

A *pesquisa nas escolas* teve boa aderência nos municípios e os principais resultados são colocados a seguir.

Em Florianópolis 77 edificações escolares ou 63% dos edifícios da Secretaria Municipal de Educação - SME responderam à pesquisa, sendo 52 creches e 25 escolas de um total de 80 creches e 43 escolas. Nas edificações escolares da prefeitura do município, com relação ao condicionamento de ar, a maioria dos equipamentos são splits, 38% dos equipamentos foram reportados sendo ENCE classe A e 30% Selo Procel, 11% classe B e C, 9% classe D, E e F e 12% não possuíam etiqueta. Em Florianópolis, 65% das escolas operam os condicionadores de ar entre 23 a 24°C e as escolas têm diretrizes para a temperatura de operação. A maior parte da iluminação é de lâmpadas do tipo LED, no entanto 24 das 77 escolas ainda tinham lâmpadas fluorescentes. Nenhuma das escolas que preencheu a pesquisa indicou possuir energia solar fotovoltaica, e apenas 12 % indicou que a escola não teria potencial para instalação. Como oportunidades de melhoria foram identificadas a substituição gradual de equipamentos menos eficientes por equipamentos classe A no PBE, a incorporação de energia solar nas escolas, a adoção de sensores de presença e luminosidade e a adoção de maiores rotinas de manutenção.

Em Palmas, 65 edificações escolares, ou 79% responderam à pesquisa. 85% das escolas têm 100% dos aparelhos de ar-condicionado split. 70% das escolas reportaram, 100% dos equipamentos classe A ou Selo Procel, sendo reportadas escolas novas com 46% dos aparelhos sendo de 2021 e mais novos e 52% de 2010 a 2020. Perto de 100% das lâmpadas são LED. Um destaque é que 81% das escolas possuem geração de energia fotovoltaica e 58% das escolas têm manutenção rotineira de todos os sistemas perguntados na pesquisa (água, iluminação e ar condicionado) e ainda 20% afirmaram ter manutenção do sistema de ar-condicionado. Como oportunidades de melhoria foi observado a necessidade da adoção nas escolas de uma diretriz de temperatura para o uso do ar condicionado entre 23 a 24 °C e a adoção do uso de

sensores para desligamento automático da iluminação nos corredores, banheiros, pátios e outros ambientes.

No Rio de Janeiro, 1.137 unidades escolares, que representam 74% do total das escolas da prefeitura, responderam à pesquisa. Com relação ao uso de ar-condicionado, os resultados mostraram que 47% dos equipamentos eram do tipo janela, tendo-se assim uma grande oportunidade de melhoria e de economia de energia nas escolas. Também aproximadamente 55% das escolas usam temperatura de setpoint abaixo de 23ºC, sendo que ao redor de 40% dos alunos reclamaram de frio ou calor quando do uso de ar condicionado nas salas de aula. Os resultados mostraram também que a maior parte dos ambientes de salas de aula e administrativas usa ventiladores. Sobre a iluminação, 67% das lâmpadas foram identificadas como sendo do tipo LED. Igualmente as escolas mostraram oportunidade de instalação de sensores em ambientes como pátios (385 escolas), banheiros (858 escolas), corredores (532 escolas) e escadarias (323 escolas). As escolas possuem uma média de 3,5 geladeiras e freezers por unidade escolar, 62% das escolas afirmaram que possuem mais de 50% ou mais de geladeiras e freezers classe A no PBE ou com Selo Procel, e 14% possui 100% desses equipamentos eficientes.

Finalmente, em Teresina, 252 escolas responderam a pesquisa, ou seja 78,5% do total das escolas da prefeitura. Nas escolas de Teresina, 212 escolas reportaram ter 100% dos equipamentos classe A ou Selo Procel, com 20% dos aparelhos sendo de 2021 e mais novos e 75% de 2010 a 2020. 71% reportaram ter 100% equipamentos tipo split e 19% entre 80% a 90% deles sendo split. Na iluminação, 32% das escolas afirmaram ter interruptores separados para as luminárias perto das janelas. Somente 8 escolas possuem sistema fotovoltaico e 67% das escolas reportaram ter potencial para instalação. Como oportunidades de melhoria foram vistas a adoção de equipamentos de ar-condicionado split inverter preferencialmente Selo Procel Ouro, o estabelecimento de uma diretriz de temperatura para o uso do ar-condicionado nas escolas entre 23 a 24 °C , a incorporação de energia solar nas escolas, assim como a adoção de uma manutenção rotineira para a gestão de energia das escolas. De forma geral a necessidade da instalação de um sistema de renovação de ar funcionando junto ao ar-condicionado foi presente em todos os municípios, com poucas escolas indicando possuir o sistema. A exigência da Resolução no 9 da Anvisa e a NBR 16401 coloca a importância do sistema para evitar concentração de CO_2, que, quando acima de limites aceitáveis, produz sonolência nos alunos e perda de atenção.

Conclusões

Os resultados da aplicação de ambas metodologias mostraram um amplo potencial para incorporação de estratégias de eficiência energética nas escolas dos municípios avaliados, apontando caminhos para os gestores direcionarem melhorias nas áreas de iluminação, ar condicionado e ventilação, equipamentos e incorporação de energia solar. As informações coletadas na pesquisa nas escolas podem ser usadas para entendimento do estoque escolar e também para entendimento de cada escola individual, o que permite checar eventuais inconsistências. As gincanas energéticas proporcionam entendimento mais detalhado dos retornos financeiros, o que pode ser extrapolado para os resultados da pesquisa nas escolas, considerando-se as eventuais ressalvas. As principais estratégias apontadas nas gincanas energéticas mostraram payback de até 3 anos ou menos com grandes benefícios, evidenciando a importância da criação de programas e financiamento de eficiência energética na tipologia escolar para o avanço das edificações públicas municipais.

Referências

CBCS. **Conselho Brasileiro de Construção Sustentável:** site institucional. Disponível em: www..cbcs.org.br 2024a.

CBCS. **Programa Cidades Eficientes:** site institucional. Disponível em: www.cidadeseficientes.cbcs.org.br 2024b.

Alfaris, F; Juaidi, A; Manzano-Agugliaro, F. “Improvement of efficiency through an energy management program as a sustainable practice in schools”. **Journal of Cleaner Production**. Volume 135, 1 November 2016, pages 794-805.

Geraldi, Matheus S; Ghisi, E. “Mapping the energy usage in Brazilian public schools”. **Energy and Buildings**, Volume 224, 1 October 2020, 110209.

PBE Edifica. **Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.** Disponível em: https://pbeedifica.com.br/interface-ini-c/ 2024.

US EPA. **Energy Treasure Hunt:** K-12 Energy Efficiency Treasure Hunt Checklist. Disponível: https://www.energystar.gov/buildings/tools-and-resources/k-12-energy-efficiency-treasure-hunt-checklist 2021.