

O CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP¹

Simone Scatolon Menotti VIANA²

Margarete Cristiane De Costa Trindade AMORIM³

Resumo

Este estudo buscou compreender se a composição dos materiais construtivos das unidades escolares, associada ao uso e a ocupação do solo presentes no entorno das escolas estaduais de Presidente Prudente/SP, comprometem as condições do conforto térmico das pessoas, especialmente dos alunos. O estudo teve como base teórica o Sistema Clima Urbano (Monteiro, 1976) com ênfase no canal de termodinâmico. Para a análise foram utilizados dois índices de conforto, a Temperatura Efetiva de THOM (1959) e a Carta Bioclimática de Olgay (1963). O estudo concluiu que alguns fatores foram decisivos para as situações térmicas encontradas nas edificações escolares, tais como a orientação (exposição) solar das edificações escolares, a quantidade de radiação solar incidente (fachadas e os sombreamentos), os materiais construtivos, o tipo de climatização natural utilizado, tais como: iluminação, ventilação (janelas e portas) e o calor proveniente dos corpos. Os resultados apresentaram situações de conforto térmico, desconforto térmico para o frio e para o calor (outono) e desconforto térmico para o calor (primavera), demonstrando que as condições climáticas das edificações nem sempre são satisfatórias e condizentes com as atividades nelas realizadas, pois, o padrão construtivo não é apropriado para o clima da região de Presidente Prudente, que é predominantemente quente, com um número elevado de dias no ano com temperaturas acima dos 30°C. Assim, recomenda-se que os materiais construtivos não devem ter uma inércia muito elevada, sendo apropriados os de inércia leve a moderada.

Palavras – chave: Conforto térmico, edificações escolares, materiais construtivos, clima urbano, Presidente Prudente/SP

Resumen

Este estudio trata de comprender la composición de los materiales de construcción de las unidades escolares, relacionados con el uso y ocupación del suelo que rodea a las escuelas estatales presentes en Presidente Prudente / SP, se comprometen las condiciones de confort térmico de las personas, especialmente estudiantes. El estudio teórico se basó en el sistema del clima urbano (Monteiro, 1976), con énfasis en el canal termodinámico. Para el análisis se utilizaron dos índices de confort, temperatura efectiva de THOM (1959) y la Carta Bioclimática de Olgay (1963). El estudio encontró que algunos factores fueron determinantes para las condiciones térmicas en los edificios escolares, tales como la orientación (exposición) solar de los edificios escolares, la cantidad de radiación solar entrante (fachadas y sombreado), los materiales de construcción, el tipo de aire acondicionado utilizado como: la iluminación natural, ventilación (ventanas y puertas) y el calor de los cuerpos. El análisis mostró que las situaciones de confort térmico, la incomodidad térmica para el frío y el calor (otoño) y el malestar térmico por calor (primavera), lo que demuestra que las condiciones climáticas de los edificios no son siempre satisfactorios y acordes con las actividades llevadas a cabo en ellos, porque la norma de construcción no es adecuada para el clima de

¹ Resultado da tese de doutoramento.

² Prof^a Dr^a. Aluna do programa de pós-graduação - doutorado em Geografia – Unesp de Presidente Prudente. (simoneviana10@yahoo.com.br)

³ Prof^a Dr^a. do Departamento de Geografia – Unesp de Presidente Prudente. (mccta@fct.unesp.br)

Presidente Prudente, donde el clima es predominantemente caliente, con un alto número de días al año con temperaturas superiores a 30°C. Por lo tanto, se recomienda que los materiales de construcción no debe tener una inercia muy alta, y la inercia de la leve a moderada apropiado.

Palabras - clave: Confort térmico, edificios escolares, materiales de construcción, el clima urbano, Presidente Prudente / SP

Abstract

This study sought to understand the composition of building materials of school units, associated with the use and occupation of land surrounding the present state schools in Presidente Prudente/SP, undertake the conditions of thermal comfort of people, especially students. The theoretical study was based on the urban climate system (Monteiro, 1976) with emphasis on thermodynamic channel. For the analysis we used two indices of comfort, Effective Temperature of THOM (1959) and the Charter of Bioclimatic Olgyay (1963). The study concludes that some factors were decisive for the thermal conditions found in school buildings, such as the orientation (exposure) of solar school buildings, the amount of incoming solar radiation (facades and shading), the building materials, the type of air conditioning used as natural lighting, ventilation (windows and doors) and heat from the bodies. Results showed situations of thermal comfort, thermal discomfort for the cold and the heat (autumn) and thermal discomfort for heat (spring), demonstrating that the climatic conditions of the buildings are not always satisfactory and consistent with the activities carried out in them, because, the constructional standard is not appropriate for the climate of Presidente Prudente, where the climate is predominantly warm, with a high number of days per year with temperatures above 30°C. It is recommended that the materials constructive must not have a very high inertia, and inertia of the appropriate mild to moderate.

Key - words: Thermal comfort, school buildings, building materials, urban climate, Presidente Prudente/SP

INTRODUÇÃO

O Homem, desde os seus primórdios, vive em consonância com a natureza. Quando tudo era meio natural, ele escolhia e extraia da natureza os elementos considerados fundamentais ao desenvolvimento da vida, valorizando os lugares, as culturas e a condição natural da sua própria existência. O meio natural era utilizado sem grandes transformações. As técnicas de trabalho casavam-se com as dádivas da natureza, com as quais se relacionavam sem outra mediação (SANTOS, 2004).

Nas relações homem *versus* natureza, as questões climáticas aparecem, mais especificamente a partir das relações estabelecidas entre os seres humanos e a atmosfera terrestre. Entender a atmosfera (clima) é uma condição para o desenvolvimento e sobrevivência da vida humana. Assim, ao longo de toda a sua trajetória, os seres humanos sempre se preocuparam com as condições climáticas do ambiente habitado. Dentre essas preocupações climáticas, pode-se destacar

a que relaciona o clima aos tipos de edificações utilizadas.

As edificações têm como finalidades abrigar as pessoas das intempéries climáticas (a chuva, o vento, o calor, o frio) e proporcionar o conforto aos seus habitantes/ocupantes, sejam eles temporários ou por um longo período. Muitas estruturas urbanas já foram construídas através do tempo, levando em consideração o clima local.

As discussões sobre o ambiente construído e suas relações com os seres humanos são muitas, mas, poucas, as suas aplicações nos projetos arquitetônicos escolares. Desta forma, estudos dessa natureza tornam-se relevantes, pois a escola é um dos principais lugares em que os seres humanos adquirem competências e habilidades, a serem utilizadas na vida pessoal e profissional.

Mas, Lage (2005) afirma que a arquitetura escolar se transformou ao longo da história, com base, primordialmente, na necessidade de garantir a demanda por vagas, cada vez mais crescente. A partir da Proclamação da República do Brasil (1889), houve um aumento na preocupação com a construção de prédios específicos para a educação.

No decorrer do tempo, as edificações escolares modificaram-se, em consequência das discussões acerca da urbanidade, do higienismo e da necessidade da educação alcançar o progresso. O edifício escolar passou a ser portador de uma identificação arquitetônica diferenciada dos demais edifícios públicos e civis, tornando-se um espaço próprio e específico para as atividades de ensino-aprendizagem e do trabalho docente. (SOUZA, 1998).

Contudo, as escolas ainda são projetadas e construídas de forma reducionista, com espaços que resultam na massificação da educação, a partir de prazos curtos, pouca reflexão e sem a participação dos futuros usuários (alunos, pais e a comunidade em geral) no projeto e na construção da edificação escolar. (AZEVEDO e BASTOS, 2000).

No Brasil, ainda predominam as edificações com salas de aula tradicionais, que não tiveram seu conceito espacial alterado em função das mudanças das metodologias pedagógicas e demandas sociais vivenciadas nos últimos anos. As relações entre espaços internos (salas de aula) e externos são praticamente ignoradas, desde as fases de programa de necessidades, no qual os ambientes aparecem apenas descritos com relação às suas dimensões físicas. (DELIBERADOR, 2010).

De maneira geral, as escolas são “grandes caixotes”, divididos em partes para a otimização dos espaços internos. Dentro desses caixotes são realizadas as divisões das salas de aula (“pequenos caixotes”) e são distribuídos os mobiliários escolares (mesas, cadeiras, carteiras, armários) de maneira que possa garantir, no mínimo, a presença de 35 alunos. Realidade que se aplica as escolas estaduais de Presidente Prudente.

As escolas são edificações, espaços coletivos, que merecem atenção especial e com certeza o planejamento adequado com relação ao ambiente interno, e também externo, visando boas condições climáticas (conforto) para o desenvolvimento das atividades escolares, seja pelos alunos, pelos docentes ou demais funcionários.

A unidade escolar é uma edificação integrante do meio urbano. Nesse sentido, compartilha, utiliza e recebe a influência dos materiais construtivos que o compõe. A escola, com sua massa edificada (paredes de alvenaria, janelas de vidro, áreas pavimentadas e concretadas, coberturas e telhados), seja no plano horizontal como no vertical, contribui para a formação do microclima local, com alterações na temperatura do ar, na umidade relativa, na direção e velocidade do vento, tanto no seu interior como no seu exterior.

O estudo proposto teve como objetivo principal compreender se a composição dos materiais construtivos das edificações escolares, associada ao uso e a ocupação do solo presentes no entorno das escolas estaduais de Presidente Prudente comprometem as condições do conforto térmico e a qualidade de vida da clientela escolar.

Presidente Prudente localiza-se no extremo oeste paulista com latitude de 22°07'04"S e longitude de 51°22'57"O, distante 570 km de São Paulo, a capital paulista (Figura 1). Atualmente, a cidade conta com 207.610 habitantes (IBGE, 2010), sendo considerada de médio porte.

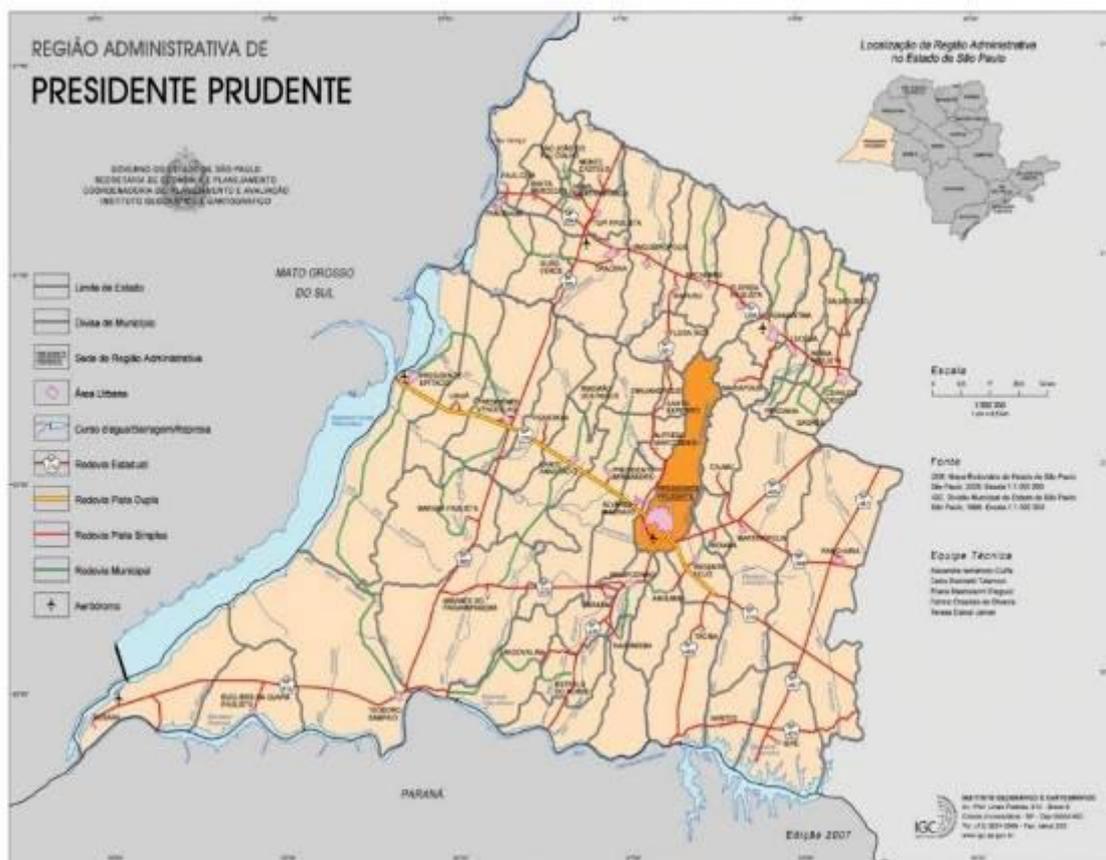


Figura 1 – Localização do município de Presidente Prudente/SP

Fonte: Instituto Geográfico e Cartográfico, 2007.

Disponível em: http://www.igc.sp.gov.br/produtos/mapas_ra.aspx?ra=9. Acesso em 24 de Janeiro de 2014.

O clima de Presidente Prudente é caracterizado como tropical e recebe influência do relevo, da continentalidade e dos sistemas atmosféricos atuantes. A cidade situa-se numa área de transição entre os climas controlados pelos sistemas tropicais, que lhe confere temperaturas elevadas na primavera e verão, e pelos sistemas extratropicais (massas polares) que originam as frentes frias e as incursões de ar polar no outono e inverno, ocasionando baixas temperaturas (SANT'ANNA NETO e TOMMASELLI, 2009).

A cidade é conhecida por suas altas temperaturas, que em algumas ocasiões ultrapassam a sensação térmica de 40°C. A temperatura média anual é de 23,4°C, atingindo os 26°C nos meses de verão e 20°C no inverno. Os valores máximos e mínimos das temperaturas, em média, oscilam entre 27°C e 28°C, com extremos acima dos 38°C. As mínimas ficam entre 16°C e 18°C, mas, o que prevalece são os dias quentes, com máximas diárias acima dos 30°C e esses dias, nas últimas décadas, ultrapassaram os 200 dias do ano (SANT'ANNA NETO e TOMMASELLI, 2009).

No que refere-se ao clima urbano, Amorim (2000) aponta que a cidade de Presidente Prudente já apresenta especificidades quanto a geração de um clima próprio. Este resulta das interações entre as características do relevo, da quantidade de vegetação arbórea e das diferentes

formas de uso e ocupação do solo. Além desses fatores, a densidade de edificações e a circulação de veículos e pessoas nos ambientes intraurbano, também são responsáveis pelas diferenças de temperatura e umidade diagnosticadas em diferentes bairros da cidade.

2 OS CAMINHOS DA PESQUISA E CARACTERÍSTICAS DAS ESCOLAS ESTUDADAS

O estudo do conforto térmico nas Escolas Estaduais em Presidente Prudente/SP teve como base de sustentação teórico-conceitual a proposta de Monteiro (1976), que não trata o clima da cidade a partir de uma perspectiva meteorológica, e sim a partir de uma visão integrada entre o Homem, a natureza e a cidade sob uma mesma atmosfera. Com base na Teoria Geral dos Sistemas, Monteiro desenvolveu o método que intitulou de Sistema Clima Urbano (S.C.U.), que pode ser compreendido a partir de alguns critérios, enunciados básicos e seus canais de percepção.

Monteiro (2003) propôs a análise do S.C.U. a partir de três canais de percepção humana (subsistemas), ou seja, o termodinâmico, o físico-químico e o hidrometeorológico. Nessa pesquisa, o S.C.U. foi trabalhado dando ênfase ao canal de percepção humana termodinâmico, que compreende o conforto térmico a partir do estudo das características da temperatura e umidade nas suas variações diurnas e sazonais no espaço urbano e os seus elementos construtivos.

Para a análise do conforto térmico interno das edificações escolares foi utilizado o índice de Temperatura Efetiva de Thom. De acordo com Thom (1959), a zona de conforto encontra-se entre 18,9°C à 25,6°C de temperatura efetiva. Abaixo de 18,9°C de TE, considera-se estresse térmico para o frio e acima de 25,6°C considera-se estresse térmico para o calor. Os cálculos de temperatura efetiva são obtidos através da equação $TE = 0,4 (T_s + T_u) + 4,8$. No qual: TE = Temperatura Efetiva; T_s = Temperatura do bulbo seco; T_u = Temperatura do bulbo úmido.

Para uma comparação e validação dos resultados encontrados no interior escolar foi utilizado a Carta Bioclimática de Olgay. O índice proposto por Olgay (1963) determina como limites de conforto temperaturas oscilantes entre 23,9 °C e 29,5 °C no verão, e 18,3°C e 23,9 °C no inverno, umidade entre 20/80 (%), no caso de um clima tropical. Os dois índices escolhidos para a análise têm sido empregados em cidades de clima tropical e em ambientes fechados e construídos.

Para a coleta de dados nas escolas foram utilizadas mini-estações automáticas (DATA LOGGER)⁴ instaladas em dez escolas estaduais de Presidente Prudente/SP (Figura 2), durante os meses de maio e junho (final do outono), novembro e dezembro 2010 (final da primavera). Esses

⁴ As mini-estações automáticas (do tipo Data Logger) foram adquiridas com verba do Edital Universal - MCT/CNPq 02/2006, sob a coordenação da Profa. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim.

meses foram escolhidos, também por serem períodos letivos.

As mini-estações foram programadas para registrar a temperatura e a umidade de uma em uma hora, totalizando 24 medições diárias, abrangendo todos os períodos de um dia (madrugada, manhã, tarde e noite). Além das 10 mini-estações instaladas nas escolas, foi alocada uma no abrigo meteorológico da Estação Meteorológica da FCT/UNESP (Figura 3), para a comparação entre o ar livre e as estações em área interna.



Figura 2 – Vista parcial da malha urbana de Presidente Prudente/SP e a localização das escolas pesquisadas.

Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010

A estação meteorológica da FCT/UNESP (Figura 3) está a 439m de altitude. Os arredores da estação possuem grande quantidade de vegetação arbórea de médio a grande porte e com extensas áreas de gramados. Essas características de entorno a diferem das demais unidades escolares que apresentam maior densidade de edificações nas suas proximidades.



Figura 3 – Localização da Estação Meteorológica da FCT/Unesp
Fonte: Google Earth – setembro de 2010

Todas as mini-estações foram aferidas entre si e em comparação com a estação automática da UNESP. As diferenças térmicas registradas entre elas foram muito pequenas (entre 0,2°C e 0,3°C), sendo desconsideradas na análise.

As mini-estações automáticas foram colocadas em uma sala próxima às salas de aula, com características construtivas (paredes, tetos, janelas), ventiladores e fluxos de pessoas similares às salas de aulas, embora o número fixo de pessoas nas salas de aula seja maior, em média 30 alunos e um professor. Essa foi uma solução adotada para a preservação e segurança do equipamento, pois o mesmo permaneceu no mesmo local por 24 horas, durante um mês (em cada escola escolhida). Para a validação dos dados, foi verificada a diferença térmica entre as duas salas que variou entre 0°C e 0,3°C para menos, na sala de pesquisa, em comparação com a sala de aula. As mini-estações foram colocadas sobre armários (madeira ou aço) mais elevados e distantes de janelas e equipamentos (computadores e televisores) que produzem e dissipam calor, para que não houvesse interferência nos registros. Todas as mini-estações foram instaladas no piso inferior das unidades escolares.

Cabe ressaltar que, diante do tamanho das escolas, do número elevado de salas, das diferenças construcionais, da exposição solar e da direção dos ventos, nenhuma sala é igual à outra do ponto de vista das condições ambientais. Desta forma, se ocorrer registros em todas as salas de uma mesma escola provavelmente serão diagnosticadas condições térmicas e higrométricas diferenciadas entre elas.

Os registros aconteceram entre os dias 18 de maio e 14 de junho de 2010 e 23 de novembro a 17 de dezembro de 2010. Como já foi dito, esses dias e meses condizem com o período letivo e as escolas estão em plena atividade, ou seja, os alunos estão na escola. Cabe ressaltar que, o outono e a primavera são estações do ano de pouca precipitação na região de Presidente Prudente o que

proporciona maiores períodos de tempo estável.

As escolas foram escolhidas de acordo com suas características de entorno, considerando-se os seguintes critérios: uso e ocupação do solo, morfologia do relevo e quantidade de vegetação. Também se considerou a distribuição das mesmas pela malha urbana, buscando contemplar quase a sua totalidade, compreendendo desde áreas mais periféricas como a área central, conforme se observa na figura 2. Na sequência serão apresentadas as características de cada uma das escolas selecionadas para esta pesquisa.

E.E. Maria Luíza Bastos

A E.E. Maria Luíza Bastos está localizada em uma área de topo com 452m de altitude. Apresenta pouca quantidade de vegetação arbórea no interior do seu terreno e algumas áreas de gramados com pequenos jardins entre calçadas e alguns vasos ornamentais (Figura 4). A estrutura da edificação é composta por dois pavimentos (térreo e 1º andar), coberta por telhas de fibrocimento na parte externa e internamente com laje, paredes de alvenaria, vidraças do tipo basculante. A área em que esta unidade está inserida é área destinada a vários tipos de uso e ocupação do solo. De acordo com Camargo (2007), a escola está localizada em uma área de alta densidade de edificações, embora haja alguns terrenos sem construções.



Figura 4 – Fachada sudoeste da E.E. Maria Luíza Bastos

E.E. Maria Luíza Formozinho Ribeiro

Está localizada em uma área de média vertente com exposição voltada para oeste e altitude de 417m. O terreno pertencente à escola apresenta alta quantidade de vegetação arbórea de grande porte, bem como, nos arredores da escola, nos quintais e calçadas. A estrutura é composta por uma

única edificação com dois pavimentos (térreo e 1º andar) (Figura 5). A cobertura externa é de fibrocimento e na parte interna há revestimento de laje, paredes de alvenaria e vidraças do tipo basculante. A ocupação do solo do entorno é tipicamente residencial, com alguns pontos de comércio. Conforme Camargo (2007), a escola está inserida em uma área de alta densidade de edificações, visto que, a mesma, está a alguns quarteirões do centro administrativo e comercial da cidade.



Figura 5 – Fachada norte da E.E. Maria Luíza Formozinho Ribeiro.

E.E. Monsenhor Sarrion

A unidade escolar está a 451m de altitude, numa área de vertente com exposição para o sul. Possui vegetação arbórea de grande porte, no interior do quarteirão da escola. Entretanto, além dos domínios da escola a vegetação é pouco significativa contando apenas com a vegetação arbórea das calçadas (Figura 6). Estruturalmente é composta por uma única edificação com dois pavimentos (térreo e 1º andar), coberta externamente com telhas de fibrocimento e na parte interna revestida em laje; paredes de alvenaria e vidraças do tipo basculante. A ocupação do solo do entorno é destinada, principalmente, ao residencial, com o comparecimento de alguns edifícios de vários pavimentos e alguns pontos comerciais. Segundo a classificação de Camargo (2007), trata-se de uma área com alta densidade de edificações.



Figura 6 – Fachada nordeste E.E. Monsenhor Sarrion.

E.E. Plácido Braga Nogueira

Está localizada em uma área de topo a 445m de altitude. O terreno da escola apresenta pouca vegetação arbórea de grande porte (Figura 7). O mesmo ocorre nos arredores da escola, onde há predomínio de gramados, principalmente nas áreas desocupadas. Estruturalmente, a escola é dividida em duas edificações: a edificação principal é composta por dois pavimentos (térreo e o 1º andar); na segunda, está o pátio, cozinha e banheiros. Ambas, são cobertas de telhas de fibrocimento na parte externa. A edificação principal, internamente, é revestida de laje com paredes de alvenaria e vidraças do tipo basculante. Segundo Camargo (2007), a escola está inserida em uma área de média a alta densidade de edificações, com destinação principal para residências.



Figura 7 – Vista da fachada sudeste da E.E. Plácido Braga Nogueira

E.E. Dr. José Foz

A E.E. Dr. José Foz está a 452m de altitude, numa área de topo. O espaço em que está inserida apresenta pouca vegetação arbórea. A ocupação do solo destina-se ao uso residencial com alguns pontos de comércio locais, visto que é um dos bairros mais antigos da cidade. Camargo (2007) evidencia que se trata de uma área de alta densidade de edificações. Estruturalmente a unidade escolar é composta por uma única edificação térrea. O telhado é de fibrocimento (Figura 8) e, internamente, há forro de madeira, com vidraças do tipo basculante e paredes de alvenaria.



Figura 8 – Vista parcial da fachada norte da E.E.Dr. José Fóz

E.E. Comendador Tannel Abbud

A E.E. Comendador Tannel Abbud está a 484m de altitude numa região de topo sendo a unidade escolar com maior altitude. O terreno da escola apresenta quantidade significativa de vegetação arbórea de grande porte, áreas de gramado, jardins (canteiro central na entrada principal) e calçamentos. Nos arredores, é possível identificar pouca presença de vegetação arbórea, com algumas áreas de gramados (Figura 9). Conforme Camargo (2007), o local onde está à escola apresenta alta densidade de construções. Estruturalmente a escola é composta por duas edificações, ambas com dois pavimentos (térreo e o 1º andar). São cobertas, externamente, por telhas de cerâmica e internamente revestidas com laje, paredes de alvenaria, com vidraças do tipo basculante.

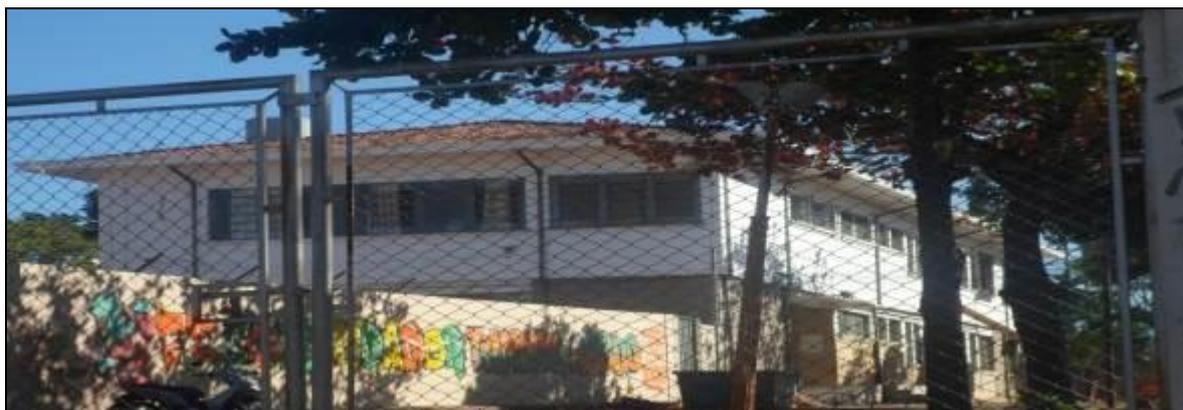


Figura 9 – Vista das fachadas sul (frente) e leste (lateral) da E.E. Comendador Tanel Abbud

E.E. Ana Antônio

A E.E. Ana Antônio está a 458m de altitude, numa média vertente com exposição para oeste. No terreno da escola, há grande quantidade de vegetação de pequeno a grande porte, com jardins, gramados e vasos com plantas ornamentais no interior da escola. Nos arredores da escola é possível observar várias áreas de gramados com algumas árvores de grande porte. Quanto à ocupação do solo, Camargo (2007) definiu a área com sendo de média densidade de edificações, principalmente destinada ao uso residencial. A escola é construída em três edificações térreas e cobertas, exteriormente, por telhas de cerâmica e internamente por forro de madeira; paredes de alvenaria e vidraças do tipo basculante.



Figura 10 – Vista parcial da fachada sul da E.E. Anna Antônio

E.E. Arlindo Fantini

A E.E. Arlindo Fantini está há 431m de altitude em uma área próxima ao fundo de vale, com exposição de vertente para oeste. Na área da escola, há pouca vegetação arbórea de grande

porte, com algumas áreas de gramados (Figura 11). Camargo (2007) classificou essa região da cidade como sendo de média densidade de edificações. Quanto à estrutura, está dividida em quatro edificações térreas e coberta por telhas de fibrocimento. Internamente, é revestida por laje, com paredes de alvenaria e vidraças do tipo basculante.



Figura 11 – Vista parcial das fachadas oeste (A) e leste (B) da E.E. Arlindo Fantini

E.E. Miguel Omar Barreto

A unidade escolar está a 445m de altitude numa vertente com exposição para oeste. O terreno destinado a ela conta com grande quantidade de vegetação de médio e de grande porte. Nos

arredores há áreas de gramados e terrenos baldios. Em relação à estrutura, é composta por duas edificações térreas, cobertas exteriormente por telhas de fibrocimento e, internamente, por laje, com paredes de alvenaria e vidraças do tipo basculante (Figura 12). Camargo (2007) identificou esta região como de média a baixa densidade de edificações. Esta é uma das áreas de expansão da cidade e o uso e a ocupação do solo ainda estão restritos ao residencial.



Figura 12 – Vistas das fachadas sudeste (A) e nordeste (B) da E.E. Miguel Omar Barreto

E.E. Hugo Miele

A E.E. Hugo Miele está a 454m de altitude numa vertente com exposição para sul. A unidade ocupa um quarteirão inteiro que é extremamente arborizado com relação aos seus arredores. A vegetação é composta por árvores de médio e grande porte desde a calçada até o interior dos pátios (Figura 13). Estruturalmente é composta por uma única edificação com dois andares (térreo e o 1º andar), coberto por telhas de fibrocimento e, internamente, por laje, com paredes de alvenaria e vidraças do tipo basculante. No que se refere ao uso e ocupação, é uma região da cidade de alta densidade de edificações destinada ao uso residencial.

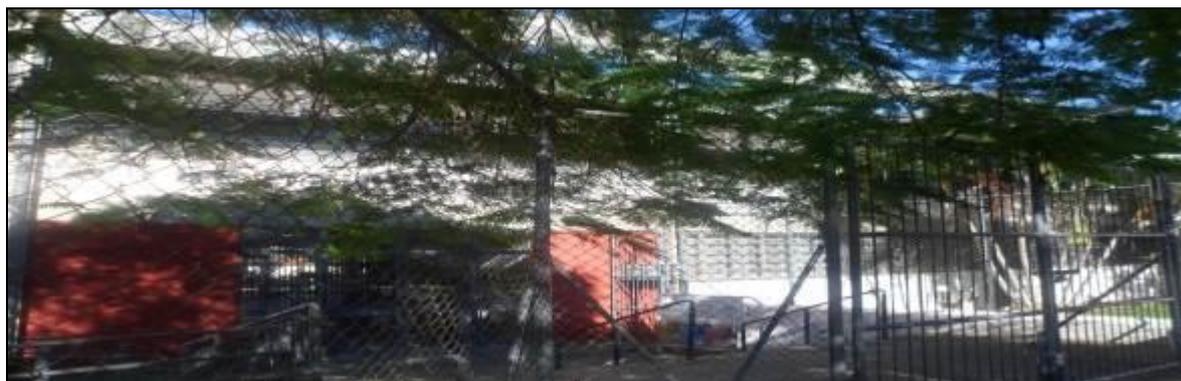


Figura 13 – Vista da Fachada norte da E.E. Hugo Miele

Todas as escolas pesquisadas utilizam a climatização natural nos seus interiores. A climatização natural das edificações depende de alguns fatores: fontes de calor (presença humana, iluminação artificial, motores e equipamentos, processos industriais e calor solar), ventilação natural (ação dos ventos e o efeito chaminé) e, externamente, acrescenta-se a vegetação.

Os ganhos de calor, ao ambiente, dependem essencialmente da atividade desenvolvida pela presença humana. Assim, em uma escola, tem-se o calor cedido ao ambiente conforme as atividades desenvolvidas e apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Calor cedido ao ambiente (Watts), segundo a atividade desenvolvida pelo indivíduo.

ATIVIDADE	CALOR METABÓLICO	CALOR SENSÍVEL	CALOR LATENTE
Sentado, em repouso	115	63	52
Em pé, em repouso	120	63	57
Sentado, escrevendo	130	65	65
Em pé, trabalho leve	145	65	80
Esforço máximo	870 a 1400	-	-

Fonte: Adaptado de Mesquita (1977) apud Frota & Schiffer (2003)

Como se observa na tabela 1, as atividades desenvolvidas nas escolas cedem em calor para o ambiente em média 62 watts, e o cálculo de ganho de calor do ambiente é feito apenas pelo calor sensível. Em média uma sala conta 35 alunos e mais o professor, desta forma, o calor cedido ao ambiente pelos corpos é de aproximadamente 2232 watts, ou 55,8 watts/m².

Nas escolas a iluminação utilizada é artificial, pois somente as janelas (vidraças) não são suficientes para iluminar as salas. A iluminação é composta por lâmpadas do tipo fluorescentes, com uma potência nominal de 60 watts. O sistema de iluminação escolar é composto por seis a oito calhas contendo pares de lâmpadas de 60watts e mais um reator, assim cada calha de iluminação gera 400watts de calor, totalizando em média, por sala (40m²) 2200 w, ou 55 w/m². Somando o calor produzido pelo corpo humano mais a produção térmica da iluminação têm-se um total de 4432

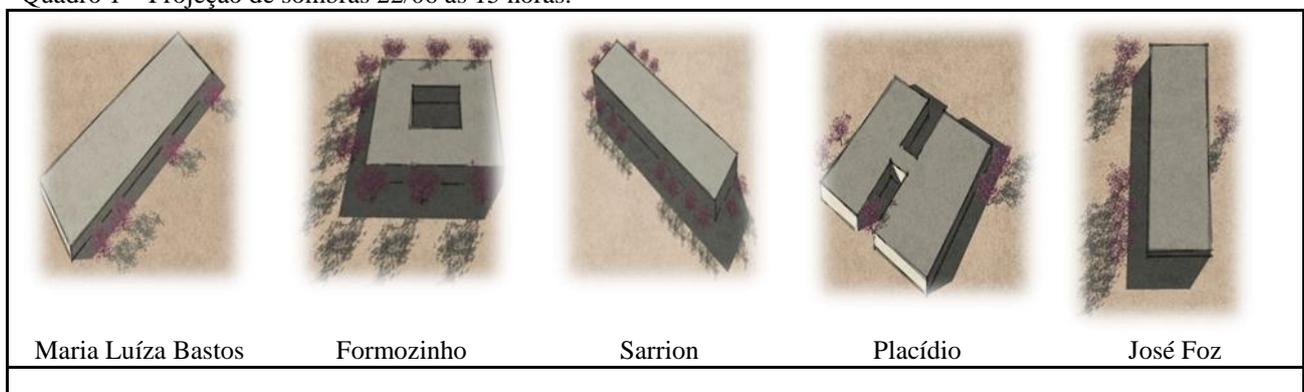
w liberados para o ambiente (sala de aula).

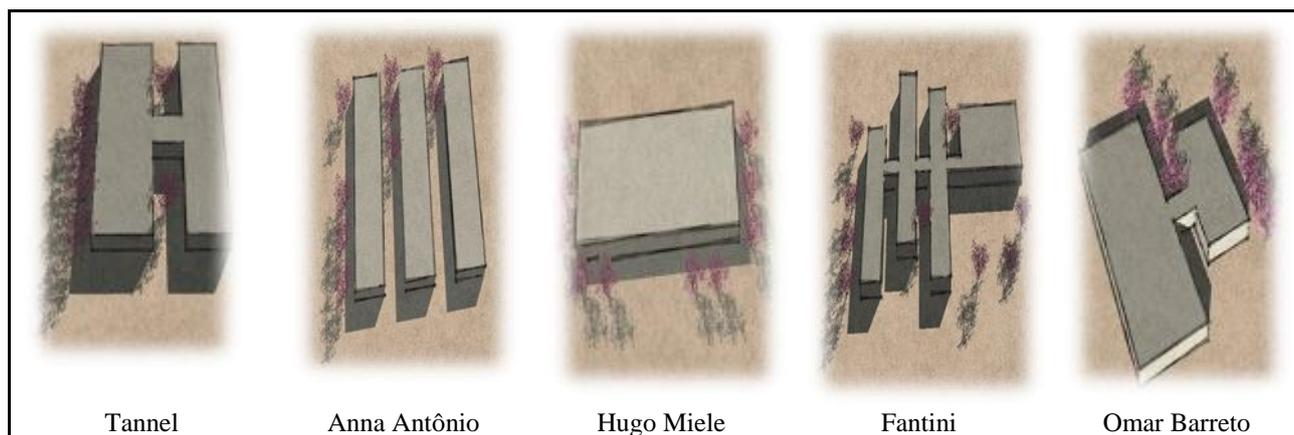
Outra fonte térmica no ambiente escolar é o calor proveniente da radiação solar. Este será maior ou menor, dependendo de alguns fatores, tais como: a estação do ano, a latitude, que vai determinar a quantidade de radiação incidente, e as características térmicas dos materiais construtivos utilizados.

A quantidade de radiação solar incidente nas edificações varia bastante em virtude da estação do ano (solstício e equinócio) e da latitude. Para uma latitude de 23°, durante a primavera (período pesquisado), as orientações para os quadrantes leste, norte e oeste recebem mais radiação solar incidente. No período da manhã o pico se dá às 8h (673 W/m² na orientação leste). Após às 12h o quadrante oeste passa a receber maior quantidade de radiação incidente, com máximo de 673 W/m² às 15h na exposição oeste. Cabe ressaltar que a exposição norte apresenta valores elevados no decorrer das horas do dia, com valor de máximo de 446 W/m² (11h e 13h). A orientação sul, nesse período do ano (primavera), recebe menos radiação incidente, com uma variação entre 0 W/m² (6h e 18h) e 63 W/m² (das 11h às 13h). (GONÇALVES, 1955 apud FROTA e SCHIFFER, 2003)

Diante do exposto, as fachadas das edificações apresentam uma maior eficiência térmica se seguirem as seguintes proposições de Aroztegui (1997): entre o leste o noroeste classifica-se como uma exposição aceitável; entre o nordeste e o norte como uma boa exposição; e uma exposição muito boa seria entre o norte e o nordeste. Em contrapartida, é desaconselhável e ruim uma exposição entre o oeste e o noroeste. As escolas apresentam duas fachadas principais, desta forma, ao analisar a questão das fachadas, todas as escolas apresentam uma fachada “boa” e outra “ruim” do ponto de vista energético (térmico). Como exemplo tem o quadro 1 que apresenta a projeção de sombras para as escolas pesquisadas no dia 22/06 às 15h, demonstrando as fachadas que recebem mais radiação solar no período da tarde.

Quadro 1 – Projeção de sombras 22/06 às 15 horas.





Seguindo com a análise das fachadas temos: Maria Luíza Bastos, Omar Barreto e Sarrion com uma exposição de fachadas nordeste (manhã) e sudoeste (tarde), sendo as orientações que mais recebem radiação solar durante o verão; Anna Antônio, José Fóz, Fantini, Tanel e Formozinho com exposição para leste (manhã) e oeste (tarde), consideradas impróprias na primavera, principalmente no período da tarde, por receberem maior incidência de radiação solar na fachada oeste.

Diferentemente temos: o Placídio e o Hugo Miele, sendo a primeira com uma exposição sudeste (manhã) e noroeste (tarde) apresentando-se ruim no período da manhã e da tarde, devido ao aporte de radiação solar incidente. Na segunda escola com a exposição de suas janelas para norte e para o sul considera-se a exposição de fachadas mais adequada, pois apresenta menor incidência de radiação solar no verão e maior aporte de energia no inverno. A fachada norte é a que apresenta melhor eficiência térmica.

Os ganhos extras de calor em uma edificação podem ser minimizados a partir da ventilação natural. A ventilação nos edifícios escolares estudados é 100% natural e é realizada a partir da ventilação por ação dos ventos, nas janelas (entrada e saída) e em algumas escolas (Placídio, Tanel, Fantini) encontra-se, também, o efeito chaminé, uma vez que é comum em cima dos corredores de acesso das salas, nos pisos superiores, encontrarem pequenas janelas para a saída de ar. Soma-se a ventilação a utilização dos ventiladores de parede e de teto nas salas de aula.

Em Presidente Prudente a exposição e a distribuição de janelas para o quadrante leste (leste, nordeste e sudeste) é mais vantajosa, pois são nessas direções que se verificam os mais altos índices de duração dos ventos, devido ao predomínio dos sistemas tropicais marítimos na região em que a cidade está inserida. Já os ventos das direções do quadrante W (oeste, noroeste e sudoeste), e os ventos de sul são menos frequentes.

Do ponto de vista da ventilação, com exceção da escola Hugo Miele, todas as demais

apresentam pelo menos uma fachada exposta para as direções predominantes dos ventos em Presidente Prudente.

Associado diretamente a direção predominante dos ventos estão as dimensões das janelas, pois quanto maiores os “vãos” (aberturas) melhor será a ação dos ventos no interior da edificação, principalmente na primavera e verão, no período da tarde. Mas, no período do inverno as janelas devem servir como proteção para os ventos mais frios. Desta forma, cabe salientar, que os tipos de materiais e os formatos das janelas empregados, devem ser condizentes com as condições de tempo atmosférico e clima da região.

Nas escolas os “vãos” deixados para as janelas, no geral, são amplos e contemplam a totalidade das paredes. Por exemplo, na E.E. Placídio Braga Nogueira, as salas de aula possuem uma metragem de 8mx5m, na maior parede são instaladas as janelas (duas janelas com metragem de 3mx2m). Além do Placídio, as escolas Maria Luíza Bastos, Formozinho, Ribeiro, Sarrion, Tannel, Fantini e Miele, apresentam grandes aberturas destinadas para as janelas. Mas, o grande problema está no tipo de vitrôs escolhido, os basculantes, que garantem a segurança dos alunos, mas diminui a circulação de ar.

A situação é mais agravante nas escolas Omar Barreto, José Fóz e Anna Antônio que apresentam vitrôs, pequeno e médio, respectivamente. Esse fator compromete significativamente a movimentação do ar, e por consequência favorece a concentração do calor no interior do edifício, pois as trocas e as renovações do ar entre o ambiente interno e o externo ficam prejudicadas.

Outro elemento que também influencia na climatização natural é a vegetação externa existente, pois pode interferir na quantidade de radiação solar incidente, na direção e velocidade do vento, na umidade e na temperatura. Todas as escolas pesquisadas apresentam vegetação arbórea (em vários níveis e quantidades) nos seus arredores, mas não existe uma preocupação com a sua distribuição e a sua função, pois são plantadas de forma aleatória, em pouca quantidade e quase sempre estão nos estacionamentos e nas proximidades dos pátios e são alvos de reclamações devido à “sujeira” que produzem (folhas e galhos) e que por vezes são mal podadas ou até mesmo arrancadas. O quadro 2 apresenta algumas alternativas de tipos de vegetação associada a fachada, que poderiam ser utilizadas.

Quadro 2 – Nível, espécime e tipo de grupamento associado à exposição solar das fachadas das edificações escolares.

Nível e espécime	Tipo de grupamento	Exposição solar da fachada
Nível 1: frutíferas, cítricas, trepadeiras	Árvores isoladas ou colocadas separadas umas das outras de modo que suas copas não se unam.	Fachada leste, exposição matinal a radiação solar.
Nível 2: pata de vaca, quaresmeira, jacarandás	Árvores em pequenos grupos esparsos ou heterogêneos, ou seja, quando se dispõem sob a forma de pequenos grupos compostos por diferentes espécimes.	Fachadas sul e norte, independente do horário do dia.

Nível 3: palmeiras, ciprestes, cedro	Árvores em grandes grupos homogêneos: no caso de grupamento arbóreo extensos, a iluminação se reduz sensivelmente em qualquer época do ano.	Fachada oeste, exposição vespertina à radiação solar.
--------------------------------------	---	---

Fonte: Adaptado de Mascaro e Mascaró, 2009, p.55, 56, 57

Estruturalmente as edificações escolares estudadas são muito parecidas, apresentam praticamente os mesmos materiais construtivos (alvenaria, concreto, fibrocimento, janelas de vidro, portas de madeira, etc.), o diferencial entre elas está no tamanho da edificação e no número de andares, e ainda, possuem uma carga térmica similar e proveniente de três fontes principais: presença humana, os sistemas de iluminação artificial e o calor originário da radiação solar. Referente à climatização natural, as escolas apresentam um padrão similar e se utilizam da ventilação natural (ação dos ventos nas entradas e saídas) e forçada (ventiladores) como mecanismos de controle térmico.

3 O CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS ESTUDADAS

Com base nos dados coletados, entre os dias 18 de maio e 14 de junho de 2010, foram observadas situações de conforto e desconforto térmico nas Escolas Estaduais de Presidente Prudente. Os dias mais desconfortáveis foram: 28/05, 06/06, 07/06 e 14/06.

No dia 28/05 (Tabela 2), situações de desconforto térmico para o calor foram observadas na EE Plácido Braga Nogueira (1°C acima do limite proposto de 25,6°C); já, nas demais escolas estudadas, a temperatura efetiva permaneceu dentro da zona de conforto térmico. Na ocasião, apenas a UNESP apresentou situações naturais de desconforto térmico para o frio, no início da manhã.

Tabela 2 – Situações de desconforto térmico para o calor na EE Plácido Braga Nogueira em comparação com a UNESP – 28/05/2010

28/05	EE PLACÍDIO			UNESP			DIR. VEL. VENTO
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	23,6	24,4	50	17,4	16,1	76	Leste – 4,1m/s
3h	23,3	24,1	50	17,0	15,5	78	
5h	23,0	23,7	50	16,2	14,4	82	
7h	22,7	23,2	51	15,9	14	84	
9h	22,3	22,7	55	17,9	16,7	79	
11h	23,4	24,1	53	21,1	21	62	
13h	24,7	25,9	50	23,4	24	56	
15h	26,5	28,3	45	24,1	25,1	52	
17h	25,7	27,2	48	23,8	24,7	52	
19h	25,0	26,2	50	22,2	22,4	58	
21h	24,7	25,8	51	20,6	20,3	67	
23h	24,4	25,4	52	19,5	18,7	75	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

Quando se compara a temperatura efetiva (THOM) com a zona de conforto proposta por Olgyay, o desconforto para o calor ficou evidenciado e comprovado, na escola Placídio, sendo que a Carta Bioclimática aponta como solução para o desconforto a necessidade de ventos e sombra. Ocorreu, concomitantemente, desconforto natural para o calor entre as 14h e 16h, na UNESP. Com relação à umidade relativa, os valores (48% a 53%) mantiveram-se dentro da faixa limite proposta por Olgyay (20% a 80%).

As situações de desconforto térmico para o calor, observadas na EE Placídio Braga Nogueira, são consequências dos materiais construtivos associados à exposição da escola à incidência solar. Após as 12h, toda a fachada oeste da edificação ficou exposta ao sol, que penetrou pelas vidraças e atingiu o interior da escola causando um aporte de calor nas salas de aula. Além disso, o terreno da escola apresenta pouca vegetação arbórea de grande porte, principalmente, na fachada oeste.

Desta forma, os dois índices aplicados demonstram a eficiência térmica dos materiais construtivos, que no caso, apresentam inércia térmica elevada corroborando na elevação da temperatura intraescola em 3,2°C a mais que ao ar livre (UNESP). As demais escolas apresentaram situações de conforto térmico, no decorrer da tarde e início da noite.

Com relação às condições sinóticas, esse dia (28/05) apresentava características de aquecimento pré-frontal, pois, no dia 30/05, uma frente fria atingiu a região. A velocidade do vento era de 4,1m/s⁵.

No dia 14/06, foram observadas, novamente, situações de desconforto para o calor na EE Placídio Braga Nogueira (Tabela 3), juntamente com a EE Hugo Miele quando se observou a zona de conforto estabelecida por Olgyay (Tabela 4).

Continuamente, nesse dia, as escolas Miele, Formozinho, Tannel (Tabela 3) apresentaram situações de desconforto térmico para o frio no início da manhã, porém, no decorrer do dia, as temperaturas efetivas estiveram dentro da zona de conforto térmico. Esses valores condizem com as situações naturais de desconforto e conforto apresentadas na UNESP (Tabela 4). Os valores ficaram, respectivamente, 1,8°C, 1,5°C e 1,9°C abaixo do limite de 18,9°C, indicado por THOM.

Tabela 3 – Situações de desconforto térmico para o calor na EE Placídio Braga Nogueira em comparação com a UNESP – 14/06/2010

⁵ Os valores de velocidade do vento foram obtidos da Estação Meteorológica localizada no campus da UNESP/ FCT, no horário de 9h.

14/06	EE PLACÍDIO			UNESP			DIR. VEL. DO VENTO
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	21,8	22	52	17,0	15,5	77	Leste – 4,1m/s
3h	21,6	21,8	52	16,2	14,5	79	
5h	21,2	21,3	52	15,7	13,8	79	
7h	21,1	21,1	52	15,0	12,9	81	
9h	21,3	21,3	54	17,1	15,7	71	
11h	22,0	22,3	51	21,1	21	57	
13h	24,6	25,9	45	23,5	24,3	48	
15h	26,3	28,2	41	24,4	25,6	47	
17h	25,2	26,6	46	24,0	25	48	
19h	24,1	25,1	48	22,0	22,2	56	
21h	23,7	24,6	49	20,9	20,8	59	
23h	23,4	24,2	49	20,9	19,6	62	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
 Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

Tabela 4 – Situações de desconforto térmico para o frio nas escolas Miele, Formozinho e Tannel – 14/06/2010

14/06	EE HUGO MIELE			EE FORMOZINHO			EE TANNEL ABBUD		
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%
1h	18,9	20,1	60	19,1	18,4	65	19,1	18,3	65
3h	18,6	19,8	60	18,8	18	65	18,9	18,1	65
5h	18,4	19,6	60	18,4	17,5	65	18,7	17,9	64
7h	18,1	19,3	59	17,8	16,7	66	18,5	17,6	63
9h	17,1	18,1	62	18,4	17,5	66	18,1	17	67
11h	19,4	20,8	55	19,6	19	63	21,1	21	57
13h	21,5	23,2	52	21,0	20,9	60	21,2	21,2	57
15h	23,0	25	48	22,3	22,6	57	20,9	20,7	60
17h	22,4	24,2	51	23,0	23,5	55	21,4	21,4	60
19h	21,3	22,8	56	22,7	23,1	56	21,3	21,2	61
21h	20,8	22,2	57	22,2	22,5	55	20,9	20,7	61
23h	20,5	21,9	58	21,8	22	56	20,6	20,3	62

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
 Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

Nas situações verificadas na tabela 4, quando as temperaturas efetivas são comparadas com a zona de conforto de Olgay, os resultados comprovaram-se no decorrer da manhã e demonstraram as seguintes necessidades: Formozinho e Tannel apresentaram temperatura do ar interno baixa, identificando a necessidade da incidência da radiação solar de fraca intensidade, conforme aponta a Carta Bioclimática. As escolas Placídio e Miele estiveram com suas temperaturas intraescola dentro da zona de conforto, no período da manhã.

No decorrer do dia, Formozinho e Tannel mantiveram suas temperaturas dentro da zona de

conforto, demonstrando que os seus materiais construtivos estão adequados para manter um ambiente com temperatura confortável, no período da tarde. Mas, no período vespertino, as escolas Placídio e Miele apresentaram desconforto para o calor de acordo com a proposição de Olgyay, com necessidade de ventos e sombra. Esse fato ficou comprovado pela TE de THOM, na EE Placídio Braga Nogueira.

Internamente, essas edificações escolares apresentavam valores de umidade relativa entre: 48% a 60% (Miele); 55% a 67% (Formozinho); 57% a 67% (Tannel), assim condizentes com a faixa proposta por Olgyay (20% a 80%). As condições atmosféricas foram: predomínio de céu limpo, com poucas nuvens do tipo Cirrus, vento forte (4,1m/s do quadrante leste).

Nos dias 06/06 e 07/06, ocorreram o maior número de horas com temperaturas desconfortáveis para o frio, especialmente no período da madrugada e manhã. Formozinho, Fantini, Miele e o ponto UNESP apresentaram os menores valores de temperatura efetiva e situações de desconforto térmico para o frio. No Formozinho, a menor temperatura efetiva ficou 1,8°C abaixo do limite de 18,9°C. Nesta escola, as situações de desconforto térmico para o frio ocorreram entre 1h e 14h e retornaram entre 20h e 23h, coincidindo com as situações naturais de desconforto ocorridas na UNESP (Tabela 5).

Tabela 5 – Situações de desconforto para o frio na EE Formozinho Ribeiro em comparação com a UNESP – 06/06/2010

06/06	EE FORMOZINHO			UNESP			
	THOM	OLGYAY		TOHM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR	TE	T°C	UR%	
1h	18,8	18,1	56	14,1	11,8	78	Sudeste – 1,6m/s
3h	18,3	17,4	58	13,2	10,7	82	
5h	17,8	16,7	60	12,5	9,8	86	
7h	17,2	16	61	11,8	8,9	89	
9h	17,1	15,8	63	15,0	12,9	81	
11h	17,5	16,4	59	18,3	17,4	55	
13h	18,1	17,2	54	19,7	19,4	45	
15h	18,9	18,4	48	21,2	21,4	40	
17h	19,3	18,8	48	20,3	20,2	43	
19h	19,0	18,4	52	17,8	16,8	54	
21h	18,6	17,9	52	16,1	14,5	63	
23h	18,3	17,5	55	15,3	13,4	68	

■ Desconforto para o calor
 ■ Desconforto para o frio
 ■ Conforto térmico
 ■ Desconforto higrométrico
 Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

Na escola Hugo Miele, as situações de desconforto térmico para o frio tiveram início no final da madrugada e perduraram até as 11h. E, no Arlindo Fantini, ocorreram, no final da manhã, entre 10h e 12h. Nas duas escolas, as temperaturas efetivas ficaram próximas do limite de 18,9°C. (Tabela 6)

Tabela 6 – Situações de desconforto térmico para o frio nas EE(s) Hugo Miele e Arlindo Fantini em comparação com a

UNESP – 06/06/2010

06/06	EE HUGO MIELE			EE ARL. FANTINI			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	19,2	20,7	52	20,4	20,2	54	14,1	11,8	78	Sudeste – 1,6m/s
3h	19,0	20,4	53	19,9	19,6	54	13,2	10,7	82	
5h	18,6	20	54	19,6	19,2	55	12,5	9,8	86	
7h	18,3	19,7	54	19,2	18,6	55	11,8	8,9	89	
9h	18,7	20,1	54	18,9	18,2	57	15,0	12,9	81	
11h	18,8	20,3	51	18,8	18,1	56	18,3	17,4	55	
13h	19,9	21,6	48	18,9	18,3	55	19,7	19,4	45	
15h	19,4	21,1	47	19,3	18,8	52	21,2	21,4	40	
17h	19,3	20,9	48	19,6	19,2	53	20,3	20,2	43	
19h	19,1	20,6	50	19,7	19,3	54	17,8	16,8	54	
21h	18,9	20,4	50	19,7	19,3	54	16,1	14,5	63	
23h	18,7	20,2	51	19,5	19	54	15,3	13,4	68	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

No dia 07/06, das 10 escolas pesquisadas, seis apresentaram situações de desconforto para o frio (Anna Antônio, Formozinho, Omar Barreto, Sarrion, Fantini e Miele). Com exceção do Formozinho, nas demais unidades escolares citadas, as situações de desconforto para o frio aconteceram durante o final da madrugada e manhã. Os valores desconfortáveis nessas unidades condizem com os valores de desconforto natural para o frio, apresentado na UNESP. Quando comparados os valores intraescolas e a UNESP (Por exemplo: às 7h, a UNESP registrou 8,9°C de temperatura do ar e 89% de umidade relativa, valores extremamente desconfortáveis de acordo com a Carta Bioclimática), constatou-se que os materiais construtivos das edificações escolares serviram como um isolante térmico, pois as temperaturas ficaram entre 17°C e 18°C, com umidade em torno dos 50% e 60%.

Dentre as escolas acima mencionadas, a EE Formozinho Ribeiro apresentou o maior número de horas desconfortáveis para o frio. O desconforto teve início no dia anterior (06/06), às 21h (Tabela 5), e perdurou até as 11h, no dia 07/07 (Tabela 7).

Tabela 7 – Situações de desconforto térmico para o frio na EE Formozinho Ribeiro em comparação com a UNESP – 07/06/2010

07/06	EE FORMOZINHO			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	18,1	17,2	55	15,1	13,2	67	Sudeste – 0,8m/s
3h	17,7	16,7	56	14,6	12,5	69	
5h	17,1	15,9	57	14,0	11,8	72	
7h	16,8	15,5	57	13,6	11,3	72	
9h	17,1	15,9	59	16,1	14,5	65	
11h	18,2	17,3	60	19,5	19	55	
13h	19,5	19	53	21,5	21,8	43	
15h	20,7	20,7	48	22,5	23,2	39	
17h	21,3	21,5	46	22,1	22,6	40	
19h	21,1	21,1	52	20,0	19,7	56	

21h	20,4	20,2	52	18,5	17,7	58
23h	20,0	19,7	52	18,1	17,1	60

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

Entre os dias 06 e 07/06, as condições sinóticas foram as seguintes: céu com poucas nuvens, calma e temperatura baixa. Essas características decorreram da atuação de uma massa de ar polar que motivou situações naturais de desconforto para o frio, como pode ser comprovado nos valores de temperaturas efetivas encontrados na UNESP. Nesse período, os valores de umidade relativa intraescola variaram entre 40% e 60%. Para os dias 06 e 07/06 a Carta Bioclimática aponta, para as unidades escolares com desconforto para o frio, a necessidade de que a radiação solar atinja as paredes e o teto, para que seja maximizado o conforto térmico interno, no período da manhã.

No outono, em condições atmosféricas que propiciaram temperaturas do ar livre abaixo de 15°C, com valores de umidade relativa acima dos 80%, os materiais construtivos mostraram-se com baixa eficiência para a retenção de calor e geração de conforto térmico no interior das escolas. Mas, na grande maioria dos dias pesquisados, as temperaturas externas estiveram entre os 15°C e 20°C e as edificações escolares serviram como abrigo para as temperaturas mais baixas, ao ar livre (UNESP), apresentando situações de conforto térmico em todas as escolas pesquisadas, como se observa nas tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a Unesp no dia 25/05/2010 – Situações de conforto térmico

	Foz	Fantini	Miele	Placídio	Tannel	Ana Ant.	Formoz.	M ^a .Luiza	O. Barreto	Sarrion	Unesp
1h	22,5	21,9	20,8	22,9	20,8	22,1	21,3	22,0	21,7	21,1	19,2
3h	22,3	21,7	20,7	22,9	20,8	22,1	21,2	22,0	21,6	21,2	19,4
5h	22,2	21,6	20,7	22,9	20,7	22,1	21,1	21,9	21,5	21,1	19,4
7h	22,1	21,5	20,7	23,0	20,7	21,9	21,0	22,0	21,5	21,2	19,7
9h	22,3	21,6	20,9	23,1	21,4	22,0	21,5	21,9	21,7	21,8	20,0
11h	22,6	22,1	22,0	23,5	22	22,4	22,1	22,4	22,3	22,4	21,8
13h	22,6	22,2	21,3	23,3	22	22,0	22,0	22,6	22,4	22,3	21,1
15h	22,9	22,6	21,8	23,8	22,4	22,6	22,5	22,6	22,8	22,3	22,1
17h	23,0	23,1	21,8	24,0	22,2	22,9	22,7	22,8	23,0	22,2	21,8
19h	22,7	23,0	21,2	23,8	21,8	22,7	22,5	22,6	22,8	21,9	20,4
21h	22,5	22,9	21,1	23,5	21	22,7	22,0	22,4	22,5	21,9	19,5
23h	22,3	22,5	21,3	23,2	20,4	22,8	21,7	22,4	22,3	21,8	18,9

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
Sistema atmosférico atuante – Cavado

Tabela 9 – Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a Unesp no dia 05/06/2010 – Situações de conforto térmico

	Foz	Fantini	Miele	Placídio	Tannel	Ana Ant.	Formoz.	M ^a .Luiza	O. Barreto	Sarrion	Unesp
1h	22,8	22,6	21,6	22,9	21,5	23,1	21,9	22,0	22,7	22,0	19,8
3h	22,6	22,4	21,2	22,7	21,3	22,8	21,3	21,9	22,4	21,8	18,8
5h	22,3	22,0	20,9	22,6	21,1	22,5	20,8	21,8	22,3	21,5	18,4

7h	22,1	21,8	20,7	22,4	21	22,3	20,3	21,7	22,0	21,3	17,8
9h	21,9	21,4	20,3	22,2	20,8	21,9	20,1	21,5	21,8	21,1	17,5
11h	21,8	21,2	20,3	22,0	21,5	21,7	20,1	21,4	21,7	21,1	19,2
13h	22,3	21,2	21,1	22,6	21,6	21,8	20,3	21,4	21,9	21,5	20,6
15h	22,5	21,2	20,6	23,0	21,6	21,7	20,5	21,4	21,9	21,5	21,0
17h	22,7	21,2	20,1	23,0	21,5	21,8	20,5	21,3	21,8	21,4	20,3
19h	22,2	21,2	20,0	22,9	21,3	21,6	20,1	21,2	21,4	20,9	17,6
21h	22,0	21,0	19,6	22,7	21,2	21,3	19,7	21,0	21,0	20,5	16,2
23h	21,8	20,7	19,5	22,5	21	21,0	19,2	20,9	20,6	20,3	15,3

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Passagem da Frente Fria

Com base nos dados registrados entre os dias 23 de novembro e 17 de dezembro, foram observadas situações de conforto e desconforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente, no final da primavera. As situações de desconforto para o calor foram mais frequentes, sendo que em 80% dos dias pesquisados, as temperaturas efetivas estiveram fora da zona de conforto térmico proposta por THOM e OLGAYAY.

Os dias em que as temperaturas efetivas se mostraram extremas com relação ao calor foram: 25/11, 26/11, 27/11, 28/11, 29/11, 03/12, 04/12, 05/12, 11/12 e 12/12. Todas as escolas pesquisadas apresentaram temperaturas efetivas fora da zona de conforto, isto é, ultrapassaram o limite de 25,6°C proposto por THOM.

Esses valores e as situações de desconforto térmico foram confirmados pela comparação com a Carta Bioclimática de Olgayay que, para o período mais quente, prevê uma zona de conforto entre 23,9°C e 29,5°C, com uma variação higrométrica entre 20% e 80%.

Entre os dias 25/11 e 04/12, as escolas Omar Barreto e Arlindo Fantini apresentaram as temperaturas efetivas mais elevadas (Tabela 10). No dia 25/11, as temperaturas efetivas ficaram, respectivamente, em 3,4°C e 3,3°C, acima dos 25,6°C (limite para o conforto térmico). Os valores de umidade relativa intraescola foram de 49% a 58% e de 45% a 60%. Na UNESP, os valores variaram entre 50% (17h e 18h) e 80% (7h e 8h).

Ambas as escolas (tabela 10) apresentaram temperaturas acima do valor máximo de 29,5°C, sendo Omar Barreto com 2,5°C, às 17h (32°C), e Fantini, 2,5°C, às 19h (32°C). A umidade relativa esteve em torno dos 50% nas duas escolas. Com base nessas condições térmicas e higrométricas a Carta Bioclimática de Olgayay propõe a necessidade de ventilação para garantir a regulação do conforto térmico intraescolas, visto que a velocidade do vento observada era de apenas 1,0m/s.

De acordo com a proposta de Olgayay, as escolas Miele e Fantini estiveram dentro da faixa limite para o conforto térmico. Nessas escolas, a umidade relativa também esteve dentro do limite

considerado adequado, em torno dos 50%, conforme a tabela 10.

Tabela 10 – Situações de desconforto térmico para o calor nas EE(s) Omar Barreto e Arlindo Fantini em comparação com a UNESP – 25/11/2010

25/11	EE O. BARRETO			EE ARL. FANTINI			UNESP						
	THOM		OLGYAY	THOM		OLGYAY	THOM		OLGYAY		DIR. VENTO	VEL.	DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%				
1h	28,4	30,7	51	28,3	30,6	50	23,9	24,5	66	Sudoeste – 1,0m/s			
3h	28,0	30,2	52	27,9	30	52	23,1	23,4	71				
5h	27,6	29,6	53	27,5	29,5	54	22,5	22,5	75				
7h	27,2	29,1	54	27,2	29	56	22,0	21,8	80				
9h	27,1	28,9	57	27,1	28,9	57	23,6	23,9	75				
11h	27,7	29,6	58	27,4	29,2	58	25,5	26,6	64				
13h	28,3	30,6	51	27,4	29,4	52	27,4	29,4	52				
15h	29,1	31,6	52	28,2	30,4	52	27,9	30	52				
17h	29,4	32	51	28,9	31,3	51	28,6	31	50				
19h	29,3	31,9	49	29,3	32	47	27,1	29	51				
21h	28,9	31,4	49	29,1	31,8	45	25,4	26,6	57				
23h	28,6	31	49	28,7	31,2	46	24,2	25	60				

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
Sistema atmosférico atuante – Tropical continental

Entre os dias 25 e 26/11, predominaram as seguintes condições atmosféricas: sol com poucas nuvens, temperatura elevada e ventos fracos.

Durante o período de estudo, cabe salientar que, nos dias 11 e 12/12, as temperaturas efetivas apresentaram os valores mais elevados, em todas as escolas, inclusive na UNESP. Logo, em alguns momentos do dia, foram registradas situações naturais de desconforto térmico para o calor. No dia 11/12 (Tabela 11 e 12), foram observadas situações de desconforto térmico natural, das 13h até as 23h. Da mesma forma, das 5h às 11h, as temperaturas efetivas permaneceram fora da zona de conforto e apresentaram-se desconfortáveis para calor, em comparação com a UNESP.

Tabela 11 – Situações de desconforto térmico para o calor nas EE(s) Formozinho e Anna Antônio em comparação com a UNESP – 11/12/2010

11/12	EE FORMOZINHO			EE ANNA ANTÔNIO			UNESP						
	THOM		OLGYAY	THOM		OLGYAY	THOM		OLGYAY		DIR. VENTO	VEL.	DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%				
1h	28,8	31,3	49	29,1	31,6	53	27,0	28,7	56	Nordeste – 3,6m/s			
3h	28,3	30,6	50	28,7	31,1	53	26,4	28	54				
5h	27,9	30	52	28,4	30,6	53	25,1	26,1	61				
7h	27,3	29,2	53	27,9	30	54	24,5	25,4	63				
9h	27,4	29,3	55	27,9	29,9	55	23,8	24,4	66				
11h	28,3	30,4	59	28,4	30,6	56	25,2	26,3	62				
13h	29,3	31,7	57	29,2	31,6	56	28,5	30,6	59				
15h	30,2	33,1	51	30,1	32,9	52	30,1	32,9	51				
17h	31,0	34,2	49	30,6	33,7	48	31,6	35,2	43				
19h	30,8	34	48	30,2	33,1	51	31,3	34,8	41				
21h	30,1	33	50	30,1	32,9	53	28,1	30,2	54				
23h	29,8	32,5	51	29,7	32,4	53	26,8	28,3	62				

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica continentalizada

Tabela 12 – Situações de desconforto térmico para o calor nas EE(s) Fantini e Placídio em comparação com a UNESP – 11/12/2010

11/12	EE FANTINI			EE PLACÍDIO			UNESP			DIR. VEL. DO VENTO
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	29,6	32,2	56	27,8	29,9	54	27,0	28,7	56	Nordeste – 3,6m/s
3h	29,3	31,8	55	27,6	29,6	54	26,4	28	54	
5h	29,0	31,4	55	27,4	29,3	54	25,1	26,1	61	
7h	28,7	31	55	27,3	29,1	55	24,5	25,4	63	
9h	28,4	30,6	55	27,2	29	55	23,8	24,4	66	
11h	28,4	30,6	57	27,8	29,7	59	25,2	26,3	62	
13h	28,6	30,8	58	28,5	30,7	58	28,5	30,6	59	
15h	29,1	31,4	58	28,3	30,4	56	30,1	32,9	51	
17h	29,8	32,3	58	28,6	30,9	54	31,6	35,2	43	
19h	30,3	33,1	57	28,8	31,1	54	31,3	34,8	41	
21h	30,6	33,4	57	28,6	30,9	56	28,1	30,2	54	
23h	30,4	33,2	57	28,5	30,7	57	26,8	28,3	62	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica continentalizada

A Carta Bioclimática confirmou as situações de desconforto térmico para o calor, nas unidades escolares e, também, demonstrou que, ao ar livre (UNESP), a situação era agravante, pois às 17h, a temperatura do ar era de 35,2°C, com 43% de umidade, caracterizando um “calor seco” e os valores muito próximos do limite suportável para um trabalho moderado.

Embora houvesse situações de desconforto para o calor, dentro das edificações, estas estavam servindo como abrigo para o calor proveniente do lado externo. Mas, mesmo assim, os valores internos encontravam-se elevados e havia a necessidade de ventilação intraescola, mesmo que a velocidade do vento, no período da manhã, tenha sido de 3,6m/s, no sentido nordeste.

No dia 12/12, a situação permaneceu. O desconforto natural teve início às 13h (12/12) e durou até 1h (13/12). Entre as 4h e 11h, com exceção da EE Hugo Miele, as escolas apresentaram desconforto térmico para o calor. Os maiores desconfortos foram evidenciados nas escolas Fantini, Omar Barreto, Foz e Anna Antônio (Tabela 11 e 12).

Destacam-se os valores apresentados na escola Arlindo Fantini, 35°C de temperatura do ar com 49% de umidade relativa. Esses valores, de acordo com a Carta Bioclimática, ultrapassaram o limite condizente para a realização de um trabalho moderado, demonstrando um ambiente extremamente desconfortável (quente e seco) e comprometedor para o organismo humano.

Nas demais escolas (José Foz, Omar Barreto e Anna Antônio), a situação foi similar; as condições de conforto térmico não foram boas e o ambiente mostrou-se extremamente desconfortável para o calor (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13 – Situações de desconforto térmico para o calor nas EE(s) em comparação com a UNESP – 12/12/2010

12/12	EE FANTINI			EE JOSÉ FOZ			UNESP			DIR. VEL. DO VENTO
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	30,2	32,9	57	29,4	32	54	26,9	28,5	61	Nordeste – 1,6m/s
3h	29,9	32,5	57	29,3	31,8	55	25,9	27,1	66	
5h	29,6	32,1	58	29,2	31,6	56	25,1	25,9	74	
7h	29,2	31,6	58	28,9	31,2	57	25,0	25,7	76	
9h	29,0	31,3	59	28,9	31,2	58	23,8	24	87	
11h	29,4	31,7	62	29,4	31,8	57	25,6	26,5	76	
13h	29,6	32	61	29,9	32,6	54	28,9	31,1	62	
15h	30,0	32,7	57	30,3	33,2	51	30,0	32,9	48	
17h	31,0	34,1	52	30,4	33,4	49	31,4	35,1	39	
19h	31,6	35	49	30,5	33,5	49	31,2	34,6	43	
21h	31,5	34,7	53	30,2	33	52	30,5	33,7	43	
23h	31,3	34,5	54	30,1	32,9	52	29,0	31,5	51	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
 Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica continentalizada

Tabela 14 – Situações de desconforto térmico para o calor nas EE(s) Omar Barreto e Anna Antônio em comparação com a UNESP – 12/12/2010

12/12	EE OMAR BARRETO			EE ANNA ANTÔNIO			UNESP			DIR. VEL. DO VENTO
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	30,0	32,8	53	29,3	31,8	55	26,9	28,5	61	Nordeste – 1,6m/s
3h	29,7	32,3	53	29,1	31,5	56	25,9	27,1	66	
5h	29,4	31,9	54	28,7	31	57	25,1	25,9	74	
7h	29,0	31,4	55	28,5	30,6	59	25,0	25,7	76	
9h	29,4	31,9	56	28,5	30,6	61	23,8	24	87	
11h	29,5	32	59	29,0	31,2	61	25,6	26,5	76	
13h	30,2	32,9	57	29,6	32,1	57	28,9	31,1	62	
15h	30,7	33,6	54	30,0	32,7	53	30,0	32,9	48	
17h	31,2	34,4	52	30,0	32,8	52	31,4	35,1	39	
19h	31,5	34,8	51	30,3	33,2	52	31,2	34,6	43	
21h	31,3	34,5	51	30,2	33	53	30,5	33,7	43	
23h	31,0	34,1	52	30,0	32,7	54	29,0	31,5	51	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
 Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica continentalizada

Ainda nesses dias (11 e 12/12), as condições atmosféricas eram de aquecimento pré-frontal, pois no dia 13/12 uma frente fria avançou pelo Estado de São Paulo trazendo para o oeste

paulista muita nebulosidade, calor intenso durante a noite e ocorrência de chuva (período da manhã). No amanhecer do dia 14/12, houve fortes pancadas de chuva, entre as 9h e 12h; no decorrer do dia, o céu ficou coberto por nuvens, com vento e temperatura em declínio. Entre os dias 14 e 16/12, as temperaturas efetivas estiveram dentro da zona de conforto térmico e foram observadas situações de desconforto térmico para o frio na UNESP (Tabela 15).

Tabela 15 – Situações de conforto térmico calor nas EE(s) Omar Barreto e Arlindo Fantini em comparação com a UNESP – 14/12/2010

14/12	EE OMAR BARRETO			EE ARLINDO FANTINI			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	25,5	27	53	25,6	26,8	53	18,5	17,3	84	Sudoeste – 0,7m/s
3h	25,1	26,7	53	25,4	26,3	53	18,5	17,3	82	
5h	24,7	26,2	53	25,0	25,8	53	18,1	16,8	84	
7h	24,3	25,9	53	24,8	25,2	54	17,8	16,4	83	
9h	24,0	25,5	53	24,5	24,8	56	17,6	16,2	84	
11h	23,9	25,4	54	24,4	24,6	58	18,0	16,7	84	
13h	23,7	25,1	55	24,2	24,4	60	18,7	17,6	83	
15h	23,9	25,4	55	24,4	24,6	60	19,6	18,8	81	
17h	24,4	25,6	56	24,6	25,2	61	20,9	20,6	71	
19h	24,3	25,4	56	24,4	25,2	60	21,0	20,7	73	
21h	23,8	25	61	24,2	24,4	66	20,7	20,3	75	
23h	23,8	24,6	60	23,9	24,4	65	19,2	18,1	92	

■ Desconforto para o calor
 ■ Desconforto para o frio
 ■ Conforto térmico
 ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Frente estacionária

A partir do dia 15/12, e até 19/12, houve a formação da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), que ocasionou céu coberto por nuvens, poucas aberturas de sol, vento de fraco a moderado, chuvisqueiros e garoa. Em vários momentos do dia, a temperatura esteve baixa, em relação aos dias anteriores, como se observa nos valores apresentados pela UNESP.

Na primavera, os materiais construtivos das edificações escolares mostraram-se extremamente eficientes na faixa de temperatura entre 18°C e 22°C, com umidade relativa acima dos 80%, nas quais as edificações cumpriram com a sua função de abrigo, gerando, assim, situações de conforto térmico. Mas, na grande maioria dos dias estudados, as temperaturas intraescolas estiveram acima de 28°C e as edificações escolares serviram como verdadeiras “bombas térmicas”, gerando várias horas de desconforto térmico, que se mantiveram por vários dias, continuamente, como se observa nas tabelas 23 e 24, que representam os dias 12/12 e 13/12, consecutivamente.

Nota-se nessas tabelas 16 e 17 situações de conforto térmico apenas ao ar livre (Unesp), entre as 5h e as 11h, e nas demais edificações estudadas desconforto para o calor, com temperaturas efetivas acima dos 30°C, durante a tarde e no decorrer da noite (após o fechamento da escola).

Tabela 16 – Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a Unesp no dia 12/12/2010 – Situações de desconforto térmico para o calor

	Foz	Fantini	Miele	Placídio	Ana Ant.	Formoz.	M ^a .Luiza	O. Barreto	Sarrion	Unesp
1h	28,8	29,6	26,5	27,8	29,1	28,8	27,1	29,3	28,4	27,0
3h	28,6	29,3	26,4	27,6	28,7	28,3	27,1	28,9	28,1	26,4
5h	28,4	29,0	26,2	27,4	28,4	27,9	26,9	28,5	27,9	25,1
7h	28,2	28,7	26,3	27,3	27,9	27,3	26,8	28,1	27,6	24,5
9h	28,3	28,4	26,6	27,2	27,9	27,4	26,7	28,3	27,6	23,8
11h	28,8	28,4	27,0	27,8	28,4	28,3	26,8	28,7	28,0	25,2
13h	29,4	28,6	27,0	28,5	29,2	29,3	27,0	29,5	28,3	28,5
15h	29,9	29,1	27,2	28,3	30,1	30,2	27,3	30,1	28,6	30,1
17h	30,3	29,8	26,6	28,6	30,6	31,0	27,6	30,7	29,0	31,6
19h	30,1	30,3	26,3	28,8	30,2	30,8	27,6	30,9	29,1	31,3
21h	29,7	30,6	26,0	28,6	30,1	30,1	27,6	30,7	28,8	28,1
23h	29,6	30,4	25,9	28,5	29,7	29,8	27,6	30,3	28,7	26,8

■ Desconforto para o calor
 ■ Desconforto para o frio
 ■ Conforto térmico
 ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica tropicalizada

Tabela 17 – Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a Unesp no dia 13/12/2010 – Situações de desconforto térmico para o calor

	Foz	Fantini	Miele	Placídio	Ana Ant.	Formoz.	M ^a .Luiza	O. Barreto	Sarrion	Unesp
1h	29,4	30,2	25,7	28,4	29,3	29,3	27,6	30,0	28,6	26,9
3h	29,3	29,9	25,6	28,2	29,1	29,0	27,6	29,7	28,5	25,9
5h	29,2	29,6	25,5	28,1	28,7	28,6	27,5	29,4	28,4	25,1
7h	28,9	29,2	24,7	27,9	28,5	28,1	27,5	29,0	28,2	25,0
9h	28,9	29,0	25,5	27,8	28,5	28,0	27,3	29,4	28,3	23,8
11h	29,4	29,4	26,3	28,1	29,0	28,7	27,4	29,5	28,6	25,6
13h	29,9	29,6	26,7	28,9	29,6	29,7	27,6	30,2	28,8	28,9
15h	30,3	30,0	27,5	28,7	30,0	30,5	27,7	30,7	29,0	30,0
17h	30,4	31,0	27,0	29,0	30,0	31,1	28,0	31,2	29,4	31,4
19h	30,5	31,6	26,7	29,3	30,3	31,4	28,1	31,5	30,3	31,2
21h	30,2	31,5	26,6	29,3	30,2	31,0	28,1	31,3	29,6	30,5
23h	30,1	31,3	26,4	29,3	30,0	30,6	28,2	31,0	29,5	29,0

■ Desconforto para o calor
 ■ Desconforto para o frio
 ■ Conforto térmico
 ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica tropicalizada

Os sistemas atmosféricos atuantes foram, também, relevantes para a definição das condições de conforto térmico. No outono, a massa de ar polar, depois de uma frente fria, provocou

diminuição na temperatura do ar o que acarretou situações de desconforto térmico para o frio, no interior das edificações escolares. No decorrer dos dias com o enfraquecimento do ar polar e sua tropicalização houve elevação das temperaturas externas o que proporcionou condições de conforto térmico. E ainda, na formação de cavados, com nebulosidade e processo de evaporação mais intenso houve condições de conforto térmico (Quadro 3).

Na primavera, durante a atuação do anticiclone tropical atlântico (tropicalizado) e do aquecimento pré-frontal (Quadro 3) houve elevação da temperatura externa (ar livre) e por consequência, desconforto térmico para o calor nas edificações. Em contrapartida, durante a passagem da frente fria e da formação de zonas de convergência, que provocaram aumento na nebulosidade e precipitação, houve declínio nas temperaturas externas e situações de conforto térmico no interior das escolas.

Quadro 3: Síntese dos sistemas atmosféricos atuantes e as condições de conforto térmico observadas, no outono e na primavera de 2010

Sistema atmosférico	Situação do conforto térmico	Estação do ano
Polar Atlântica	 Desconforto para o frio	Outono
Polar Atlântica (tropicalizada), aquecimento pré-frontal e atuação dos cavados (nebulosidade)	 Conforto térmico	Outono
Tropical atlântica tropicalizada e aquecimento pré-frontal	 Desconforto para o calor	Primavera
Frentes frias; Zonas de convergência de umidade (nebulosidade e precipitação)	 Conforto térmico	Primavera

Para concluir, os quadros 4 e 5 oferecem uma síntese das situações de conforto e desconforto térmico (frio ou calor) observadas nas escolas estaduais em cada período do dia (manhã, tarde e noite), nos dois períodos estudados (outono e primavera).

Através dessa síntese, é possível observar o padrão predominante de conforto térmico apresentado em cada unidade escolar em comparação com a UNESP. Na UNESP, no final da tarde e início da noite ocorreram, em alguns dias, situações de desconforto para o frio (outono) e desconforto para o calor (primavera).

Nas escolas, no outono, houve predomínio de conforto térmico, com algumas situações de desconforto térmico para o frio (Quadro 4).

Quadro 4 - Situações de conforto térmico nas escolas estaduais pesquisada, no outono de 2010.

	MANHÃ	TARDE	NOITE
M ^a Luiza Bastos			
Formozinho			

Sarrion			
Placídio			
José Foz			
Tannel			
Anna Antônio			
Miele			
Fantini			
O. Barreto			
Unesp			 
	 Desconforto para o calor	 Desconforto para o frio	 Conforto térmico

Na primavera, houve predomínio de desconforto para o calor, durante a tarde e noite como se observa no quadro 5.

Quadro 5 - Situações de conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente, na primavera de 2010.

	MANHÃ	TARDE	NOITE
Mª Luiza Bastos			
Formozinho			
Sarrion			
Placídio			
José Foz			
Tannel			
Anna Antônio			
Miele			
Fantini			
O. Barreto			
Unesp			 
	 Desconforto para o calor	 Desconforto para o frio	 Conforto térmico

Alguns fatores foram decisivos para as situações térmicas encontradas nas edificações escolares, tais como a orientação (exposição) solar das edificações escolares, a quantidade de radiação solar incidente (fachadas e os sombreamentos), os materiais construtivos, o tipo de climatização natural (iluminação, a ventilação - janelas e portas) e o calor proveniente dos corpos.

A análise conjunta de todo o material produzido, mostraram situações de conforto térmico, desconforto térmico para o frio e para o calor (outono) e desconforto térmico para o calor (primavera).

No outono, as situações de conforto térmico ocorreram, na maioria dos dias pesquisados, demonstrando que a orientação geográfica associada à exposição solar, os materiais construtivos (paredes de alvenaria, cobertura de fibrocimento, teto de laje, madeira ou PVC) e o tipo de climatização (ventilação, iluminação e vidraças do tipo basculante) dessas unidades escolares estavam adequados para garantir o bem estar à clientela escolar, em situações naturais de temperaturas mais baixas.

Mas, situações de desconforto térmico para o frio foram observadas, principalmente nas madrugadas e manhãs, e foram associadas à exposição de vertentes e orientação da edificação da escola. Isto é, pela manhã a penetração dos raios solares pelas vidraças ficou prejudicada e, posteriormente, o aquecimento do interior escolar, pela falta de incidência de radiação solar. Somadas a isso estão as situações naturais de desconforto para o frio, ocasionadas pelos sistemas atmosféricos atuantes nessa época do ano (passagens de frentes frias seguidas de incursões de massas de ar Polar).

As situações de desconforto para o frio, no Formozinho, foram consequências da edificação escolar estar localizada numa área de média vertente com exposição para oeste, o que dificulta a chegada e a penetração dos raios solares nas paredes e nas vidraças. Ou seja, no período da manhã, há demora no aquecimento dos materiais construtivos do prédio escolar.

A edificação apresenta telhado externo de fibrocimento e revestimento interno de laje; paredes de alvenaria e vidraças grandes do tipo basculante. Apresenta alta quantidade de vegetação arbórea de grande porte, bem como nos arredores da escola (quintais e calçadas), bloqueando ainda mais a luz solar matutina.

Em decorrência de condições naturais de desconforto para frio é conveniente que a radiação solar atinja as paredes, o telhado e atravesse as vidraças penetrando no interior da edificação, no início da manhã, para que haja um aporte de calor no interior do prédio, o que geraria melhores condições no conforto térmico interno.

O desconforto para o calor durante o outono ocorreu na EE Placídio Braga Nogueira, em alguns dias e no período da tarde. O fato pode ser explicado a partir da orientação da edificação e sua exposição de fachadas. A escola apresenta a orientação geográfica de nordeste para sudoeste e as fachadas das janelas de sudeste (“sol da manhã”) e noroeste (“sol da tarde”). A fachada noroeste mostra-se ruim do ponto de vista energético, durante o período do outono e inverno, pois há um aporte de radiação solar incidente do decorrer da tarde. Além disso, a escola está localizada em uma área de topo e não há edificações que auxiliem no seu sombreamento.

Na pesquisa de primavera, os resultados foram bem diferentes, porque as situações de desconforto térmico para o calor foram maioria e extremas, entre as escolas pesquisadas. Praticamente, todas as escolas apresentaram desconforto para o calor, em todos os dias e horários. No entanto, é importante destacar que esses valores foram, ainda, mais desconfortáveis em duas escolas – a EE Prof. Arlindo Fantini e EE Dr. José Foz. Durante o outono, essas escolas apresentaram temperaturas efetivas dentro da zona de conforto térmico de 18,9°C a 25,6°C, faixa proposta por THOM.

A escola Arlindo Fantini tem como características fundamentais: altitude de 431m, em uma área próxima ao fundo de vale com exposição de vertente para oeste; há pouca vegetação arbórea de grande porte, com algumas áreas de gramados e calçamentos de concreto; as edificações são cobertas, externamente, por telhas de fibrocimento e internamente é revestida por laje, com paredes de alvenaria pintadas.

A unidade escolar Dr. José Foz apresenta como peculiaridades: altitude de 452m, numa área de topo; pouca vegetação arbórea de grande porte, com apenas pequenos gramados entre calçamentos de concreto; a estrutura é coberta, exteriormente, por telhas de fibrocimento e internamente por forro de PVC; vidraças do tipo basculante de tamanho médio; paredes de alvenaria pintadas.

As duas escolas citadas possuem orientação geográfica de norte para sul nas suas edificações e as fachadas em que estão dispostas as janelas uma exposição solar para leste (“sol da manhã”) e oeste (“sol da tarde”). Esse tipo de exposição é considerada imprópria durante o equinócio (outono e primavera). Com ressalvas, no período da manhã, em condições atmosféricas de temperaturas mais baixas é relevante o acréscimo de calor para o conforto intraescolar, mas no período da tarde, em situações de temperatura elevada, não é interessante esse aporte de radiação que pode chegar a 673 w/m², às 16h.

A EE Placídio Braga Nogueira também apresentou desconforto para o calor durante a pesquisa de primavera. Tanto no outono como na primavera os materiais construtivos tiveram

importância nas condições térmicas intraescola. No outono, eles serviram como isolante para o frio, mas, na primavera não apresentaram desempenho térmico satisfatório, pois as temperaturas efetivas estiveram fora da zona de conforto, provocando desconforto para o calor, o que demonstrou que os materiais empregados na construção escolar (paredes de alvenaria, cobertura de telhas de fibrocimento, calçamentos de concreto) precisam ser revistos, devido a sua elevada inércia térmica.

O desconforto térmico para o calor, em todas as escolas pesquisadas, ocorreu principalmente entre o final da tarde e o decorrer da noite, perdurando até início da manhã. Esse fato condiz com muitos resultados de trabalhos de clima urbano, os quais apontam as magnitudes máximas das ilhas de calor durante a noite, pois durante esse período, os materiais constituintes (edificações, calçamentos, ruas pavimentadas) do meio urbano retêm mais calor do que as áreas rurais.

Desta forma, o mesmo desempenho térmico do ambiente urbano, foi observado nas edificações escolares, com um fator agravante, a escola estava fechada, o que dificultou a ventilação noturna. Nesse sentido, o calor armazenado no dia anterior permanece “confinado” no interior escolar até a próxima manhã, de tal modo que, entre o final da tarde e o início da manhã seguinte, as escolas podem ser comparadas a verdadeiras “bombas térmicas”.

Cabe ressaltar as contribuições do sistema de iluminação e do calor proveniente dos seres humanos para o conforto térmico nas edificações escolares, pois estes também contribuíram para o aporte de calor interno, importantes em dias frios e desnecessários em dias quentes. Desse modo, em dias quentes o sistema de ventilação deve ser eficiente para dissipar o calor, para o ambiente externo.

De forma resumida, as variáveis mais relevantes para o conforto interno das edificações escolares foram a oscilação solar diária e anual (estações) associadas às condições sinóticas. Logo, no decorrer dos dias do outono com menor incidência de radiação solar, as incursões de sistemas polares fizeram com que as temperaturas declinassem e influenciassem as temperaturas efetivas internas, provocando desconforto para o frio. Na primavera, com o aumento da radiação solar incidente, durante o aquecimento pré-frontal e atuação da massa Tropical continental, as temperaturas efetivas atingiram o seu máximo, provocando desconforto para o calor.

As características do clima local, também foi um fator importante quanto ao desempenho térmico das escolas. Os sistemas atmosféricos atuantes tiveram papel decisivo nas situações de conforto térmico, pois influenciaram diretamente na eficiência térmica dos materiais construtivos e na quantidade de radiação solar incidente nos planos verticais (fachadas – paredes de alvenaria) e horizontais (telhados – fibrocimento, revestimento do piso - concreto), e ainda, na direção e

velocidade dos ventos e nos valores de umidade do ar.

Associada aos efeitos térmicos dos materiais construtivos está a vegetação. Quando a sua presença e quantidade arbórea foram satisfatórias, a vegetação serviu como um atenuante para as situações de desconforto para o calor, como, por exemplo, na EE Hugo Miele. Mas, a inexistência ou a pouca presença de vegetação contribuiu para o aumento do calor intraescola, como ocorreu na EE Placídio Braga Nogueira.

A ventilação empregada nas edificações escolares não se mostrou eficiente, uma vez que havia sempre a necessidade de ventilação para a melhoria nas condições térmicas no interior escolar. O sistema de ventilação (ação dos ventos, efeito chaminé) em todas as escolas não contribuiu para a manutenção do conforto térmico intraescola, mesmo com a utilização dos ventiladores (ventilação forçada). As janelas do tipo basculantes (em tamanhos diferenciados) mostraram-se pouco eficientes nas trocas térmicas entre o ambiente fechado e o exterior.

O uso e a ocupação do solo também se mostraram relevantes, pois a escola não é uma edificação isolada e ela faz parte de todo um contexto local e urbano, interagindo com os atributos pertencentes ao bairro.

De forma conclusiva, no outono, seis escolas apresentaram-se com seus ambientes totalmente confortáveis, são elas: Hugo Miele, Maria Luíza Bastos, Sarrion, José Foz, Fantini, e Omar Barreto. Na primavera, mesmo com temperaturas efetivas acima da zona de conforto, três das seis escolas acima citadas, mostraram-se mais confortáveis, pela ordem, Hugo Miele, Maria Luíza Bastos e Sarrion. Os fatores positivos e condicionantes do conforto térmico, na primavera, foram: no Miele e no Sarrion a quantidade significativa de vegetação arbórea de grande porte em seu entorno e ainda, no caso do Miele, a exposição das fachadas para o norte (manhã) e sul (tarde). Esses dois fatores favorecem na diminuição da radiação solar incidente.

Esse estudo concluiu que as condições de conforto térmico, nas escolas estaduais de Presidente Prudente, nem sempre são satisfatórias e condizentes com as atividades nelas realizadas, pois, o padrão construtivo não é apropriado para o clima da região. No geral, as edificações escolares estudadas, com os seus materiais construtivos associados à vegetação, ao sistema de ventilação e ao uso e ocupação do solo, mostraram-se adequadas para a faixa climática entre 18°C e 28°C, com uma variação higrométrica entre 40% e 70%. Valores abaixo de 18°C apresentaram-se desconfortáveis para o frio; e os valores acima de 28°C, desconfortáveis para o calor, dependendo do sistema atmosférico atuante.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas são as discussões e os esforços que envolvem essa questão da paisagem urbana e seu clima próprio. A sociedade contemporânea busca alternativas para diminuir os impactos ambientais gerados pelo crescimento das cidades e pelo grande consumo de fontes energéticas (derivados do petróleo, eletricidade).

Desta forma, os estudos sobre ambiência urbana focados no conforto ambiental (térmico) são importantes para subsidiarem o entendimento das mudanças causadas no ambiente urbano, pois abrangem as características construcionais, microclimáticas e, também, consideram as alterações na escala local - a cidade e suas edificações constituintes, suas fontes consumidoras de energia e suas fontes poluidoras -, necessárias para a sobrevivência dos seres humanos, que buscam viver com maior comodidade possível.

Assim, no caso de Presidente Prudente, as edificações devem apresentar materiais constituintes apropriados para o isolamento, seja para o ganho ou perda de calor; é importante considerar a orientação geográfica dos prédios/edificações, bem como a exposição de suas fachadas, para garantir luminosidade e aporte de calor quando necessário (períodos de menor temperatura do ar); investir na presença de vegetação arbórea de grande porte no interior dos terrenos e próximas das construções escolares para que produzam sombras, principalmente, no período da tarde; e apropriar um sistema de ventilação, a partir de aberturas (janelas) mais adequadas, que maximizem a ação dos ventos no edifício escolar, garantindo, assim, as trocas térmicas entre o interior e o exterior, principalmente, no final da tarde e decorrer da noite.

Em suma, ao se construir as edificações, estas devem se adequar ao clima local para propiciar ao homem situações de conforto térmico. A arquitetura deve tanto amenizar as sensações de desconforto, tais como muito calor ou frio, como também propiciar ambientes internos similares ao ar livre, quando confortável e desejável.

No caso das escolas estaduais de Presidente Prudente, a atenção deveria ser maior, pois são espaços construídos relativamente grandes e que atendem a um fim muito importante - a educação. Os resultados encontrados junto aos alunos da EE Prof. Placídio Braga Nogueira apontaram que durante a primavera, no período vespertino, a temperatura estava afetando o comportamento e rendimento dos discentes, fato que pode ser comprovado em um dia normal de aula, por relatos de professores.

O ideal seria que a política construcional das escolas fosse realizada a partir de uma arquitetura bioclimática, privilegiando as variáveis ambientais e climáticas locais (radiação solar, umidade e ventos), necessárias para uma boa climatização natural intraescola. Para a latitude (22°S)

de Presidente Prudente recomenda-se adotar como estratégias projetuais o controle da radiação solar, do vento e da umidade.

A radiação solar direta deve ser evitada em todas as superfícies (verticais e horizontais) durante as estações mais quentes e no decorrer da tarde, mesmo no outono e inverno. Esse controle pode ser realizado a partir da presença de elementos naturais (diferentes tipos de vegetação) e de elementos artificiais (*brizes*, cortinas, toldos).

A ação dos ventos é satisfatória durante todo o ano, mas deve ser controlada, de acordo com as condições do tempo atmosférico e da estação do ano, principalmente no outono e inverno. As maiores (principais) fachadas, principalmente aquelas em que se encontram as janelas, devem estar voltadas para o norte e sul, para um maior controle da radiação solar incidente. A presença de vegetação é sempre relevante, principalmente porque influencia diretamente na umidade do ar e no controle da radiação solar incidente, principalmente nas paredes. O controle desses três elementos condiciona diretamente a temperatura do ar de um local, assim determinando as condições de conforto térmico.

Utilizar uma arquitetura bioclimática é garantir condições de conforto para os seres humanos que habitam esses recintos, e ainda, solucionar problemas, como dos gastos energéticos (eletricidade), pois edificações que apresentam eficiência energética satisfatória conseguem diminuir o consumo de energia elétrica, pelo pouco uso da climatização artificial (ventiladores e condicionadores de ar).

Assim, um desenho arquitetônico apropriado a cada realidade (ambiental, social e cultural) pode contribuir para um habitat mais saudável e equilibrado. Mas, cabe salientar que nem sempre uma “arquitetura bioclimática” é suficiente para atender as necessidades climáticas de uma determinada região, como a de Presidente Prudente, que apresenta temperaturas externas elevadas, acima dos 30°C, praticamente no decorrer do ano todo, independente da estação do ano. Desta forma, em alguns momentos é/seria necessário a utilização de climatização artificial (ar condicionado), para manter as condições de conforto térmico intraedificação.

Nesse caso da climatização artificial cabe ao poder público prever esse tipo de necessidade durante a elaboração e execução da construção de uma edificação escolar. E ainda, compreender que essa é uma condição de saúde pública.

De uma maneira conclusiva este trabalho apresenta um referencial teórico necessário para o entendimento das condições climáticas e de conforto térmico intraedificação, bem como, alternativas e sugestões que deveriam ser adotadas pelo poder público no momento da construção

de novas unidades escolares, ou na reforma das mesmas, para garantir condições de conforto térmico e de qualidade de vida para a clientela escolar.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, M.C.C.T. *O clima urbano de Presidente Prudente/SP*. São Paulo, 2000. 378p. Tese (Doutorado em Geografia) - FFLCH - USP.
- AROTZEGUI, J.M. *Parâmetros de conforto térmico em Porto Alegre*. Porto Alegre: UFRGS. 1997
- AZEVEDO, G.A.N e BASTOS L.G. *Qualidade de vida nas escolas: produção de uma arquitetura fundamentada na interação usuário-ambiente*. In: Anais do seminário internacional psicologia e projeto do ambiente construído. Rio de Janeiro: PROARQ/EICOS/IP/UFRJ, 2000.
- AZEVEDO, G.A.N. *Arquitetura escolar e educação: um modelo conceitual de abordagem interacionista*. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro/RJ. 2002
- BOLETIM INFOCLIMA 2010. Disponível em: <http://infoclima1.cptec.inpe.br>. Acesso em junho de 2011.
- FERREIRA, F.L. e PRADO, R.T.A. Medição do albedo e análise de sua influência na temperatura superficial dos materiais utilizados em coberturas de edifícios no Brasil. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: EDUSP. 2003
- BELTRAME, M.B. e MOURA, G.R.S. *Edificações: infra-estrutura necessária ao processo de ensino e aprendizagem*. Revista Travessias. 2009. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/travessias/article/download/.../2663>. Acesso em julho de 2012.
- CAMARGO, C.E.S. *Qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente/SP*. Presidente Prudente: [s.n.], 2007. (Dissertação de mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia/UNESP/Campus de Presidente Prudente.
- CARTANA, R. *Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico: estudo de caso em Florianópolis/SC*. Universidade Federal de Santa Catarina/Curso de pós-graduação em arquitetura. 2005 (Dissertação de Mestrado) 163p. Disponível em http://www.labcon.ufsc.br/pos_dissertacoes.php. Acesso em março de 2010.
- CARVALHO, V.F.M. de. *Contributos bioclimáticos para o planejamento urbano sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas*. Porto, 2006. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Projecto do Ambiente Urbano) – Faculdade de Letras da Universidade do Porto – Portugal.
- CUNHA, E. G. (org). *Elementos de Arquitetura e de Climatização Natural: método projetual buscando eficiência nas edificações*. Porto Alegre: Masquatro, 2006.
- DELIBERADOR, M. S. *O processo de projeto de arquitetura escolar no Estado de São Paulo: caracterização e possibilidades de intervenção*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. FEC/Unicamp, 2010. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000776591>
- FROTA, A.B. & SCHIFFER, S.R. *Manual do Conforto Térmico*. 4ª ed. São Paulo: Studio Nobel. 2003
- GONÇALVES, H. *O sol nos edifícios*. Rio de Janeiro, Lemos. 1955
- LAGE, A.C.P. *Arquitetura escolar*. 2005. Disponível em: http://www.histedbr.fae.unicamp.br/navegando/glossario/verb_c_arquitetura_escolar.htm. Acesso em 19 de dezembro de 2011.
- LOMBARDO, M.A. (1985). *Ilha de Calor nas metrópoles: O exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec. 1985.244p.

- MASCARÓ, L e MASCARÓ, J.J. *Ambiência urbana*. 3ªedição, Porto Alegre:Masquatro Editora.2009
- MESQUITA, A.L.S. *Engenharia de ventilação*. São Paulo: Edgar Blucher, 1977.
- MONTEIRO, C.A de F. *Teoria e clima urbano*. São Paulo: IGEOG/USP, 181p. (Série teses e Monografias, 25). 1976
- MONTEIRO, C.A de F. Teoria e clima urbano. In: *Clima Urbano*. São Paulo:Contexto: 9-68. 2003
- OLGYAY, V. (1963). *Arquitectura y clima: Manual de diseno bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial, Gustavo Gili: Barcelona. 1963
- SANT'ANNA NETO, J.L. e TOMMASELLI, J.T. *Boletim Climatológico*. Volume 1.2009
- SANTOS, M. *Metamorfoses do espaço habitado*. 2ªed. São Paulo:Hucitec.1991
- SANTOS, M. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Edusp, 2004.
- SOUZA, Rosa Fátima. *Templos de civilização. A implantação da escola primária graduada no Estado de São Paulo (1890-1910)*. São Paulo: UNESP, 1998.
- THOM, E.C. *The discomfort index*. *Wetherwise*: 2:57-60. 1959