ESTUDO DE ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA UMA ESCOLA DE NÍVEL MÉDIO NA CIDADE DE ENGENHEIRO COELHO - SP

Giovanna Lima Focosi (1); Cibele Eller Rodrigues (2)
(1) Acadêmica do curso de Arquitetura e Urbanismo, giovanna.focosi@hotmail.com, UNASP-EC, Engenheiro Coelho - SP, Tel.: (19) 99747-0870
(2) Mestre, professora de Arquitetura e Urbanismo, cibele.rodrigues@unasp.edu.br, UNASP-EC, Engenheiro Coelho - SP, Tel.: (19) 98119-9618

RESUMO
O desempenho e conforto no ambiente escolar são ferramentas fundamentais para um bom desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem escolar. Desse modo, esse estudo tem como objetivo antecipar diretrizes a respeito de estratégias bioclimáticas, para uma escola pública de nível médio na cidade de Engenheiro Coelho, São Paulo. Para desenvolver as diretrizes foram analisados dados climáticos da região através dos softwares: Climate Consultant e ProjetEEE, complementados por dados do INMET. Além desses, por meio do Software LightStanza, foi realizado um estudo de insolação com um modelo de sala de aula nas principais orientações, Norte, Sul, Leste e Oeste. Através do estudo climático desenvolvido foi possível determinar estratégias bioclimáticas a serem adotadas no projeto com o intuito de garantir melhores condições de conforto. Para os períodos mais quentes do ano, estratégias como chaminés de ventilação, dimensionamento adequado das aberturas para insolação e ventilação, lanternins e prateleiras de luz para aproveitamento da iluminação natural, a utilização de brises e sombreamento para diminuir a radiação na edificação, uso de vegetação, que além de ajudar com a radiação também auxilia no controle da umidade e no conforto acústico. Para os períodos com maior amplitude térmica, além das estratégias já consideradas, a adoção de inércia de média intensidade e vedação da construção e do telhado auxiliarão o conforto na edificação. Apesar dos softwares não considerarem a tipologia da edificação em suas análises, a aplicação das estratégias pode oferecer o equivalente 89.1% ou 7807 horas de conforto sem a utilização de estratégias artificiais, comprovando a importância da adoção das mesmas.

Palavras-chave: arquitetura escolar, arquitetura bioclimática, conforto ambiental.

ABSTRACT
Performance and comfort in the school environment are fundamental tools for the good development of the teaching and learning process at school. Thus, this study aims to anticipate guidelines regarding bioclimatic strategies for a public high school in the city of Engenheiro Coelho, São Paulo. To develop the guidelines, climate data from the region were directed through the software: Climate Consultant and ProjetEEE, complemented by data from INMET. In addition to these, through the LightStanza Software, an insolation study was carried out with a classroom model in the main orientations, North, South, East, and West. All the climate study developed was possible to affect the bioclimatic to be adopted in the project to guarantee the best comfort conditions. For the hottest periods of the year, implemented as adjustment chimneys, adequate sizing of openings for insolation and obtaining, skylights and light shelves, for the use of natural lighting, the use of brises and shading to reduce radiation in the building, use of vegetation which in addition to helping with radiation also helps control humidity, acoustic comfort. For periods with greater thermal amplitude and the strategies already considered, the adoption of medium intensity, construction and roof sealing will help comfort in the building. Although the software does not consider the building typology in their analyses, the application of strategies can offer the equivalent of 89.1% or 7807 hours of comfort without the use of artificial strategies, proving the importance of adopting these solutions.

Keywords: school architecture, bioclimatic architecture, environmental comfort.

1. INTRODUÇÃO

A escola é parte importante na formação de uma sociedade, os ensinamentos explanados refletem a cultura, moral e ideais da comunidade. Parte desse processo se deve à arquitetura escolar, pois esta é capaz de promover ambientes que favorecem a inserção de atividades culturais, desenvolver habilidades e até mesmo facilitar a absorção do conteúdo.

O município de Engenheiro Coelho está situado na região metropolitana de Campinas, no estado de São Paulo. De acordo com Costa (2020), é a cidade que mais cresce na região, com um uma taxa de crescimento de 2,29% ao ano e com estimativa populacional de 21.249 pessoas para 2020 segundo o IBGE (2020). Contudo o município apresenta algumas dificuldades no âmbito educacional. A cidade possui apenas duas escolas de nível médio, uma particular e uma pública, que também é a responsável pelos anos finais do fundamental II. Atualmente, o município necessita de outra escola pública de nível médio para que possa suprir a necessidade de vagas para alunos.

As dificuldades escolares muitas vezes não se resumem em apenas vagas para que os alunos possam frequentar aulas, há muitas outras questões a serem resolvidas que podem ser auxiliadas pelo conforto do usuário na edificação. De acordo com Kowaltowski (2011) em seu livro Arquitetura Escolar, além de um bom currículo, profissionais capacitados, mobiliário adequado, os alunos e os professores necessitam de uma sala bem iluminada, com boa acústica e que seja capaz de fornecer conforto térmico de qualidade para os usuários. Condições inadequadas de conforto ambiental ocasionam dispersão dos alunos, desgaste desnecessário do professor e dificultam a compreensão do conteúdo que está sendo passado ao aluno.

Levando em conta esses fatores, considerar estratégias arquitetônicas que melhorem o conforto na escola de nível médio é importante. Em geral, o conforto ambiental em edificações públicas, que compreendem as orientações do Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Educação (FNDE), atendem os níveis mínimos de conforto, mas nem sempre compreendem adequadamente às necessidades e expectativas dos usuários. Os detalhes da estrutura física da escola podem passar despercebidos aos usuários, mas eles interferem diretamente no comportamento dos alunos e funcionários, que podem se sentir mais valorizados e motivados quando trabalham em edifícios bem projetados (KOWALTOWSKI e MOREIRA, 2012).

2. OBJETIVO

Este estudo tem por objetivo identificar possíveis estratégias bioclimáticas para um projeto de escola pública de nível médio em Engenheiro Coelho, comprometendo-se com o clima e seu entorno, sendo capaz de se inserir na comunidade e fornecer melhores condições de conforto.

3. MÉTODO

O método utilizado é de natureza quali-quantitativa baseado em análise de dados e bibliografias, de finalidade aplicada e de objetivo explicativo. Abaixo seguem os procedimentos quanto à análise feita para a escolha da cidade e terreno, quanto à análise de dados climáticos e ao estudo das estratégias bioclimáticas.

3.1. Escolha da cidade e terreno

Para a escolha da cidade foram levados em conta dados do Qedu (2020). A escola Antônio Alves Cavalheiro é a única escola pública da cidade de Engenheiro Coelho a fornecer os anos finais do fundamental II e ensino médio. Em 2020, a escola contava com aproximadamente 1.424 jovens matriculados, sem considerar os alunos da educação para jovens e adultos (EJA) que correspondem a 83 alunos. Nesse banco de dados também consta que a escola tem apenas 18 funcionários para seu funcionamento.

Levando em consideração estudos que indicam 500 estudantes por período, em cada unidade escolar (KOWALTOWSKI, 2011). Como a cidade tem apenas uma escola pública de ensino médio e anos finais do fundamental II, pode-se identificar dificuldades devido ao volume muito grande de alunos. Essas dificuldades vão ao encontro das dificuldades relacionadas ao conforto ambiental das edificações, pois na cidade, as estruturas escolares têm seus projetos padronizados de acordo com a gestão que a executou, dessa maneira o mesmo projeto é executado repetidas vezes em diferentes contextos. Assim conclui-se que a cidade apresenta a necessidade de uma nova escola pública de nível médio.

Para a escolha do terreno foi considerada sua localização, possibilidade de crescimento do bairro e proximidade com áreas de lazer. O terreno escolhido para o desenvolvimento do projeto tem 11.865m² e está localizado na Rua Narciso Foner, ao lado do Centro de Educação Infantil José Forner, e próximo a Escola Municipal de Educação Infantil e Ensino Fundamental José Forner (Figura 1), facilitando o trajeto para os pais dos alunos, que venham a ter mais de uma criança, e para os professores que costumam fazer seus turnos em diferentes escolas. O bairro escolhido, Residencial Foner é novo na cidade e está localizado em uma área que vem se expandindo bastante. Ele fica próximo ao centro da cidade e está a uma caminhada de 11 minutos da praça central, onde os jovens costumam se encontrar após as atividades escolares.



3.2. Análise de dados climáticos e estudo de soluções

Para a etapa de análise de dados e estudos de soluções bioclimáticas, foi feita inicialmente uma leitura e análise dos dados climáticos da região da cidade de Engenheiro Coelho, que está localizada na latitude 22º 29’ 16’’ S e longitude 47º 12’ 54” O, a 655 m acima do nível do mar. Por não contar com uma estação meteorológica, os dados consultados foram os de Itapira, SP, cidade mais próxima com uma estação meteorológica, via informações do site ProjetEEE (2021), que é uma plataforma governamental e consultas ao Instituto Nacional de Meteorologia, INMET (2021).

O Climate Consultant 6, software desenvolvido pela Universidade da Califórnia em parceria com o C4S, foi utilizado como fonte de informações e dados. Para o uso do Climate Consultant 6 foram usados dados no formato .epw do INMET, da estação A739 - Itapira, acessados em março de 2021. Quanto às configurações usadas, foram escolhidas: construção não residencial de pequeno porte, unidade métrica e o modelo de conforto da norma ASHRAE Standard 55.

Para aprofundar na parte de iluminação natural foi utilizado o software LightStanza da empresa LLC. As configurações utilizadas foram latitude 22º 29’ 16’’ S e longitude 47º 12’ 54” O e, para o cálculo, foram usados o grid anual, o modelo sAD, com a escala de cores em Heat Maps. Todas as demais configurações foram as padrões do software. Nesse programa, foram emitidos quatro estudos com diferentes configurações do ângulo norte, com angulações de 0º, 90º, 180º e 270º.

4. RESULTADOS PARCIAIS

A partir da análise feita dos dados climáticos da região de Engenheiro Coelho, foi concluído que a região costuma ter temperaturas mais elevadas de outubro a março, com uma média em torno de 23,10°C com médias mínimas e máximas aproximadas de 15°C e 35°C. Esse grupo de meses também sofre com maior dificuldade no processo de resfriamento devido a umidade do ar que nessa época tende a ser mais presente. Dentro desse período, os meses de outubro a abril são os que mais sofre com essa questão, em média a umidade relativa em torno de 41% a 94% Em contrapartida, os meses de abril a setembro são os meses com temperaturas mais baixas, em torno de 19.27 °C com médias mínimas e máximas aproximados de 07°C a 30°C, e umidade relativa entre 27% a 87% (PROJETEEE, 2021).

Com relação aos ventos, a região apresenta na maior parte do tempo ventos com velocidade abaixo de 2 m/s advindos do Sul ao sudeste durante o período diurno, e do Sul ao Leste durante o período noturno. Nos meses de setembro a janeiro, a velocidade é mais intensa, chegando a medidas de 5 a 9 m/s, porém com pouca frequência (PROJETEEE, 2021). Já as chuvas são mais frequentes no período de outubro a abril (INMET, 2021).

A radiação solar é o ponto que mais chama a atenção dentro do contexto climático da cidade. A radiação solar nos meses de setembro a abril está presente ao menos oito horas por dia frequentemente dentro das faixas de 316 wh/sq.m a 474 wh/sq.m, chegando em alguns períodos do dia a passar de 474 wh/sq.m. Nos meses de maio a agosto a radiação solar fica dentro das faixas de 316 wh/sq.m 474 wh/sq.m e tem sua frequência e tempo reduzido (C4S, 2021). A radiação intensa é a principal fonte de desconforto na região. Como a região apresenta verões úmidos e invernos com pouca umidade, a radiação solar afeta de forma a intensificar as temperaturas no verão e a agravar a amplitude térmica no inverno.

De acordo com a análise do software Climate Consultant (2016) as melhores opções de estratégia de conforto para construções nessa área são: sombreamento das aberturas, desumidificação do ar nas épocas úmidas, ventilação natural para resfriamento, aquecimento solar passivo, além de estratégias voltadas a garantir que a edificação não perca tanto calor com a chegada da noite (Figura 2). Atendendo a esses

quesitos, a edificação conseguiria alcançar 89.1% equivalente a 7807 horas de conforto sem a utilização de estratégias artificiais.

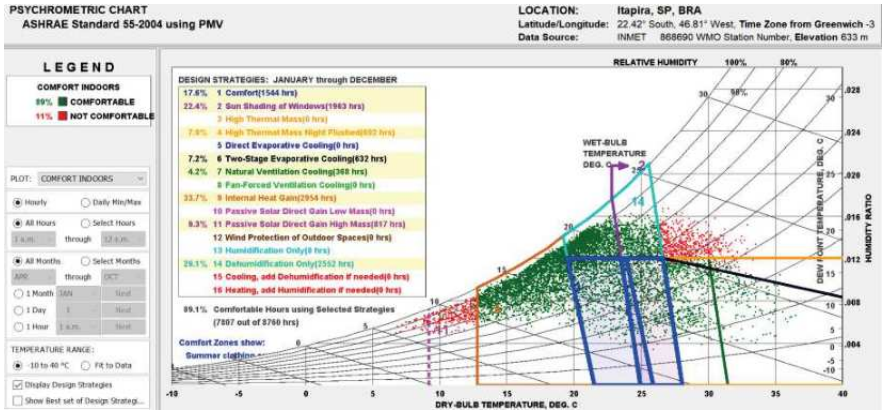

Figura 2 - diagrama psicrométrico - ASHRAE Standard 55-2004 (C4S, 2021).

A região da cidade escolhida sofre com altos índices de insolação direta (Figuras 3 e 4) que pode ser aproveitado para adquirir calor para os períodos mais frios, mas a edificação também deve ser planejada com o cuidado de impedir o desconforto térmico que pode ser causado pela alta intensidade da insolação durante o dia.

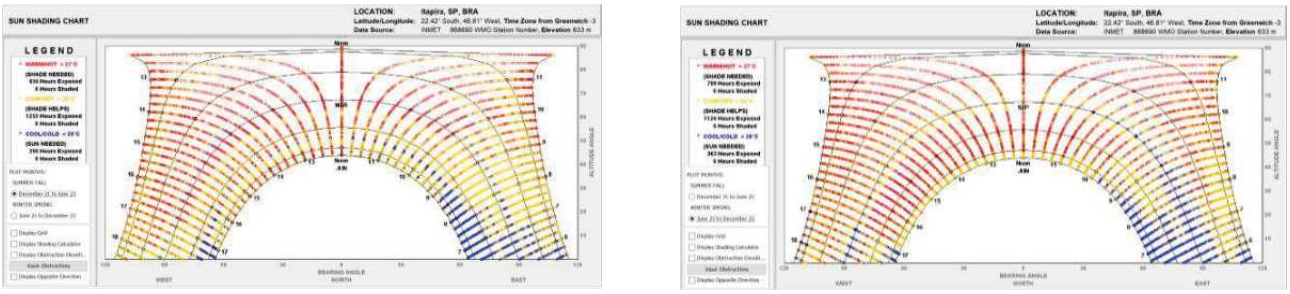

Figura 3 e 4 - carta solar - ASHRAE Standard 55-2004 (C4S, 2021).

São boas alternativas para o inverno da região que costuma ter baixa umidade mas alta insolação durante o dia, soluções como termoacululadores para aquecimento solar passivo e inércia moderada nos materiais das paredes externas, para que a construção leve mais tempo para aquecer e retenha um pouco mais de calor para as baixas temperaturas nas noites. Vedar adequadamente os telhados e a edificação também é uma boa estratégia nesse caso, pois isso impede que a radiação solar ocasione calor interno demasiado.

No caso da edificação escolar, o número de alunos na sala de aula auxilia no aumento do calor, devido ao calor dissipado pelo organismo humano. Salas bem arejadas e capacitadas de estratégias de ventilação como chaminés de ventilação, que se utilizam da própria pressão do ar, auxiliam no conforto térmico.

Do mesmo modo deve-se proteger as aberturas com vegetação de porte médio, para que o porte da vegetação não conflita com a circulação do ar e umidade, mas que seja capaz de sombrear a mesma. A vegetação também deve auxiliar retendo parte da poeira durante os períodos de baixa umidade.

Outro cuidado, de acordo com a análise feita pelo software Climate Consultant, deve ser em relação ao tamanho das aberturas, pois deve-se procurar evitar que passe muita radiação solar, mas permitir fornecer uma boa circulação cruzada de ar. Executar aberturas em paredes que sofrem de sobrepressões em contraposição a aberturas em paredes de subpressões auxiliam no resfriamento noturno além de fornecer ventilação cruzada nos períodos mais quentes e úmidos.

A Figura 5 mostra um estudo referente à iluminação natural em uma sala de aula tipo, segundo as recomendações do manual do fundo nacional para o desenvolvimento da educação (FNDE, 2017). Nela, verificamos que independentemente da posição da sala, dentre as principais direções, norte, sul, leste, oeste na cidade de Engenheiro Coelho, a incidência solar seria acima da média estipulada de 300 lx/50%, o que ocasionaria desconforto aos usuários tanto visual como térmico. Os tamanhos das aberturas devem ser

estrategicamente pensados para evitar insolação excessiva no usuário. Controlar o excesso luminoso por barreiras vegetais e barreiras como brises também auxilia nesta questão. Entretanto, a forte incidência natural de luz auxilia na diminuição da necessidade de iluminação artificial que afeta diretamente o conforto térmico da edificação.

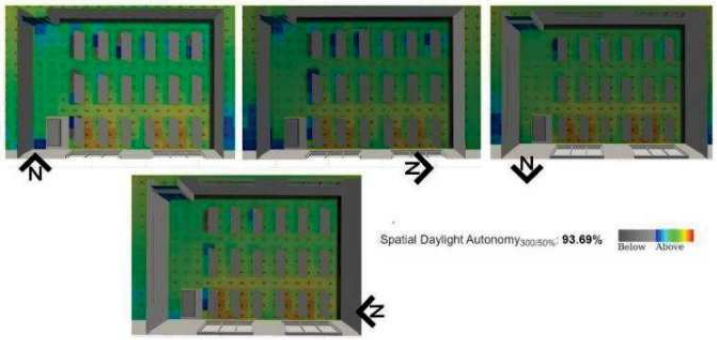

Figura 2 - Estudo de iluminação natural - LEED (LLC, 2021).

Para usufruir melhor da iluminação natural na edificação, alternativas como prateleiras de luz e lanternins podem permitir essa iluminação, impedindo a radiação direta do sol, que ocasiona desconforto térmico. As cores também devem ser levadas em consideração para o conforto térmico. Em regiões com alta incidência solar, como a região em estudo, cores claras com alta refletância ajudam a absorver menos calor do sol e a refletir sua luminosidade.

5. CONCLUSÕES

Com esse estudo podemos concluir que estratégias que busquem equilibrar a temperatura dentro da edificação se fazem necessárias para essa região. Deve-se considerar o verão quente, longo e úmido, porém ter o cuidado de abranger invernos com pouca umidade e alta incidência solar. A tipologia escolar da edificação também é um ponto a ser considerado, pois ocasiona outras fontes de calor.

Para o equilíbrio do conforto em uma escola nessa região foram selecionadas estratégias bioclimáticas como: vegetação e brises para proteção das janelas, planejamento das mesmas para terem um tamanho adequado a insolação e que permitam a ventilação cruzada, prateleiras de luz, termoacululadores, chaminés de ventilação, lanternins, uma melhor vedação da construção e do telhado, inércia nas paredes externas e telhado. Dessa maneira, a proposta da edificação escolar em desenvolvimento poderá proporcionar um progresso educacional na cidade de Engenheiro Coelho, onde uma nova escola se faz necessária devido ao crescimento da cidade.

A continuação da elaboração dessa pesquisa virá completá-la com outros aspectos relativos à sustentabilidade em escolas, através de estudo de certificações ambientais, aplicabilidade da educação ambiental no ensino e sua conexão com as diretrizes projetuais. Por fim será desenvolvido um projeto para a escola no terreno já escolhido que seja capaz de estimular a educação ambiental e ser uma referência de sustentabilidade para a comunidade

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, Maria Teresa. Crescimento da RMC supera média nacional. **Correio**, [*S. l.*], 28 ago. 2020. Disponível em: https://correio.rac.com.br/_conteudo/2020/08/campinas_e_rmc/984600-crescimento-da-rmc-supera-media-nacional.html. Acesso em: 24 mar. 2021.

C4S. **Climate Consultant**. 6.0. [*S. l.*], 2021. Acesso em: 24 de março. 2021.

FNDE - FUNDO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Manual de orientações técnicas,** volume 3, Brasília, 2017.

IBGE. **Panorama Engenheiro Coelho**. [*S. l.*], 1 jul. 2020. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/engenheiro-coelho/panorama. Acesso em: 22 de março. 2021.

INMET. **Tempo**. [*S. l.*], 2021. Disponível em: https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A739. Acesso em: 25 de março. 2021.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K., **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. 2 ed. São Paulo, 2011. 270p.

KOWALTOWSKI, Doris C.C.K. MOREIRA, Daniel de Carvalho. DELIBERADOR, Marcella S. **O Programa arquitetônico no processo de projetos:** Discutidos a arquitetura escolar, respeitando o olhar do usuário. in: Projetos Complexos e os Impactos na Cidade e na Paisagem, 04/2012, ed. 1, Editora da UFRJ, pp. 26, pp.160-185, 2012.

LLC. **LightStanza**. [*S. l.*], 2021. Disponível em: https://lightstanza.com. Acesso em: 25 de março. 2021.

PMEC. **História**. [*S. l.*], 2019. Disponível em: https://www.pmec.sp.gov.br/historia/.Acesso em: 24 de março. 2021.

PROJETEEE. **Estratégias Bioclimáticas**. 2021. Disponível em: http://projeteee.mma.gov.br/estrategias-bioclimaticas/. Acesso em: 24 de março. 2021.

QEDU. Antonio Alves Cavalheiro. [*S. l.*], 2020. Disponível em: https://www.qedu.org.br/escola/184767-antonio-alves-cavalheiro/sobre. Acesso em: 25 de março. 2021.