

## **AVALIAÇÃO DE CONFORTO AMBIENTAL E DE SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES: ASPECTOS NEGATIVOS ENCONTRADOS \***

**Amilcar J. Bogo (1) ; Maurício Voss (2)**

(1) 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](mailto:arqbogo@furb.br)

(2) Acadêmico de Arquitetura e Urbanismo – Bolsista PIBIC-CNPq/FURB do Laboratório de Conforto Ambiental –LACONFA

\* Este trabalho apresenta parte dos resultados do Projeto de Pesquisa PIBIC/CNPq-FURB 98/99, desenvolvido junto ao Laboratório de Conforto Ambiental – LACONFA, no período de agosto de 1998 até julho de 1999.

### **RESUMO**

Neste trabalho é apresentado uma avaliação de conforto ambiental e de sustentabilidade numa amostra de edificações escolares em Blumenau, SC. Foram analisadas as vinte maiores escolas da rede pública municipal de 1º grau na cidade, do ponto de vista das diretrizes gerais de projeto e uso dos ambientes. A metodologia utilizada englobou o levantamento de campo e de dados das características arquitetônicas e construtivas das edificações, a implantação das mesmas no terreno, o tratamento paisagístico exterior e o entorno natural e construído.

### **ABSTRACT**

This paper presents an evaluation of sustainable development and environment comfort for the buildings schools in the city of Blumenau, SC. Local survey and analysis of architectural and constructive patterns of the buildings were realized. The evaluation was performed in the 20 biggest schools of the city, through three types of analysis: solar analysis, adaptation of the building to the local climate analysis, and sustainable development analysis.

### **1. INTRODUÇÃO**

Neste trabalho foi realizado um levantamento de informações quanto aos aspectos de conforto ambiental e sustentabilidade, em edificações escolares na cidade de Blumenau SC.

O levantamento das informações foi realizado do ponto de vista das diretrizes gerais adotadas no projeto e na utilização dos espaços, permitindo a identificação de problemas de concepção arquitetônica nos aspectos de análise.

As análises realizadas estão inseridas no contexto do desenvolvimento sustentável, por tratarem de questões diretas e indiretamente relacionadas ao meio ambiente, energia e conforto ambiental na arquitetura e urbanismo. Em termos de análises parciais, diversas destas sobre conforto no ambiente construído são citadas na literatura, sendo estas análises específicas sobre aspectos como desempenho térmico de edificações e/ou de componentes construtivos, análises de insolação de edificações, diretrizes de projeto com base nas características climáticas locais, entre outros tipos de análises parciais.

## 1.1 O Desempenho Térmico das Edificações visando o Conforto Ambiental

Considerando a questão da tomada de decisões projetuais corretas frente aos condicionantes térmicos, o que se verifica é que esta adequação pode e deve ser feita com grandes resultados através de pequenas ações de projeto, usualmente definidas como recomendações para projeto.

(AZEVEDO e BASTOS, 1995), recomendam a atenção para os projetos escolares no Rio de Janeiro, com relação aos seguintes elementos: implantação (fachadas com maiores dimensões para norte e sul; utilização de grandes espaços abertos entre os blocos de salas de aula, favorecendo a penetração dos ventos); ventilação/aberturas (ventilação cruzada, com aberturas em paredes opostas; vão das janelas para norte e sul); proteção e sombreamento (proteção da fachada norte com beirais, brises, etc; utilização de vegetação para as fachadas leste e oeste); materiais e padrão construtivo (acabamentos em cores claras; cobertura com forro isolante e com ventilação no ático; evitar a utilização de materiais de pequena espessura sozinhos; utilização de 3 m de pé-direito mínimo).

Segundo (ORNSTEIN, 1995), numa análise quanto ao conforto térmico tomada a partir da impressão dos usuários e vistoria técnica de campo ( para uma amostra de 27 escolas da rede estadual de ensino de São Paulo, localizadas na região metropolitana da capital), verificou-se que:

- Para a cobertura, em 63% da amostra, não existe tratamento térmico.
- Para as temperaturas do ar internas (relativo as salas de aula):  
No verão, 55% ficaram como moderadas e 40% como elevadas  
No inverno, 30% ficaram como moderadas e 63% como baixas.

Verificou-se que, para o inverno, a ventilação foi considerada ineficiente (relativo as salas de aula). Para o verão, a ventilação ficou em 33% como ótima e 52% como satisfatória (relativo as salas de aula). Ainda no que se refere ao ganho solar pelas aberturas, em 63% das escolas foi verificado a existência de incidência direta de radiação solar no plano de trabalho.

Na verificação do desempenho térmico de edificações escolares, segundo o (IPT, 1987), as condições de não uniformidade do ambiente não são comuns para as escolas, e estas edificações são usualmente avaliadas de forma similar às habitações convencionais.

No entanto, pode-se considerar algumas diferenças nas edificações escolares, inerentes a sua natureza:

- Horários definidos com períodos compactos de utilização;
- Taxa de ocupação constante e elevada;
- Ausência de fontes de calor significativas, no que se refere à equipamentos internos, mas sim no que se refere aos ocupantes;
- Dimensão padronizada dos espaços das sala de aula;
- Faixa de variação da relação WWR reduzida (relação entre a área de janela e a área de parede).

Considerando então que as características de uniformidade dos ambientes das salas de aula são comuns, e que os programas computacionais de simulação consideram a temperatura interna do ar uniforme, temos um fator positivo para considerar na avaliação das condições de conforto térmico, temperaturas internas do ar dos espaços simulados.

## 1.2 A Sustentabilidade no Ambiente Construído

A abordagem de sustentabilidade na arquitetura e urbanismo, antes citada na literatura com arquitetura bioclimática, ecológica, *green buildings*, entre outras abordagens específicas que incorporavam conceitos sustentáveis, apresenta-se atualmente na literatura caracterizada como arquitetura sustentável ou à ela relacionada.

Esta terminologia, e suas respectivas versões em outros idiomas (*sustainable architecture*; *arquitectura sostenible*), já são identificáveis junto a diversas publicações de arquitetura e urbanismo, como em livros, periódicos diversos, Internet, artigos em eventos científicos, revelando atualmente um processo de divulgação desta temática relacionada ao hábitat humano sustentável..

Dentre os trabalhos que estão nesta linha conceitual pode-se citar (THE SUSTAINABLE DESIGN RESOURCE GUIDE – COLORADO & THE WESTERN MOUNTAIN REGION, 1998), (THIRTEEN COMPONENTS OF SUSTAINABLE SCHOOL DESIGN, 1998), (UIA – INTERNATIONAL UNION OF ARCHITECTS, 1998), entre outros tantos da atualidade, muitos destes divulgados somente através da Internet. Pode-se citar também alguns trabalhos que apresentam abordagens diretas da sustentabilidade na arquitetura e urbanismo, como (CORCUERA, 1998), tratando da sustentabilidade em componentes construtivos de um edifício.

A arquitetura e o urbanismo como manifestações culturais e físicas do ser humano na sua relação com o espaço natural, também está incorporando a abordagem ambiental, procurando estabelecer “novas” premissas para uma arquitetura comprometida com o futuro da humanidade.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho desenvolvido avaliou um conjunto de edificações escolares, diagnosticando a situação final encontrada nas mesmas quanto aos critérios de conforto ambiental (insolação e adaptação da arquitetura ao clima) e de sustentabilidade, do ponto de vista das diretrizes gerais de projeto e ocupação dos ambientes.

A amostra definida para a análise foi determinada com base na importância social do conjunto de edificações existentes; assim, foi definido a escolha de edificações escolares, abrangendo as vinte (20) maiores escolas da rede pública municipal de Blumenau, que atendem a aproximadamente dezoito (18) mil alunos.

Os critérios de análise considerados neste trabalho, estão discutidos nos próximos itens 2.1 e 2.2.

### 2.1. Critérios de Conforto Ambiental

**2.1.1 Insolação:** foram analisadas as salas de aulas em cada uma das edificações escolares, identificando problemas de excesso de insolação solar direta nestes ambientes, que provocavam problemas de desconforto térmico no ambiente.

Esta análise foi realizada através do uso do diagrama solar para Blumenau, com base nas plantas de implantação dos blocos de salas de aula das edificações, assim como verificação in loco do problema, quando antes identificado.

**2.1.2 Adaptação da Arquitetura ao Clima:** foram analisadas as edificações escolares sob este aspecto, com base conceitual definida pelo método das Tabelas de Mahoney, aplicado para Blumenau segundo (BOGO, 1998), que diagnosticou o clima local e definiu estratégias de condicionamento térmico recomendadas para o projeto de arquitetura, em relação aos aspectos projetuais de:

1) Arranjo físico das edificações (configuração/orientação da planta) no terreno/quadra:  
Recomendação de Mahoney: Planta de configuração linear, com fachadas principais orientadas para norte e sul, 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.

2) Espaçamento entre as edificações:

Recomendação de Mahoney: Espaço aberto para penetração de brisa, com proteção contra o vento frio e quente.

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). Para isto é necessário previsão de recuos e afastamentos entre as edificações, possibilitando a circulação do ar entre elas.

### 3) Movimento de ar na edificação:

Recomendação de Mahoney: Ambientes em fila, com duas faces externas opostas para permitir permanente movimento de ar

Análise da recomendação: A necessidade de ventilação cruzada fica aqui caracterizada, no sentido de promover o resfriamento, devido as altas taxas de umidade relativa do ar e de temperaturas associadas.

### 4) Aberturas:

Recomendação de Mahoney: Aberturas grandes, na altura do corpo humano e na direção do vento dominante, com 40 à 80% da superfície das paredes orientadas à norte e sul; nas orientações leste e oeste, aberturas de dimensão reduzida ou adequadamente protegidas do excesso insolação.

Análise da recomendação: Como nas orientações norte e sul os ganhos de calor solar são reduzidos; e existe a necessidade de ventilação nos ambientes, esta área de aberturas proposta em conjunto com outras recomendações adicionais (uso de proteções solares), apresenta-se adequada.

### 5) Proteção solar nas aberturas:

Recomendação de Mahoney: Aberturas grandes e protegidas da insolação direta nos períodos quentes, evitando excessos de ganhos de calor solar.

Análise da recomendação: Devido aos grandes ganhos de calor solar existentes no períodos de calor; existe a necessidade do uso de proteções solares, diminuindo o aquecimento no interior dos ambientes.

### 6) Paredes: características construtivas:

Recomendação de Mahoney: Paredes leves (mediamente isolantes), com pequeno tempo de atraso térmico (inércia térmica média).

Análise da recomendação: Devido a necessidade de resfriamento durante seis meses do ano (pela manhã), os fluxos de calor externo devem ser mantidos no exterior (junto com outras recomendações adicionais), sem o armazenamento de calor pelas paredes, que teriam dificuldade de perder calor a noite devido as altas temperaturas do ar ainda existentes.

### 7) Cobertura : características construtivas e superficiais:

Recomendação de Mahoney: Coberturas refletivas, leves (isolantes), isoladas termicamente com forro e cavidades de ar e com camada de ar entre o telhado e o forro (câmara de ar); inércia térmica média.

Análise da recomendação: Devido aos enormes ganhos de calor solar na cobertura, é necessário manter o calor externamente a edificação, sem a cobertura armazenar grandes quantidades de calor; desta forma, utilizando forro de material com cavidades internas de ar e 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.

### 8) Tratamento do Espaço Exterior à Edificação (espaço livre do terreno):

Recomendação de Mahoney: Requerido espaço externo para dormir .

Análise da recomendação: Devido as altas temperaturas diurnas e noturnas durante o verão, a edificação tem dificuldade de perder o calor armazenado durante o dia para o meio exterior, situação esta que conduz a ambientes internos quentes. Logo, dormir ao ar livre melhora esta situação, sendo no entanto de difícil aplicabilidade, por fatores como área propícia, segurança, chuvas de verão, etc.

## 2.2 Critério de Sustentabilidade

Foram identificadas as situações existentes nas edificações que sejam diretamente relacionadas à questão da sustentabilidade, a seguir apresentadas e explicadas:

1) Coberturas e paredes externas claras: critério relacionado ao desempenho térmico e ao conforto térmico dos ocupantes, no sentido de reduzir a absorção da radiação solar e a transmissão de calor nos períodos de verão;

- 2) Utilização efetiva da iluminação natural difusa: critério relacionado ao conforto luminoso, a eficiência energética das edificações e a percepção visual dos ambientes, visando reduzir a dependência dos sistemas de iluminação artificial, num aproveitamento da luz natural considerando um adequado balanço termo-luminoso;
- 3) Utilização de materiais construtivos de baixo conteúdo energético: critério relacionado ao uso de materiais e componentes construtivos com reduzido consumo energético nos processos de fabricação, em relação a envolvente construída: lajes, paredes, coberturas (forro ou laje; telhas), janelas, portas e pátio externo;
- 4) Utilização efetiva de ventilação natural nos períodos quentes: critério relacionado ao conforto térmico dos ocupantes; visando reduzir a dependência de meios artificiais para condicionamento artificial (ar-condicionado; ventiladores), de grande custo de instalação e uso;
- 5) Sistema de iluminação artificial energeticamente eficiente (luminária+lâmpada+reator): critério de eficiência energética dos sistemas de iluminação artificial, com equipamentos mais eficientes, ou seja, que consumam menos energia e garantam adequadas condições de iluminação;
- 6) Tratamento do solo para evitar a erosão: solo com vegetação e/ou brita (ausência de solo exposto): critério relacionado a uso do espaço externo, como elemento para retenção de águas pluviais e criação de micro-clima próximo à edificação, favorecendo o resfriamento das superfícies construídas, o conforto térmico dos ocupantes e a criação de áreas de convivência;
- 7) Manutenção das características naturais do terreno (topografia, vegetação resultante): critério relacionado à paisagem natural, visando evitar custos de contenção de terreno, recuperação da paisagem e aproveitando o patrimônio vegetal existente;
- 8) Acesso direto ao transporte coletivo, facilidade de acesso à pé e de bicicleta: critério relacionado à redução dos custos e da energia necessária para o acesso dos usuários à escola, assim como a redução da poluição (atmosférica, sonora).

A avaliação realizada nas edificações escolares do ponto de vista das diretrizes gerais de projeto e utilização das salas de aula segundo os critérios de conforto ambiental (insolação; adaptação da arquitetura ao clima) e sustentabilidade, identificou o atendimento ou não destes critérios e os problemas e acertos existentes, a seguir especificados para cada uma das escolas.

### **3. RESULTADOS ENCONTRADOS EM CADA ESCOLA ANALISADA**

#### **3.1. Principais pontos fracos (aspectos negativos) identificados nas escolas nos aspectos de conforto ambiental e de sustentabilidade**

##### **1 - EBM Machado de Assis**

A totalidade das salas apresentam problemas de insolação: excesso de insolação nos períodos de calor. A cobertura inadequada está presente em 2 dos 4 blocos que constituem a edificação escolar. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa. Não utilização de materiais construtivos de baixo conteúdo energético.

##### **2 – EBM Gal. Lúcio Esteves**

6 das 24 salas analisadas apresentam problemas de excesso de insolação no período das 9h às 11h da manhã. É inadequado o arranjo físico das edificações (configuração/orientação) no terreno e o espaçamento entre as mesmas. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

##### **3 – EBM Alberto Stein**

5 das 16 salas analisadas apresentam problemas de excesso de insolação no período das 9h às 16h. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

##### **4 – EBM Francisco Lanser**

5 das 16 salas apresentam problemas de insolação em excesso no período de 11h às 14h. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**5 – EBM Anita Garibaldi**

A totalidade das salas apresentam problemas de insolação em excesso nos períodos de calor. É inadequado o arranjo físico das edificações (configuração/orientação) no terreno. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**6 – EBM Leoberto Leal**

12 das 19 salas apresentam problemas de excesso de insolação no período entre às 14h e 16h. Não possui fácil acesso ao transporte coletivo.

**7 - EBM Conselheiro Mafra**

Aproximadamente metade das salas de aula apresentam problemas de insolação. Não existe adequado movimento de ar na edificação. Não existe tratamento do espaço exterior à edificação (espaço livre do terreno). Não utilização efetiva da iluminação natural difusa..

**8 – EBM Visconde de Taunay**

25% das salas apresentam problemas de insolação em excesso nos períodos de calor. Não existe adequado movimento de ar na edificação e na cobertura. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**9 – EBM Almirante Tamandaré**

Aproximadamente metade das salas de aula apresentam problemas de insolação nos períodos de calor. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa. Inadequado tratamento superficial do solo para evitar a erosão: solo sem vegetação e/ou brita (solo exposto).

**10 – EBM Henrique Alfarth**

Aproximadamente metade das salas de aula apresentam problemas de insolação em excesso nos períodos de calor. Inadequada a proteção solar nas aberturas. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**11 – EBM Vidal Ramos**

Aproximadamente metade das salas de aula apresentam problemas de insolação em excesso nos períodos de calor. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**12 – EBM Felipe Schmidt**

Aproximadamente metade das salas de aula apresentam problemas de insolação. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**13 – EBM Prof. Oscar Unbehaum**

A totalidade das salas de aula apresentam problemas de insolação em excesso nos períodos de calor. É inadequado o arranjo físico das edificações ( configuração/orientação) no terreno. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**14 – EBM Lauro Müller**

5 das 14 salas de aula apresentam problemas de insolação em excesso nos períodos de calor. Inadequada proteção solar nas aberturas. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**15 – EBM Prof. Alice Thiele**

11 das 15 salas de aula apresentam problemas de insolação em excesso nos períodos de calor. É inadequado o arranjo físico das edificações (configuração/ orientação) no terreno. Não existe adequado movimento de ar na edificação. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**16 – EBM Profa. Zulma Souza da Silva**

2 das 13 salas apresentam problemas de insolação em excesso nos períodos de calor.

Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

Inadequada manutenção das características naturais do terreno (topografia, vegetação, resultante).

**17 – EBM Quintino Bocaiúva**

4 das 15 salas de aula apresentam problemas de insolação em excesso nos períodos de calor.

Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**18 – GEM Dr. Gustavo Richard.**

3 das 9 salas apresentam problemas de insolação em excesso nos períodos de calor.

Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**19 – EBM Prof. Fernando Ostermann**

6 das 8 salas apresentam problemas de insolação : excesso de insolação nos períodos de calor. Os blocos A e B da edificação escolar possuem problemas com as aberturas. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**20 – EBM Pastor Faulhaber**

1 das 3 salas de aula apresenta problemas de insolação nos períodos de calor. É inadequado a proteção solar nas aberturas. Não utilização efetiva da iluminação natural difusa.

**4. CONCLUSÕES**

O trabalho aqui apresentado identificou os pontos fracos acerca dos aspectos de conforto ambiental e sustentabilidade em edificações escolares da rede pública municipal em Blumenau SC, do ponto de vista das diretrizes gerais do projeto e utilização dos espaços.

Os requisitos de conforto ambiental (insolação nas edificações, adaptação da arquitetura ao clima) inerentes ao próprio desenvolvimento do processo de projeto de arquitetura das edificações, não estão claramente implementados nas escolas analisadas, caracterizando uma falta de preocupação efetiva quanto ao conforto térmico e luminoso, aspectos estes fundamentais no projeto de edificações escolares e relacionados do ponto de vista energético e ambiental à sustentabilidade.

Aspectos “primários” de projeto para uma boa escola e salas de aula foram negligenciados, caracterizando os projetos como deficientes para o atendimento às necessidades dos usuários, os avaliadores em última instância das edificações.

Nesta questão, pode-se mencionar os aspectos de insolação e os de iluminação natural.

Quanto à insolação, existe o problema de excesso de insolação direta em quase a totalidade das escolas analisadas (19 escolas) e em percentual significativo das suas salas de aula (aproximadamente 50%).

Ao mesmo tempo, o mau “gerenciamento” da insolação, ocasiona a existência da não utilização efetiva da iluminação natural difusa em quase a totalidade das escolas analisadas.

Os aspectos de sustentabilidade avaliados nas edificações escolares, são aspectos “novos”, que objetivam a busca de modelos de desenvolvimento menos destrutivos da biosfera, como o modelo vigente, da qual a arquitetura participa e representa, como uma linguagem própria de um modo de vida e de uma época.

As edificações escolares analisadas, em grande parte, quando ampliadas ou reformadas, não mantêm uma coerência formal do ponto de vista arquitetônico, resultando em edificações de baixo valor estético, entre outros aspectos.

O que foi também percebido na análise realizada é uma total desconsideração dos valores arquitetônicos das edificações, fato este que prejudica em muito à qualidade ambiental dos espaços, pela ausência de um criterioso planejamento físico das edificações.

**5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AZEVEDO, G. A. N. e BASTOS, L. E. G. (1995) As Escolas Públicas do Rio de Janeiro: Considerações sobre o Conforto Térmico das Edificações. Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BOGO, Amílcar J. Bogo. (1998) Clima e Arquitetura em Blumenau SC: Aplicação do Método de Mahoney para Definição de Recomendações de Projeto de Arquitetura e Urbanismo. Blumenau,

Dynamis Revista Tecno-Científica, vol. 6, n. 23, abril/junho, Universidade Regional de Blumenau – FURB.

CORCUERA, Daniela K. (1998) Edifícios de Escritórios na Cidade de São Paulo: O Conceito de Sustentabilidade nos Edifícios Inteligentes. In NUTAU'98 Tecnologia, Arquitetura, Urbanismo, São Paulo. NUTAU/FAU/USP.

IPT S.A. (1987). Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais e Escolares: Manual de Procedimentos para Avaliação. São Paulo.

ORNSTEIN, Sheila Walbe e BORELLI NETO, José, (1995). O Desempenho dos Edifícios da Rede Estadual de Ensino - O Caso da Grande São Paulo. CNPq - FAU/USP, São Paulo.

THE SUSTAINABLE DESIGN RESOURCE GUIDE – COLORADO & THE WESTERN MOUNTAIN REGION (1998) Disponível na internet [http://www.aiacolorado.org/sdrg/n\\_cenv.html](http://www.aiacolorado.org/sdrg/n_cenv.html).

THIRTEEN COMPONENTS OF SUSTAINABLE SCHOOL DESIGN (1998) Disponível na internet <http://www.shwgroup.com/concepts%20index.htm>.

UIA – INTERNATIONAL UNION OF ARCHITECTS & INSTITUTO DE ARQUITETOS DO BRASIL-DN (1998) Acordo da UIA sobre Padrões Internacionais de Profissionalismo Recomendados para a Prática em Arquitetura – Edição Final (dezembro de 1998). 70 p.