

RECOMENDAÇÕES DE PROJETO DE ARQUITETURA VISANDO O CONFORTO TÉRMICO E A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES

Amilcar J. Bogo

Arquiteto e Urbanista – M.Sc. - Laboratório de Conforto Ambiental –LACONFA
Departamento de Arquitetura e Urbanismo - Universidade Regional de Blumenau – FURB
Rua Antônio da Veiga, 140 – CP 1507 Blumenau SC Fone 47 321 0273 Fax 322 8818
e-mail: arqbogo@furb.br

RESUMO

Neste trabalho é apresentado uma análise climática simplificada do clima de Florianópolis SC através do método das Tabelas de Mahoney adaptado, com definição de recomendações de projeto de arquitetura, juntamente com as principais conclusões e recomendações para o projeto de salas de aula com base nos resultados encontrados nas análises desenvolvidas no trabalho Análise de Desempenho Térmico e Verificação do Potencial de Utilização da Iluminação Natural em Edificações Escolares. Com estas duas análises apresentadas, foram definidas e analisadas criteriosamente, as recomendações para o projeto de salas de aula em escolas, visando o conforto térmico dos ocupantes e a conservação de energia.

Palavras-chave: conforto térmico, escolas, conservação de energia, projeto de arquitetura.

1. INTRODUÇÃO

A arquitetura, manifestação física das diferentes necessidades do ser humano quanto ao ambiente construído, deve atender uma série de requisitos, como os estéticos, funcionais, formais, sócio-culturais, econômicos e os requisitos diretamente relacionados à habitabilidade dos espaços, como os de conforto ambiental.

Já na antigüidade, existem referências claras e importantes destes requisitos de conforto ambiental, como aqueles integrantes das qualidades que a arquitetura devia possuir, segundo Vitrúvio (século I AC), arquiteto romano autor de *Os Dez Livros de Arquitetura*, ou seja: durabilidade, conveniência e estética (DEL RIO, 1996). Os Aspectos de conforto ambiental, inserem-se na qualidade da conveniência, ou seja, nas condições de utilização dos ambientes.

Para as edificações escolares, a adoção de uma arquitetura comprometida com o ser humano através da incorporação de estratégias arquitetônicas que visem claramente o conforto térmico dos usuários e a conservação de energia, permite melhores condições de habitabilidade destes espaços e contribui para um processo educativo de responsabilidade social das práticas arquitetônicas, que devem estar adequadas ao seu tempo e necessidades sociais.

Logo, para as escolas assume importância as condições de conforto térmico interior, pelo desempenho térmico das edificações, este relacionado à forma da edificação, orientação das aberturas, dimensão e posicionamento destas nas paredes, proteções solares nas aberturas, materiais utilizados em paredes, piso e cobertura, área externa. Em relação à utilização da luz natural nas salas de aula, deve-se analisar

o tipo, dimensão, posicionamento e orientação das aberturas, tipo de vidro, elementos de proteção solar das aberturas, as características refletivas interiores e o projeto do sistema de iluminação artificial (projeto luminotécnico).

Diagnosticar o clima de determinada região e cidade, mesmo que inicialmente de forma simplificada, permite a definição de estratégias conceituais de conforto a serem utilizadas na arquitetura, com as adiante apresentadas para Florianópolis SC, visando o conforto térmico e a conservação de energia para as edificações escolares (salas de aula), fatores estes promotores de uma melhor qualidade de vida.

Neste sentido, o trabalho deste autor quando da realização do mestrado (BOGO, 1996), realizado sobre análise do desempenho térmico e verificação do potencial de uso da iluminação natural para edificações escolares, identificou estratégias de projeto de arquitetura para as salas de aula em edificações escolares, que juntamente com as diretrizes gerais de projeto definidas pelo método das Tabelas de Mahoney aplicado para Florianópolis, permitem reunir um conjunto de recomendações de projeto de arquitetura visando o conforto térmico e a conservação de energia em edificações escolares.

2. ANÁLISE CLIMÁTICA DE FLORIANÓPOLIS

A avaliação climática de Florianópolis, determinando as estratégias de condicionamento térmico e recomendações de arquitetura, foi realizada através do programa computacional Arquitrop 3.0 - Sistema Integrado de Rotinas e Banco de Dados para Apoio às Atividades de Projeto em Arquitetura e Engenharia visando Conforto Térmico e Economia de Energia em Edificações, (RORIZ e BASSO, 1995). Este programa, possui implementado num dos seus módulos (projeto-avaliação/recomendações), recomendações para projeto com base no método das Tabelas de Mahoney adaptado, possibilitando a análise para diferentes cidades brasileiras.

A utilização deste programa aplicando o Método das Tabelas de Mahoney para Florianópolis, permite rapidamente uma avaliação qualitativa inicial das necessidades da arquitetura em relação a sua adaptação climática.

O método das Tabelas de Mahoney, é citado por (KOENIGSBERGER et al.,1977), (MASCARÓ, 1983), como um método para análise climática simplificada envolvendo as variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa do ar, chuvas e ventos, segundo suas condições médias mensais, definindo recomendações em termos de partido geral e detalhe de elementos de arquitetura. Já (AROZTEGUI, 1977), cita que é um método muito apropriado para a primeira aproximação na definição do clima.

Diversos trabalhos adotaram os procedimentos do método de Mahoney para aplicação em termos de análise térmica de ambientes, como (BAHIA, 1997), (OLIVEIRA, 1990), (AROZTEGUI, 1977), aplicando-o para locais específicos, como Rio de Janeiro, Iguaba Grande RJ e Porto Alegre, respectivamente.

Cabe ressaltar que as recomendações apresentadas no programa Arquitrop 3.0 são recomendações resumidas de projeto (implantação, aberturas, paredes, cobertura), diferentemente das apresentadas pela aplicação criteriosa do método das Tabelas de Mahoney, onde são definidas recomendações gerais para implantação das edificações (partido geral) e recomendações para o projeto de elementos das edificações, permitindo uma melhor avaliação qualitativa.

No Método de Mahoney são analisadas as variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa do ar, chuvas e ventos, segundo suas condições médias mensais, definindo recomendações em termos de partido geral e detalhe de elementos de arquitetura. No programa utilizado, as variáveis climáticas analisadas para o clima de Florianópolis são referentes majoritariamente ao período de 1931-1960, tendo como fonte o INMET - Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura e a Diretoria de Rotas Aéreas do Ministério da Aeronáutica.

Considerando que o método é de análise qualitativa, este não permite variações de escolha dentro de um mesmo tema, oferecendo então um único modelo de solução para o tipo climático estudado, sem

considerar o uso da edificação; no entanto, para as etapas de projeto geral e estudo preliminar, fornece informações de grande utilidade, em nível de recomendações conceituais de projeto de arquitetura e urbanismo.

2.1 Arquivo climático de Florianópolis utilizado pelo programa Arquitrop 3.0

O arquivo de dados climáticos utilizados pelo programa Arquitrop 3.0 na definição das recomendações de projeto, com base nos dados climatológicos para o período de 1931-1960 é a seguir apresentado no seu formato original.

Quadro 1 - Arquitrop 3.0 - banco de dados climáticos para Florianópolis SC

ARQUITROP 3.0 - BANCO DE DADOS CLIMÁTICOS							FICHA: 3/SC				
CIDADE: FLORIANÓPOLIS				UF: SC	Lat: 27 35	Long: 48 35	Alt: 46				
	MAX.	MIN.	AMPL	MED.	MED.	AMPL	UM	CHU	NEB	DIR	VEL
	ABS.	ABS.	ABS.	MAX.	MIN.	MED.	RL	TOT	MED	VEN	VEN
JAN	38.2	16.0	22.2	28.2	21.7	6.5	83	172	6.8	---	---
FEV	37.2	14.0	23.2	28.1	21.8	6.3	83	164	6.8	---	---
MAR	34.8	14.8	20.0	27.5	21.3	6.2	83	140	6.4	---	---
ABR	33.3	11.0	22.3	25.1	18.7	6.4	83	133	5.9	---	---
MAI	32.3	7.6	24.7	23.0	16.6	6.4	84	107	5.8	---	---
JUN	30.6	4.8	25.8	21.3	15.1	6.2	85	79	5.8	---	---
JUL	29.4	4.0	25.4	20.1	13.7	6.4	84	74	5.5	---	---
AGO	32.5	0.9	31.6	20.6	14.3	6.3	84	88	5.9	---	---
SET	32.9	7.3	25.6	21.1	15.5	5.6	84	105	7.1	---	---
OUT	30.8	10.1	20.7	22.5	17.0	5.5	83	121	7.4	---	---
NOV	32.6	11.0	21.6	24.3	18.4	5.9	81	112	6.9	---	---
DEZ	37.3	12.7	24.6	26.5	20.2	6.3	81	107	6.6	---	---
ANO	33.5	9.5	24.0	24.0	17.9	6.2	83	1403	6.4	---	---

Observação.:

Os dados referente a direção e velocidade de ventos não estão disponíveis para as normas climatológicas, sendo no entanto dados constantes das Tabelas do Método de Mahoney.

2.2 Recomendações de projeto de arquitetura e urbanismo para Florianópolis

Após a aplicação do Método das Tabelas de Mahoney para Florianópolis através de uma rotina do programa Arquitrop 3.0 (projeto-avaliação/recomendações), foram selecionadas as recomendações gerais para projeto de arquitetura e urbanismo definidas como adequadas às edificações no clima de Florianópolis, a seguir apresentadas inicialmente no seu formato original e após descritas e analisadas:

Quadro 2 - Arquitrop – recomendações para projeto

ARQUITROP modulo: RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO (MÉTODO MAHONEY ADAPT.)															
CIDADE: FLORIANÓPOLIS			UF: SC	TMA: 20.8			AMA: 14.5			ALT: 46					
	JN	FV	MR	AB	MA	JN	JL	AG	ST	OT	NV	DZ			
MAX	28.0	28.0	27.5	25.0	23.0	21.5	20.0	20.5	21.0	22.5	24.5	26.5			
MIN	21.5	22.0	21.5	18.5	16.0	15.0	13.5	14.5	15.5	17.0	18.5	20.0			
AMP	6.5	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5	6.5	6.0	5.5	5.5	6.0	6.5			
UMI	83d	83d	83d	83d	84d	85d	84d	84d	84d	83d	81d	81d			
CHU	172	164	140	133	107	79	74	88	105	121	112	107			
DIA	QUEN	QUEN	QUEN	***	***	FRIO	FRIO	FRIO	FRIO	***	***	***			
NOI	QUEN	QUEN	QUEN	***	FRIO	FRIO	FRIO	FRIO	FRIO	***	***	***			
IMPLANT	Fach. Maiores Nor/Sul (menor insolação).					AFASTAR.			Controle vento.						
ABERTUR	25%-40% N/S (e/ou L/O clima frio)														
PAREDES	Leves/Refl, K 2.79 W/m ² °C,			RETARD 3 horas, FATOR SOLAR 4%											
COBERT	Leves/Isol, K 0.81 W/m ² °C,			RETARD 3 horas, FATOR SOLAR 3%											

Onde: TMA = Temperatura média anual
AMA = Amplitude média anual

ALT = Altitude do local

2.2.1 Análise do rigor climático local

O rigor climático definido para o clima de Florianópolis, através da análise climática do Método de Mahoney, adaptado para o programa Arquitrop 3.0, determinou as seguintes situações:

Quadro 3 – Rigor climático local

MESES	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
DIA	Q	Q	Q	C	C	F	F	F	F	C	C	C
NOITE	Q	Q	Q	C	F	F	F	F	F	C	C	C

Onde: Q= maior probabilidade de calor
C= maior probabilidade de conforto

F= maior probabilidade de frio

O método de análise climática simplificada de Mahoney, definindo recomendações de projeto de arquitetura em nível da definição física do partido geral e de projeto de elementos das edificações, por ser um método qualitativo, define recomendações uniformes para uma série de locais com rigor climático levemente diferentes. Neste aspecto, a mudança de recomendações ocorre a partir de uma significativa mudança nas variáveis climáticas diagnosticadas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação, ventos).

2.3 Descrição das recomendações gerais para o projeto de edificações segundo o método de MAHONEY

Estas recomendações estão adiante apresentadas, acompanhando as definições em nível do desenvolvimento do projeto de arquitetura, envolvendo principalmente o lançamento do partido arquitetônico e a definição de estudo preliminar.

Considerando que o programa Arquitrop apresenta as recomendações de forma objetiva e resumida, conforme anteriormente apresentado, foram acrescentadas informações complementares permitindo melhor identificar cada recomendação citada, juntamente com uma análise da mesma.

A) Implantação:

Recomendação de Mahoney: Fachadas maiores orientadas para norte e sul (planta de configuração retangular), reduzindo exposição ao sol.

Análise da recomendação: A enorme carga de incidência solar na edificação, principalmente nas orientações leste e oeste, conduz a uma alternativa de minimizar o recebimento de ganhos de calor solar. Assim, na orientação sul o ganho de calor solar é reduzido, restringindo-se a alguns períodos de início da manhã e final da tarde no verão; para a orientação norte, os ganhos de calor no verão são também reduzidos.

B) Afastamento das edificações:

Recomendação de Mahoney: Afastar as edificações, com controle para o vento.

Análise da recomendação: As altas taxas de umidade relativa do ar, associadas a altas temperaturas, requerem ventilação para resfriamento em nível do espaço urbano (quadra, lote) e da edificação. Para isto é necessário previsão de recuos e afastamentos entre as edificações, possibilitando a penetração do ar entre elas. A proteção contra o vento frio (sul) de inverno também é necessária.

C) Aberturas:

Recomendação de Mahoney: Aberturas de tamanho médio, de 25 à 40% da superfície das paredes orientadas à norte e sul.

Análise da recomendação: Como nas orientações norte e sul os ganhos de calor solar são reduzidos comparativamente as orientações norte e sul, resulta numa menor exposição da edificação aos ganhos de calor solar, principalmente no verão, evitando o superaquecimento dos ambientes. Caso existam aberturas à leste e oeste, devem ser de dimensões pequenas, com a adoção de proteções solares bloqueando a insolação direta, reduzindo os ganhos de calor solar na edificação; adotar proteções solares nas orientações norte e sul, também possibilita um menor ganho de calor solar pela edificação.

D) Paredes:

Recomendação de Mahoney: Paredes leves/refletivas, com transmitância térmica na faixa de 2,8 W/m² °C e retardo térmico de 3 horas.

Análise da recomendação: Devido a necessidade de oferecer resistência à passagem dos fluxos de calor vindos do exterior nos períodos de calor, a utilização de paredes claras refletindo grande parte da radiação solar incidente diminui a taxa de transmissão de calor para o interior da edificação. A recomendação de paredes leves, com a utilização de materiais que não armazenem muito calor (tijolos furados, blocos furados) deve-se ao fato de evitar o acúmulo de calor na envolvente construída, pela dificuldade da edificação de perder calor adquirido ao longo do dia no período noturno, face as altas temperaturas externas do ar existentes.

E) Coberturas:

Recomendação de Mahoney: Coberturas leves, isoladas termicamente, com transmitância térmica na faixa de $0,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ e retardo térmico de 3 horas.

Análise da recomendação: Devido aos enormes ganhos de calor solar na cobertura, é necessário reduzir a taxa de transmissão de calor para o interior da edificação, evitando que a cobertura armazene grandes quantidades de calor; utilizando materiais de forro com cavidades internas de ar e/ou isolantes térmicos, juntamente com espaço de ar entre o forro e o telhado, colocam-se resistências à passagem do calor para o interior da edificação, diminuindo os ganhos de calor provenientes do exterior; a utilização de cores claras, refletindo grande parte da radiação solar incidente, também contribui para a redução das taxas de transmissão de calor para o interior da edificação.

2.3.1 Considerações sobre as recomendações de mahoney para o projeto de edificações em Florianópolis SC

A utilização de aberturas médias, posicionadas nas paredes norte e sul na altura do corpo humano, bloqueando a insolação direta através de proteções solares, permite a edificação uma adequada proteção solar nos períodos quentes, reduzindo os ganhos de calor solar, principal fator caracterizador das condições térmicas interiores.

Quanto as características dos componentes construtivos, a utilização de paredes leves e refletivas (com baixa capacidade térmica), juntamente com coberturas leves e isoladas, reduz o armazenamento de calor solar pela edificação ao longo do dia, reduzindo as taxas de transferências de calor do meio externo para o interno, através de resistências térmicas como câmara de ar na cobertura, materiais com câmaras de ar internas, isolantes térmicos, entre outros.

O rigor climático determinado no diagnóstico do clima de Florianópolis através do Método de Mahoney, retrata períodos de sensação de calor diurno e noturno somente para os meses de janeiro, fevereiro e março, situação esta aparentemente diferente da experimentada pela vivência no local, com períodos de calor também para os meses de novembro e dezembro.

A caracterização de rigor climático de sensação de frio para os meses de junho, julho, agosto e setembro, retrata aparentemente a sensação detectada pela vivência do local.

2.4 Recomendações específicas para o projeto de salas de aula nas edificações escolares

Juntamente com as recomendações de Mahoney apresentadas, foram definidas recomendações específicas de projeto de arquitetura para salas de aula através da análise realizada de desempenho térmico e verificação do potencial de uso da iluminação natural do ponto de vista de conservação de energia.

A análise foi realizada através de simulação computacional do desempenho térmico e luminoso com o Programa DOE-2.1 E (LBL, 1992), utilizando um arquivo climático horário do tipo TRY (*test reference year*), representativo de um ano climático típico de Florianópolis.

A partir de modelos protótipos salas de aula (representativos das características físico-espaciais-construtivas das salas de aula da rede escolar de Florianópolis), foram avaliadas as variáveis da envolvente construída da edificação (forma; orientação das aberturas e razão entre área de janelas e área de paredes - razão WWR (*window-to-wall-ratio*); proteções solares nas aberturas), juntamente com melhorias de projeto (baixa absorvividade à radiação solar de paredes externas e cobertura, isolamento térmico da cobertura e efeito de sombreamento do entorno construído).

As características físico-espaciais-construtivas levantadas para a rede escolar de Florianópolis, que permitiram à definição dos modelos protótipos salas de aula pela situação majoritariamente encontrada, são apresentadas no anexo deste artigo.

2.4.1 Caracterização física dos modelos protótipos salas de aula analisados através do Programa DOE-2.1 E

A simulação computacional do desempenho térmico e luminoso foi realizada através das seguintes variações de modelo protótipo:

A) SALA EM MEIO DE PLANTA, TÉRREA E NO SEGUNDO PAVIMENTO:

Localizada internamente em um bloco de salas, com salas de aula ao seu redor e somente uma superfície voltada para o exterior (parede externa com aberturas). Para a sala de aula no segundo pavimento, além de uma parede externa, existe a cobertura voltada para o exterior. Nestas duas situações, a sala de aula somente troca calor através das superfícies externas (cobertura, paredes externas, piso).

B) SALA EM EXTREMIDADE DE PLANTA, TÉRREA E NO SEGUNDO PAVIMENTO:

Localizada num bloco de salas, numa das suas extremidades, com salas de aula somente em um dos lados, possuindo duas superfícies voltadas para o exterior (parede externa com aberturas e parede externa “cega”). Para a sala de aula no segundo pavimento, além das duas paredes externas, existe a cobertura voltada para o exterior. Nestas outras duas situações, a sala de aula somente troca calor através das superfícies externas (cobertura, paredes externas, piso).

C) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS MODELOS PROTÓTIPOS:

Área: 48 m² (6 X 8 m);

Pé-direito: 3 m;

Paredes externas: tijolos cerâmicos furados com reboco interno e externo;

Coberturas: telha, camada de ar, laje pré-moldada de forro e reboco interno;

Piso (térreo): cerâmico sobre concreto;

Vidro: incolor, 3 mm.

2.4.2 Definição das estratégias de condicionamento térmico prioritárias

Através da análise de simulação realizada, foram identificadas as estratégias de condicionamento térmico mais efetivas para a situação de projeto das salas de aula.

A) CIRCULAÇÃO DE AR NOS PERÍODOS QUENTES:

A ventilação natural cruzada mostrou-se como uma boa alternativa para redução das temperaturas internas do ar (devido a dissipação do calor interno dos ocupantes, resfriamento da pele e da superfície dos materiais e) para ambientes com ocupação elevada, como as salas de aula.

No entanto, a mesma só apresenta resultados favoráveis em termos de resfriamento dos ambientes, quando a temperatura do ar exterior é menor que a temperatura do ar interior dos ambientes, situação esta que muitas vezes não ocorre em dias de verão (períodos extremos de calor).

B) PROTEÇÃO CONTRA O CALOR NOS PERÍODOS QUENTES:

A principal premissa para melhorar o desempenho térmico da edificação (colaborando para as condições de conforto térmico) é evitar os ganhos externos de calor e eliminar os ganhos internos de calor, situação esta em princípio contraditória no que se refere as propriedades térmicas de materiais e componentes da edificação.

As intervenções na envolvente da edificação através do projeto de arquitetura, são de fundamental importância para as edificações condicionadas artificialmente e não condicionadas, devido a redução das temperaturas internas do ar para o período de verão, com consequente melhora das condições de conforto térmico.

A utilização de cores claras na envolvente das edificações e de proteções solares nas aberturas, reduzindo os ganhos de calor solar pela edificação, mostraram-se como boas estratégias para melhoria do desempenho térmico dos ambientes, reduzindo as temperaturas internas do ar.

C) APROVEITAMENTO DA LUZ NATURAL:

Com o aumento da área de janelas de 25% para 50% de razão WWR, houve um reduzido aumento da utilização da iluminação natural, identificado num pequeno aumento da percentagem de redução do uso de energia elétrica com utilização da iluminação natural. Mais importante que o tamanho das aberturas (respeitado alguns parâmetros mínimos) é a sua distribuição na parede, objetivando distribuir melhor a luz natural nos ambientes de trabalho.

O aproveitamento da iluminação natural para as salas de aula do ponto de vista de conservação de energia, garantindo um nível de iluminamento interno mínimo de 300 lux, possibilitou a redução no consumo real em iluminação em até doze vezes, comparativamente a situação de uma mesma sala sem o uso da iluminação natural.

2.4.3 Recomendações específicas para o projeto de salas de aula

Foram identificadas situações quanto à configuração física/espacial e uso de materiais construtivos e de acabamento que apresentaram melhores resultados de desempenho térmico e aproveitamento da luz natural do ponto de vista de conservação de energia, a seguir apresentadas:

1. Salas de aula localizadas no pavimento térreo: devido ao contato com o solo, possibilitam a perda de parte do calor interno por condução através do piso, situação esta adequada para o período de calor, pois reduz as temperaturas internas do ar. Logo, a utilização de salas de aula em pavimento térreo (quando da existência de outros acima), é uma opção viável que beneficia um conjunto maior de usuários (alunos), ao invés de uso muito cumum para atividades administrativas.

2. Orientação das aberturas para sul e leste: estas duas situações apresentam significativas reduções quanto à redução do ganho de calor admitido, e apresentaram um potencial para a utilização da iluminação natural acima das demais orientações; estas duas orientações foram seguidas de perto pela orientação norte, com valores muito próximos aos das orientações sul e leste. Para a orientação sul em Florianópolis, deve-se considerar o efeito do vento de inverno frio com grande intensidade, que pode proporcionar desconforto.

Assim, leste e norte foram definidas como as melhores orientações para as salas de aula em Florianópolis.

3. Uso de ventilação natural cruzada: mostrou ser uma das estratégias de projeto com bons resultados na redução das temperaturas internas do ar para o período de calor e para a dissipação do suor corporal dos ocupantes, ocasionando sensação de refrescamento. A adoção de janelas e portas com bandeiras localizadas em contato com movimento de ar exterior, permite uma adequada ventilação dos ambientes

4. Uso de proteção solar nas aberturas: em virtude de bloquear parte da radiação solar incidente, mostrou-se fundamental para a redução dos ganhos externos de calor, atuando de maneira a permitir maiores valores de área de janela. Aqui, assume maior importância a adoção de proteções solares nas orientações nordeste, norte, noroeste, oeste e sudoeste, bloqueando o excesso de insolação nos períodos quentes.

5. Cores claras na envolvente: em virtude do menor coeficiente de absorvidade à radiação solar, garante uma menor absorção de calor pela envolvente da edificação, diminuindo as transmissões de calor para o interior dos ambientes.

6. A utilização de isolamento térmico para a cobertura: apesar de dificultar aparentemente a perda do calor interno das salas de aula (grande número de ocupantes) nos períodos extremos de calor, apresenta-se adequada na maior parte do ano, pelo efeito combinado da ventilação cruzada, que auxilia na perda do calor interno.

7. Utilização da iluminação natural: devido a elevada disponibilidade de luz natural ao longo do ano, recomenda-se o aproveitamento desta a partir da adoção de um sistema de iluminação artificial que diminua o uso deste tipo de iluminação proporcionalmente à disponibilidade da luz natural, devendo ser um sistema automatizado com sensores que permitem o desligamento das lâmpadas, economizando energia elétrica e mantendo os níveis de iluminamento interno requeridos.

3. LIMITAÇÕES

Os dados climáticos utilizados pelo programa Arquitrop referem-se ao período de 1931-1960, não estando disponível no programa o arquivo climático com os dados relativos as normais climáticas de 1961-1990.

O método das Tabelas de Mahoney define recomendações qualitativas para o clima estudado, sem considerar a utilização específica da edificação, conduzindo a soluções únicas de edificações para um mesmo tipo de clima ou clima similar.

O método adotado, aparentemente é pouco sensível à mudanças climáticas pequenas, conduzindo a soluções parecidas para locais com características climáticas e físicas próximas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação de recomendações de projeto de arquitetura e urbanismo, em nível de definição do partido geral e de projeto de elementos das edificações, englobou a identificação de estratégias de condicionamento térmico aplicadas à arquitetura em Florianópolis, através do Método das Tabelas de Mahoney.

A abordagem qualitativa quanto ao desempenho térmico na arquitetura que o método adotado conduz, juntamente com os resultados da análise de desempenho térmico e uso da iluminação natural do ponto de vista de conservação de energia, possibilita aos arquitetos trabalharem com linhas conceituais de ação, avaliando as características da edificação a ser projetada, seu uso, entorno, como também a definição quantitativa em relação aos componentes construtivos (tipo e quantidade de materiais requeridos).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AROZTEGUI, José M. **Parâmetros do Conforto Térmico de P. Alegre**. Porto Alegre, UFRGS, 1977.

BAHIA, Sérgio R. et al. **Modelo para Elaboração de Código de Obras e Edificações**. Rio de Janeiro, IBAM/DUMA, 1997.

BOGO, Amilcar J. **Análise do desempenho térmico e verificação do potencial de uso da iluminação natural para edificações escolares** - Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

DEL RIO, Vicente. **A criatividade e os ventos dominantes na arquitetura** - Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. Série Debates 1. Caxias do Sul, Universidade de Caxias do Sul, 1996.

KOENIGSBERGER, O . H. et al. **Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales**. Madrid, Paraninfo, 1977.

MASCARÓ, Lucía R. **Luz, Clima e Arquitetura**.3. ed. São Paulo, Nobel, 1983.

OLIVEIRA, Jorge L. F. de. **Análise Climática Aplicada à Arquitetura: Estudo de um Caso Real**. Rio de Janeiro, 1990.

RORIZ, Maurício e BASSO, Admir. **Arquitrop 3.0. Sistema integrado de rotinas e banco de dados para apoio às atividades de projeto em arquitetura e engenharia visando conforto térmico e economia de energia em edificações**. São Carlos, 1995.

ANEXO

Aqui são apresentados os resultados do levantamento físico realizado nas escolas selecionadas como amostra da rede escolar de Florianópolis (novas escolas e ampliações), englobando características físico-espaciais-construtivas, que subsidiaram à definição dos modelos protótipos de análise. Uma análise preliminar destes dados revela a ausência de critérios claros de projeto de arquitetura no que se refere ao conforto térmico e uso da luz natural nas escolas (salas de aula), já que existem aberturas voltadas para todas as oito orientações (N, S, L, O, NE, NO, SE, SO); as proteções solares são de tamanho reduzido e horizontais para diversas orientações (aparentemente sem critérios claros de projeto); e as coberturas são termicamente inadequadas.

ANEXO

Quadro 4 - Levantamento físico das escolas selecionadas como amostra

Escolas da amostra	Número salas pav. térreo	Número salas pav. superior	Número salas em canto	Número salas em meio planta	Número salas planta	Orientação janelas	Razão WWR (%)	Dimensão prot. solares (m)	Tipo prot. solar	Material de piso
1	--	6	---	1	3	S/L	32	0,8	Beiral	Paviflex
2	1	---	7	3	4	L	35	0,6	Beiral	Madeira
3	--	4	4	---	---	SE/N/NO	48	1,0	Marquise	Cerâmico
4	--	2	6	5	3	N/S	43	0,7	Beiral	Cerâmico
5	2	---	2	---	---	N/L/O	34	1,0	Beiral	Cerâmico
6	2	4	2	6	---	N	35	1,0	Beiral	Cerâmico
7	4	1	1	2	---	SE/S/NO	28	0,7	Beiral	Cerâmico
8	1	5	---	---	5	L/O	25	0,7	Beiral	Cerâmico
9	5	7	2	5	NE	NE	25	0,5	Beiral	Cerâmico
10	--	Segundo	Canto	Meio	S/L/O	40	1,0	Beiral e Marquise	Cerâmico	
Dados a analisar					N/S/L/O/ NE/NO/SE/S O	25,35 e 50	0,7/1,0			

Quadro 5 - Levantamento físico da escolas selecionadas como amostra (continuação)

Escolas da amostra	Espessura par. ext.(m)	Espessura par. int.(m)	Material de forro	Material de telha	Tipo de vidro	Tipo de janela caixilho	Pé-direito (m)	Número lâmpadas W/sala	Outro recurso 40 de projeto
1	0,16	0,16	laje pré-moldada	Cerâmico	Simples 3 mm transp.	Alumínio Basculante	2,7	12 (13 W/m ²)	Circulação lateral coberta
2	0,15	--	laje pré-moldada	Cerâmico	Simples 3 mm transp.	Alumínio Basculante	2,6	12 (13 W/m ²)	--
3	0,16	0,16	laje pré-moldada	Fibrocimento	Martelado	Alumínio Maximar	2,85	12 (13 W/m ²)	Ventilação cruzada
4	0,18	0,16	laje pré-moldada	Fibrocimento	Simples 3 mm transp.	Alumínio Maximar	3,0	12 (13 W/m ²)	Ventilação cruzada
5	0,21	0,16	laje pré-moldada	Fibrocimento	Simples	Alumínio Correr	2,7	16	--

6	0,18	0,16	moldada laje pré- moldada	Cerâmico	3 mm transp. Simples 3 mm transp.	Alumínio	Maximar	2,8 (17,3W/m ²)	12 (10 W/m ²)	---
7	0,2	0,17	laje pré- moldada	Fibrocimento	Simples 3 mm transp.	Alumínio	Basculante	3,0 (13 W/m ²)	12 (13 W/m ²)	---
8	0,17	0,14	laje pré- moldada	Fibrocimento	Simples 3 mm transp.	Alumínio	Maximar	3,0 (17,3W/m ²)	16 (17,3W/m ²)	---
9	0,17	0,14	laje pré- moldada	Fibrocimento	Simples 3 mm transp.	Madeira	Maximar	3,0 (13,3W/m ²)	16 (13,3W/m ²)	---
10	0,2	---	laje pré- moldada	Fibrocimento	Simples 3 mm transp.	Alumínio	Basculante	3,0 (13 W/m ²)	12 (13 W/m ²)	---
Dados a analisar	0,185	0,14	laje pré- moldada	Cerâmico e Fibrocimen- to	Simples 3 mm transp.	Alumínio Maximar	Basculante Maximar	3,0 (13 W/m ²)	12 (13 W/m ²)	Ventilação cruzada

Observações quanto as informações dos quadros acima:

1) Dimensão usual aproximada das salas de aula: $6 \times 8 = 48 \text{ m}^2$ (padrão MEC) na grande maioria, com exceção de algumas salas em extremidade de planta.

- 2) Paredes externas com tijolo cerâmico 6 furos “deitado” e “em pé”, rebocado nos dois lados.
- 3) Paredes internas com tijolo cerâmico 6 furos “em pé”, rebocado nos dois lados.
- 4) Razão WWR já descontada a área de caixilhos.
- 5) Iluminação do tipo fluorescente em todas as salas de aula.