



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS DE PORTO NACIONAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MATHEUS DA SILVA REIS

**ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO PARA O CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE
ESCOLAR: UM ESTUDO EM ESCOLAS PÚBLICAS DE PORTO NACIONAL - TO**

PORTO NACIONAL/TO

2022

MATHEUS DA SILVA REIS

**ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO PARA O CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE
ESCOLAR: UM ESTUDO EM ESCOLAS PÚBLICAS DE PORTO NACIONAL - TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal do Tocantins como requisito básico para a conclusão do Curso de Licenciatura em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Barbosa e Souza

PORTO NACIONAL/TO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

R375e Reis, Matheus da Silva.

Estratégias de adaptação para o conforto térmico em ambiente escolar: um estudo em escolas públicas de Porto Nacional - TO . / Matheus da Silva Reis. – Porto Nacional, TO, 2022.

27 f.

Artigo de Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Porto Nacional - Curso de Geografia, 2022.

Orientador: Dr. Lucas Barbosa e Souza

1. Edificação Escolar. 2. Calor. 3. Desconforto térmico. 4. Microclima. I. Título

CDD 910

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO PARA O CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTE ESCOLAR: UM ESTUDO EM ESCOLAS PÚBLICAS DE PORTO NACIONAL - TO

Artigo apresentado e avaliado junto à UFT – Universidade Federal do Tocantins, Campus de Porto Nacional, curso de licenciatura em Geografia, para a obtenção do título de licenciado e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Autor: Matheus da Silva Reis

Orientador: Prof. Dr. Lucas Barbosa e Souza

Este artigo foi apresentado em 29/11/2022, como parte de exigências para obtenção do título de licenciado em Geografia. Banca examinadora:

Prof. Dr. Lucas Barbosa e Souza (UFT)

Prof. Dr. Valdir Aquino Zitzke (UFT)

Prof. Dr. Paulo Henrique Pereira Pinto (UNIR)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
1.1 Caracterização climática: cidade de Porto Nacional - TO	8
2 METODOLOGIA	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
3.2 As escolas selecionadas: uma caracterização preliminar.....	14
3.3 O desconforto térmico nas escolas	17
3.4 O espaço físico e as estratégias de adaptação.....	18
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
REFERÊNCIAS	25

RESUMO

Este artigo tem como objetivo principal abordar as estratégias de adaptação para o conforto térmico em escolas estaduais de educação básica em Porto Nacional – TO. Os principais parâmetros para a pesquisa foram definidos após uma entrevista concedida pela arquiteta Hellen Goulart, da SEDUC/Tocantins. A partir dessa entrevista, foi possível elencar aspectos para observação nas escolas selecionadas, assim como um conjunto de questões a serem levantadas com os gestores dessas escolas. Assim, foram obtidas informações a respeito da estrutura da edificação escolar, suas áreas livres, arborização, estratégias empregadas para lidar com o calor e queixas da comunidade escolar a respeito das situações de desconforto, considerando as altas temperaturas habituais em Porto Nacional. As escolas selecionadas foram as seguintes: Escola Estadual Costa e Silva, Centro de Ensino Médio Felix Camôa e Alcides Rodrigues Aires. Com os resultados foi possível estabelecer alguns pontos que contribuem negativamente e positivamente para o conforto térmico das escolas, buscando o diálogo com autores que abordam o tema e com o papel da Geografia para uma leitura crítica das relações entre a natureza (como o clima) e o espaço construído (como a escola e suas instalações). Além disso, a pesquisa objetivou contribuir com um tema sensível e que deve ser discutido no âmbito acadêmico, da própria SEDUC/Tocantins e da comunidade escolar, incluindo gestores, professores, alunos e pais. O propósito é chegar a soluções para as frequentes situações de desconforto térmico nas escolas, de modo a garantir as condições necessárias ao bom desempenho escolar dos estudantes e boas condições de trabalho aos professores e demais servidores.

Palavras-chave: Edificação Escolar; Calor; Desconforto térmico; Microclima; Arquitetura Bioclimática; Geografia.

ABSTRACT

This article aims to address the adaptation strategies for thermal comfort in state schools of basic education in Porto Nacional - TO. The main parameters for the research were defined after an interview given by architect Hellen Goulart, from SEDUC/Tocantins. From this interview, it was possible to list aspects for observation in the selected schools, as well as a set of questions to be raised with the managers of these schools. Thus, information was obtained about the structure of the school building, its free areas, afforestation, strategies used to deal with heat and complaints from the school community about discomfort situations, considering the usual high temperatures in Porto Nacional. The selected schools were: Costa e Silva State School, Felix Camôa High School and Alcides Rodrigues Aires. With the results it was possible to establish some points that contribute negatively and positively to the thermal contortion of schools, seeking dialogue with authors who address the theme and with the role of Geography for a critical reading of the relations between nature (such as climate) and the constructed space (such as the school and its facilities). In addition, the research aimed to contribute to a sensitive theme that should be discussed in the academic sphere, of SEDUC/Tocantins itself and the school community, including managers, teachers, students and parents. The purpose is to arrive at solutions to the frequent situations of thermal discomfort in schools, in order to ensure the necessary conditions for the good school performance of students and good working conditions for teachers and other employees.

Keywords: School Building; Heat; Thermal discomfort; Microclimate; Bioclimatic Architecture; Geography.

1 INTRODUÇÃO

A escola é parte importante na formação de uma sociedade, os ensinamentos possibilitados refletem a cultura, a moral e as ideais da comunidade (MOURA et al, 2016). Parte desse processo se deve à arquitetura escolar, pois a escola é capaz de promover ambientes que favorecem a inserção de atividades recreativas, culturais, o convívio escolar, desenvolver habilidades e, inclusive, facilitar o aprendizado dos conteúdos, melhorando o rendimento dos estudantes e as condições de trabalho dos professores.

O conforto térmico é um componente importante que a arquitetura e a infraestrutura escolar devem proporcionar, dando condições para que o aluno tenha uma melhor experiência com o ambiente escolar e, assim, assimile melhor os conteúdos mediados pelos professores. A temperatura elevada, associada ao aumento do “estresse térmico”, provoca reações diversas como: transtornos psicológicos, mal-estar fisiológico, esgotamento físico, fadiga cerebral, desidratação, entre outros problemas (AYOADE, 2007).

O aumento do bem-estar e o melhor desempenho das atividades humanas podem ser potencializados com a adequada disponibilidade de planejamento e eficiência energética. Toledo e Cárdenas (2015), por exemplo, mencionam que a luz solar, em espaços escolares, torna possível aumentar o estado de alerta e o desempenho dos alunos (SILVA et al. 2021, p.2). O ser humano precisa estar em equilíbrio térmico com o ambiente e as funções fisiológicas também reagem às mudanças do tempo atmosférico. Segundo Ayoade (2007, p. 289), “o conforto fisiológico do homem é determinado principalmente pela temperatura, pelo vento e pela umidade”. Diante disso, é essencial que haja condições na estrutura do prédio escolar para favorecer o conforto térmico em todo o ambiente escolar.

Além disso, vale ressaltar que o setor de energia é um dos principais responsáveis pelo impacto humano no meio ambiente. Este impacto está relacionado à emissão de gases de efeito estufa pela produção de energia e contribui diretamente para as mudanças climáticas (IEA, 2013). As edificações representaram 52% do total de energia elétrica consumida no Brasil em 2019, sendo 8,5% edificações públicas (EPE, 2020). Uma parcela importante desse consumo energético ocorre no sentido de melhorar o conforto térmico nessas edificações.

Com isso, é necessário também melhorar a eficiência energética dos prédios escolares para garantir o melhor resultado possível em termos de conforto térmico juntamente com o menor consumo possível de energia elétrica. Contudo, para aplicar medidas específicas a esse respeito, é necessário conhecer o desempenho das edificações (GERALDI, et al. 2021).

A comparação evidencia se o edifício analisado é eficiente frente a edificações similares. No entanto, um desafio encontrado é a falta de dados disponíveis para composição do estoque de edificações, e também há a inviabilidade da aplicação da comparação de eficiência por desempenho, uma vez que não há políticas públicas, diretrizes, orientações e padronizações de medição, verificação e disponibilidade dos dados de consumo de energia nos edifícios escolares do Brasil (GERALDI et al, 2021). Essa dificuldade se acentua ainda mais em localidades do interior, em virtude dos mais variados climas e da variedade de prédios escolares.

Dessa forma, em um primeiro momento, um estudo mais aprofundado sobre o desempenho dos prédios escolares em Porto Nacional mostrou-se inviável, devido à complexidade da coleta de dados e da escassez de parâmetros para a avaliação dos resultados. Alternativamente, o trabalho foi pautado em um levantamento preliminar sobre as condições das escolas selecionadas em Porto Nacional, no sentido de orientar futuros trabalhos mais aprofundados com técnicas específicas de avaliação de desempenho térmico, a serem realizados por especialistas.

É uma oportunidade para se verificar como se caracterizam essas edificações em relação a alguns aspectos determinantes para o conforto térmico e o consumo energético, quais as adaptações mais empregadas e quais as possíveis influências sobre as condições de aprendizado em escolas desta localidade. Foi levado em consideração, para isso, que o Tocantins é um estado com altas temperaturas e que as escolas possuem estruturas não padronizadas, como tamanho e orientação dos terrenos e das áreas edificadas, tempos variados de construção dos prédios, condições de arborização e diferentes maneiras de ganho de calor por meio da radiação, o que influencia no conforto térmico que elas poderão proporcionar aos seus usuários (estudantes e professores).

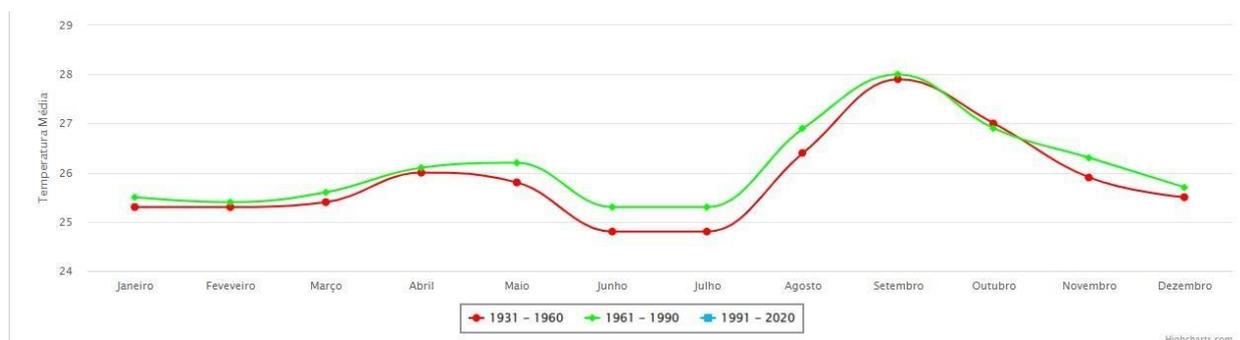
Essa é uma discussão sobre a qual a Geografia pode trazer alguma contribuição, uma vez que esta ciência se dedica a problematizar diferentes aspectos da relação entre os seres humanos e o ambiente onde estão inseridos, o que pode incluir a questão do conforto. Assim, entre as disciplinas escolares, a Geografia certamente poderá para oferecer uma leitura própria a respeito dessa problemática, por meio de seu olhar crítico. Por esse motivo, o presente trabalho de conclusão de curso buscou trazer esse tema ao debate, considerando que os professores de Geografia, junto aos estudantes e aos demais membros da comunidade escolar, poderão auxiliar na compreensão das condições de conforto no ambiente da escola e na busca por soluções para os problemas identificados.

1.1 Caracterização climática: cidade de Porto Nacional - TO

A cidade de Porto Nacional está localizada na longitude -48,4; latitude-10,7; sua elevação acima do nível do mar está na faixa dos 200 metros (altitude). Sob o ponto de vista da classificação climática de Köppen – Geiger, o clima se caracteriza como Aw, do tipo tropical com estação seca de inverno (TOCANTINS, 2020).

Como apresentado no Gráfico 1, as temperaturas médias se mantêm, em geral, entre 25 e 28°C ao longo dos diferentes meses do ano, com valor mais alto em setembro e valor mais baixo em junho e julho. As temperaturas mínimas (médias), por sua vez, variam entre 18 e 22°C, considerando as normais de 1961-1990, sendo que o maior valor ocorre em outubro e o menor valor em julho (Gráfico 2). Já as temperaturas máximas (médias) oscilam entre 31 e 36°C, com os menores valores coincidindo com o período chuvoso e os maiores valores nos meses de agosto e setembro (Gráfico 3). Porém, as temperaturas máximas absolutas aproximam-se com frequência de 40°C, especialmente no final do período seco (por exemplo, no mês de setembro). Infelizmente, os gráficos de temperatura disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) não contemplam as normais climatológicas mais recentes, de 1991-2020, conforme pode ser visualizado nos gráficos.

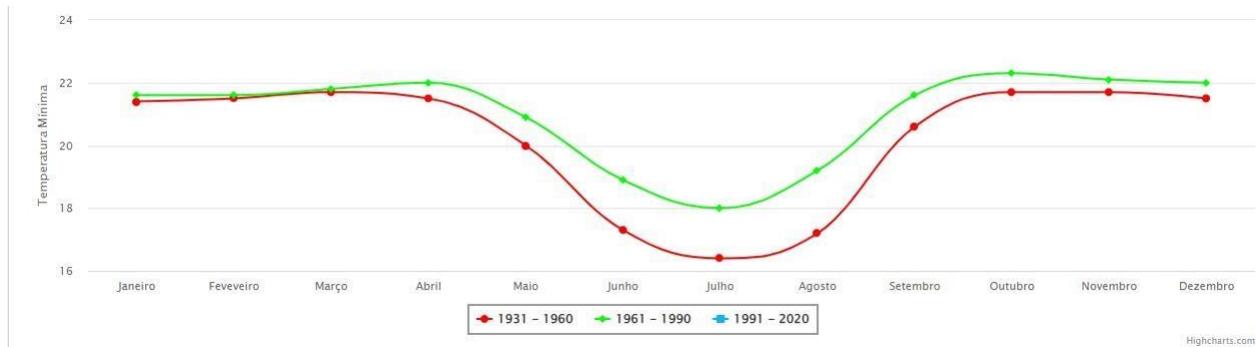
Gráfico 1 – Temperatura média de Porto Nacional – TO (INMET)



Fonte: INMET, 2020.

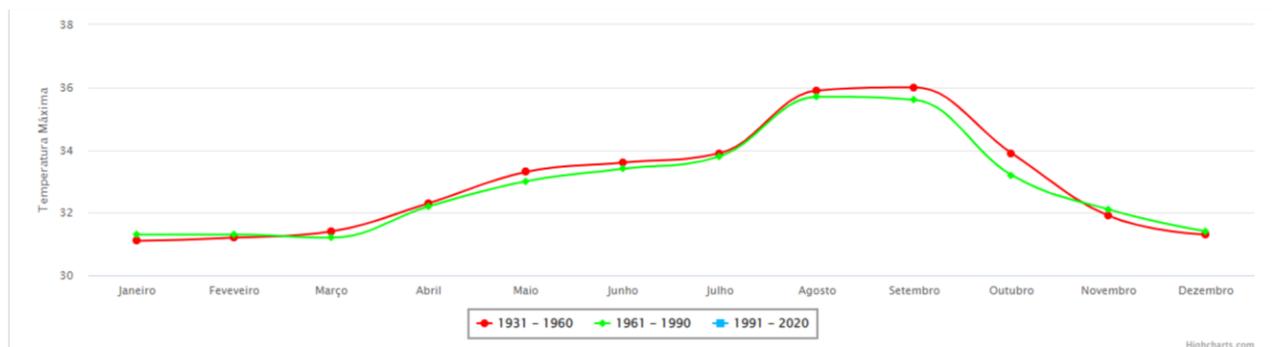
As características térmicas de Porto Nacional, assim como de boa parte do estado do Tocantins, se devem ao fato da proximidade com a linha do equador (latitude) e também às baixas altitudes, já que ambas contribuem para o aquecimento da atmosfera. O clima nessa porção central do Brasil apresenta outra particularidade, dividindo-se em duas estações, com uma transição gradual entre si: um período seco, em geral coincidente com o outono-inverno, e um período chuvoso, em geral coincidente com a primavera-verão.

Gráfico 2 – Temperatura mínima média de Porto Nacional – TO (INMET)



Fonte: INMET, 2020.

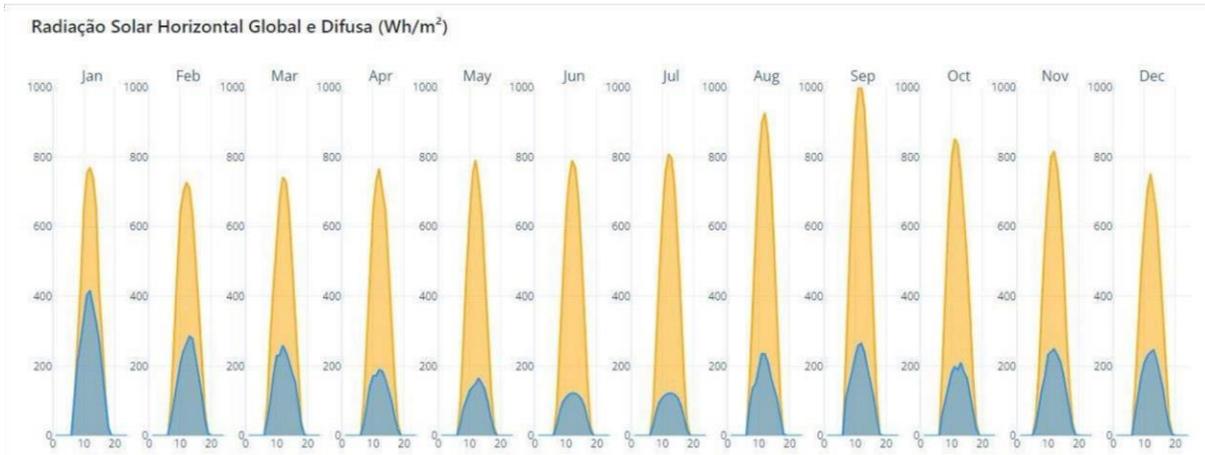
Gráfico 3 – Temperatura máxima média de Porto Nacional – TO (INMET)



Fonte: INMET, 2020.

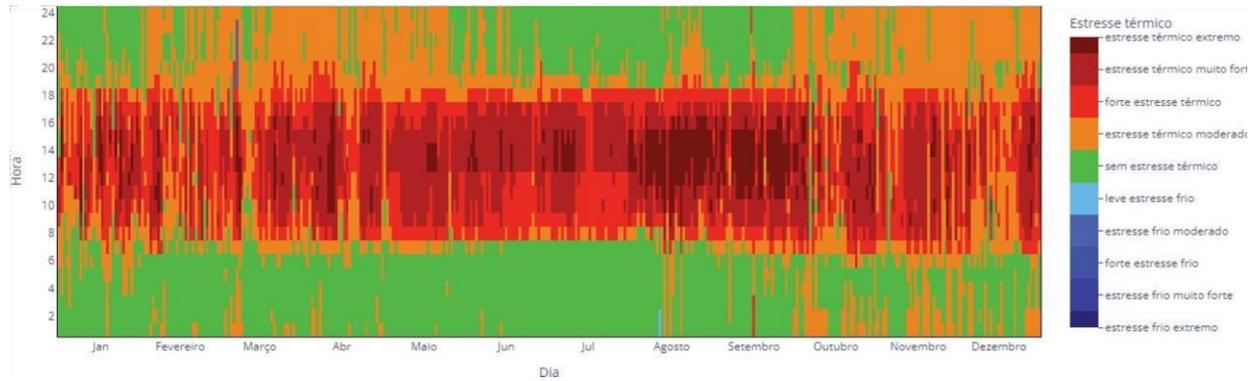
Ademais, é possível perceber no gráfico 4, que mostra os níveis de radiação recebidos na cidade de Porto Nacional, o aumento da radiação solar em alguns meses do ano, o que é causado pela ausência de nuvens que impedem a passagem dos raios solares até a superfície. Assim, os meses do final do período seco (como agosto e setembro) apresentam uma maior incidência de desconforto térmico. Tais dados coincidem com os dados dos gráficos 5 e 6, que mostram o aumento dos níveis anuais de estresse térmico em Porto Nacional e o mapa de calor em Porto Nacional, respectivamente, e que correspondem aos mesmos meses em que há aumento da temperatura e aumento dos níveis de radiação solar.

Gráfico 4 - Média de radiação solar em Porto Nacional - TO



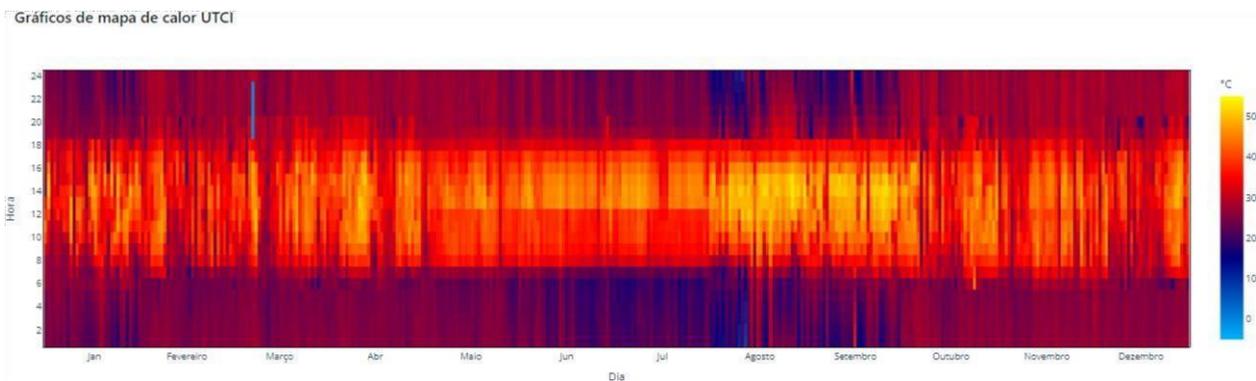
Fonte: CBE Clima Tool (berkeley.edu), 2022.

Gráfico 5: nível anual de estresse térmico em Porto Nacional- TO



Fonte: CBE Clima Tool (berkeley.edu), 2022.

Gráfico 6: Gráfico de calor em Porto Nacional- TO



Fonte: CBE Clima Tool (berkeley.edu), 2022.

2 METODOLOGIA

A metodologia usada nesta pesquisa foi a exploratória, do tipo qualitativa, quando se trata de um assunto sobre o qual se tem pouca informação e se faz necessário um levantamento preliminar, para traçar um panorama e subsidiar a realização de estudos mais específicos posteriormente GIL, 1991; PORPART et al, 2008). Em um primeiro momento, foram realizados levantamentos bibliográficos capazes de amparar o delineamento da pesquisa, especialmente envolvendo as temáticas do conforto térmico e da sua relação com edificações escolares.

Toda a pesquisa foi pensada a partir de uma entrevista feita com a arquiteta da SEDUC-TO, Helen Goulart, que trabalha na Gerência de Estudos e Projetos da Diretoria de Obras do órgão. A entrevista aconteceu no dia 27/04/2022, às 20h, via Google Meet, com a participação do autor do trabalho, do professor orientador e da colaboradora (entrevistada).

. Sendo assim, após conhecer algumas linhas gerais sobre a temática e a situação específica no Tocantins, foram delineados os procedimentos para o estudo em escolas de Porto Nacional.

As escolas selecionadas foram as seguintes: Escola Estadual Costa e Silva, Escola Estadual Cem Felix Camoa e Escola Estadual Alcides Rodrigues Aires, sendo tratadas no texto como escolas 1, 2 e 3 respectivamente. O critério observado foi a localização de cada uma, pois a intenção foi fazer a pesquisa em escolas consideradas mais centralizadas, no caso das escolas 1 e 2, e outra localizada em uma área mais periférica, que é o caso da escola 3.

Uma vez escolhidas as escolas, a investigação foi feita por meio de entrevistas (exemplificada no *check-list* a seguir) com os seus diretores ou coordenadores, e também por meio de visitas para verificar um conjunto de variáveis relacionadas à adaptação para o conforto térmico, conforme o *check-list* a seguir:

1.Presença de espaços livres. 2.Arborização. 3.Estratégias para reduzir a incidência de radiação. 4.Posição das salas de aula. 5.Uso de ar condicionado nas salas. 6.Uso de ventiladores. 7.Uso de janelas para a entrada de ar. 8.Estrutura do prédio escolar, orientação e materiais construtivos. 9.Fontes de energia elétrica. 10.Estrutura do prédio escolar para instalação de aparelhos de ar condicionado.

Quanto ao *check-list* para a coleta de dados em campo, via observação dos espaços escolares, as informações foram relativas ao posicionamento dos terrenos (lotes), à estrutura dos prédios; à arborização e uso de outras estratégias para adaptação às altas temperaturas; ao uso de condicionadores de ar, climatizadores e ventiladores, entre outros aspectos. Ao longo das visitas, foi realizado o registro fotográfico dos principais pontos observados em cada escola, para fins de ilustração do trabalho de conclusão de curso.

Com relação à coleta de dados por entrevistas, que foram realizadas somente com diretores das escolas, foram averiguados: o número de alunos por turno e média por sala de aula; problemas

envolvendo o (des)conforto térmico no âmbito escolar; relatos de professores sobre a importância do conforto térmico no processo de ensino e aprendizagem. Informações específicas sobre o consumo de energia elétrica nas escolas e os valores mensais empregados com essa finalidade, apesar de solicitadas mostraram-se de difícil acesso, motivo pelo qual não puderam ser incluídas no trabalho. Contudo, algumas informações, ainda que de modo genérico e baseadas na percepção dos entrevistados, foram obtidas em caráter preliminar.

Para fins de representação dos espaços escolares, de suas edificações e incidência solar, foram obtidas imagens de alta resolução do sistema Google Earth Pro, via internet. Sobre essas imagens foram incluídos desenhos e legendas indicativos dos principais aspectos a serem destacados na discussão dos resultados.

Com base nos resultados obtidos, foi possível trazer algumas contribuições no sentido de possíveis melhorias para as escolas no âmbito do conforto térmico, como soluções e adaptações apontadas na literatura, além da indicação de estudos mais específicos no campo do desempenho térmico de edificações, conforto térmico (com base em índices) e eficiência energética.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Entrevista para a obtenção de dados preliminares relativos às escolas estaduais do Tocantins

A entrevista foi feita com a arquiteta da SEDUC-TO, Helen Goulart, que é vinculada à Gerência de Estudos e Projetos, da Diretoria de Obras do órgão. Nesse setor são geridos os projetos de construção, ampliação e reformas de escolas da rede estadual, incluindo cuidados específicos com relação ao desempenho térmico e eficiência energética das edificações escolares.

Segundo a arquiteta, atualmente existem pouco mais de 500 escolas estaduais no Tocantins, sendo aproximadamente 400 oriundas do estado de Goiás e aproximadamente 100 construídas após a criação do Estado do Tocantins (após 1988). As escolas mais antigas (construídas pelo governo de Goiás) encontram-se bastante alteradas em suas estruturas, devido a ampliações e reformas realizadas pelo governo do Tocantins.

Ainda, segundo a arquiteta, os projetos são padronizados por blocos funcionais (salas de aula, refeitório/cozinha, biblioteca, administrativo etc.), mas a locação do conjunto dos blocos é livre no terreno. A melhor locação é definida pela Diretoria de Obras da SEDUC/TO, considerando as características do terreno, características da vizinhança, vias públicas, fontes de ruídos, ventilação e incidência solar. Em muitos casos a implantação dos blocos é realizada de forma gradativa, de acordo com a disponibilidade orçamentária e a demanda escolar.

Ao longo do tempo existem diferentes tipos de projetos, podendo dizer que há certa periodicidade no uso de cada um. Para ela, a padronização dos projetos de escolas no Tocantins apresenta vantagens e desvantagens. A padronização é um modelo empregado desde a construção das primeiras escolas pelo governo estadual, ainda que os padrões tenham variado ao longo do tempo, conforme mencionado. As vantagens relacionam-se ao custo, à obtenção de materiais construtivos e à adaptação da mão de obra regional e local. Já entre as desvantagens encontra-se, principalmente, as possíveis inadequações aos aspectos climáticos de cada localidade, considerando a amplitude espacial do estado. A maioria das salas de aula nas escolas estaduais conta com condicionadores de ar e climatizadores atualmente, mas o número ainda não atinge 100%, sendo que o número exato não é de conhecimento da arquiteta.

De acordo com o mencionado pela entrevistada, no Brasil, existem 8 zonas bioclimáticas com estratégias específicas para conforto térmico. No Tocantins, encontram-se as zonas 7 (centrosul do estado) e 8 (centro-norte do estado). Porto Nacional encontra-se na zona 7, onde são indicadas paredes mais grossas e aberturas pequenas (para melhor isolamento térmico), além de estratégias para sombreamento (por meio de arborização e pelo posicionamento dos blocos, inclusive com sombreamento entre si). O uso de brises depende de cálculos de dimensionamento, indicando desenho e dimensões variáveis para cada tipo de orientação.

A Diretoria de Obras, conforme apurado, tem incentivado a arborização dos espaços escolares

como estratégia para sombreamento e melhoria do conforto térmico nas edificações.

Atualmente existe um projeto piloto de implantação de sistema de energia fotovoltaica (energia solar) em algumas escolas estaduais, mas o número é pequeno e o projeto está em fase inicial.

3.2 As escolas selecionadas: uma caracterização preliminar

A partir das visitas realizadas nas três escolas selecionadas, a saber: Escola Estadual Costa e Silva (Escola 1), Escola Estadual Cem Felix Camoa (Escola 2) e Escola Estadual Alcides Rodrigues Aires (Escola 3), foi possível obter informações preliminares no sentido de auxiliar a sua caracterização. Na imagem 1 é possível verificar a localização das três escolas na cidade de Porto Nacional, no distrito sede do município:

Imagem 1: Localização das três escolas na cidade de Porto Nacional



Fonte: Google Earth Acesso em 18 out. 2022. Editado por Matheus da Silva Reis

Escola 1: Escola Estadual Costa e Silva
Diretor(a): Wesley Vilarins da Rocha

- O número de alunos por turma, na escola 1, apresenta números aproximados entre 30 e 35 alunos, sendo que há um total de 10 salas de aula em funcionamento nessa escola.
- A escola 1 utiliza a energia elétrica padrão fornecida pela rede de energia elétrica do

estado (ENERGISA).

- A escola 1 apresenta alguns espaços livres, apesar de ser um espaço pequeno se comparado a sua área total que é de 7.500 m².
- A arborização está presente nesses espaços, como é possível ver na imagem 2, mas não evita a incidência da radiação solar diretamente nos blocos, pois não são árvores frondosas, apesar de estarem em posições estratégicas. Todas as frentes das salas de aula ficam voltadas para a posição oeste e, por isso, recebem grande incidência de radiação solar no período da tarde.

Imagem 2: Escola Estadual Costa e Silva (Escola 1)



Fonte: Google Earth Acesso em 10 jun. 2022. Editado por Matheus da Silva Reis

-  Radiação solar no período vespertino
-  Radiação solar no período matutino
-  Espaços livres usados pelos alunos

Escola 2: Escola Estadual Cem Felix Camoia
Diretor(a): Luzia Lopes de Souza

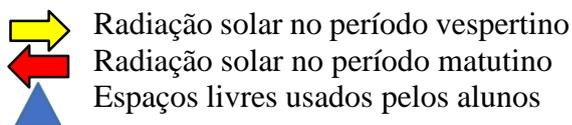
- O número de alunos por turma na escola 2 é em média de 20 a 22, sendo esta uma escola de tempo integral.
- A escola 2 utiliza a energia elétrica padrão fornecida pela rede de energia elétrica do estado (ENERGISA).
- A escola 2 tem muitos espaços livres, além de ser muito arborizada nos espaços entre os blocos, próximo das salas de aula.
- A escola 2 possui aparelhos de ar condicionado em todas as salas de aula.

- Como é possível ver na imagem 3, algumas salas ficam voltadas para a posição oeste, tendo grande incidência de raios solares no período vespertino, ainda que haja algum sombreamento possibilitado pelas árvores.

Imagem 3: Escola Estadual CEM Felix Camoa (Escola 2)



Fonte: Google Earth Acesso em 10 jun. 2022. Editado por Matheus da Silva Reis



Escola 3: Escola Estadual Alcides Rodrigues Aires

Diretor(a): Mízia Leia Coelho Pereira

- Na escola 3, o número de alunos por turma é em média de 30 a 35, sendo que são 12 salas em funcionamento na escola.
- A escola 3 utiliza a energia elétrica padrão fornecida pela rede de energia elétrica do estado (ENERGISA).
- A escola 3 apresenta espaços livres, em dimensões intermediárias entre as três escolas, mas que é capaz de abrigar os alunos.
- A arborização é presente nos espaços, como é possível ver na imagem 4, e evita a incidência da radiação solar em muitas partes das salas de aula. Existem árvores frondosas, sendo que algumas estão em posições estratégicas. Todas as frentes das salas ficam voltadas para a posição norte, o que evita a incidência de radiação solar na parte frontal das salas. Além disso, a escola 3 possui as janelas tipo “brises” (imagem 8) que são capazes de proporcionar uma maior ventilação.

Imagem 4: Escola Estadual Alcides Rodrigues Aires (Escola 3)



Fonte: Google Earth Acesso em 10 jun. 2022. Editado por Matheus da Silva Reis

-  Radiação solar no período vespertino
-  Radiação solar no período matutino
-  Espaços livres usados pelos alunos

Imagem 5: Comparação entre as escolas selecionadas.



Fonte: Google Earth Acesso em 10 jun. 2022. Editado por Matheus da Silva Reis

3.3 O desconforto térmico nas escolas

Partindo da premissa de Ayoade (2007, p. 289), de que “o conforto fisiológico do homem é determinado principalmente pela temperatura, pelo vento e pela umidade”, é notável que o conforto térmico nas escolas exerce papel determinante da qualidade das aulas. Os parâmetros ambientais suscetíveis de produzir sensação aceitável de conforto térmico para 80% ou mais das pessoas estão relatados na NBR 16401-2/08 (ABNT, 2008).

Além disso, na Norma Regulamentadora que estabelece Ergonomia (NR 17), o índice de temperatura para locais de trabalho com solicitação intelectual e atenção constantes deve estar entre 20°C e 23°C (ABNT, 2002). A partir das constatações a seguir, será possível chegar a conclusões a respeito dessa influência no âmbito das escolas contempladas por esta pesquisa.

Conforme apurado com os seus gestores, as escolas 1 e 3 sofrem constantemente com o desconforto térmico, já na escola 2 não há relatos a respeito desse problema. Nas escolas 1 e 3 os alunos sentem maior desconforto térmico após as aulas práticas de Educação Física. Ao retornarem para as salas de aula, há relatos de que os climatizadores e ventiladores disponíveis não são suficientes para a redução da temperatura do ar no ambiente.

Os alunos da escola 1 têm o costume de tomarem banho após as aulas práticas de Educação Física, para tentar reduzir o calor. Já na escola 3, alguns alunos pedem autorização, após essas aulas, para trocarem suas roupas antes de retornar para as salas de aula. Essas são algumas estratégias adotadas pelos próprios estudantes para conviver com as situações de desconforto térmico após a realização de atividade física nas escolas.

Também, nas escolas 1 e 3, há reclamações por parte de professores sobre a inquietação dos alunos, além da falta de concentração nas aulas, em virtude do desconforto térmico. Nos dias mais quentes os alunos dessas escolas (1 e 3) costumam reclamar bastante do calor, alguns pedem para serem liberados das aulas mais cedo. Isso parece afetar principalmente os estudantes do turno vespertino. Já na escola 2 não houve nenhum tipo de relato relacionado a esses problemas.

Ayoade (2007, p.290) relata que “geralmente a alta temperatura e a umidade tendem a diminuir o vigor físico e mental”, ou seja, os alunos da escola sentem fadiga e estresse mental e procuram modos de evadir do espaço da sala de aula, em busca de conforto térmico. Além disso, os gestores das escolas 1 e 3 relatam que os alunos sentem dificuldade em desenvolver tarefas básicas da própria rotina escolar, também sentem que perdem a concentração com frequência, além de terem uma inquietação fora do normal de dias mais quentes.

3.4 O espaço físico e as estratégias de adaptação

Partindo da premissa de que a radiação solar é a principal causa do desconforto térmico, é relevante analisar os níveis médios anuais de radiação na cidade de Porto Nacional. Nos gráficos 4, 5 e 6 é possível verificar os dados de radiação, estresse térmico e temperatura do ar em Porto Nacional. Apesar desses dados serem altos quase o ano inteiro, apresentam um significativo aumento nos meses de agosto, setembro e outubro, que é ocasionado pela ausência de nuvens que impeçam que a radiação chegue ao solo e às edificações. Além disso há outros fatores como a falta de arborização, a estrutura do prédio escolar, a disponibilidade e eficiência de equipamentos que diminuam o estresse térmico em sala de aula, entre outros aspectos. Portanto, para que haja um menor nível de estresse térmico nas salas de aula, é preciso saber como estão as condições das três escolas pesquisadas.

As três escolas selecionadas sofrem constantemente com incidência da radiação solar, ocasionada por problemas arquitetônicos do prédio escolar. Já que a estrutura do prédio é basicamente de concreto, ele acaba absorvendo muita radiação e armazenando calor. No entanto, na escola 2, onde o número médio de alunos por sala chega a ser 30% inferior ao número de alunos por sala das escolas 1 e 3, e também há maior presença de arborização, a situação se mostra diferente. Nessa escola, as árvores estão posicionadas em locais estratégicos, reduzindo a incidência de radiação solar no prédio escolar. Vale ressaltar que cada pessoa no ambiente é uma fonte de calor, tanto que o dimensionamento dos BTUs de um aparelho de ar condicionado leva em conta não somente o volume do espaço (m³), mas também a quantidade de usuários. Além disso, é possível constatar, a partir das imagens 6 e 7, que nas escolas 2 e 3 há uma certa “combinação” entre os espaços livres e a arborização estratégica, já na escola 1 não é possível observar o mesmo fato.

Imagem 6: Presença de espaços livres.



Escola 1

Escola 2

Escola 3

FONTE: Matheus Reis, 2022.

Imagem 7: Arborização para amenizar a incidência de radiação solar no período vespertino.



Escola 1

Escola 2

Escola 3

FONTE: Matheus Reis, 2022.

O modelo arquitetônico dos prédios das três escolas é similar em relação aos materiais construtivos empregados em suas edificações, confirmando a padronização relatada pela arquiteta da SEDUC. Todos esses aspectos de escolha são confirmados por Ayoade (2007, p.295) “[...] a escolha dos materiais de construção para os telhados, paredes, janelas etc. refletem a necessidade de manter um clima interior adequado para determinada zona climática [...]”. Isso se relaciona com a indicação de paredes mais grossas e aberturas pequenas (para melhor isolamento), que é feita de acordo com o clima do estado.

Nesse sentido Fernandes (2009), citado por Santos (2020, p. 24), diz que “a arquitetura bioclimática consiste em criar edifícios levando em conta os aspectos climáticos e ambientais do local. Pretende, assim, otimizar o conforto ambiental no interior do edifício (conforto térmico, luminoso, acústico etc.), utilizando apenas o design e os elementos arquitetônicos disponíveis”. Já Romero (2000), também citado por Santos (2020, p.24) considera que na “[...] arquitetura bioclimática é o próprio ambiente construído que atua como mecanismo de controle das variáveis do meio a partir de seus envoltórios, seu entorno, e ainda por meio do aproveitamento dos elementos e fatores do clima, sem necessariamente ter a ajuda de mecanismos artificiais ou eletrônicos para tal controle”.

As afirmações desses autores caminham no sentido de destacar os pontos positivos do planejamento arquitetônico levando em conta estratégias para adaptação aos climas locais. As escolas 1 e 3 utilizam algumas estratégias nas estruturas do prédio escolar para amenizar o desconforto térmico, entre elas o uso de paredes externas na escola 1 (que evitam que uma parte da radiação solar adentre os corredores, que são tidos como grande parte dos espaços livres constituído na escola). Na escola 3, há o uso de brises, que são janelas maiores que as utilizadas nas demais construções padronizadas pelo Estado, coincidindo então com a fala da arquiteta que relata o uso dessa estratégia (Imagem 8).

Ayoade (2007, p.295) diz que, nos países tropicais, “as estruturas são habitáveis somente por causa da modificação artificial do clima interior, através do uso de ventiladores e condicionadores de ar que são, além de caros, de elevado custo de manutenção e uso, porque consomem muita energia elétrica”. Assim, a estratégia principal e mais eficiente para amenizar o calor nas salas de aula, segundo a arquiteta da SEDUC-TO, é o uso da refrigeração artificial. Segundo essa colaboradora da pesquisa, a grande maioria das escolas da rede estadual de ensino do Tocantins possui aparelhos condicionares de ar ou climatizadores de ar. Segundo a mesma, são tidos para o estado como suficientes para proporcionar um bom ambiente térmico escolar, para o conforto dos alunos e professores.

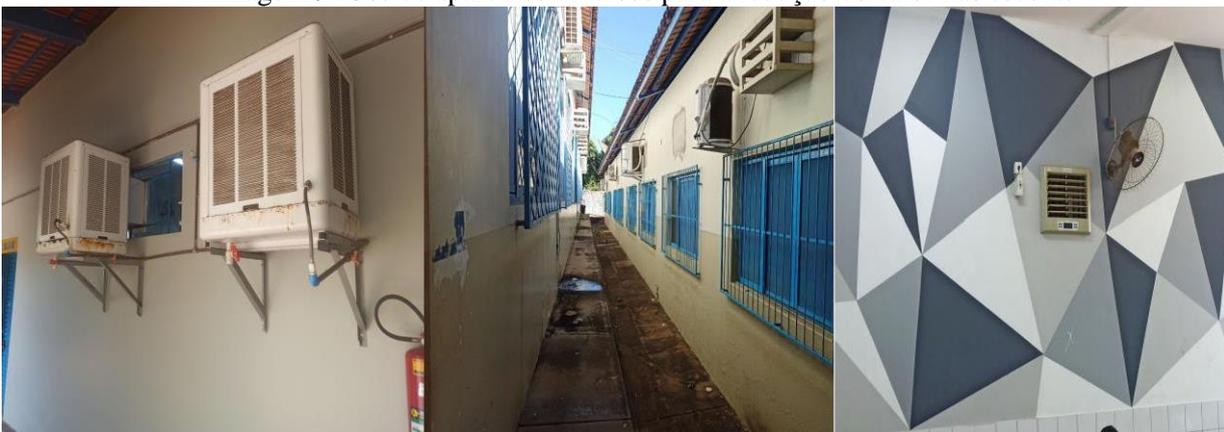
Imagem 8: Uso de paredes externas na escola 1; uso de brises na escola 3 (respectivamente).



FONTE: Matheus Reis, 2022.

Não obstante, o que ficou constatado nas escolas 1 e 3, por meio das entrevistas com os gestores escolares, é que apesar de haver o recurso dos climatizadores de ar, eles não são suficientes para proporcionar o conforto térmico nas salas de aula. Ainda, segundo os gestores das escolas 1 e 3, é comum o uso complementar de ventiladores (como é possível ver na imagem 9) para amenizar o desconforto térmico. Isso ocorre porque os climatizadores instalados nas salas de aula são considerados pelos gestores como praticamente “inúteis”, em vista das condições de calor habitualmente relatadas por alunos e professores em sala de aula. Além disso, eles mencionaram que o fato de usarem os ventiladores em sincronia aos climatizadores com a finalidade de tentar diminuir o desconforto térmico eleva consideravelmente o custo da energia elétrica, mas não proporciona sequer o nível mínimo de conforto térmico em dias mais quentes.

Imagem 9: Uso de aparelhos diversos para a redução do calor nas escolas.



Escola 1 (climatizadores) Escola 2 (condicionadores de ar) Escola 3 (climatizador e ventilador)

FONTE: Matheus Reis, 2022.

Já na escola 2, a situação é totalmente adversa, pois nela há o uso de aparelhos condicionadores de ar, além das outras características favoráveis já mencionadas. Logo, segundo a gestora, não há nenhuma reclamação por parte da comunidade escolar envolvendo problemas relacionados ao desconforto térmico. Silva et al (2021, p.2) mencionam que “o aumento do bem-estar e o melhor desempenho das atividades humanas podem ser potencializados com a adequada disponibilidade de planejamento e eficiência energética”. Portanto, é necessário que o planejamento esteja presente para potencializar a eficiência energética do prédio escolar, e consequentemente proporcionar um ambiente de melhor qualidade térmica possível, estratégias essas que ficam mais evidenciadas na escola 2, com disparidades nas escolas 1 e 3.

Algumas estratégias são usadas pelos professores e alunos com a intenção de diminuir o desconforto térmico: na escola 1, os professores evitam usar as salas de aula em que a radiação solar tem maior incidência, promovendo trocas de salas quando necessário. Além disso, os alunos tomam banho após as aulas práticas de Educação Física, conforme já apontado anteriormente. Na escola 3, alguns professores, em dias de muito calor, levam os alunos para baixo das árvores da escola e ministram suas aulas nesses locais.

Nesse viés, retoma-se o exame do gráfico 5, cujo objetivo é demonstrar como se caracteriza o estresse térmico, em média, na cidade de Porto Nacional. Por meio desse gráfico é possível conhecer os dados em horários diferentes do dia, perpassando por cada mês do ano. Diante disso, nota-se que os níveis de forte estresse térmico, estresse térmico muito forte e estresse térmico extremo ocorrem ao longo de todo o ano, inclusive no período chuvoso. Esses níveis estão presentes praticamente durante todo o ano, principalmente nos horários entre às 8 horas (manhã) e às 18 horas (tarde), o que justamente coincide com os horários de aula (turnos matutino e vespertino).

Vale ressaltar ainda que, principalmente no final do período seco (agosto e setembro), há uma grande intensificação no estresse térmico extremo, podendo chegar em alguns horários do dia em níveis de fadiga e desconforto térmico em níveis quase insuportáveis, prejudicando, assim, o desempenho de estudantes e professores nas atividades escolares.

Ainda, na entrevista feita aos gestores escolares, foi feita a pergunta relacionada ao consumo de energia das escolas. Os gestores relataram que o consumo energético das escolas 1 e 3, que utilizam majoritariamente o uso de climatizadores de ar e ventiladores, são classificados como “alto”, pois esses aparelhos possuem praticamente o mesmo consumo energético dos condicionadores de ar. Fato este que fica comprovado quando foi feita a mesma pergunta à gestora da escola 2, que utilizava

climatizadores de ar nas salas e passou a utilizar os condicionadores de ar, e após a adesão ao uso de condicionares de ar pouco se mudou em relação aos níveis de consumo médio energético. Ainda, segundo a gestora, ela classifica o consumo de energia atual como “surpreendente”, pois relata que o uso de condicionares de ar mudou totalmente a qualidade das aulas ministradas na escola, e a qualidade de vida de alunos e servidores da escola, sem uma diferença significativa no valor da conta de energia. Com isso, é necessário também melhorar a eficiência energética dos prédios escolares para garantir o melhor resultado possível em termos de conforto térmico juntamente com o menor consumo possível de energia elétrica. Contudo, para aplicar medidas específicas a esse respeito, é necessário conhecer o desempenho das edificações (GERALDI, et al. 2021).

Outro fator que foi mencionado por um dos gestores, a da escola 3, é que a escola a qual ela gerencia não tem uma infraestrutura energética adequada para receber aparelhos condicionadores de ar em todas as salas de aula, pois a fiação elétrica da escola não suportaria toda a aparelhagem, por ser muito antiga e subdimensionada, não suportando a carga energética dos aparelhos. A mesma relatou que tentou instalar dois aparelhos condicionadores de ar em duas salas da coordenação, e pela fiação deteriorada, acabou ocorrendo um curto circuito. Ela ainda relatou que tem dificuldade em realizar obras de reformas no prédio escolar, sendo essa uma das não atendidas.

Esta pesquisa foi feita com a finalidade de obter dados preliminares, de caráter exploratório, sendo inviável fazer a comparação da eficiência energética neste momento, com as informações até aqui disponíveis e que, para aplicar medidas específicas a esse respeito, é necessário conhecer o desempenho das edificações (GERALDI, et al. 2021). Contudo, verifica-se o grande potencial para investigação mais aprofundada deste tema, conforme será debatido nas Considerações Finais, a seguir.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Geografia exerce o papel de leitura crítica sobre os processos que envolvem as relações entre a natureza (como o clima) e o espaço construído (como a escola e suas instalações). A discussão sobre essas relações, especialmente quando enraizadas no cotidiano dos estudantes, torna-se necessária para que exista a reflexão e a busca por uma melhor qualidade ambiental, o que inclui o aspecto do conforto térmico. Assim, a ciência geográfica é capaz de pensar e propor soluções para os problemas encontrados nos espaços em que estamos inseridos, pensando na qualidade de vida, nos direitos dos cidadãos e na construção de uma sociedade mais justa.

Após a realização do trabalho e as análises dos resultados obtidos, podemos destacar algumas conclusões sobre a importância que o conforto térmico exerce no processo de ensino e aprendizagem dos alunos, assim como na qualidade de vida dos servidores públicos e de toda a comunidade escolar. Conclusões essas que ficaram comprovadas com o depoimento dos gestores das unidades escolares, os quais relatam as dificuldades encontradas nas aulas e o pouco aproveitamento dos alunos no processo de aprendizagem. As dificuldades se relacionam diretamente com o que diz a literatura sobre os níveis de estresse térmico e fadiga que os alunos sentem e como isso pode prejudicá-los em atividades no cotidiano.

Ainda de acordo com as entrevistas realizadas, foi possível chegar à conclusão de que somente com o auxílio dos condicionadores de ar é possível possibilitar um melhor nível de conforto térmico entre as escolas selecionadas, diferente dos climatizadores e ventiladores, que além do elevado custo de manutenção, há também o custo da energia elétrica. De acordo com os gestores, o consumo de energia desses diferentes equipamentos é praticamente equivalente.

A arborização estratégica também conta muito para que diminuam os níveis de radiação solar nos espaços, além de ser uma estratégia de menor custo para melhorar a temperatura nas escolas, devendo ser ampliada em espaços livres. Todos esses fatores devem conversar com o conceito da arquitetura bioclimática, que utiliza componentes naturais para a manutenção da qualidade do conforto térmico no espaço construído.

Ademais, há a necessidade de estudos mais detalhados sobre o tema, tendo em vista que não há dados suficientes sobre a eficiência energética das redes e estruturas dos prédios escolares das escolas estaduais do Tocantins. Para se aplicar medidas específicas a esse respeito, é necessário conhecer o desempenho das edificações. Portanto, é de grande importância que o tema receba uma atenção maior tanto da SEDUC, quanto dos gestores escolares, para que busquem soluções em conjunto, além da comunidade acadêmica que deve discutir mais sobre o tema. O professor de Geografia, por sua vez, poderá participar ativamente desse debate, inclusive por meio de uma abordagem pedagógica do tema com seus alunos, de modo articulado aos objetos de conhecimento presentes no currículo.

REFERÊNCIAS

- AYODE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2002. NBR – 17. **Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 17**. Brasília, 101p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). 2008. NBR 16401-2. Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e utilitários. Parte 2: **Parâmetros de conforto térmico**. Rio de Janeiro, 7p.
- CBE, Clima Tool. **Resumo do clima: Porto Nacional- AP- BRA**. Ferramenta CBE Clima (berkeley.edu) Acesso em: nov. 2021
- EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Balanco Nacional Energético (BEN) 2020**: Ano Base 2018, 2019. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020> Acesso em: mar. 2021.
- GERALDI, Matheus Soares et al.. ANÁLISE ESTATÍSTICA DA INTENSIDADE DO USO DE ENERGIA DE EDIFICAÇÕES ESCOLARES NO BRASIL: PROPOSIÇÃO DE BENCHMARKING SIMPLIFICADO.. In: Anais do XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído/ XII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...**Palmas(TO) online, 2021. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/encac2021/335031-ANALISE-ESTATISTICA-DA-INTENSIDADE-DO-USO-DE-ENERGIA-DE-EDIFICACOES-ESCOLARES-NO-BRASIL--PROPOSICAO-DE-BENCHMARKI>> Acesso em: 01/08/2022 01:05
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 1991.
- IEA. (International Energy Agency) Disponível em: www.iea.org. 2021; pesquisar: Porto Nacional. Acesso em: nov. 2021.
- MOURA R. H. P.; CERQUEIRA A. R. P.; MEIRELES D. K; SOUZA B. L.; SEIBERT S. C. O conforto ambiental do professor em sala de aula. **Revista Produção Acadêmica**, Porto Nacional, v.2, n.2, -98-114, 2016.
- POUPART, J. et al (org.) **A pesquisa qualitativa**: enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis: Vozes, 2008.
- SANTOS. R. S. **Arquitetura e clima local**: relações entre orientação solar, tipos de tempo e conforto térmico em edifícios habitacionais na cidade de Palmas. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente), UFT - Universidade Federal do Tocantins – Palmas, 2020.
- SILVA, Anna Carolina Schiziatti da; LARANJA, Andréa Coelho. O USO DE PRATELEIRAS DE LUZ PARA MELHORIA DO DESEMPENHO LUMINOSO EM AMBIENTE ESCOLAR EM VITÓRIA (ES).. In: Anais do XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído/ XII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...**Palmas (TO) online, 2021. Disponível em: <[https://www.even3.com.br/anais/encac2021/333894-O-USO-DE-PRATELEIRAS-DE-LUZ-PARA-MELHORIA-DO-DESEMPENHO-LUMINOSO-EM-AMBIENTE-ESCOLAR-EM-VITORIA-\(ES\)](https://www.even3.com.br/anais/encac2021/333894-O-USO-DE-PRATELEIRAS-DE-LUZ-PARA-MELHORIA-DO-DESEMPENHO-LUMINOSO-EM-AMBIENTE-ESCOLAR-EM-VITORIA-(ES))>. Acesso em: 01/08/2022 01:10

TOCANTINS (Estado). Secretaria da Fazenda e Planejamento. Projeto de Desenvolvimento Regional Integrado e Sustentável. **Elaboração das cartas climáticas do Estado do Tocantins**. Volume 1. Palmas: SEPLAN/TO, 2020.