



## **COBERTURAS SUSTENTÁVEIS EM EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS**

**Autor:**

**SIMONE GLENADEL GNANNI ERNESTO NARDI<sup>1</sup>**

**Coautor:**

**NATHALIA DE AZEVEDO MARQUES PORTELA<sup>2</sup>**

**Colaboradores:**

**BÁRBARA IZABELA COSTA<sup>3</sup>**

**LEONARDO MORETTO RIO<sup>4</sup>**

**RENATA DE PAULA<sup>5</sup>**

**Orientador:**

**PROF. JACKSON ANTÔNIO DA SILVA DUALIBI<sup>6</sup>**

**Trabalho de iniciação científica apresentado como atividade complementar do curso de  
Arquitetura e Urbanismo ao Centro Universitário Belas Artes de São Paulo**

**São Paulo 2012/2**

---

<sup>1</sup> Aluna do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo.  
E-mail: simonenardi@uol.com.br

<sup>2</sup> Aluna do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo.  
E-mail: arqnatportela@gmail.com

<sup>3</sup> Aluna do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo.  
E-mail: barbara.izabela@hotmail.com

<sup>4</sup> Aluno do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo.  
E-mail: lmrio@cebinet.com

<sup>5</sup> Aluna do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo.  
E-mail: depaula\_renata@hotmail.com

<sup>6</sup> Professor do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo.  
E-mail: j.dualibi@uol.com.br

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
DESENVOLVIMENTO.....	2
1. O CICLO TÉRMICO NATURAL DA EDIFICAÇÃO.....	2
1. 1. Ventilação natural.....	2
1. 2. Iluminação natural.....	3
2. ÁGUAS PLUVIAIS.....	4
3. PAINÉIS SOLARES.....	4
4. TIPOS DE COBERTURAS.....	5
4. 1. Telhas metálicas.....	5
4. 2. Shed.....	6
4. 3. Cobertura de policarbonato.....	6
4. 4. Telha de concreto.....	6
5. RESULTADOS.....	7
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	7
ABSTRACT.....	8
KEYWORDS.....	9
BIBLIOGRAFIA.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10

# **COBERTURAS SUSTENTÁVEIS EM EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS**

## **RESUMO**

A cobertura de um edifício merece destaque na arquitetura bioclimática, pois permite trabalhar cinco itens essenciais para a sustentabilidade: conforto acústico; conforto térmico; ventilação e iluminação naturais; e coleta de águas pluviais, contribuindo para a economia de energia e água.

O presente trabalho aborda vários tipos de coberturas que podem ser utilizados no edifício industrial como opção de projeto, melhorando sua eficiência energética e as condições ambientais de trabalho. Entre esses tipos de cobertura estão: o shed, o sistema roll-on, as telhas zipadas, as telhas metálicas, as telhas de concreto e a cobertura de policarbonato.

Os dados coletados na pesquisa permitiram a confecção de uma tabela comparativa, contendo as vantagens e desvantagens das coberturas supracitadas, constituindo ferramenta útil na concepção de projeto arquitetônico.

Palavras-chave: sustentabilidade, coberturas, edifícios industriais.

## **INTRODUÇÃO**

A sustentabilidade industrial tem sido abordada sob aspectos que tratam de questões não apenas ambientais, como a menor geração de resíduos, mas também do favorecimento do bem estar dos operários no ambiente de trabalho, com crescente lucro, melhor aproveitamento das condições naturais de iluminação, ventilação e das águas pluviais.

Hackenberg (2000, p.1) diz que a produtividade do ser humano está relacionada com as condições do conforto térmico e que, para obtenção do conforto, deve-se preferencialmente incorporar os conceitos de arquitetura bioclimática aos projetos dos prédios ou recorrer ao condicionamento artificial.

O conhecimento das variáveis ambientais, tanto climáticas, como da geração térmica provocada pelo uso e ocupação que o edifício irá abrigar, é essencial para obter-se o

conforto nas edificações, constituindo um importante critério em projeto na concepção dos espaços construídos.

A cobertura do edifício promove a sua proteção e é um item relevante no seu projeto, pois permite regular as condições de iluminação e ventilação naturais, trocas de calor e a captura de energia solar e das águas pluviais para posterior utilização.

## **OBJETIVOS**

Estudo comparativo dos tipos de coberturas utilizados nos edifícios industriais, identificando características que possibilitem soluções sustentáveis no projeto.

## **METODOLOGIA**

Para a pesquisa foram coletadas informações sobre os diferentes tipos de coberturas de edifícios industriais através de levantamentos bibliográficos, artigos técnicos e sites de fabricantes. Posteriormente estes dados foram organizados e utilizados na confecção de uma tabela comparativa.

### **1. Ciclo térmico natural da edificação**

Durante o dia ocorre geração de calor interno pelos equipamentos, lâmpadas e pelos corpos dos operários. Externamente, a irradiação solar é absorvida através da cobertura e fechamentos laterais do edifício. À noite, o ar se torna mais frio e a edificação perde calor para o meio externo.

#### **1.1 Ventilação natural**

Segundo Frota e Schiffer (1999, p.124), "A ventilação natural é o deslocamento do ar através do edifício, através de aberturas, umas funcionando como entrada e outras, como saída". A dimensão e posição das aberturas devem permitir a existência de um fluxo de ar, tirando-se proveito da ação dos ventos predominantes no local, permitindo a dissipação de calor, vapores, fumaças e a renovação do ar dos ambientes, mantendo as condições de higiene.

A posição geográfica e dimensões do edifício, a carga térmica gerada no seu interior, as condições climáticas locais, a orientação dos ventos predominantes e o número de aberturas são outros fatores que devem ser considerados no projeto.

A ventilação natural pode ser feita por meio da ação dos ventos ou do chamado efeito chaminé. O efeito chaminé ocorre pela diferença de densidade das massas de ar : o ar quente, por ser menos denso, sobe e sai pelo ponto mais alto da edificação. É preciso que haja diferença de nível entre as aberturas de entrada e de saída do ar e estas devem estar localizadas em paredes opostas.

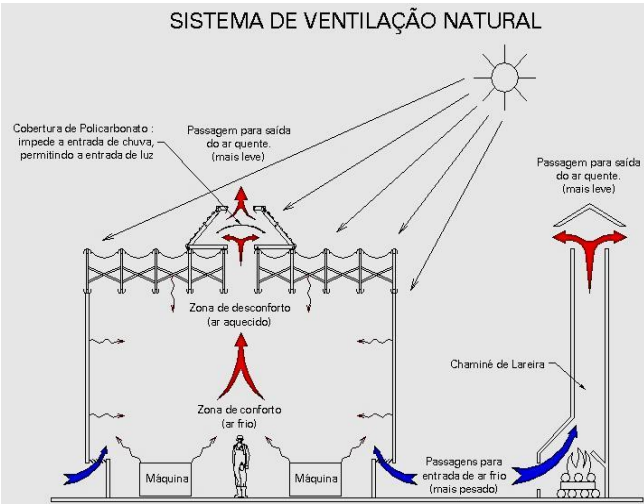


Figura 01: Esquema do sistema de ventilação natural.

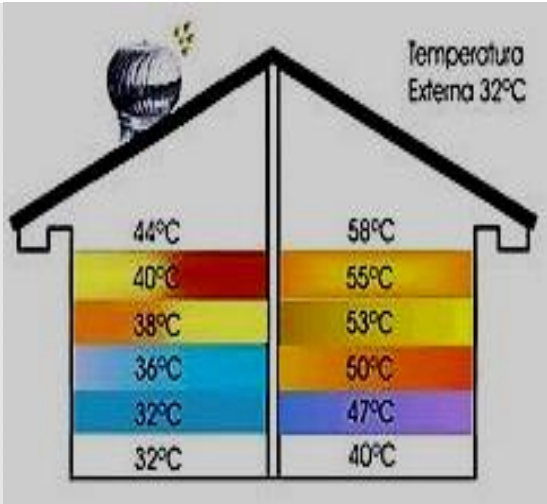


Figura 02: Comparação entre temperaturas internas com e sem instalação de exaustor exte na cobertura.

Largura do edifício	Comprimento do Edifício													
	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	195	210	
30	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
45	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
60	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
75	7	7	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
90	7	7	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
105	7	7	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
120	7	7	8	9	10	10	11	11	11	11	11	11	11	
135	7	7	8	9	10	10	11	11	11	11	11	11	11	
150	7	7	8	9	10	10	11	11	12	12	12	12	12	
165	7	7	8	9	10	10	11	11	12	12	12	12	12	
180	7	7	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	13	
195	7	7	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	13	
210	7	7	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	14	

Figura 03: Tabela de valores mínimos para o pé direito do edifício, recomendável em função das dimensões do prédio.

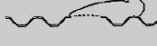

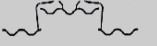
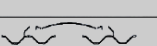
Tipos de aparelhos de saída de ar mais eficientes		IVN
	Domo tipo L-40 Domoglass ou Delker com passagem de ar de 40cm (este valor depende do vão de luz e da área da edificação)	3,93
	2 aparelhos do tipo Lanterna com uma passagem de ar de 30cm, em cada aparelho (este valor depende do vão de luz e da área da edificação)	5,82
	2 aparelhos do tipo Lanterna L Domoglass ou Delker com uma passagem de ar de 30cm, em cada aparelho (este valor depende do vão de luz e da área da edificação)	5,82
	Domo tipo L-30 Domoglass ou Delker com passagem de ar de valor de 30cm (este valor depende do vão de luz e da área da edificação)	5,88

Figura 04: Tabela comparativa entre os tipos de aberturas quanto à eficiência da passagem do ar e (IVN) <sup>1</sup>

## 1.2 Iluminação natural

Alves (s/d) recomenda a utilização de sistemas de iluminação natural zenital ou

<sup>1</sup> Índice de ventilação natural (IVN) pode ser calculado através da equação:  $IVN = (A_a / A_p) \times R_{aa} \times R_{da} \times R_m \times 100$ ; onde  $A_a$  é a área total das aberturas disponíveis para passagem de ar antes da instalação dos aparatos utilizados para permitir a entrada de luz e proteção contra chuva,  $A_p$  é a área do piso interno da edificação,  $R_{aa}$  é o redutor de área de abertura da passagem de de ar,  $R_{da}$  é o redutor devido ao atrito e a presença de tela protetora,  $R_{md}$  é o redutor de mudança de direção . Scigliano & Hollo. **IVN - Índice de ventilação natural**. São Paulo: Editora Pini, 2001.

azimutal no plano da cobertura, tais como o shed, para galpões que apresentam grande largura; pois o emprego de áreas translúcidas nos fechamentos laterais é eficiente em edificações cuja largura não ultrapasse 5 - 6 m. E diz ainda que deve – se levar em conta a área de abertura da iluminação zenital no cálculo da ventilação, já que ocorre aquecimento equivalente a 1 Kwh/ m<sup>2</sup> devido à absorção do calor solar pelo material translúcido.

## 2. Águas pluviais

O uso da água da chuva alivia as estações de tratamento de água, reduzindo os custos com água potável, e ajuda a prevenir enchentes, diminuindo a sobrecarga das galerias pluviais.

A água da chuva pode ser coletada da cobertura, armazenada e utilizada posteriormente no consumo não potável, como em bacias sanitárias, no resfriamento de caldeiras e extrusoras, e na lavagem de veículos e peças.

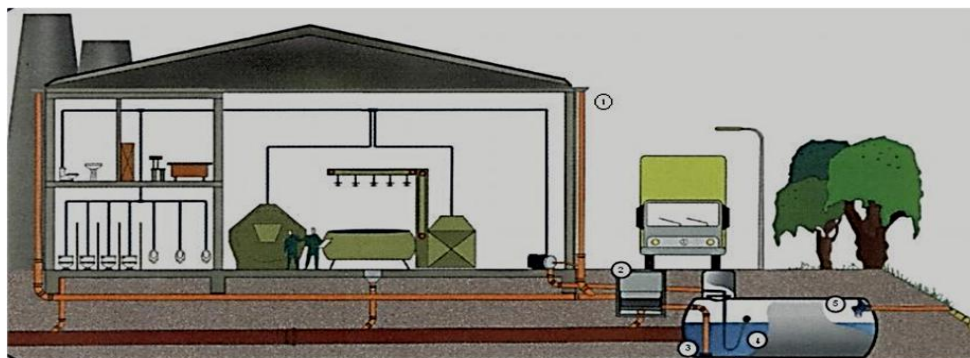


Figura 05: Sistema de captação pluvial numa indústria: A água é captada na cobertura através de calhas e coletores (1), passa por um filtro (2), armazenada em um reservatório (3), bombeada para diversos ambientes (4) o excesso de água é devolvido à rede coletora (5).

## 3. Painéis solares

A energia solar térmica não gera resíduo, colabora na redução da dependência dos combustíveis fósseis e na emissão de gases de efeito de estufa.

Os painéis coletores da energia térmica solar podem ser utilizados em processos industriais, tais como o aquecimento de gases, pré-aquecimento de água de caldeiras e em termoacumuladores. Os painéis do tipo fotovoltaicos coletam e transformam a energia solar em energia elétrica.

Devem estar sempre colocados de modo que incida o máximo de radiação solar, de preferência orientados para o Norte geográfico (ou Sul, quando no hemisfério Norte) e, à nossa latitude, ter uma inclinação entre 25°- 30°.<sup>2</sup>



Figura 06: Cobertura com painéis solares

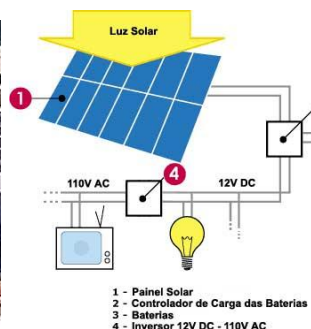


Figura 07: Pannel fotovoltaico

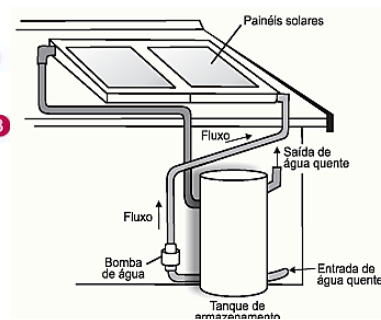


Figura 08: Pannel aquecimento solar

## 4. Tipos de coberturas

### 4.1. Telhas Metálicas

Fabricadas em aço ou alumínio, são leves, oferecem rapidez de montagem; impermeabilidade; flexibilidade e facilidade para serem modificadas, possibilitando aberturas para ventilação e iluminação naturais e interação com diversos elementos complementares, como forros, iluminação artificial, isolamentos térmicos e acústicos e aparelhos de climatização. Podem ser simples ou acústicas.

As telhas do tipo simples oferecem melhor reciclabilidade do que as do tipo acústicas e podem ter desempenho térmico melhorado com aplicação de pintura térmica, com menor custo por m<sup>2</sup> do que com aplicação de material isolante.

As telhas do tipo acústico (ou sanduíche) contém recheio de material isolante como: o poliuretano, o poliestireno e lã de vidro ou rocha, em espessuras, densidades e formas variadas. O poliuretano proporciona grande resistência estrutural, com baixo peso por m<sup>2</sup> de telhado e é comprado sob medida, sem desperdício do material.

Segundo estudo realizado na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), seu uso permite obter uma redução do consumo de energia elétrica de até 36% <sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Dados obtidos no link: <http://www.danicacorporation.com/sfDanica2/web/index.php/clippings/ver/n/108>

O Poliestireno Expandido (EPS) apresenta grande resistência mecânica à dilatação e à compressão, não apodrece, não mofa e possui baixíssima absorção de água.

As telhas zipadas são feitas de forma contínua, com "costura" mecânica, sem frestas entre os perfis, dispensam o uso de parafusos ou fitas de vedação, garantindo ótima estanqueidade. Indicadas para grandes vãos e pequenas inclinações.

A cobertura do tipo Roll-on é constituída por bobinas de aço revestido (galvanizado, zincalume ou pré-pintado), desenroladas e apoiadas em treliças paralelamente dispostas, sem emendas e sobreposições no comprimento total da cobertura; formam canais contínuos de condução de água.

#### **4.2. Shed**

Permite iluminação em torno de três quartos do valor obtido com a mesma superfície iluminante localizada sobre um teto horizontal. No Brasil, seu melhor desempenho é quando orientado a sul para latitudes compreendidas entre 24° e 32° S<sup>3</sup>.

#### **4.3. Cobertura de Policarbonato**

Constituída de polímeros de carbono; Pode ser encontrada em três tipos: compacta, alveolar e telha; é altamente resistente a impactos e intempéries, 80 % mais leve e 200 vezes resistente que o vidro. O tipo alveolar permite translucidez entre 60% e 92%, dependendo da cor. Chapas de policarbonato refletivo permitem a redução de calor e bloqueio de até 100% da radiação U.V.

#### **4.4. Telha de Concreto**

Produzida basicamente com cimento e areia, permite cobrir 1m<sup>2</sup> utilizando-se 10,4 unidades, é mais leve e de menor custo que as tradicionais telhas de barro. Apresenta alta impermeabilidade e durabilidade, resistência à maresia e ao granizo, e garante conforto térmico por ter baixo índice de condutividade térmica.


---

<sup>3</sup> Dados obtidos no link : [http://www.arg.ufsc.br/arg5661/trabalhos\\_2006-2/zenital/index.php?pag=tipologia-](http://www.arg.ufsc.br/arg5661/trabalhos_2006-2/zenital/index.php?pag=tipologia-)




## 5. Resultados- Quadro comparativo dos tipos de cobertura

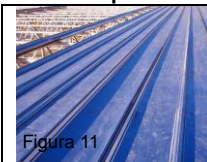
### Telhas Metálicas Simples

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
	a) Estanqueidade b) Possibilita aberturas para iluminação e ventilação naturais.	a) Absorção de ruído de chuva b) Menor resistência a impacto perfurante


### Shed

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
	a) Proporciona iluminação e ventilação natural b) Apresenta diversas formas e pode ser utilizado com diversos tipos de telhas	a) Necessita de estruturação mais elaborada da cobertura b) Quanto à iluminação natural, é menos eficiente em dias nublados.


### Telhas zipadas

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
	a) Excepcional estanqueidade, pois não há frestas e dispensa o uso de parafusos ou fitas de vedação. b) Baixo peso próprio c) Baixo calor irradiado d) Vão livre intercolúnio e) Permite instalação de isolamento termoacústico	a) Necessidade de manutenção na telha b) Instalação de ventilação e iluminação naturais c) Flexibilidade para expansões e modificações d) Absorção de ruídos de chuva


### Sistema Roll-on

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
	a) Facilita instalação de coleta de águas pluviais b) Flexibilidade para expansões e modificações c) Baixo calor irradiado d) Sem emendas e sobreposições e) Vão livre intercolúnio	a) Menor resistência a impacto perfurante b) Necessidade de manutenção na telha c) Custo elevado d) Mão-de-obra especializada e) Absorção de ruídos de chuva


### Telhas Metálicas termoacústicas- material isolante: Poliuretano

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
	a) Resistência a impacto perfurante b) Baixo peso próprio c) Grande resistência estrutural d) Isolamento térmico e acústico	a) Vão livre intercolúnio b) Custo elevado c) Não refletem raios U.V d) Dificil reciclagem

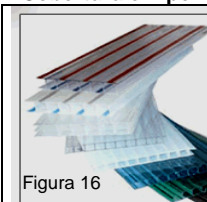
### Telhas Metálicas termoacústicas - material isolante: Poliestireno Expandido (EPS):

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
	a) Resistência a impacto perfurante b) Resistência mecânica à dilatação e à compressão c) Não apodrece ou mofa d) Isolamento térmico e acústico e) Baixa absorção de água	a) Vão livre intercolúnio b) Custo elevado c) Não refletem os raios U.V. d) Dificil reciclagem

### Telhas em concreto

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
	a) Resistência a impacto perfurante b) Absorção de ruídos de chuva c) Alta impermeabilidade e durabilidade d) Peso inferior comparado com a telha convencional de barro e) Tamanho maior que as tradicionais telhas de barro f) Grande resistência á intempéries	a) Vão livre intercolúnio b) Instalação de ventilação natural c) Flexibilidade para expansões e modificações d) Índice de condutividade térmica elevado e) Peso próprio elevado f) Suporte das instalações

### Cobertura em policarbonato

	VANTAGENS	DESVANTAGENS
	a) Resistência a impacto perfurante b) Baixo índice de condutividade térmica c) Mais leve e resistente que o vidro d) Alta impermeabilidade e durabilidade e) Iluminação natural. f) Reduz o calor e bloqueia a radiação U.V. g) Não propaga chama h) Flexibilidade na moldagem	a) Vão livre intercolúnio b) Manutenção de limpeza frequente c) Risca mais facilmente que o vidro

## 6. Considerações finais

No projeto de cobertura de edifícios industriais deve-se considerar as variáveis do clima local, a carga térmica gerada pela ocupação e uso da edificação, as dimensões do edifício (largura, comprimento, pé direito) e sua posição geográfica. Para edifícios de maiores dimensões, quanto ao aspecto da iluminação, são

recomendadas as aberturas zenitais ou azimutais. O dimensionamento destas deve ter em conta a absorção do calor solar pelos materiais translúcidos da cobertura. Em alguns casos, é melhor realizar a redução da iluminação zenital ou o deslocamento de parte da sua área para as fachadas.

O Shed é uma boa opção para o aproveitamento da iluminação natural, porém apresenta menor eficiência de ventilação obtida através do efeito chaminé. Neste caso, para a ventilação natural, os domos e lanternins são mais eficientes, segundo dados constantes na tabela de Scigliano & Hollo (fig. 04).

Se a carga térmica gerada no interior do edifício for maior que a carga térmica por aquecimento da cobertura pela radiação solar, deve-se atentar para não se utilizar o isolamento na cobertura, pois poderá dificultar o resfriamento do edifício, pela perda do calor para o meio externo.

A instalação do exaustor eólico que utiliza somente o efeito chaminé contribui para a dissipação do calor interno do prédio para o exterior.

As telhas metálicas são ideais para os grandes vãos, permitem aberturas para ventilação e iluminação naturais e interação com diversos elementos complementares: isolantes térmicos, forros, etc.

Pode-se incrementar a economia de energia e água, utilizando-se painéis solares e sistemas de captação de águas pluviais na cobertura, respectivamente.

## **Abstract**

This paper discusses various types of coverage that can be used in the building industry as a design option, improving their energy efficiency and environmental work conditions. Some of them are: shed covering, metal shingles, polycarbonate roofing, concrete shingles.

The roof of a building deserves an emphasis in bioclimatic architecture, as it allows dealing with five essentials for sustainability: acoustic comfort; thermal comfort; natural lighting and ventilation; and rainwater collection, contributing to save energy and water.

The data collected in the survey allowed the preparation of a comparative table containing the advantages and disadvantages of the covers above, as a useful tool in the design of architectural project.

**Key words:** sustainability, roofing, industrial buildings.

## **Bibliografia**

ALVES, Lauro. **Fábricas Doentes**. Artigo Técnico, s/d. Disponível em:  
<http://www.lax.ind.br/>

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 1999. 3ed.

HACKENBERG, Ana Mirthes. **Conforto e “Stress” Térmico em Indústrias: Pesquisas efetuadas nas Regiões de Joinville, SC e Campinas, SP**, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000.265 p. Tese.

SCIGLIANO, Sérgio, HOLLO, Vilson. **Conforto térmico em edifícios comerciais e industriais em regiões de clima quente**: 1ª Ed. São Paulo: Pini, 2001.

SCIGLIANO, Sérgio, HOLLO, Vilson. **IVN - Índice de ventilação natural**. São Paulo: Editora Pini, 2001. 279 p.

## **Links:**

<http://www.lax.ind.br/>- Acesso em 14/04/2012.

<http://www.sunlab.com.br/>- Acesso em 20/03/2012

<http://www.abcem.org.br/upfiles/arquivos/publicacoes/manual-de-telhas.pdf>  
Acesso 20/07/12.

<http://www.danicacorporation.com/>-Acesso 20/07/12.

[http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2006-2/zenital/index.php?pag=conceito](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2006-2/zenital/index.php?pag=conceito)  
Acesso em 20/07/12.

<http://www.telmaq.com.br/telhas/> - Acesso em 27/07/12.

<http://www.metalica.com.br/coberturas-de-policarbonato> - Acesso em 10/08/12.

### **Fonte das figuras:**

Figura 01: <http://www.lax.ind.br/>

Figura 02: <http://www.rotiv.com.br/produtos/exaustor-eolico/>

Figura 03: SCIGLIANO, Sérgio; HOLLO, Vilson. **Conforto térmico em edifícios comerciais e industriais em regiões de clima quente:** 1ª Ed. São Paulo: Pini, 2001 p. 32.

Figura 04: SCIGLIANO, Sérgio; HOLLO, Vilson. **IVN - Índice de ventilação natural.** São Paulo: Editora Pini, 2001. Pp.169 -170.

Figura 05: <http://mozenclever.vilabol.uol.com.br/meio/agua.htm>

Figura 06: <http://www.verdesolar.com/Pages/CoberturasSolaresIndustriais.aspx>

Figura 07: <http://aero-mini.blogspot.com.br/p/energias.html>

Figura 08: <http://aveirenovaveis.blogspot.com.br/p/solar-termico.html>

Figura 09 : <http://www.abcem.org.br/upfiles/arquivos/publicacoes/manual-de-telhas.pdf>

Figura 10: [http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos\\_2006-2/zenital/index.php?pag=tipologia](http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2006-2/zenital/index.php?pag=tipologia)

Figura 11: <http://www.lax.ind.br/galpoes-industriais/cobertura-metalica.php>

Figura 12: <http://www.aecweb.com.br/sistema-integrado-de-cobertura-metalica-roll-on/tematicos/artigos/2000/6>

Figuras 13,14 e 15: <http://www.abcem.org.br/upfiles/arquivos/publicacoes/manual-de-telhas.pdf>

Figura 16: <http://www.estilocoberturas.com.br/>