

***INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA***



José Carlos dos Santos Valente Júnior

Diretrizes para projeto sustentável do novo terminal  
aeroportuário de São José dos Campos

Trabalho de Graduação  
2008

***Civil***

José Carlos dos Santos Valente Júnior

## Diretrizes para projeto sustentável do novo terminal aeroportuário de São José dos Campos

Orientadores

Prof. Dr. Emmanuel Antônio dos Santos (ITA)

Co-orientadores

Prof. Dr. Wilson Cabral de Sousa Júnior (ITA)

**Divisão de Engenharia Civil-Aeronáutica**

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

COMANDO-GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2008

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

**Divisão de Informação e Documentação**

Valente Júnior, José Carlos dos Santos  
Diretrizes para projeto sustentável do novo terminal de São José dos Campos / José Carlos dos Santos  
Valente Júnior

São José dos Campos, 2008.

105f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil-Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2008. Orientador: Emmanuel Antônio dos Santos

1. Sustentabilidade. 2. Desempenho Térmico. 3. Desempenho lumínico. I. Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Civil-Aeronáutica. II. Título

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

VALENTE JÚNIOR, José Carlos dos Santos. **Diretrizes para projeto sustentável do novo terminal de São José dos Campos**. 2008. 105f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

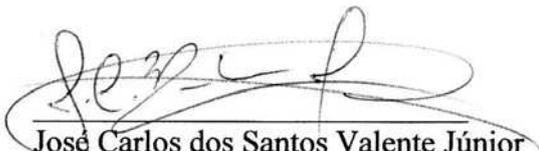
**CESSÃO DE DIREITOS – (NEGRITO, TAMANHO 12)**

NOME DO AUTOR: José Carlos dos Santos Valente Júnior

TÍTULO DO TRABALHO: Diretrizes para projeto sustentável do novo terminal de São José dos Campos

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2008

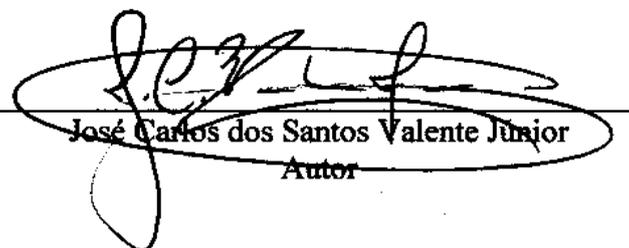
É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



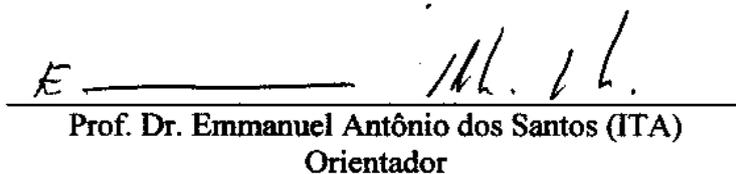
José Carlos dos Santos Valente Júnior  
Av. Prefeito Dulcício Cardoso, 2602 – Barra da Tijuca  
22631051 – Rio de Janeiro - RJ

## Diretrizes para projeto sustentável do novo terminal de São José dos Campos

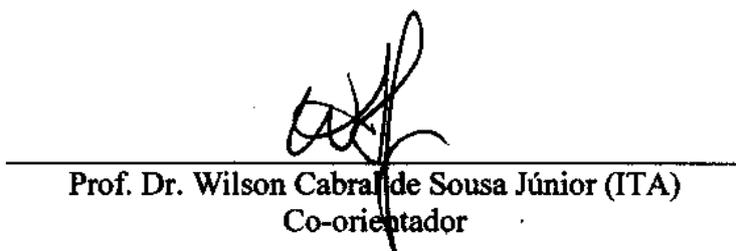
Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



José Carlos dos Santos Valente Júnior  
Autor



Prof. Dr. Emmanuel Antônio dos Santos (ITA)  
Orientador



Prof. Dr. Wilson Cabral de Sousa Júnior (ITA)  
Co-orientador



Prof. Dra. Íria Fernandes Vendrame  
Coordenadora do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 21 de novembro de 2008

Dedico este trabalho à minha família e aos meus amigos

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me mantido sempre equilibrado e dedicado durante a aventura de descobertas que foi a confecção deste trabalho de graduação.

A minha família pelo grande incentivo e apoio durante todo o curso de engenharia civil que culminou na realização do estudo e divulgação deste documento.

Aos meus amigos por me tranquilizarem e apoiarem durante a fase final deste projeto.

Aos Professores Doutores Emmanuel Antônio dos Santos e Wilson Cabral de Sousa Júnior pela paciência e orientação com que direcionaram meu trabalho.

Aos Professores Doutores Cláudio Jorge Pinto Alves, Carlos Müller e Professora Doutora Íria Vendrame pelo fornecimento e orientação de informações complementares ao meu estudo.

A Divisão de Engenharia Civil-Aeronáutica e todos os seus funcionários pela colaboração intensa na minha formação como engenheiro.

Ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica pela minha formação profissional e pessoal.

*“Existem coisas entre o Céu e  
a Terra que vão além de sua  
vã filosofia ocidental .”  
(William Shakespeare)*

## **Resumo**

Cresce continuamente a preocupação da sociedade e das autoridades com a preservação do ambiente. Disposto a progredir nesses aspectos, o Brasil participa de muitos encontros internacionais que tem este assunto como tema de debate, tendo, durante a Conferência Sustainable Building 2000, formalizado sua integração ao projeto Green Building Challenge. Todavia, o setor privado e público de construção civil brasileiro, responsável por grande parte do consumo e transformação desses recursos naturais, sinaliza uma grande carência de materiais de orientação sobre aspectos ambientais e de sustentabilidade, em todas as etapas do ciclo de vida da edificação, principalmente na fase de projeto. Assim, a presente obra vislumbra traçar diretrizes para a sustentabilidade em edifícios, através de um estudo de caso de um novo terminal aeroportuário de passageiros para o aeroporto Professor Urbano Ernesto Stumpf, localizado em São José dos Campos, São Paulo, utilizando-se de algumas tecnologias eficientes e de baixo custo, baseadas em metodologias já consagradas. Para isso, projetou-se esta nova edificação já adaptada às mais novas condições de demanda, resultado do processo recente de aumento do fluxo do tráfego aéreo brasileiro, responsável pelas recentes crises no setor.

## **Abstract**

There is a continuously growing concern of society and authorities with the preservation of the environment. Willing to make progress in these aspects, Brazil participates in many international meetings that have this as a topic of debate while, during the Sustainable Building Conference 2000, formalized its integration to the project of the Green Building Challenge. However, the private and public sector of civil construction in Brazil, responsible for most of the consumption and processing of these natural resources indicates a great lack of guidance materials for environmental and sustainability issues at all stages of the life cycle of building, especially during the project stage. Thus, this work envisions establishing guidelines for sustainability in buildings, through a case study of a new passenger airport terminal for Professor Urbano Ernesto Stumpf airport, located in Sao Jose dos Campos, Sao Paulo, using some efficient and low cost technologies, based on methodologies already established. For this, this new building was designed, which is already adapted to new conditions of demand, a result of the increased flow of the Brazilian air traffic, responsible for the recent crises in the industry.

## Sumário

<b>1</b>	<b>Motivação .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>A situação atual do aeroporto Professor U.E. Stumpf .....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>Estudo de Demanda do aeroporto de São José dos Campos .....</b>	<b>18</b>
3.1	<b>Projeções do mercado regional e doméstico .....</b>	<b>19</b>
3.2	<b>Projeções do mercado internacional .....</b>	<b>21</b>
3.3	<b>Demanda na hora pico do aeroporto de S.J.Campos .....</b>	<b>27</b>
3.4	<b>Determinação do número de posições de parada.....</b>	<b>28</b>
3.5	<b>Determinação da metragem quadrada do aeroporto de S.J.Campos.....</b>	<b>32</b>
3.6	<b>Dimensionamento de ambientes e divisão de pavimentos do terminal aeroportuário .....</b>	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>Diretrizes para o projeto sustentável do terminal de São José dos Campos.....</b>	<b>44</b>
4.1	<b>Seleção de materiais de baixo impacto ambiental.....</b>	<b>45</b>
4.1.1	<b>Estudo de materiais comumente utilizados na engenharia civil .....</b>	<b>46</b>
4.1.2	<b>Estudo de novos materiais .....</b>	<b>47</b>
4.2	<b>Estudo de conforto térmico e lumínico .....</b>	<b>64</b>
4.2.1	<b>Ventilação natural .....</b>	<b>74</b>
4.3	<b>Estudo de técnicas para iluminação natural. ....</b>	<b>83</b>
4.4	<b>Aberturas superiores e inferiores .....</b>	<b>85</b>
4.5	<b>Persianas .....</b>	<b>92</b>
4.6	<b>Espelhos d`água.....</b>	<b>96</b>
4.7	<b>Seleção de cores de pintura .....</b>	<b>97</b>
4.8	<b>A vegetação como aliado sonoro, físico, térmico, lumínico e ecológico.....</b>	<b>98</b>
4.9	<b>Diretrizes de captação / racionalização / reuso da água .....</b>	<b>106</b>
<b>5</b>	<b>A liberdade da forma e o tema .....</b>	<b>108</b>
<b>6</b>	<b>Dificuldades encontradas e conclusões .....</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>Referências .....</b>	<b>110</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Evolução do tráfego de passageiros no aeroporto de São José dos Campos. ....	20
Tabela 3.2 - Evolução do tráfego de aeronaves no aeroporto de São José dos Campos ..	20
Tabela 3.3 - Previsão da ANAC do tráfego de passageiros no aeroporto de São José dos Campos. ....	20
Tabela 3.4 - Previsão da ANAC do tráfego de aeronaves no aeroporto de São José dos Campos. ....	21
Tabela 3.5 - Previsão da ANAC do mix de aeronaves no aeroporto de São José dos Campos. ....	21
Tabela 3.6 - Trânsito de passageiros no aeroporto de Guarulhos. ....	22
Tabela 3.7 - Trânsito de aeronaves no aeroporto de Guarulhos. ....	22
Tabela 3.8 - Previsão da ANAC do trânsito de passageiros domésticos regular no aeroporto de Guarulhos. ....	23
Tabela 3.9 - Previsão da ANAC do trânsito de passageiros internacionais regular no aeroporto de Guarulhos. ....	23
Tabela 3.10 - Previsão da ANAC do trânsito de passageiros domésticos não-regular no aeroporto de Guarulhos. ....	23
Tabela 3.11 - Previsão da ANAC do trânsito de passageiros internacionais não regular no aeroporto de Guarulhos. ....	23
Tabela 3.12 - Previsão da ANAC do trânsito de passageiros da aviação geral no aeroporto de Guarulhos. ....	23
Tabela 3.13 - Previsão da ANAC do trânsito total geral de passageiros no aeroporto de Guarulhos. ....	24
Tabela 3.14 - Previsão da ANAC do trânsito de aeronaves domésticos regular no aeroporto de Guarulhos. ....	24
Tabela 3.15 - Previsão da ANAC do trânsito de aeronaves internacionais regular no aeroporto de Guarulhos. ....	24
Tabela 3.16 - Previsão da ANAC do trânsito de aeronaves domésticos não-regular no aeroporto de Guarulhos. ....	24
Tabela 3.17 - Previsão da ANAC do trânsito de aeronaves internacionais não regular no aeroporto de Guarulhos. ....	24
Tabela 3.18 - Previsão da ANAC do trânsito de aeronaves da aviação geral no aeroporto de Guarulhos. ....	25
Tabela 3.19 - Previsão da ANAC do trânsito total geral de aeronaves no aeroporto de Guarulhos. ....	25
Tabela 3.20 - Previsão da ANAC do mix de aeronaves domésticas regulares no aeroporto de Guarulhos. ....	25
Tabela 3.21 - Previsão da ANAC do mix de aeronaves internacionais regulares no aeroporto de Guarulhos. ....	25
Tabela 3.22 - Previsão do fluxo de passageiros internacionais no aeroporto de São José dos Campos. ....	27
Tabela 3.23 - Previsão do fluxo de aeronaves internacionais no aeroporto de São José dos Campos. ....	27
Tabela 3.24 - Previsão do mix de aeronaves internacionais no aeroporto de São José dos Campos. ....	27
Tabela 3.25 - Correlação segundo a FAA para a TPHP (typical peak hour passenger)..	28
Tabela 3.26 - Projeção de movimentação de aeronaves o aeroporto de São José dos Campos. ....	28

<b>Tabela 3.27 - Mix representativo do fluxo de aeronaves e suas características principais.</b>	<b>29</b>
<b>Tabela 3.28 - Razão entre a demanda anual e a demanda diária do mês de pico (X*) e entre a média diária e da hora-pico do mês de pico (Y*).....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 3.29 - Capacidade operacional de aeronaves.....</b>	<b>30</b>
<b>Tabela 3.30 - Índice de dimensionamento de terminal .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabela 3.31 - Fatores de dimensionamento do saguão de embarque.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabela 3.32 - Fatores de dimensionamento da sala de pré-embarque.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 3.33 - Fatores de dimensionamento da área dos balcões da área de check-in.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabela 3.34 - Cenário de processamento de fila segundo o modelo MMS. ....</b>	<b>36</b>
<b>Tabela 3.35 - Fatores de dimensionamento da área dos balcões de compra e reserva de bilhetes. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabela 3.36 - Fatores de dimensionamento do número de balcões de compra e reserva de bilhetes. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabela 3.37 - Fatores de dimensionamento da área para triagem e despacho de bagagens. ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 3.38 - Fatores de dimensionamento da área de vistoria de segurança. ....</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 3.39 - Fatores de dimensionamento da área de vistoria de passaportes. ....</b>	<b>39</b>
<b>Tabela 3.40 - Fatores de dimensionamento do número de balcões na área de vistoria de segurança.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabela 3.41 - Fatores de dimensionamento da área de vistoria do saguão de desembarque. ....</b>	<b>40</b>
<b>Tabela 3.42 - Fatores de dimensionamento da área de restituição de bagagens. ....</b>	<b>40</b>
<b>Tabela 3.43 - Fatores de dimensionamento da área da alfândega .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabela 3.44 - Fatores de dimensionamento da área de banheiro masculino. ....</b>	<b>41</b>
<b>Tabela 3.45 - Fatores de dimensionamento da área de banheiro feminino.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 3.46 - Dimensionamento do banheiro Feminino padrão. ....</b>	<b>42</b>
<b>Tabela 3.47 - Dimensionamento do banheiro Masculino padrão.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabela 4.1 - Consumo Energético por Material .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabela 4.2 - Resistência ao cisalhamento transversal do bambu da espécie Phyllostachys aurea. para uma amostra de 36 partes do vegetal com umidades de 6 a 8%. ....</b>	<b>50</b>
<b>Tabela 4.3 - Resistência a compressão do bambu da espécie Phyllostachys aurea. ....</b>	<b>51</b>
<b>Tabela 4.4 - Resistência a compressão do bambu da espécie Phyllostachys aurea em função do tratamento. ....</b>	<b>54</b>
<b>Tabela 4.5 - – Resultado de ensaio de resistência a compressão simples dos tijolos com 10% de fibras de coco verde em volume.....</b>	<b>57</b>
<b>Tabela 4.6 - de ensaio de resistência a compressão simples dos tijolos de terra crua. ....</b>	<b>57</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Comparativo de índices energéticos dos materiais em MJ/kg.....	46
Figura 4.2 - Distribuição do bambu pelo território nacional. ....	47
Figura 4.3 - Blocos Mattone.....	59
Figura 4.4 - Variação da resistência do bloco de acordo com a densidade seca do solo ..	60
Figura 4.5 - Esquema de compactação de bloco com a prensa GEO 50.....	61
Figura 4.6 - Aumento da resistência com a pressão de compactação. ....	62
Figura 4.7 - Esquema construtivo com blocos de concreto de terra. ....	64
Figura 4.8 - Carta solar para a latitude 24 graus Sul.....	66
Figura 4.9 - Anemograma da cidade de São José dos Campos. ....	67
Figura 4.10 - Posicionamento do novo terminal aeroportuário do aeroporto Urbano Ernesto Stumpf, em São José dos Campos.....	69
Figura 4.11 - Temperatura mínima, média e máxima média mensal para o período de 1974 a 1998 (a); temperatura mínima, média e máxima média anual para o período de 1974 a 1998 (b). ....	70
Figura 4.12 - Precipitação média mensal para o período de 1974 a 1998 (a); Precipitação total anual para o período de 1974 a 1998 (b).....	70
Figura 4.13 - Média mensal de dias chuvosos para o período de 1974 a 1998 (a); Número de dias chuvosos acumulados por ano para o período de 1974 a 1998 (b). ....	71
Figura 4.14 - Umidade específica (g/Kg) média mensal do período de 1976 a 1998.....	72
Figura 4.15 - Espacialização da temperatura na região do Aeroporto de São José dos Campos no dia 30/05/2006 às 14h00 local para a (a) imagem diurna e às 21h00 local para a (b) imagem noturna. ....	73
Figura 4.16 - Ventilação por ação dos ventos. Distribuição de pressões. ....	76
Figura 4.17 - Ventilação por ação dos ventos.....	76
Figura 4.18 – Coeficientes de pressão. ....	78
Figura 4.19 - Previsão do fluxo de ar dentro do terminal aeroportuário, em corte, com aberturas nas fachadas opostas. ....	79
Figura 4.20 - Distribuição dos coeficientes de pressão pela edificação do terminal.....	79
Figura 4.21 - Taxa de ventilação recomendada. ....	80
Figura 4.22 - Esquema simplificado da configuração das aberturas de ventilação das fachadas. ....	81
Figura 4.23 - Croquis explicativos da distribuição de pressões em uma caixa cúbica. ....	82
Figura 4.24 - Principais projetos para aproveitamento da iluminação natural. ....	83
Figura 4.25 - Esquemática do efeito combinado entre ventilação por ação dos ventos e por efeito chaminé.....	85
Figura 4.26 - Esquema de funcionamento das aberturas superiores como prateleira de iluminação. ....	87
Figura 4.27 - Ângulos de sombra gerados por dispositivos de proteção solar.....	87
Figura 4.28 - Placa horizontal infinita sobre a abertura em superfície vertical.....	88
Figura 4.29 - Máscara produzida por um dispositivo solar infinito. ....	89
Figura 4.30 - Carta solar da latitude de 24 graus Sul, devidamente orientada para a direção da fachada nobre do novo terminal de São José dos Campos, indicando o dimensionamento de avanços nas fachadas. ....	90
Figura 4.31 - Modelo do transferidor auxiliar.....	91
Figura 4.32 - Representação esquemática das aberturas superiores da edificação.....	91
Figura 4.33 - Carta solar da latitude de 24 graus Sul, devidamente orientada para a direção da fachada nobre do novo terminal de São José dos Campos, indicando o dimensionamento de avanços nas laterais. ....	93

<b>Figura 4.34 - Esquema de funcionamento das persianas .....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 4.35 - Persianas criadas por Norman Foster em 1991 e utilizadas em Lycéé Albert Camus, Fréjus, França.....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 4.36 - Esquema de funcionamento do espelho d`água como fonte secundária.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 4.37 - Esquematização das elevações das zonas de proteção altiméticas. ....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 4.38 - Fachada do Lycéé Albert Camus, localizado na cidade francesa de Fréjus. ....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 4.39 - Utilização da terra como sistema de resfriamento passivo direto.....</b>	<b>103</b>
<b>Figura 4.40 - Exemplos favoráveis a ventilação proporcionados pela vegetação.. ....</b>	<b>105</b>
<b>Figura 4.41 - Croqui com o posicionamento da vegetação sugerido.....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 5.1 - Visualização externa do terminal de passageiros. ....</b>	<b>108</b>

# 1 Motivação

Neste primeiro capítulo tratar-se-ão os principais motivos e motivações para a realização do trabalho, indicando as questões que explicam a preocupação com o terminal de passageiros do aeroporto Professor Urbano Ernesto Stumpf, bem como algumas vantagens, sendo potencial canal de escoamento de parte do tráfego internacional de aeronaves que hoje prejudicam a operacionalidade de alguns aeroportos brasileiros que têm sua capacidade, muitas vezes, desrespeitada. Este aspecto é ainda mais acentuado quando da proximidade da realização de um evento das dimensões como a realização de uma torneio mundial de seleções de futebol, como foi anunciado recentemente e com previsão para 2014, o que gera números extremamente superiores ao que nossa infra-estrutura aeroportuária está apta a receber, conforme opinião do prof. Cláudio Jorge, professor do Instituto Tecnológico de Aeronáutica e um dos maiores especialistas no assunto, mesmo quando considera-se a região sudeste brasileira.

Dentro deste contexto, São José dos Campos destaca-se ainda por sua vocação econômica e turística em virtude de sua localização entre as duas metrópoles brasileiras de maior expressão econômica e de sua relativa proximidade com alguns municípios da Serra da Mantiqueira, dentre os quais a estância turística de Campos do Jordão, a cidade santuário de Aparecida do Norte, assim como as cidades balneárias do litoral Norte Paulista. O município é servido por uma bem estruturada malha rodoviária de âmbito intermunicipal, a qual possibilita o deslocamento de pessoas entre essas cidades e regiões, bem como o transporte de mercadorias produzidas ou utilizadas pelo imenso parque industrial e tecnológico instalado na cidade.

A cidade de São José dos Campos passa a assumir grande destaque no cenário brasileiro, no tocante ao modal aeroviário, por dois motivos principais: a crescente demanda do Cone Leste Paulista, que congrega 24 (vinte e quatro) cidades e quase 3 (três) milhões de pessoas, apresentando um elevado crescimento industrial e comercial, além de o aeroporto local vir a representar uma alternativa possível para alguns vôos que hoje utilizam o aeroporto de Congonhas e Guarulhos.

Esse destaque de São José dos Campos é facilmente justificado pela sua: localização, a 84 (oitenta e quatro) quilômetros de São Paulo, 163 (cento e sessenta e três) quilômetros de Campinas, 160 (cento e sessenta) quilômetros de Santos, 83 (oitenta e três) quilômetros de Atibaia, 93 (noventa e três) quilômetros de Campos do Jordão (que não possui aeroporto), 84 (oitenta e quatro) quilômetros de Caraguatatuba no litoral norte paulista, sendo atendida por

excelente malha rodoviária como a rodovia Presidente Dutra que garante conexão com os estados de São Paulo e Minas Gerais, e com rodovias paulistas como Anchieta, Imigrantes e Ayrton Senna que permitem acesso aos municípios da Serra da Mantiqueira, a estância de Campos de Jordão, Aparecida do Norte e ao litoral norte de São Paulo, que inclui Ilha Bela, Ubatuba, Caraguatatuba e São Sebastião; forte atração em investimentos produtivos nos últimos 15 (quinze) anos e elevada concentração de grandes empresas que se concentram no chamado Cone Leste Paulista.

Outros dois fatores mais recentes que intensificam este destaque feito a cidade joseense são: a previsão de construção de uma linha férrea de alta velocidade que ligaria as localidades de Campinas e Rio de Janeiro, passando por São Paulo e São José dos Campos, reduzindo o tempo de acesso entre as duas últimas cidades a cerca de 15 (quinze) minutos; e a necessidade de se ampliar a capacidade de tráfego aéreo na região sudeste, principalmente no eixo que liga Rio de Janeiro e São Paulo, já que segundo ALVES (2008), a realização do evento esportivo da Copa do Mundo de 2014 demandará uma capacidade bem superior a instalada na região.

Assim, essa demanda crescente prevista e já, em menor escala, observada no aeroporto de São José dos Campos, que é extremamente prejudicada pela pequena frequência de vôos regulares, tornou-se base do presente estudo que tem por objetivo, através da análise de dados recentes de movimentação no aeroporto Professor Urbano Ernesto Stumpf, que atende a cidade de São José dos Campos, e da projeção da demanda de médio prazo utilizando algumas técnicas estatísticas e pesquisas recentes realizadas pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), a concepção de um novo conceito de terminal de passageiros utilizando as mais modernas técnicas de sustentabilidade com o propósito de minimizar o uso de sistemas mecânicos, hidráulicos ou eletrônicos como condicionadores ou circuladores de ar, iluminação artificial e demais técnicas que possam agredir o meio ambiente, utilizando-se de materiais peculiares e estruturas diferenciadas conferindo ao terminal condições naturais de conforto térmico e lumínico.

Este novo terminal de passageiros, incorporando conceitos de sustentabilidade, será então projetado para permitir a circulação de todos os passageiros e possíveis acompanhantes previstos pela análise prévia de demanda de médio prazo de acordo com um nível de conforto A, seguindo orientações do volume 2 (dois) do anexo 14 (catorze) da ICAO (International Civil Aviation Organization) licenciando o aeroporto a realizar operações internacionais elevando a competência turística, comercial e econômica do município, sendo, portanto, dotado de todos os instrumentos necessários para a boa operacionalidade do complexo do

terminal. Dentre esses instrumentos encontram-se o salão de embarque, o salão de desembarque, sala de vistoria, área de *check-in*, lojas comerciais, banheiros, restaurantes, salas administrativas, área de restituição de bagagem - a qual não existe no atual terminal -, além de bancos e demais ambientes de apoio.

Mas tudo isso é apenas um estudo prévio para se estabelecer as dimensões do terminal bem como a sua disposição em relação ao número de pavimentos, área da fachada e demais peculiaridades arquitetônicas as quais estará limitado o projeto. Assim, à partir de características iniciais orientadoras, far-se-á o estabelecimento de um estudo mais criterioso e característico que envolve uma série de fatores que, conjuntamente analisados, municiará a adoção de diversas e simples tecnologias de baixo custo com intuito de minimizar o impacto ambiental da edificação no meio em que está inserido desde a fase de sua construção até sua inativação, passando, é claro, pelo período de sua intensa utilização.

Este estudo inicia-se com o uma análise detalhada de possíveis materiais alternativos para a construção do terminal, avaliando-se os mais diversos aspectos como mecânico, físico, químico e ambiental sobre uma série de situações a que eles possam ser expostos durante os seus ciclos de vida, através de vários critérios consagrados, de modo a usar de maneira eficiente os recursos naturais que se fazem necessários.

Paralelamente, destaca-se aspectos como o estudo do conforto térmico e lumínico, sendo para isso estudados as condições climáticas e meteorológicas como a ação dos ventos na região, aspectos de pluviosidade e umidade do ar, questões de insolação e a mais complexa inter-relação destas e demais características, de modo a prover o ambiente de condições agradáveis de utilização através da adoção de algumas estratégias simples e de baixo custo, minimizando o uso de aparelhos como condicionadores de ar e demais aparelhos termo-mecânicos.

Finalmente, o estudo se completa com a preocupação sobre, talvez, o mais importante recurso natural, a água, criando-se alternativas, e adaptando-se o projeto na busca do uso mais eficiente deste recurso no que diz respeito ao seu reuso e promoção de sistemas alternativos que viabilizem outras formas de captação.

## **2 A situação atual do aeroporto Professor U.E. Stumpf**

O capítulo segundo deste trabalho procurou analisar a situação atual do aeroporto Urbano Ernesto Stumpf, principalmente no lado aéreo, de modo a poder interpretar que tipo de tráfego (mix de aeronaves) poderá fazer uso das instalações do aeroporto, de acordo com o

tamanho, sinalização e instrumentação da pista, além de dispositivos de apoio a segurança como *stopways*, *clearways* afim de se avaliar possíveis modificações necessárias neste contexto para a operação plena das aeronaves a que se propõe o nosso plano de demanda.

Essas aeronaves serão atendidas por uma pista instrumentada e asfaltada de 2.676 (dois mil seiscentos e setenta e sete) metros de comprimento por 45 (quarenta e cinco) metros de largura, com cabeceiras 33 e 15, localizada num sítio de 1.740.110,20 (um milhão setecentos e quarenta mil cento e dez) metros quadrados, situado a 23° 13' 45" [Sul](#) / 45° 51' 41" [Oeste](#), numa altitude de 646 (seiscentos e quarenta e seis) metros. Esse complexo aeroportuário conta também com a existência de um pátio de aeronaves de 2500 (dois mil e quinhentos) metros quadrados com 13 (treze) posições de parada, além de um estacionamento de automóveis com capacidade para 49 (quarenta e nove) veículos, segundo a Infraero, que faz a administração do aeroporto.

À partir desses dados, e com base nos ábacos de algumas aeronaves da Boeing, Airbus e Embraer, foi possível determinar, para as principais aeronaves que sobrevoam o território brasileiro, a possibilidade do uso das mesmas, bem como o alcance máximo de acordo com as premissas da pista de São José dos Campos.

Outros fatores que chamam a atenção a princípio são as dimensões reduzidas do estacionamento de automóveis e o de aeronaves que podem ser alvos de alteração no intuito de atender a demanda de médio prazo do aeroporto Urbano Ernesto Stumpf.

### **3 Estudo de Demanda do aeroporto de São José dos Campos**

O terceiro capítulo foi construído de forma a balizar o projeto do novo terminal, uma vez que seus resultados vão ser úteis no dimensionamento de cada recinto da composição do terminal de acordo com as suas peculiaridades.

Optou-se por segmentar os usuários em regionais, domésticos e internacionais para que suas necessidades comuns fossem respeitadas e atendidas de maneira satisfatória. Isso porque esses grupos terão número de acompanhantes diferentes, utilizarão o terminal por um tempo maior ou menor de acordo com a distância de seus vôos por uma recomendação de se realizar o check-in com um tempo maior ou menor de antecedência, necessitarão de auxílios diferentes de acordo com a heterogeneidade de suas culturas, idiomas e etc.

### 3.1 Projeções do mercado regional e doméstico

As projeções de demanda para o aeroporto de São José dos Campos, no âmbito regional e doméstico tiveram como referência os estudos de tendência de evolução do mercado aéreo, realizados em 2005 pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) e intitulados como “Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros” com cobertura analítica de 150 aeroportos brasileiros.

Os estudos tiveram como base de dados estatísticos as operações de tráfego regular por empresas aéreas prestadoras de serviços de transporte comercial, nos segmentos doméstico e internacional, segundo o HOTRAN, e tem como objetivo projetar a evolução do tráfego de passageiros, aeronaves e do agregado carga e mala postal, não considerando as restrições de capacidade da infra-estrutura instalada ou limitações de gerenciamento do tráfego aéreo para a elaboração das projeções, além de indicar a composição da frota de aeronaves para cada um dos aeroportos, definidas por faixas, assim classificadas:

Faixa 1 – 15 assentos (entre 08 e 18)

Faixa 2 – 25 assentos (entre 19 e 30)

Faixa 3 – 45 assentos (entre 31 e 60)

Faixa 4 – 100 assentos (entre 61 e 130)

Faixa 5 – 135 assentos (entre 131 e 180)

Faixa 6 – 210 assentos (entre 181 e 260)

Faixa 7 – 350 assentos (entre 261 e 450)

Faixa 8 – 450 assentos (acima de 450)

Tal procedimento foi adotado em função das dificuldades de se estabelecer, com segurança, um modelo de renovação da frota de aeronaves em operação nos diversos segmentos do tráfego doméstico e internacional, dentro do horizonte de estudo, por envolver iniciativas e decisões das empresas de transporte aéreo, não divulgadas por razões de interesses comerciais e estratégicos. Assim, usando-se essas hipóteses e as estimativas do movimento de passageiros previamente obtidas a partir dos modelos de demanda, foi calculado o número de movimentos de aeronaves em cada aeroporto.

As prognoses foram obtidas a partir de uma metodologia denominada Capital Asset Pricing Model – CAPM, através de um procedimento conhecido como *top-down*, amplamente difundido entre os diversos órgãos internacionais de pesquisa do transporte aéreo. Para

abrançar fatores intervenientes não previstos, tendo em vista que o crescimento do transporte aéreo está correlacionado com o nível da atividade econômica, o estudo estabeleceu faixas de variação em torno da média projetada construindo intervalos de confiança de 95% em torno da média, criando-se, assim, os cenários pessimista e otimista, representados pelas tabelas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, e 3.5 para o caso em análise.

Tabela 3.1 - Evolução do tráfego de passageiros no aeroporto de São José dos Campos.

Ano	Regular		Não Regular			Total Geral
	Doméstico	Internacional	Doméstico	Internacional	Av. Geral	
1994	-	-	-	-	-	***
1995	-	-	-	-	-	***
1996	12 381	-	1 720	-	-	14 101
1997	43 971	-	9 714	-	36	53 721
1998	38 785	-	20 557	-	284	59 626
1999	40 621	-	21 342	-	128	62 091
2000	49 185	-	15 936	-	173	65 294
2001	50 637	-	13 186	-	431	64 254
2002	41 545	-	5 617	-	521	47 683
2003	3 611	-	10 609	-	1 303	15 523
2004	-	-	15 194	-	3 614	18 808

Fonte: ANAC

Tabela 3.2 - Evolução do tráfego de aeronaves no aeroporto de São José dos Campos

Ano	Aeronaves de Passageiros					Aeronaves Cargueiras				Total Geral
	Regular		Não Regular			Regular		Não Regular		
	Dom.	Intl.	Dom.	Intl.	Av. Geral	Dom.	Intl.	Dom.	Intl.	
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	2 360	-	444	-	4 414	-	-	-	-	7 218
1997	5 920	-	983	-	16 432	-	-	-	-	23 335
1998	2 987	-	1 563	2	16 233	-	-	-	-	20 785
1999	3 348	-	1 681	-	14 216	-	-	-	2	19 247
2000	3 415	2	1 576	-	13 580	-	-	-	2	18 575
2001	2 974	-	2 598	42	9 977	-	-	-	28	15 619
2002	2 708	-	3 671	172	7 057	-	-	6	18	13 632
2003	274	-	4 407	117	4 992	-	-	-	6	9 796
2004	-	-	2 873	91	6 472	-	-	-	8	9 444

Fonte: ANAC

Tabela 3.3 - Previsão da ANAC do tráfego de passageiros no aeroporto de São José dos Campos.

Ano	Pessimista	Média	Otimista
2010	62 121	78 915	97 655
2015	86 691	110 442	137 331
2025	165 836	207 287	256 820

Fonte: ANAC

Tabela 3.4 - Previsão da ANAC do tráfego de aeronaves no aeroporto de São José dos Campos.

Ano	Pessimista	Média	Otimista
2010	13 926	19 106	25 507
2015	16 756	23 785	32 993
2025	25 065	36 801	54 434

Fonte: ANAC

Tabela 3.5 - Previsão da ANAC do mix de aeronaves no aeroporto de São José dos Campos.

Ano	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5	Faixa 6	Faixa 7	Faixa 8	TAMAV	FA
Nº Médio de Ass.	15	25	45	100	135	210	350	450		
2004	-	60%	40%	-	-	-	-	-	38	0.29
2010	-	25%	65%	10%	-	-	-	-	46	0.35
2015	-	12%	68%	15%	5%	-	-	-	55	0.38
2025	-	5%	70%	17%	8%	-	-	-	61	0.40

Fonte: ANAC

### 3.2 Projeções do mercado internacional

As projeções de demanda para o aeroporto de São José dos Campos, no âmbito internacional também tiveram como referência os estudos de tendência de evolução do mercado aéreo, realizados em 2005 pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), só que de maneira indireta.

Isso porque para se estimar a demanda internacional do aeroporto professor Urbano Ernesto Stumpf, algo não realizado pela ANAC, que considerou apenas a existência de fluxo doméstico, partiu-se da premissa apresentada ainda na introdução, que apontava este aeroporto como canal de escoamento de parte do tráfego internacional de Guarulhos.

Sendo assim, estimou-se o fluxo de passageiros internacionais em São José dos Campos como sendo um percentual do resultado direto da subtração do fluxo projetado pela pesquisa da ANAC para o aeroporto de Guarulhos pela capacidade máxima atual do aeroporto de Guarulhos projetada pelos professores doutores Carlos Muller e Cláudio Jorge para uma condição de construção de uma terceira pista e de um terceiro terminal neste mesmo aeroporto, respeitando-se as ponderações de cada aeroporto e seus mixes de aeronaves. Essa premissa foi adotada devido a saturação atual do aeroporto de Guarulhos e a proximidade da cidade de Guarulhos e São José dos Campos (cerca de 70 quilômetros).

O tráfego de Guarulhos a ser absorvido será apenas o internacional, uma vez que o tráfego doméstico e regional com destino a Guarulhos têm destino final, a maior parte das vezes, a própria cidade de São Paulo, fazendo com que o aeroporto de São José dos Campos

não se torne uma alternativa viável já que aumentaria o tempo de viagem num valor percentual bastante elevado.

Para se fazer a estimativa de tráfego do aeroporto de Guarulhos, a ANAC utilizou-se do mesmo método de regressão linear já descrito, utilizando-se da evolução do tráfego neste aeroporto, que se encontra na tabela 3.6 e 3.7:

Tabela 3.6 - Trânsito de passageiros no aeroporto de Guarulhos.

Ano	Regular		Não Regular			Total Geral
	Doméstico	Internacional	Doméstico	Internacional	Av. Geral	
1994	4 937 038	3 492 941	142 608	353 780	9 521	8 935 888
1995	6 078 659	3 875 683	209 464	218 350	9 879	10 392 035
1996	6 229 746	6 387 639	132 645	169 220	13 600	12 932 850
1997	6 732 160	7 455 107	137 268	89 083	14 398	14 428 016
1998	7 389 426	6 818 390	345 895	140 125	11 301	14 705 137
1999	6 883 491	6 100 708	422 756	45 141	7 604	13 459 700
2000	6 428 528	6 880 120	393 106	30 552	10 270	13 742 576
2001	6 461 907	6 133 005	489 709	19 412	7 914	13 111 947
2002	5 397 274	5 889 064	591 616	15 388	9 648	11 902 990
2003	4 014 258	6 889 352	630 983	36 568	9 873	11 581 034
2004	4 592 323	7 295 720	983 973	57 366	10 811	12 940 193

Fonte: ANAC

Tabela 3.7 - Trânsito de aeronaves no aeroporto de Guarulhos.

Ano	Aeronaves de Passageiros					Aeronaves Cargueiras				Total Geral
	Regular		Não Regular			Regular		Não Regular		
	Dom.	Intl.	Dom.	Intl.	Av. Geral	Dom.	Intl.	Dom.	Intl.	
1994	66 308	45 543	3 740	2 243	5 284	-	-	-	-	123 118
1995	62 080	48 721	4 124	3 488	8 598	10 880	1 196	1 324	350	140 761
1996	67 105	56 963	3 055	881	10 649	11 043	1 484	1 098	4	152 282
1997	74 054	63 386	4 035	651	10 129	12 571	1 346	1 316	47	167 535
1998	89 681	66 218	9 387	1 369	7 368	12 688	856	197	81	187 845
1999	93 790	65 536	8 495	477	5 374	12 198	583	683	18	187 154
2000	88 295	65 460	10 190	261	6 795	11 788	455	2 860	4	186 108
2001	84 077	64 902	12 725	263	5 588	12 115	492	2 308	4	182 474
2002	66 102	58 488	13 086	224	5 955	12 656	884	3 056	-	160 451
2003	46 186	60 260	10 037	272	6 119	10 001	609	5 544	10	139 038
2004	47 222	61 325	9 884	1 245	11 507	13 487	922	3 901	4	149 497

Fonte: ANAC

A partir do estudo de evolução do tráfego na cidade de Guarulhos, foi possível estimar a evolução deste tráfego num horizonte que vai até o ano de 2025. Esses resultados podem ser observados nas tabelas de numeração 3.8 a 3.21:

Tabela 3.8 - Previsão da ANAC do trânsito de passageiros domésticos regular no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	6 921 610	8 255 191	9 845 712
2015	9 754 101	11 634 254	13 876 818
2025	19 320 836	23 045 249	27 487 604

Fonte: ANAC

Tabela 3.9 - Previsão da ANAC do trânsito de passageiros internacionais regular no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	10 779 071	12 274 992	13 769 453
2015	14 508 628	16 621 670	18 732 560
2025	23 644 128	27 766 808	31 885 303

Fonte: ANAC

Tabela 3.10 - Previsão da ANAC do trânsito de passageiros domésticos não-regular no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	1 184 949	1 673 853	2 161 197
2015	1 661 218	2 330 398	2 997 479
2025	3 175 424	4 124 415	5 082 351

Fonte: ANAC

Tabela 3.11 - Previsão da ANAC do trânsito de passageiros internacionais não regular no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	76 016	112 655	149 779
2015	115 379	172 032	229 444
2025	233 274	358 618	485 760

Fonte: ANAC

Tabela 3.12 - Previsão da ANAC do trânsito de passageiros da aviação geral no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	12 316	18 016	26 355
2015	16 839	26 091	40 427
2025	30 813	54 790	97 423

Fonte: ANAC

Tabela 3.13 - Previsão da ANAC do trânsito total geral de passageiros no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	18 973 962	22 334 707	25 952 496
2015	26 056 165	30 784 445	35 876 728
2025	46 404 475	55 349 880	65 038 441

Fonte: ANAC

Tabela 3.14 - Previsão da ANAC do trânsito de aeronaves domésticos regular no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	75 980	90 619	108 078
2015	98 498	117 485	140 130
2025	176 040	209 974	250 450

Fonte: ANAC

Tabela 3.15 - Previsão da ANAC do trânsito de aeronaves internacionais regular no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	82 446	93 888	105 319
2015	102 344	117 249	132 139
2025	151 281	177 659	204 010

Fonte: ANAC

Tabela 3.16 - Previsão da ANAC do trânsito de aeronaves domésticos não-regular no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	11 393	16 094	20 780
2015	14 701	20 622	26 526
2025	25 608	33 261	40 986

Fonte: ANAC

Tabela 3.17 - Previsão da ANAC do trânsito de aeronaves internacionais não regular no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	1 310	1 942	2 582
2015	1 672	2 493	3 325
2025	2 535	3 898	5 280

Fonte: ANAC

Tabela 3.18 - Previsão da ANAC do trânsito de aeronaves da aviação geral no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	12 074	17 663	25 838
2015	14 643	22 688	35 154
2025	19 879	35 348	62 853

Fonte: ANAC

Tabela 3.19 - Previsão da ANAC do trânsito total geral de aeronaves no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Pessimista</b>	<b>Média</b>	<b>Otimista</b>
2010	183 203	220 206	262 597
2015	231 858	280 537	337 274
2025	375 343	460 140	563 579

Fonte: ANAC

Tabela 3.20 - Previsão da ANAC do mix de aeronaves domésticas regulares no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Faixa 1</b>	<b>Faixa 2</b>	<b>Faixa 3</b>	<b>Faixa 4</b>	<b>Faixa 5</b>	<b>Faixa 6</b>	<b>Faixa 7</b>	<b>Faixa 8</b>	<b>TAMAV</b>	<b>FA</b>
<b>Nº Médio de Ass.</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>45</b>	<b>100</b>	<b>135</b>	<b>210</b>	<b>350</b>	<b>450</b>		
2004	-	2%	1%	57%	32%	4%	4%	-	134	0.73
2010	-	2%	3%	40%	36%	12%	7%	-	140	0.65
2015	-	2%	3%	30%	40%	15%	10%	-	152	0.65
2025	-	2%	3%	20%	42%	18%	15%	-	169	0.65

Fonte: ANAC

Tabela 3.21 - Previsão da ANAC do mix de aeronaves internacionais regulares no aeroporto de Guarulhos.

<b>Ano</b>	<b>Faixa 1</b>	<b>Faixa 2</b>	<b>Faixa 3</b>	<b>Faixa 4</b>	<b>Faixa 5</b>	<b>Faixa 6</b>	<b>Faixa 7</b>	<b>Faixa 8</b>	<b>TAMAV</b>	<b>FA</b>
<b>Nº Médio de Ass.</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>45</b>	<b>100</b>	<b>135</b>	<b>210</b>	<b>350</b>	<b>450</b>		
2004	-	-	-	18%	20%	30%	32%	-	211	0.56
2010	-	-	-	16%	22%	32%	30%	-	218	0.60
2015	-	-	-	10%	25%	34%	26%	5%	229	0.62
2025	-	-	-	5%	27%	35%	23%	10%	240	0.65

Fonte: ANAC

Com a previsão de demanda do aeroporto de Guarulhos, basta então saber a capacidade máxima a médio prazo do próprio aeroporto de Guarulhos. Afim de se obter essa capacidade média, recorreu-se a MÜLLER (2007). Nos seus estudos recentes, o autor considera: participação das empresas aéreas na operação do aeroporto; alianças entre as empresas aéreas; capacidade do pátio – tamanho da aeronave e suas restrições; características das etapas de voo a serem cumpridas; e equilíbrio de operação entre os 3 terminais (30%/30%/40%).

Na alternativa em que o autor admite a instalação de uma terceira terminal e de uma terceira pista neste aeroporto, chegou-se a um tempo médio inferior a 5 (cinco) minutos por operação (pouso/decolagem), resultando uma capacidade de atendimento de cerca de 29.000.000 (vinte e nove milhões de pessoas) por ano, limitado pela capacidade dos terminais.

Entretanto, o plano diretor deste mesmo aeroporto previa a construção de um quarto terminal, o que faria com que a capacidade dos terminais não fosse mais um limitante o processo, fazendo com que a capacidade do aeroporto chegasse próximo a 36,8 milhões de pessoas, para um cenário com um número médio de 140 passageiros por aeronave, segundo MÜLLER (2007).

Assim, verifica-se que essa capacidade é suficiente para atender o trânsito doméstico, da aviação geral e parte do trânsito internacional do aeroporto de Guarulhos a médio e longo prazo. Isso faria com um fluxo internacional de cerca de 18 milhões de pessoas de Guarulhos, cerca de 65 %, tivesse que ser realocado em outros aeroportos próximos ou internos a cidade de São Paulo.

Uma das alternativas de desvio deste tráfego seria o aeroporto de Viracopos, localizado a 95 (noventa e cinco) quilômetros da cidade de São Paulo, que conta com uma excelente pista de pouso de 3240 metros de comprimento e 45 metros de largura. Além do aeroporto Professor Urbano Ernesto Stumpf, localizado a cerca de 90 (noventa) quilômetros da capital paulista. Assim, admitiu-se que o tráfego internacional excedente de Guarulhos, que inicialmente teria dificuldade de ser distribuído nos próprios aeroportos da cidade de São Paulo, seria distribuído em São José dos Campos e Viracopos, argumento que é fortalecido pela possibilidade de construção da linha férrea de veículo de alta velocidade ligando Viracopos, São Paulo, São José dos Campos e, por fim, o Rio de Janeiro, fazendo com que Viracopos e São José dos Campos possam ser acessadas em menos de meia hora, à partir de São Paulo.

Afim de se determinar a proporção desta divisão, utilizou-se a proxy do valor adicionado no setor de serviços ao Produto Interno Bruto de cada cidade segundo divulgação do IBGE através da fundação SEADE. Neste estudo, credita-se a cidade de Campinas cerca de 12,2 bilhões de reais e apenas 6,6 bilhões de reais a cidade de São José dos Campos. Isso faria com que São José absorvesse cerca de 22% do tráfego internacional de Guarulhos.

Utilizou-se o valor adicionado no setor de serviços ao Produto Interno Bruto e não o próprio valor adicionado ao Produto Interno Bruto, em virtude da grande concentração industrial em São José dos Campos que não se traduz em necessário aumento de fluxo de

passageiros e por a parcela do valor adicionado no setor de serviços ter funcionado como melhor variável explicativa nos modelos de previsão de tráfego aéreo.

Sendo assim, teríamos o seguinte cenário de fluxo internacional em São José dos Campos, conforme a tabela 3.22, 3.23 e 3.24:

Tabela 3.22 - Previsão do fluxo de passageiros internacionais no aeroporto de São José dos Campos.

Ano	Pessimista	Média	Otimista
2010	2,388,119	2,725,282	3,062,231
2015	3,217,281	3,694,614	4,171,640
2025	5,253,028	6,187,593	7,121,633

Tabela 3.23 - Previsão do fluxo de aeronaves internacionais no aeroporto de São José dos Campos.

Ano	Pessimista	Média	Otimista
2010	18,426	21,082	23,738
2015	22,883	26,123	29,802
2025	33,839	39,942	46,043

Tabela 3.24 - Previsão do mix de aeronaves internacionais no aeroporto de São José dos Campos.

Ano	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5	Faixa 6	Faixa 7	Faixa 8	TAMAV	FA
Nº Médio de Ass.	15	25	45	100	135	210	350	450		
2004	-	-	-	18%	20%	30%	32%	-	211	0.56
2010	-	-	-	16%	22%	32%	30%	-	218	0.60
2015	-	-	-	10%	25%	34%	26%	5%	229	0.62
2025	-	-	-	5%	27%	35%	23%	10%	240	0.65

### 3.3 Demanda na hora pico do aeroporto de S.J.Campos

A partir da previsão de movimentação doméstica e internacional de passageiros e aeronaves o aeroporto de São José dos Campos, foi possível chegar a uma previsão de cerca de 6,4 milhões de passageiros num cenário médio, para um horizonte que alcança o ano de 2025.

Recorreu-se a alguns registros da FAA, onde encontra-se divulgada uma circular numerada como 150/5060-5 , datada de 1983, para se determinar o fluxo de pessoas no terminal de passageiros durante a hora pico (hora mais ocupada do dia mais ocupado da semana típica) no aeroporto de São José dos Campos. Esse dado foi obtido à partir da tabela 3.25.

Tabela 3.25 - Correlação segundo a FAA para a TPHP (typical peak hour passenger).

<b>Passageiros Anuais</b>	<b>TPHP como percentagem do fluxo anual</b>
Acima de 30 milhões	0,035
De 20.000.000 a 29.999.999	0,040
De 10.000.000 a 19.999.999	0,045
De 1.000.000 a 9.999.999	0,050
De 500.000 a 999.999	0,080

Fonte: FAA.

Como o número de passageiros previsto foi de cerca de 6.400.000 (seis milhões e quatrocentos mil), utilizando-se o coeficiente de 0,05 %, conforme sugerido pela tabela 3.30, obteve-se um fluxo médio de 3200 (três mil e duzentas) pessoas na hora pico.

### **3.4 Determinação do número de posições de parada**

De acordo com as tabelas 3.4, 3.5, 3.23 e 3.24, construiu-se um quadro resumitivo do fluxo de aeronaves, por faixa de tamanho. Esse quadro pode ser observado na tabela 3.26:

Tabela 3.26 - Projeção de movimentação de aeronaves o aeroporto de São José dos Campos.

	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5	Faixa 6	Faixa 7	Faixa 8
Assentos médio	15	25	45	100	135	210	350	450
Doméstico	-	1,840	25,761	6,256	2,944	-	-	-
Internacional	-	-	-	1,997	10,784	13,980	9,187	3,994
Total	-	1,840	25,761	8,253	13,728	13,980	9,187	3,994

Entretanto, é preciso saber se o lado aéreo existente, atualmente, no aeroporto professor Urbano Ernesto Stumpf é suficiente e atende com bom nível de serviço a demanda de aeronaves projetada. Segundo ALVES (2008), a capacidade da pista é função de uma série de fatores. São elas:

- Configuração e uso das pistas;
- Regras e procedimentos de tráfego aéreo;
- Comprimento do trecho comum de aproximação;
- Condições meteorológicas;

- Relação entre pousos e decolagens;
- Frota de aeronaves operantes (mix);
- Características operacionais das aeronaves;
- Restrições da pista (obstáculos e horizonte);
- Ocorrência de toque e arremetida;
- Separação entre as aeronaves na operação.

Porém, segundo a mesma circular numerada como 150/5060-5 da FAA, previu-se a utilização de um índice que classifica as aeronaves de acordo com seus pesos, da seguinte forma:

- Tipo A - pequenos monomotores pesando até 5.700 kg
- Tipo B - pequenos bimotores pesando até 5.700 kg
- Tipo C - aeronaves entre 5.700 e 136.000 kg (inclui B737, E145 etc)
- Tipo D - aeronaves pesando mais de 136.000 kg (inclui A300, DC10, B747 etc)

Assim, buscou-se classificar as aeronaves previstas pela pesquisa de demanda, não mais pelo número de lugares, mas sim, por peso. Desta forma, considerou-se o seguinte mix representativo de aeronaves, de acordo com os sites das empresas fabricantes das aeronaves:

Tabela 3.27 - Mix representativo do fluxo de aeronaves e suas características principais.

MIX de aeronaves	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4	Faixa 5	Faixa 6	Faixa 7	Faixa 8
número de lugares	15	25	45	100	135	210	350	450
número de aeronaves	0	1840	25761	8253	13728	13980	9187	3994
modelo da aeronave	-	Lineage 1000	ERJ 145	B-737-600	A 320	A 340-200	B 767-400	A 380
número de lugares efetivos		22	50	110	150	239	375	555
dimensões (m)		36,2 X 28,7	29,87 X 20,04	31,2 X 35,8	37,57 X 34,10	59,39 X 60,30	61,3 X 51,9	73,0 X 79,8
Peso (kg)		> 10.000	17900	66000	62500	173000	204110	361000

Como a FAA define o índice conforme Equação 3.1:

$$I_{mix} = \% C + 3 \times \% D \quad (3.1)$$

Logo, encontrou-se:

$$I_{mix} = 64,6 + 3 \times 35,4 = 170,8$$

A partir deste índice foi possível determinar , segundo a tabela 3.28, extraída da mesma circular encontrada o site da FAA e replicada a seguir, a movimentação diária máxima e a movimentação máxima na hora pico.

Tabela 3.28 - Razão entre a demanda anual e a demanda diária do mês de pico (X\*) e entre a media diária e da hora-pico do mês de pico (Y\*).

Índice-mix	% Toque e arremetida	X*	Y**
0-20	0-50	290	9
21-50	0-40	300	10
51-80	0-20	310	11
81-120	0	320	12
121-180	0	350	14

Fonte: FAA

Através deste mesmo documento, conforme reproduzido na tabela 3.29, foi possível verificar a capacidade de trânsito das 76.743 (setenta e seis mil setecentos e quarenta e três) aeronaves projetadas para operar em 2025 no aeroporto de São José dos Campos.

Tabela 3.29 - Capacidade operacional de aeronaves.

Configuração	Índice-Mix	VFR	IFR	Vol. Anual
Pista Única	0 a 20	98	59	230.000
	21 a 50	74	57	195.000
	51 a 80	63	56	205.000
	81 a 120	55	53	210.000
	121 a 130	51	50	240.000
Pista Paralela Separadas de 210 e 750 m	0 a 20	197	59	355.000
	21 a 50	145	57	275.000
	51 a 80	121	56	260.000
	81 a 120	105	59	285.000
	121 a 130	94	60	340.000
Pista Paralela Separadas de 750 e 1030 m	0 a 20	197	62	355.000
	21 a 50	149	63	285.000
	51 a 80	126	65	275.000
	81 a 120	105	70	300.000
	121 a 130	103	75	365.000

Fonte: FAA

Como a capacidade prevista pela FAA é cerca de três vezes maior que a demanda prevista, supõe-se que não haverá grandes problemas com relação ao tráfego na pista principal de pouso do aeroporto de São José dos Campos, tampouco nas pistas de taxi ou pátio de aeronaves.

Afim de se estimar o número de posições de parada para cada aeronave, dividiu-se os tipos de aeronaves previstas em duas classes que utilizarão envelopes de tamanhos diferentes. São eles:

- Tipo 1 – aeronaves com dimensões máximas inferiores a 40 metros.
- Tipo 2 – aeronaves com dimensões máximas superiores a 40 metros.

Como as aeronaves que atendem ao tipo 1, são aeronaves de até 150 passageiros, estimou-se um tempo médio, com segurança, de 40 (quarenta) minutos em solo, enquanto o segundo tipo de aeronaves teve seu tempo médio em solo estimado em 60 minutos.

De acordo com a tabela 3.26, e o dado do fluxo médio de 76743 (setenta e seis mil setecentos e quarenta e três) aeronaves, previu-se um fluxo médio de 20 (vinte) aeronaves na hora pico do mês de pico no aeroporto de São José dos Campos.

Obedecido-se a proporção indicada na tabela 3.26, inferiu-se que haveria o fluxo de 7 (sete) aeronaves do tipo 2 durante a hora pico e 13 (treze) aeronaves do tipo 1 neste mesmo período. Considerando o tempo médio de solo indicado anteriormente, estimou-se a necessidade de 7 (sete) posições de parada para aeronaves do tipo 2, e 9 (nove) aeronaves do tipo 1.

Portanto, o pátio de aeronaves será composto por dois tamanhos básicos de envelope, o que atenda aeronaves do tipo 1 (A 320 é o limitante), e o que atenda as aeronaves do tipo 2 (A 380 é o limitante). O dimensões destas aeronaves, fornecidas pelo site da fabricante, são: 37,57 m de comprimento por 34,10 m de largura, no caso do A 320, e de 73,00 m de comprimento por 79,80 m de largura para o caso do A 380. Conforme ALVES (2006), para saídas tratoradas, foram previstos *clearances* laterais de 4,50 m para o A 320 e de 7,50 m para o A380. Assim, estimaram-se envelopes de posição de parada de 47,00 m de largura por 45,00 m de comprimento para aeronaves do tipo 1, e de 95,00 m de largura por 92,00 m de comprimento para aeronaves do tipo 2.

### 3.5 Determinação da metragem quadrada do aeroporto de S.J.Campos

À partir do fluxo de passageiros tornou-se possível determinar a metragem aproximada do novo terminal de São José dos Campos, de acordo com um certo nível de serviço, a partir de alguns resultados da tese de mestrado de 2004 de Ana Glória Medeiros.

Segundo MEDEIROS (2004), “para *componentes de processamento*, o nível de serviço pode ser avaliado principalmente através do tempo de atendimento e espera e do espaço disponível para cada passageiro.”

Ela afirma que: “no caso de *componentes de espera* o nível de serviço pode ser medido através do espaço disponível para cada passageiro ou visitante, da disponibilidade de assentos, do conforto do ambiente, da facilidade de acesso às demais áreas de interesse e da disponibilidade de concessões comerciais entre outros. Dentre estes fatores o mais simples de se mensurar, logo o mais utilizado, é o espaço disponível para cada passageiro ou visitante.

Já para os *componentes de circulação* o nível de serviço pode ser contabilizado através da distância percorrida, da informação visual disponível, do espaço disponível, das possíveis mudanças de nível (circulação vertical), etc.”

Como o espaço disponível é o fator mais utilizado, todos os resultados de Medeiros foram traduzidos em tabelas que permitem a mensuração dos principais ambientes dentro de um terminal de passageiros aeroportuário de acordo com um nível de serviço pré-estabelecido.

Por se tratar de um aeroporto internacional de que se espera alto padrão de qualidade de serviço e atendimento, optou-se pelo nível A de serviço, o que permitiu inferir a metragem quadrada do terminal segundo a tabela 3.30.

Tabela 3.30 - Índice de dimensionamento de terminal

<b>ÁREA TOTAL DO TPS</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/pax)</b>		
	<b>Tipo de aeroporto</b>		
	<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
<b>A – Alto</b>	25,00	18,00	15,00
<b>B – Bom</b>	22,00	15,00	12,00
<b>C – Regular</b>	18,00	12,00	10,00

Fonte: MEDEIROS (2004)

Assim, verificou-se uma necessidade de cerca de 80.000 (oitenta mil) metros quadrados. Esse espaço seria dividido em área operacional (atividades essenciais no processo de transferência intermodal entre os meios de transporte terrestre e o aéreo, um exemplo destes componentes é a alfândega ) e não operacional (participam no processo de transferência intermodal, mas como acessórios, como exemplo, as lanchonetes e os restaurantes.).

Entretanto, o número apresentado como área total do terminal aeroportuário não é suficiente para estabelecer-se qualquer tipo de orientação arquitetônica que deve ser seguida na elaboração da planta, sendo inviável o estabelecimento do número de pavimentos, bem como a área de cada um deles. Assim, verifica-se a necessidade do estudo prévio da área de alguns importantes componentes do terminal, para assim, poder-se fazer uma distribuição do espaço de acordo com seus pavimentos para, à partir de então, estabelecer o estudo posterior de sustentabilidade. Portanto, os próximos passos se concentram no estudo dos principais componentes operacionais para, ao final, se estabelecer a elaboração de uma proposição arquitetônica prévia para o terminal.

### 3.6 Dimensionamento de ambientes e divisão de pavimentos do terminal aeroportuário

O dimensionamento dos ambientes internos ao terminal continuou seguindo as orientações de MEDEIROS (2004).

O dimensionamento do saguão de embarque foi feito com apoio na tabela 3.31:

Tabela 3.31 - Fatores de dimensionamento do saguão de embarque.

<b>SAGUÃO DE EMBARQUE</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/usuário)</b>		
	<b>Tipo de aeroporto</b>		
	<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
<b>A – Alto</b>	2,50	2,20	1,80
<b>B – Bom</b>	2,00	1,80	1,50
<b>C – Regular</b>	1,60	1,40	1,20

Fonte: MEDEIROS (2004)

Segundo a tabela 3.31, estabeleceu-se uma metragem quadrada de cerca de 12.000 (doze mil) metros quadrados, haja vista, ter-se considerado um índice de cerca de 0,5 acompanhantes por passageiros, totalizando 4.800 (quatro mil e oitocentos) usuários.

O dimensionamento da sala de pré-embarque foi feito com apoio na tabela 3.32:

Tabela 3.32 - Fatores de dimensionamento da sala de pré-embarque.

<b>SALA DE PRÉ-EMBARQUE</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/pax)</b>		
	<b>Tipo de aeroporto</b>		
	<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
<b>A – Alto</b>	1,60	1,40	1,20
<b>B – Bom</b>	1,40	1,20	1,00
<b>C – Regular</b>	1,10	1,00	0,80

Fonte: MEDEIROS (2004)

Segundo a tabela 3.32, estabeleceu-se a necessidade de 2.560 (dois mil quinhentos e sessenta) metros quadrados de sala de pré-embarque, já que o número de passageiros que fará uso desse ambiente é cerca de metade do fluxo total de 3.200 (três mil e duzentos) passageiros.

O dimensionamento dos balcões de *check-in* foi feito segundo a tabela 3.33:

Tabela 3.33 - Fatores de dimensionamento da área dos balcões da área de check-in.

<b>CHECK-IN</b>								
<b>AEROPORTO INTERNACIONAL</b>								
<b>Nível de serviço</b>	<b>Largura do balcão (m/posição)</b>	<b>Profund. (m)</b>	<b>Fila (m/pax)</b>	<b>Nº máximo de pax na fila/balcão</b>	<b>Tempo de atend./pax (min)</b>		<b>Circ. (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>/balcão)</b>
					<b>Vôo Int.</b>	<b>Vôo dom.</b>		
<b>A – Alto</b>	2,50	4,00	1,00	8	2 – 3	1 – 2	6,00	45,00
<b>B – Bom</b>	2,00	3,50	0,90	10	2 – 3	1 – 2	5,00	35,00
<b>C – Regular</b>	1,50	3,00	0,80	12	2 – 3	1 – 2	4,00	24,90

Fonte: MEDEIROS (2004)

Segundo a tabela 3.33, estabeleceu-se a necessidade de balcões de 45 (quarenta e cinco) metros quadrados. Para se determinar o número de balcões necessários, partiu-se da premissa

da tabela 3.33 que considera o número máximo de 8 pessoas por fila. Assim traçou-se o planejamento segundo o modelo MMS (momento de maior solicitação) que avalia o instante de maior solicitação dos componentes através de propagações e sobreposições dos fluxos relativos aos diversos vôos. Por este método, procura-se captar a maior movimentação que realmente ocorre por componente, sempre inferior a carga da hora-pico.

Para se construir a tabela 3.36, demonstrativa desse método, considerou-se um tempo de atendimento médio de 2 (dois) minutos por passageiro para um fluxo máximo de 1.600 (mil e seissentas) pessoas, já que espera-se uma distribuição igualmente distribuída entre embarque e desembarque. Esse fluxo foi considerado como tendo uma distribuição de chegada não uniforme, aproximando o modelo da realidade, segundo o cenário exibido pela segunda coluna da tabela 3.36.

O número de balcões utilizados foi otimizado de maneira a respeitar a condição de número máximo de 8 (oito) pessoas por fila, segundo a tabela 3.33, o que pode ser verificado na última coluna da tabela 3.34.

Assim, a tabela 3.34 demonstra um cenário construído para uma distribuição de público recém-chegado conforme a coluna dois, público acumulado na coluna três, público remanescente na coluna seis e número de pessoas remanescentes por fila na última coluna:

Tabela 3.34 - Cenário de processamento de fila segundo o modelo MMS.

Horário	Checkin chegada	Checkin fila	numero de balcões ativos	Atendidos	Checkin fila	fila p/ balcao
7:00	100	100	40	100	0	0
7:05	100	100	40	100	0	0
7:10	125	125	40	100	25	0.625
7:15	125	150	40	100	50	1.25
7:20	125	175	40	100	75	1.875
7:25	150	225	40	100	125	3.125
7:30	150	275	40	100	175	4.375
7:35	150	325	40	100	225	5.625
7:40	125	350	40	100	250	6.25
7:45	125	375	40	100	275	6.875
7:50	125	400	40	100	300	7.5
7:55	100	400	40	100	300	7.5
8:00	100	400	40	100	300	7.5

Além de balcões de check-in, fazem-se necessários balcões de reserva e compra de bilhetes aéreos, muito embora esses sejam cada vez menos utilizados haja vista a grande popularidade e disseminação do uso da internet para a compra desses bilhetes.

Sendo assim, utilizaram-se as tabelas 3.35 e 3.36 para o dimensionamento destes balcões, bem como para sua previsão de quantificação.

Tabela 3.35 - Fatores de dimensionamento da área dos balcões de compra e reserva de bilhetes.

<b>ÁREA PARA VENDAS E RESERVAS DE BILHETES</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/balcão)</b>		
	<b>Tipo de aeroporto</b>		
	<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
A – Alto	14,04	9,90	6,48
B – Bom	12,30	8,16	5,70
C – Regular	9,84	6,90	5,04

Fonte: MEDEIROS (2004)

Tabela 3.36 - Fatores de dimensionamento do número de balcões de compra e reserva de bilhetes.

<b>BALCÕES PARA VENDAS E RESERVAS DE BILHETES</b>		
<b>Porcentagem de número de balcões para check-in</b>		
<b>Tipo de aeroporto</b>		
<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
35	25	15
<b>MÍNIMO DE UM BALCÃO DE ATENDIMENTO</b>		

Fonte: MEDEIROS (2004)

Assim, obteve-se 10 (dez) balcões para venda e reserva de bilhetes, totalizando uma área de 140 (cento e quarenta) metros quadrados de balcões e cerca de 400 (quatrocentos) metros quadrados para a área total.

Ainda sob o enfoque do estudo da mesma autora, utilizaram-se as tabelas 3.37, 3.38, 3.39 e 3.40 para o dimensionamento da área para triagem e despacho de bagagens, área de vistoria de segurança, área de vistoria de passaportes e número de balcões nesta mesma área de vistoria de passaportes.

Tabela 3.37 - Fatores de dimensionamento da área para triagem e despacho de bagagens.

<b>ÁREA PARA TRIAGEM E DESPACHO DE BAGAGENS</b>		
<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/vôo)</b>		
<b>Tipo de aeroporto</b>		
<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
40,00	40,00	20,00

Fonte: MEDEIROS (2004)

Tabela 3.38 - Fatores de dimensionamento da área de vistoria de segurança.

<b>ÁREA DE VISTORIA DE SEGURANÇA</b>		
<b>Tipo de aeroporto</b>		
<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
20,00 m <sup>2</sup> /módulo	16,00 m <sup>2</sup> /módulo	13,50 m <sup>2</sup> /módulo
<b>Tempo de atendimento por pax (seg)</b>		<b>Processamento (pax/h)</b>
20		180

Fonte: MEDEIROS (2004)

Tabela 3.39 - Fatores de dimensionamento da área de vistoria de passaportes.

<b>ÁREA DE VISTORIA DE PASSAPORTES</b>	
<b>Aeroporto Internacional</b>	
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índice de dimensionamento (m<sup>2</sup>/pax)</b>
A – Alto	1,20
B – Bom	1,00
C – Regular	0,80

Fonte: MEDEIROS (2004)

Tabela 3.40 - Fatores de dimensionamento do número de balcões na área de vistoria de segurança

<b>ÁREA DE VISTORIA DE PASSAPORTES</b>			
<b>Aeroporto Internacional</b>			
<b>Balcões para atendimento de passageiros</b>			
<b>Nºde agentes (un.)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Tempo médio de atendimento (seg)</b>	<b>Processamento (pax/h)</b>
2	8,00 – 14,70	30	240
4	15,00 – 27,30	30	480

Fonte: MEDEIROS (2004)

Assim, concluiu-se que há a necessidade de 800 (oitocentos) metros quadrados de área para triagem e despacho de bagagem, cerca de 300 (trezentos) metros quadrados de área de vistoria de segurança e uma área de 150 (cento e cinquenta) metros quadrados para vistoria de passaportes, considerando a condição de atendimento de 3.200 (três mil e duzentos) passageiros por módulos de cerca de 25 (vinte e cinco) metros quadrados com capacidade de processamento de 480 passageiros por hora.

Já o dimensionamento da área para o saguão de desembarque foi feito com apoio na tabela 3.41. O dimensionamento das áreas de restituição de bagagens bem como a área de alfândega foram feitas de acordo com as tabelas 3.42, 3.43.

Tabela 3.41 - Fatores de dimensionamento da área de vistoria do saguão de desembarque.

<b>SAGUÃO DE DESEMBARQUE</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/usuário)</b>		
	<b>Tipo de aeroporto</b>		
	<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
A – Alto	2,00	1,80	1,50
B – Bom	1,80	1,60	1,20
C – Regular	1,50	1,20	1,00

Fonte: MEDEIROS (2004)

Tabela 3.42 - Fatores de dimensionamento da área de restituição de bagagens.

<b>ÁREA DE RESTITUIÇÃO DE BAGAGENS</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/pax)</b>		
	<b>Tipo de aeroporto</b>		
	<b>Internacional</b>	<b>Doméstico</b>	<b>Regional</b>
A – Alto	2,00	1,60	1,30
B – Bom	1,60	1,40	1,10
C – Regular	1,30	1,10	0,80

Fonte: MEDEIROS (2004)

Tabela 3.43 - Fatores de dimensionamento da área da alfândega

<b>ÁREA DE ALFÂNDEGA</b>	
<b>Aeroporto Internacional</b>	
<b>Nível de serviço</b>	<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/pax)</b>
A – Alto	1,50
B – Bom	1,20
C – Regular	0,90

Fonte: MEDEIROS (2004)

Portanto, concluiu-se a necessidade de 6.400 (seis mil e quatrocentos) metros quadrados de área de saguão de desembarque (considerou-se a ausência de acompanhantes). Já a área de restituição de bagagens gozará de uma área de 6.400 (seis mil e quatrocentos) metros quadrados, enquanto a área de alfândega será de 4.800 metros quadrados.

O dimensionamento dos banheiros foi feito com base nas tabelas 3.44 e 3.45.

Tabela 3.44 - Fatores de dimensionamento da área de banheiro masculino.

<b>SANITÁRIOS MASCULINOS</b>				
<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>)</b>				
<b>Nível de serviço</b>	<b>Lavatório</b>	<b>B. sanitária</b>	<b>Mictório</b>	<b>Circulação</b>
A – Alto	1,40	2,00	1,10	2,38
B – Bom	1,20	1,80	0,90	2,11
C – Regular	1,00	1,50	0,70	1,55

Fonte: Adaptado de MEDEIROS (2004)

Tabela 3.45 - Fatores de dimensionamento da área de banheiro feminino.

<b>SANITÁRIOS FEMININOS</b>			
<b>Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>)</b>			
<b>Nível de serviço</b>	<b>Lavatório</b>	<b>B. sanitária</b>	<b>Circulação</b>
A – Alto	1,40	2,00	1,85
B – Bom	1,20	1,80	1,68
C – Regular	1,00	1,50	1,20

Fonte: Adaptado de MEDEIROS (2004)

Sendo assim, dimensionaram-se dois banheiros, um para cada gênero sexual, de tamanhos diferentes. Haverá, portanto, um tipo de banheiro masculino e um feminino, tipo padrão, para diminuição do custo de suas implantações.

Na área do saguão principal, como o fluxo é de cerca de 4.800 (quatro mil e oitocentas) pessoas, projetou-se uma necessidade de um complexo de banheiros que tenha a capacidade de atender cerca de 450 homens e 450 mulheres por hora (esse resultado baseia-se numa aproximação que considera um fluxo de 60% de homens e 40% de mulheres, onde cerca de 25% das mulheres e apenas 15% dos homens frequentariam o banheiro do saguão).

Considerando-se que um homem fica, em média, 5 (cinco) minutos no banheiro e a mulher, 8 (oito) minutos, temos a necessidade de um banheiro com capacidade para 64 (sessenta e quatro) mulheres e 40 (quarenta) homens. Entretanto, projetaram-se banheiros com a metade desta capacidade, para que se possa distribuir esta demanda em dois banheiros afastados pelo saguão de embarque. O dimensionamento destes banheiros padrão podem ser verificados nas tabelas 3.46 e 3.47.

Tabela 3.46 - Dimensionamento do banheiro Feminino padrão.

<b>Banheiro Feminino</b>		
<b>Quesitos</b>	<b>número</b>	<b>Área total (m2)</b>
Bacias Sanitarias	32	64
Lavatório	32	44.8
Circulação	32	59.2
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>168</b>

Tabela 3.47 - Dimensionamento do banheiro Masculino padrão.

Banheiro Masculino		
Quesitos	número	Área total (m <sup>2</sup> )
Bacias Sanitarias	8	16
Mictório	12	13.2
Lavatório	20	28
Circulação	20	47.6
Total	20	104.8

Para o saguão de desembarque, foi adotado solução semelhante, considerando-se um fluxo de 3.200 (três mil e duzentas) pessoas, distribuídas também na proporção 60% de homens e 40% de mulheres, tendo sido estimado que cerca de 30% das mulheres e apenas 20% dos homens frequentariam o banheiro do saguão de desembarque – esta porcentagem se eleva devido ao fato de as pessoas geralmente apresentarem restrições ao uso dos banheiros das aeronaves, intensificando o uso dos primeiros banheiros em terra a que tem acesso. Assim, considerando o mesmo tempo de uso avaliado anteriormente, para homens e mulheres, projetou-se a necessidade de um banheiro com capacidade para atender cerca de 30 (trinta) mulheres e 20 (vinte) homens, o que gera a necessidade de dois banheiros padrão para cada sexo, conforme as tabela 3.46 e 3.47.

Já para a área da sala de pré-embarque, que conta com um fluxo de 1.600 (mil e seissentas) pessoas, distribuídas também na proporção 60% de homens e 40% de mulheres, foi estimado que cerca de 30% das mulheres e apenas 20% dos homens frequentariam o banheiro da sala de pré-embarque – esta porcentagem se eleva devido ao fato de as pessoas estarem confinadas sem poder realizar outras atividades. Assim, considerando o mesmo tempo de uso avaliado anteriormente, para homens e mulheres, projetou-se a necessidade de um banheiro com capacidade para atender cerca de 30 (trinta) mulheres e 20 (vinte) homens, o que gera a necessidade de apenas um banheiro padrão para cada sexo, conforme as tabela 3.46 e 3.47.

Assim chegou-se a cerca de 40.000 (quarenta mil) metros quadrados de área operacional, se contabilizadas individualmente em suas parcelas singulares. Entretanto, soma-se a este número cerca de 20% (vinte por cento) para se planejar áreas de circulação e alocação de possíveis dispositivos que não foram considerados por MEDEIROS (2004). Desta forma, concluiu-se o estudo dos ambientes internos do terminal, prevendo-se uma área operacional de cerca de 50.000 (cinquenta mil) metros quadrados, sendo a área restante, para o total proposto, alocada a área não-operacional, podendo ser, portanto, separadas fisicamente da área operacional. Com isso, idealiza-se, à partir de agora, o terminal como uma grande caixa

de 50.000 (cinquenta mil) metros quadrados de área e cerca de 10 (dez) metros de altura, afim de compatibilizar os dois pavimentos, sendo o primeiro com cerca de 50.000 (cinquenta mil) metros quadrados, dispondo dos componentes operacionais e o segundo pavimento com cerca de 30.000 (trinta mil) metros quadrados, dispondo dos componentes não operacionais.

Avalia-se também a necessidade de uma configuração retangular do primeiro pavimento e, conseqüentemente, do segundo. Isso se dá em razão de três aspectos principais deste terminal. Primeiro, trata-se de um terminal aeroportuário internacional, o que gera uma grande preocupação de não cruzamento entre fluxos de embarque e desembarque por questões de padrões internacionais de segurança, sendo, portanto, imprescindível separar os dois fluxos o que gera um aumento da largura do aeroporto quando comparado ao seu comprimento. Um segundo fator que foi avaliado é o grande porte do terminal que exige ainda mais a maximização da largura deste terminal por questões de conforto ao usuário, haja vista que, embora o número de pessoas que utilizem este terminal seja grande, a distância percorrida por um usuário do terminal não pode crescer proporcionalmente, já que ele fará uso das mesmas instalações, independente do número de usuários do terminal. O terceiro e último fator, comum a maioria dos terminais, é a preocupação de haver largura de dimensão suficiente a não gerar uma maior complicação na aproximação simultânea de várias aeronaves com intuito de embarcar e/ou desembarcar passageiros durante a presença de outras aeronaves já estacionadas no pátio. Com isso, e com base em observações de outros terminais deste porte e padrão, estima-se uma área de 500 (quinhentos) metros de largura por 100 (cem) metros de comprimento.

## **4 Diretrizes para o projeto sustentável do terminal de São José dos Campos**

“Todo o quadro de colapso do Meio Ambiente além do agravamento do perfil social, tem feito com que as questões relacionadas ao impacto de uma edificação se tornem cada vez mais rígidas e complexas. Neste contexto surge a "sustentabilidade", termo amplamente utilizado - e até banalizado, não só por sua imprecisão, mas principalmente pelo desconhecimento de uma área ainda tão pouco explorada.

Materiais construtivos com baixo índice de energia embutida, painéis fotovoltaicos, energia eólica, biodigestores, teto verde, permacultura, células de combustível, geradores de energia eólica, reciclagem, consumo verde, edifícios inteligentes, armazenamento da água da chuva, reutilização das águas cinzas, técnicas passivas de condicionamento térmico, pegada

ecológica, adensamento dos grandes centros, arquitetura da terra, aumento das áreas de drenagem, diminuição do impacto da construção, utilização de materiais construtivos provenientes da localidade, planejamento na fase de projeto, eletrodomésticos com baixo consumo de energia....

Vários autores já apontam para a existência de "níveis de sustentabilidade", ou seja, embora não haja ainda um consenso do que realmente seja, já se identificam etapas a serem cumpridas neste processo de busca de uma arquitetura com menor impacto. Inicialmente, volta-se para aspectos relacionados somente à edificação, consumo de água, energia e materiais construtivos; em uma segunda fase o edifício já estaria inserido em um entorno, passando a existir maior preocupação com os impactos na fauna e flora, transporte, qualidade do ar e na comunidade em questão; e finalmente como etapa final, a fase em que não só estes aspectos já citados estariam incorporados, mas principalmente mudanças estruturais profundas em toda a sociedade, com a alteração de hábitos e estilos de vida, chegando finalmente a um modo de vida sustentável.”(MÜLFARTH,2005)

O objetivo deste trabalho passa a ser, à partir de agora, alinhar as necessidades espaciais encontradas na primeira parte deste estudo, por meio do dimensionamento das área que irão compor o novo terminal aeroportuário de São José dos Campos, a um projeto arquitetônico que será orientado pelas diretrizes que serão apresentadas e integradas a este modelo com o propósito de atender a primeira e, em parte, a segunda fase proposta por MÜLFARTH (2005), permitindo a criação de um espaço com boas características de sustentabilidade, que se integra muito bem com algumas características do seu entorno. Para isso fizeram-se necessárias as preocupações com os materiais utilizados, o conforto térmico da edificação através da minimização do emprego de mecanismos mecânico-condicionadores , o conforto lumínico com a maximização da iluminação natural, bem como outros planejamentos.

#### **4.1 Seleção de materiais de baixo impacto ambiental**

A construção civil é responsável pelo consumo de grande parte dos recursos naturais, portanto devem ser tomadas providências para a minimização do impacto produzido na natureza em projetos de edificações. A seleção de materiais menos prejudiciais ao meio ambiente deve observar uma série de requisitos. Entre eles, estão avaliar as propriedades dos materiais e analisar as características da sua cadeia de produção desde a fase de extração até o

momento do seu descarte, principalmente no que se refere ao consumo de recursos naturais. (ANINK, BOONSTRA & MAK, 1996).

Segundo CABALLERO (2008), os materiais para construções mais sustentáveis devem: ter composição menos elaborada possível, facilitar a troca de umidade entre a edificação e a atmosfera, ser encontrados o mais próximo possível da obra, ser de uso tradicional na região e de tecnologia conhecida e não possuir elementos tóxicos na sua composição.

#### 4.1.1 Estudo de materiais comumente utilizados na engenharia civil

Como se observa na figura 4.1, os principais materiais utilizados na construção civil apresentam as seguintes índices energéticos:

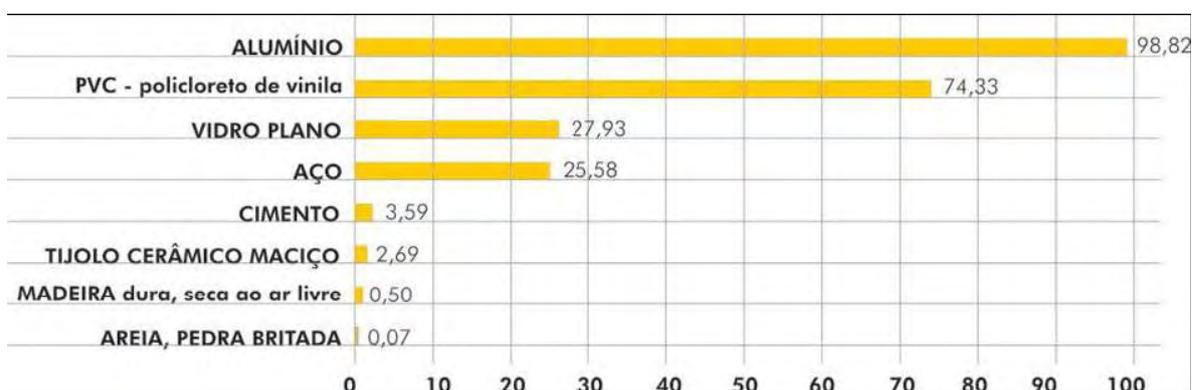


Figura 4.1 - Comparativo de índices energéticos dos materiais em MJ/kg.

Fonte: KUHN, 2006.

Sendo assim, verifica-se a necessidade de atribuir preferência ao uso de materiais como a madeira e o tijolo, minimizando o uso de alumínio e PVC. O uso do vidro e aço se farão necessários na implantação de uma estrutura complementar a edificação que será pormenorizada posteriormente. Porém, vale lembrar que este índice energético leva em consideração apenas a energia dispendida para a produção do produto e não a sua sinergia que avaliaria o comportamento do material durante todo o seu ciclo de vida.

Por se tratar de um assunto cujo estudo se concentra num espaço de tempo muito recente, novos materiais são estudados continuamente no intuito de minimizar impactos ambientais, e as soluções propostas são as mais simples possíveis e elas surgem a todo momento, podendo substituir os materiais mais comuns. Alguns novos materiais serão estudados a seguir.

## 4.1.2 Estudo de novos materiais

### 4.1.2.1 O Bambu

De acordo com UMEZAWA (2002), a quantidade de espécies de bambu chega a 75, com uma variedade superior a 1.300, espalhadas em 25 milhões de hectares de regiões tropicais e sub-tropicais, com apenas 10% localizadas em zonas temperadas.

LONDONO (2000) afirma que o Brasil possui a maior diversidade e mais alto índice de florestas *endêmicas* de bambu em toda a América Latina: são 137 espécies, representando 32% das espécies da América Latina, e 17 gêneros ou 85%, sendo que os estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Bahia e Paraná, possuem a maior diversidade de florestas de bambu. A Floresta Atlântica é a principal responsável por essa diversidade, ou seja, estende-se desde a Paraíba até o Rio Grande do Sul.

Numa avaliação preliminar de FIALHO, DA SILVA & TONHOLO (2008), hoje os focos geográficos de interesse para o desenvolvimento de projetos do bambu no Brasil, esquematizar-se-iam segundo a figura abaixo. Primeiramente vale destacar, neste esquema gráfico, a visualização de um "triângulo do bambu" no país, cujos vértices se situariam na Amazônia Ocidental, na Zona da Mata Nordestina e na Região Sudeste, de acordo com a figura 4.2.

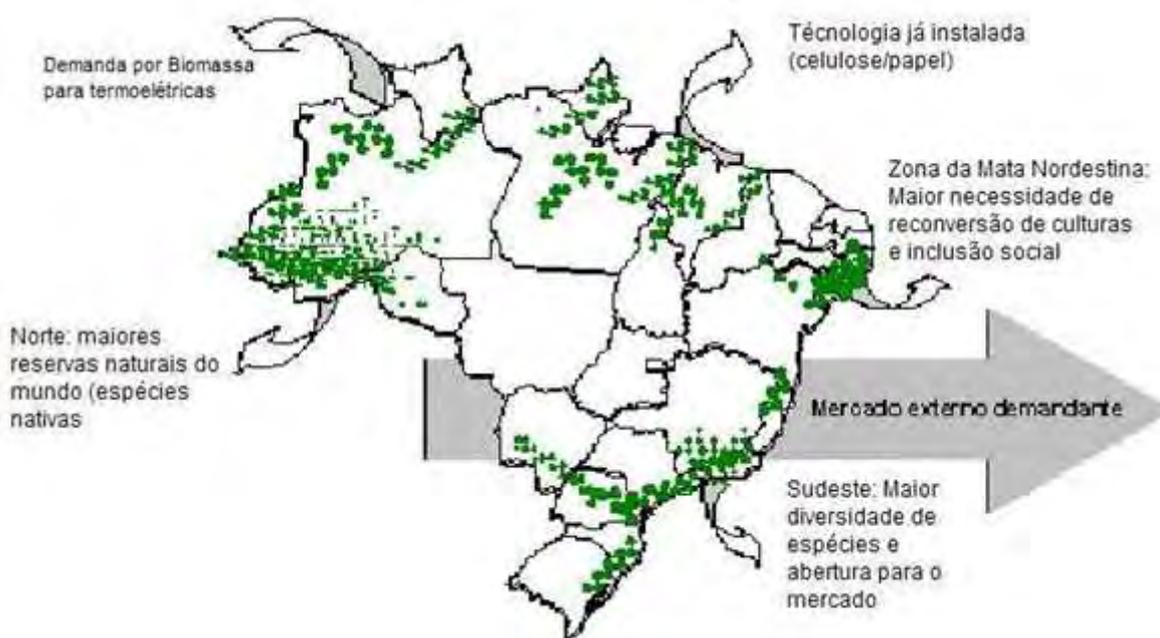


Figura 4.2 - Distribuição do bambu pelo território nacional.

Fonte: FIALHO, DA SILVA & TONHOLO (2008)

Entre as qualidades do bambu está a rápida propagação e o crescimento acelerado da planta. Ainda segundo UMEZAWA (2002), o bambu cresce 30% mais rápido do que as espécies de árvores consideradas como de rápido crescimento, e graças a esse crescimento vigoroso, seu rendimento em peso por hectare ao ano é 25 vezes maior que o da madeira.

VASCONCELLOS (2008) afirma que o tempo de estabelecimento de uma plantação varia de cinco a sete anos, e o amadurecimento de um bambu acontece em três a quatro anos, mais rápido que a mais rápida árvore. A partir do terceiro ou quarto ano já se pode coletar colmos e brotos. A média de produção de biomassa num bambual é de 10 toneladas por hectare por ano, maior rapidez e produtividade de biomassa no reino vegetal.

De acordo com GHAVAMI (2003), os bambus são as plantas de mais rápido crescimento na Terra, sendo que o recorde de crescimento diário foi apresentado em Quioto, em 1956, com 121 cm em 24 horas do bambu Medake, o qual tinha 12 cm de diâmetro de colmo amadurecido. No Brasil, o crescimento de uma determinada espécie (*Dendrocalamus giganteus* de 12 cm de diâmetro) tem atingido 37 cm em 24 horas.

Uma comparação entre energias requeridas para se obter uma unidade de diferentes materiais, posiciona a sustentabilidade do bambu perante a outros materiais, conforme mostra a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Consumo Energético por Material

<b>Material</b>	<b>Energia (MJ/m<sup>3</sup> por N/mm<sup>2</sup>)</b>
Aço	1.500
Concreto	240
Madeira	80
Bambu	30

Fonte: JANSSEN (1990) citado por VÉLEZ (2001)

Conforme mencionado anteriormente, maior consumo energético pode ser traduzido em queima de combustíveis fósseis e não renováveis, com a emissão de gases para a atmosfera, acelerando o processo de aquecimento global. Verifica-se que o bambu é o material de mais baixo consumo energético, devido ao fato de que este não necessita de transformação, pois possui naturalmente forma adequada, acabamento e resistência.

O bambu também apresenta uma das maiores eficiências no resgate de CO<sub>2</sub>, podendo, portanto contribuir significativamente para a diminuição do efeito estufa, e ainda, prestar uma grande diversidade de serviços ambientais, como a recuperação de áreas ambientalmente degradadas, o controle da erosão e do assoreamento de corpos d'água, o enriquecimento físico e químico de solos e outros.

Portanto, aplicado na engenharia civil, o bambu poderia ajudar a reduzir o impacto do setor no meio ambiente. Segundo dados levantados por JOHN (2000), estima-se que a construção civil consome algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais utilizados pela sociedade, ou seja é uma das maiores consumidoras de matérias-primas naturais.

Outra característica positiva do bambu é, ainda segundo UMEZAWA (2002), o custo reduzido da plantação por hectare que se mostra cinco vezes menor do que o custo da produção de eucalipto. Em relação a durabilidade, segundo o mesmo autor, testes mostram que um poste feito com bambu defumado dura 70 anos mais do que o eucalipto.

Entretanto, de nada valeria toda essa discussão sobre o bambu se ele não apresentasse comportamento físico-mecânico adequado ao seu uso na engenharia civil, quer seja na parte estrutural, de vedação ou conexões.

VASCONCELLOS (2008) afirma que para se obter bom material de construção deve-se dar preferência aos bambus resistentes e de médio a grande porte. Segundo ele, as espécies do gênero *Phyllostachys* são as mais comumente utilizadas em construção no mundo. No Brasil, o mais comum é o *Phyllostachys aurea*, conhecido como bambu-mirim, forte e resistente a pragas. Os especialistas dizem que esta espécie não cresce grande no Brasil por ser de um gênero temperado. O *Phyllostachys pubescens*, conhecido como Moso, é o preferido para fazer laminados de bambu (Plyboo), além de construções gerais, entretanto, deve-se tomar cuidado com rachaduras, por ser muito rígido. Ele é de médio a grande porte. O *Phyllostachys bambusoides* é outro bastante utilizado no exterior. Aqui no Brasil existem muitas plantações de *Dendrocalamus asper*, um bambu tropical e de porte bem grande. Este gênero, *Dendrocalamus*, possui os maiores bambus. O da espécie *asper* é resistente e absorve muito bem a compressão, sendo muito útil para construção em geral, porém sendo afetado por insetos. O gênero *Guadua* afirmam ser o melhor bambu para construção do mundo. Ele tem paredes espessas e ótima resistência, sendo o material de casas centenárias na Colômbia. Existem espécies de *Guadua* nativas do Brasil como o *tagoara*, mas o *angustifolia* adapta-se bem ao nosso clima, e não deve ser menosprezado.

Assim, com intuito de se analisar estruturalmente o bambu, deu-se preferência ao bambu da espécie *Phyllostachys aurea* devido a sua grande oferta na região, e para isso

recorreu-se a alguns estudos desenvolvidos pelo Laboratório de Estruturas e Materiais (LEM), do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio, cujos resultados podem ser observados a seguir.

O ensaio de resistência ao cisalhamento transversal da espécie *Phyllostachys aurea* foi feito em trinta e seis amostras, em diferentes partes do vegetal (base, intermediário e topo), com ou sem nó, sob diferentes processos de tratamento, sendo os resultados apresentados na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Resistência ao cisalhamento transversal do bambu da espécie *Phyllostachys aurea*. para uma amostra de 36 partes do vegetal com umidades de 6 a 8%.

Região internodal	Secagem ao ar	Secagem ao fogo	Banho quente
	$\tau_{\text{média}}$ (MPa)	$\tau_{\text{média}}$ (MPa)	$\tau_{\text{média}}$ (MPa)
Base s/nó	44,54 +/- 2,50	45,42 +/- 3,94	40,50 +/- 2,98
Base c/nó	51,03 +/- 4,81	47,43 +/- 5,69	53,72 +/- 6,16
Intermediária s/nó	46,99 +/- 5,25	45,59 +/- 2,73	41,18 +/- 5,82
Intermediária c/nó	47,13 +/- 3,85	53,72 +/- 6,21	54,83 +/- 3,17
Topo s/nó	37,84 +/- 5,42	40,57 +/- 6,87	42,78 +/- 4,98
Topo c/nó	44,63 +/- 4,71	44,33 +/- 3,97	48,62 +/- 9,43

Fonte: LEM

Comparando os resultados obtidos, observa-se a similiaridade com os resultados apresentados por CULZONI (1986), com exceção das amostra com nó, o que confirma a viabilidade do uso deste tipo de bambu, em relação a resistência cisalhante, que demonstrou-se ser próxima de 45 Mpa.

Neste mesmo estudo, experimentou-se a resistência a compressão de algumas amostras de acordo com diferentes processos de tratamento, em diferentes partes do vegetal, obtendo-se resultados conforme exposto na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Resistência a compressão do bambu da espécie *Phyllostachys aurea*.

Tipo de tratamento		Tipo de amostra					
		Base c/nó	Base s/nó	Intermediária c/nó	Intermediária s/nó	Topo c/nó	Topo s/nó
<b>Secagem ao ar</b>	$P_{máx}$ (kN)	55,15	52,55	30,31	44,69	30,2	27,12
	$\sigma_c máx$ (MPa)	72,63	68,57	51,29	79,86	75,5	67,81
	$E_L$ (GPa)	24,33	21,11	22,73	25,36	22,30	33,11
	$\nu$	0,26	0,21	0,26	0,20	0,20	0,23
<b>Secagem ao fogo</b>	$P_{máx}$ (kN)	40,10	59,22	32,47	40,70	40,56	28,15
	$\sigma_c máx$ (MPa)	62,73	76,26	54,12	69,40	81,42	70,38
	$E_L$ (GPa)	29,41	24,75	25,76	20,55	28,15	32,31
	$\nu$	0,38	0,20	0,35	0,31	0,25	0,32
<b>Banho quente</b>	$P_{máx}$ (kN)	48,04	49,30	30,17	46,94	32,03	34,70
	$\sigma_c máx$ (MPa)	63,56	68,29	50,45	59,03	80,24	86,74
	$E_L$ (GPa)	17,49	23,00	32,20	25,00	11,22	20,00
	$\nu$	0,31	0,22	0,20	0,23	0,25	0,39

Fonte: LEM

Esses resultados mostram-se bastante bons, atribuindo ao bambu uma resistência média à compressão de 70 Mpa, aproximadamente. Comparativamente com o concreto, que possui resistência a compressão de cerca de 25 MPa, o bambu possui maior resistência e menor peso específico, possibilitando a confecção de elementos sujeitos a esforços axiais de compressão, como os pilares, mais delgado e bem mais leves.

Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados no dimensionamento deste tipo de estrutura de bambu, submetidas principalmente a compressão, pois pode-se chegar a seções bastante delgadas que podem sofrer um fenômeno conhecido como flambagem, onde a estrutura, muito esbelta, quando submetida a uma carga de compressão, sofre uma flexão lateral, saindo do seu eixo.

De acordo com a teoria, a carga de Euler ( $P_e$ ), que é a carga que leva uma barra de material homogêneo e isotrópico a flambar, para uma situação bi-apoiada seria dada pela equação 4.1:

$$P_e = \pi^2 EI / L^2 \quad (4.1)$$

onde  $E$  é o módulo de elasticidade longitudinal médio,  $I$ , o momento de inércia, e  $L$ , o comprimento da barra.

Levou-se em consideração o caso bi-apoiado, pois essa será a idealização para o caso dos pilares do segundo pavimento do terminal aeroportuário.

Devido as considerações do material (homogêneo e isotrópico) fica explícito que a carga crítica de Euler indicará um valor superior a real carga crítica de flambagem de um bambu.

No caso de cilindros de paredes delgadas, existe uma outra teoria que calcula a carga crítica de flambagem conhecida como teoria da casca cilíndrica, entretanto ela só apresenta resultados confiáveis para cilindros com raios de dimensões próximos a 150 (cento e cinquenta) vezes a espessura da parede da casca cilíndrica, o que não é o caso do bambu.

Alguns ensaios foram realizados pelo mesmo laboratório da PUC-Rio para o caso bi-articulado. Para o caso de maior comprimento de vegetal, com cerca de 1800 mm de comprimento, 54 mm de diâmetro externo e 6 mm de espessura de paredes, obteve-se uma carga crítica de Flambagem de cerca de 20 kN, coerente com o valor da carga teórica de Euler, caso considere-se um módulo de elasticidade longitudinal constante de 21 Gpa e um momento de inércia também constante de 300.000 mm<sup>4</sup>.

Caso considere-se um pé direito de cerca de 3,5 metros para o segundo pavimento da edificação aeroportuária, teria-se uma carga de flambagem, para um vegetal de mesma seção, de cerca de 5 kN, enquanto a resistência de compressão seria de cerca de 70 kN, haja vista a seção de cerca de 1000 mm<sup>4</sup> e resistência à compressão de cerca de 70 Mpa. Assim, fica evidente a subutilização da resistência à compressão do bambu, em relação a sua geometria que passa a limitar a sua utilização, já que pode-se utilizar menos de 10% da capacidade de compressão do bambu devido a sua configuração geométrica.

Neste mesmo estudo da PUC-Rio, uma outra amostra, de maior excentricidade (caule do vegetal menos retilíneo), com dimensões ligeiramente inferiores também foi experimentada neste mesmo estudo e apresentou maior divergência do resultado teórico, que era de cerca de 16 kN, apontando para uma carga crítica de cerca de 11 kN, evidenciando a influência da

excentricidade na flambagem do elemento.

Sendo assim, fica evidente que o bambu, isoladamente, terá fortes restrições em sua utilização devido a sua grande esbeltez e excentricidade, tornando a sua capacidade de resistência à compressão ociosa. Portanto, deve-se aliar este material de grande capacidade, a algum outro material que melhore suas condições de esbeltez e excentricidade.

Inicialmente, pensou-se no preenchimento das varas de bambu com concreto de modo a aumentar o raio de giração da seção e, por conseguinte, ampliar o momento de inércia e, assim, a carga crítica de flambagem. Entretanto, verificou-se que a melhora se daria em proporções de apenas 150% da carga crítica de flambagem, e de 50% da resistência à compressão, inviabilizando o uso de varetas de bambu isoladamente, com o simples preenchimento de concreto, já que suportariam apenas 13 kN de carga de compressão.

Assim, os estudos realizados encontraram solução na confecção de pilares e vigas com o chamado bambucreto, que é uma espécie de concreto armado que se utiliza de bambu, em substituição ao aço, que é bastante nocivo ao meio ambiente. Devido à excelente resistência do bambu à compressão e a tração, torna-se possível a confecção de pilares e vigas deste material com menor uso de concreto, gerando elementos mais esbeltos.

Entretanto, como não existe uma normalização adequada, critérios claros de dimensionamento e tecnologias convenientes, o uso do bambu como reforço no concreto vêm sofrendo grande limitação. Diversas pesquisas foram desenvolvidas, todavia poucas conclusões foram obtidas sobre o tema (GHAVAMI & HOMBECK (1981); BERALDO (1987); FERRÃO & FREIRE (1995) e ROSA (2002)).

Mais recentemente, LIMA JR., WILLRICH & FABRO (2005), utilizando-se de modelos de elementos finitos, re-convalidaram as afirmações de CZARNIESKI (2004) que mostraram que o comportamento das vigas de concreto reforçadas com bambu segue a teoria usual de flexão adotada para o concreto armado com barras de aço, obedecendo à teoria de Bernoulli-Kirchoff, considerando-se apenas o diagrama tensão versus deformação do reforço elástico-linear, atribuindo módulo de elasticidade médio para as varas de bambu de 14 GPa, significando que a resistência a tração das varas de bambu seria igual a 126 Mpa, para o caso de bambus da espécie *Dendrocalamus giganteus*. Os autores ainda sugerem um estudo mais abrangente sobre os limites de deslocamento e magnitude das flechas admissíveis para esses elementos estruturais.

Como o nosso estudo priorizava o uso do bambu da espécie *Phillostachys aurea*, recorreu-se a ensaios de tração desta espécie. Alguns estudos foram desenvolvidos pelo

Laboratório de Estruturas e Materiais (LEM), do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio avaliando a resistência a tração de alguns corpo de prova de diferentes partes do vegetal desta espécie, de acordo com diferentes processos de tratamento, e os resultados obtidos podem ser observados conforme exposto na tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Resistência a compressão do bambu da espécie *Phyllostachys aurea* em função do tratamento.

Tipo de Tratamento		Tipo de Amostra					
		Base c/nó	Base s/nó	Intermediário c/nó	Intermediário s/nó	Topo c/nó	Topo s/nó
<b>Secagem ao ar</b>	$P_{m\acute{a}x}$ (kN)	2,60	2,70	2,60	2,80	1,60	2,80
	$\sigma_{tm\acute{a}x}$ (MPa)	174,75	193,13	220,34	234,80	167,18	272,42
	$E_L$ (GPa)	19,00	18,47	16,38	20,78	15,20	23,75
	$\nu$	0,32	0,29	0,34	0,25	0,22	0,29
<b>Secagem ao fogo</b>	$P_{m\acute{a}x}$ (kN)	2,40	2,00	2,19	2,15	1,00	240,00
	$\sigma_{tm\acute{a}x}$ (MPa)	161,31	169,49	168,92	170,85	104,49	277,45
	$E_L$ (GPa)	20,66	21,60	24,60	22,10	18,19	24,31
	$\nu$	0,40	0,33	0,28	0,35	0,29	0,32
<b>Banho quente</b>	$P_{m\acute{a}x}$ (kN)	2,91	3,02	2,50	3,50	1,60	290,00
	$\sigma_{tm\acute{a}x}$ (MPa)	202,90	208,45	228,13	293,50	165,00	335,26
	$E_L$ (GPa)	24,22	22,16	18,31	26,14	16,49	21,17
	$\nu$	0,42	0,32	0,39	0,21	0,25	0,23

Fonte: LEM

Assim, pode-se esperar uma resistência de 160 Mpa, à tração com um módulo de elasticidade de cerca de 16 GPa para esta espécie. Comparado ao aço comercial, que possui resistência a tração da ordem de 250 a 600 Mpa, possui resistência a tração bastante interessante, haja vista seu menor peso específico, credenciando o seu uso estrutural (vigas, pilares e lajes) também em elementos que sofram tração, além de sua facilidade de

dimensionamento, por ser feita da mesma forma do concreto armado.

Outro uso bastante positivo do bambu, devido a sua forma peculiar, é o uso em conexões reduzindo o uso energético em sua transformação que exige apenas um tratamento simples, além de evitar o uso de materiais de PVC, que são geralmente empregados para esse fim, possuindo alto grau de degradação ao meio ambiente conforme exposto anteriormente.

#### **4.1.2.2 Arquitetura em terra crua**

O uso da terra crua como material de construção civil data da Antiguidade. DETHIER (1993) afirma que a terra é utilizada para este fim há aproximadamente dez mil anos. Os tijolos produzidos pela compactação deste material apresentam diversas vantagens como econômica, devido à matéria prima ser abundante, apresentando baixo custo de transporte e ser de custo intrínscio baixíssimo; energética, pois a utilização da terra dispensa a queima de qualquer combustível, é reciclável e reutilizável; sócio-cultural, pois permite reduzir os custos da habitação social, podendo o próprio usuário produzir sua habitação e o desempenho físico-químico do material, habitações em terra crua possuem, comprovadamente, excelente conforto térmico, acústico devido ao tipo de porosidade apresentado por esses blocos, e não é combustível, tampouco, tóxico.

A principal técnica construtiva que se utiliza de terra crua é o adobe. Esta técnica caracteriza-se pelo fabrico de tijolos cozidos, resultante do processo de endurecimento por secagem de uma pasta composta por uma mistura de barro, areia e palha cortada. Em virtude da simplicidade e porosidade dos materiais utilizados, bem como do processo construtivo, esses tijolos possuem custos baixos, um bom comportamento térmico e acústico e um número muito variável de dimensões das peças.

Entretanto, LOURENÇO (2008) alerta para o fato de esse material possuir certas limitações quando utilizados em sua forma mais rudimentar e simplista. A advertência é feita pois neste estado, o material puro, com baixo grau de compactação, apresenta uma queda de resistência quando em contato com a água. Outro fator evidenciado é a baixa resistência às ações horizontais deste material, dificultando o desenvolvimento de obras de grandes alturas, bem como a falta de padrão tecnológico de qualidade.

Assim, faz-se necessário a utilização de aditivos a essa matriz orgânica, de modo a conferir melhores propriedades a este material tão promissor, credenciando-o a utilização em mais larga escala.

#### **4.1.2.2.1 Terra crua estabilizada com fibras de coco verde**

O estudo, devido ao seu forte apelo em sustentabilidade, elegeu o uso de tijolos de terra crua, adicionados por fibras de coco verde devido a algumas constatações relativas ao fruto e ao produto gerado pela associação da terra crua com as fibras deste fruto.

PINHEIRO, SOARES & SILVA (1974) afirmam que cerca de 70% de todo o lixo gerado no litoral dos grandes centros urbanos brasileiros são cascas de coco verde, as quais, em Fortaleza, somam 9% de todo o resíduo sólido domiciliar. Hoje, 85% do peso bruto da matéria-prima (coco-verde) que é processada representa lixo, sendo enviado para lixões e aterros sanitários.

Os autores ainda afirma que o consumo cresce cerca de 20% ao ano, gerando um “lixo” cada vez maior e de difícil descarte. Entretanto, esse fruto visto por muitos como resíduo possui um mesocarpo (parte fibrosa) rico em fibras vegetais muito resistentes e que pode ser aproveitado. A fibra do coco, inserida ao adobe, tem características de agir como um esqueleto principal em virtude da presença de celulose, lignina e hemicelulose, atribuindo uma maior coesão entre os componentes da mistura. SENHORAS (2003) aponta outras qualidades da fibra do coco que potencializa seu uso, como o fato de ser inodora, resistente a umidade e aos fungos além de não apodrecer com facilidade.

Afim de se explorar esta propriedade das fibras do coco verde, muito abundante nas regiões adjacentes ao Vale do Paraíba, como por exemplo no Rio de Janeiro, recorreu-se aos estudos realizados por SOARES & SILVA (2006) que confeccionaram dezesseis tijolos de 5 cm de espessura por 10 cm de largura e 20 cm de comprimento, sendo oito de terra crua pura e oito de terra crua adicionado a fibras de coco verde numa proporção de 10% de volume.

Após 15 dias de secagem e 48 horas de preparação, foram feitos testes de resistência a compressão, segundo a norma NBR 6460/83. Os resultados obtidos podem ser verificados nas tabelas 4.5 E 4.6.

Tabela 4.5 - – Resultado de ensaio de resistência a compressão simples dos tijolos com 10% de fibras de coco verde em volume.

AM (Nº)	dimensões capeados (mm)			carga máxima kgf	limite de resistência	
	c	h	l		Mpa	Kgf/cm2
1	103	125	97	903	0,9	9,3
2	101	118	98	1006	1	10
3	102	124	97	785	0,8	8
4	98	98	100	644	0,7	7
5	95	122	98	912	1	10
6	98	120	97	828	0,9	9
7	102	118	97	830	0,9	9
8	100	128	99	860	0,9	9

Fonte: SOARES & SILVA (2006)

Tabela 4.6 - de ensaio de resistência a compressão simples dos tijolos de terra crua.

AM (Nº)	dimensões capeados (mm)			carga máxima kgf	limite de resistência	
	c	h	l		MPa	kgf/cm2
1	97	120	97	257	0.3	3
2	98	113	98	811	0.8	8
3	96	118	100	817	0.9	9
4	98	111	97	720	0.8	8
5	102	107	95	846	0.9	9
6	98	117	98	774	0.8	8
7	105	119	99	476	0.5	5
8	100	103	93	248	0.3	3

Fonte: SOARES & SILVA (2006)

Analisadas as tabelas 4.5 e 4.6, pode-se perceber que houve um ganho significativo de resistência a compressão dos tijolos quando tiveram adicionados a sua composição, cerca de 10%, em volume, de fibras de coco verde, melhorando também o controle de qualidade, que pode ser verificado pela menor dispersão da amostra, que obteve uma resistência aproximada de 1 Mpa, equivalente aos tijolos cerâmicos da classe 10 e 15, que tem resistência à compressão de 1 e 1,5 Mpa, respectivamente.

Sendo assim esse material foi eleito para a confecção de paredes de vedação, apresentando um custo, segundo PINHEIRO (2008), de R\$ 3,69 por metro quadrado, o que

ainda poderia ser reduzido de acordo com a lei nº 594, de 24 de dezembro de 1948, ainda vigente, a qual dispõe sobre diversos benefícios fiscais e econômicos para empresas exploradoras de fibras de coco verde com o aproveitamento da matéria prima nacional.

É válido lembrar que essas paredes de vedação confere a estrutura do edifício no qual está inserido uma condição adicional de sustentabilidade, de acordo com a política do LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), flexibilizando os mais diversos usos de um mesmo espaço interno de acordo com as conveniências do usuário, uma vez que as paredes de vedação não estão estritamente fixas, possibilitando a reorganização do *layout* com maior facilidade. Além disso, a terra pode ser reutilizada inúmeras vezes, possui eficiência no encapsulamento de um resíduo agroindustrial de difícil degradação, e valor nulo de gasto energético, sendo um material alternativo na luta contra o aquecimento global, pois para a sua fabricação não é necessária a utilização de combustíveis fósseis como o carvão mineral, não gerando resíduos sólidos ou tóxicos.

#### **4.1.2.2.2 Terra crua estabilizada com cimento**

Já a parte externa da edificação que poderá estar em contato mais frequente com a água, quer seja pluvial ou não, optou-se por uma solução mais próxima do tradicional afim de conferir a essas paredes maior resistência às intempéries naturais. Esta solução consiste na estabilização desses blocos de terra com cimento, pois a sua adição, segundo BARBOSA, SOUZA & MATTONE (1996), aumenta a resistência à compressão e aos impactos ainda em ambiente úmido, reduz a tendência expansiva de certos solos e a absorção de água.

Outra característica importante do uso desta tecnologia, por efeito de substituição, é a diminuição da grande desertificação nordestina resultante do uso exploratório da vegetação local como combustível na fabricação de tijolos cerâmicos.

Assim, propõe-se a utilização de tijolos de concreto de terra, que nada mais é que a terra crua estabilizada com cimento, prensada convenientemente, para a construção de paredes externas do terminal aeroportuário, aproveitando-se ainda da característica fornecida por esse tijolo de proporcionar um melhor controle da umidade do ambiente interno devido, ainda, a sua porosidade.

Com esse intuito, analisou-se uma diversa gama de possíveis modelos de confecção de tijolos deste tipo, com as mais diversas proporções cimentícias, chegando até a 20 %, e optou-se pelo modelo de tijolo Mattone que possui reduzida presença de cimento em sua composição (cerca de 4 a 6%). Este modelo de bloco possui geometria peculiar, apresentando protuberâncias e reentrâncias em suas faces superiores e inferiores que permitem um certo

encaixe inter-blocos, conforme um modelo macho e fêmea, mas possibilitando também pequenos deslocamentos relativos dos blocos garantindo correções de verticalidades e linearidades dos muros quando de sua construção, conforme pode ser observado na figura 58. Esse bom intertravamento, bem como as grades dimensões dos blocos (14 cm X 28 cm X 9,5 cm) permitem a diminuição de uso de argamassa que será composta de terra peneirada numa malha de 2 mm e cerca de 10 % de cimento, uma consistência pastosa, quase fluida.

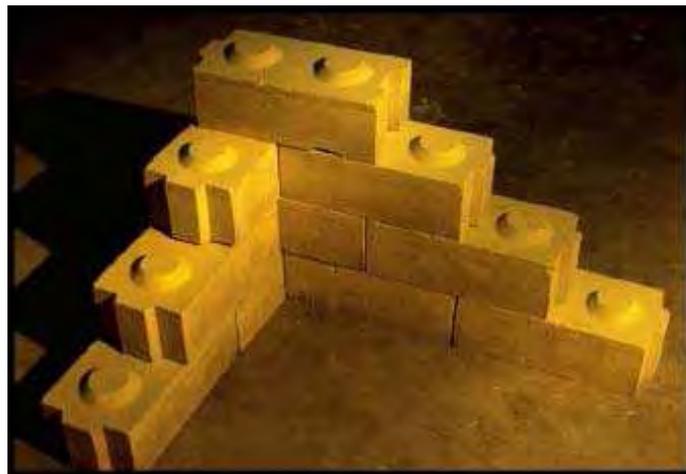


Figura 4.3 - Blocos Mattone  
Fonte: SEBRAE

Entretanto, para se confeccionar um bloco de alta qualidade como os mostrados na figura 4.3, deve-se atentar a alguns pontos. São eles:

a) Tipo de terra

Um importante fator do tipo de solo empregado na confecção desses blocos é a sua granulometria que deve apresentar cerca de 15% de argila, 15% de silte e 70% de areia, principalmente areia fina, segundo testes realizados por BARBOSA, MATTONE & MESBAH.

Os autores advertem sobre o uso de solos com elevado índice de liquidez (superior a 45%) e de solos expansivos como a argila montmorilonita que requerem altos índices de cimento para serem estabilizados, sugerindo o uso de solos que apresentem plasticidade.

b) Umidade de moldagem

A umidade de moldagem é função do tipo de solo, não existindo uma umidade ótima para todos os solos. Estudos realizados pelos mesmos autores aponta a umidade ótima como sendo o ponto onde o solo atinge a maior densidade seca pois este ponto representa a maior resistência do solo. A figura 4.4, resultado de alguns estudos dos autores, mostra como a resistência aumenta com o aumento da densidade seca do solo.

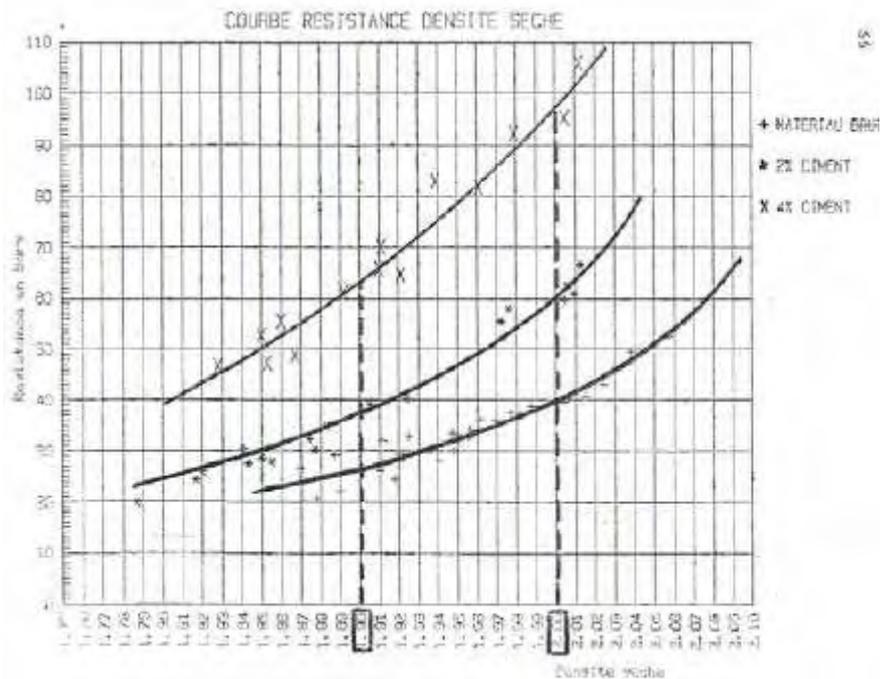


Figura 4.4 - Variação da resistência do bloco de acordo com a densidade seca do solo  
 Fonte: SEBRAE

c) Tipo de prensa

O tipo de prensa é um fator muito importante, pois o grau de compactação está intimamente ligado a resistência do bloco. Os autores utilizaram-se em suas pesquisas de uma prensa que dispõe de um conjunto de molas que proporcionam uma dupla compressão aos blocos, gerando uma carga de 2 MPa. O modo de operação desta simples prensa, conhecida como GEO 50, encontra-se representado na figura 4.5.

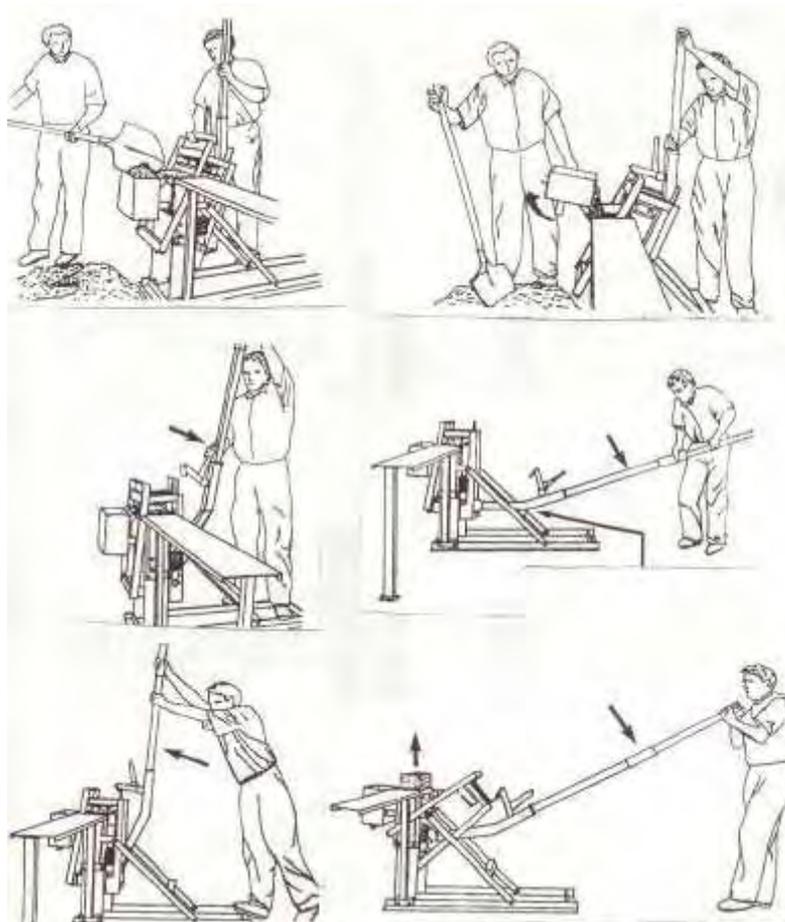


Figura 4.5 - Esquema de compactação de bloco com a prensa GEO 50.  
Fonte: SEBRAE

Como pode-se perceber, esse mecanismo é bastante simples e barato. No entanto, já existem no mercado prensas bem superiores, capazes de conferir graus de compactação bem maiores. O ganho de resistência com maiores graus de compactação pode ser observado na figura 4.6, fruto do estudo de BARBOSA, MATTONE & MESBAH.

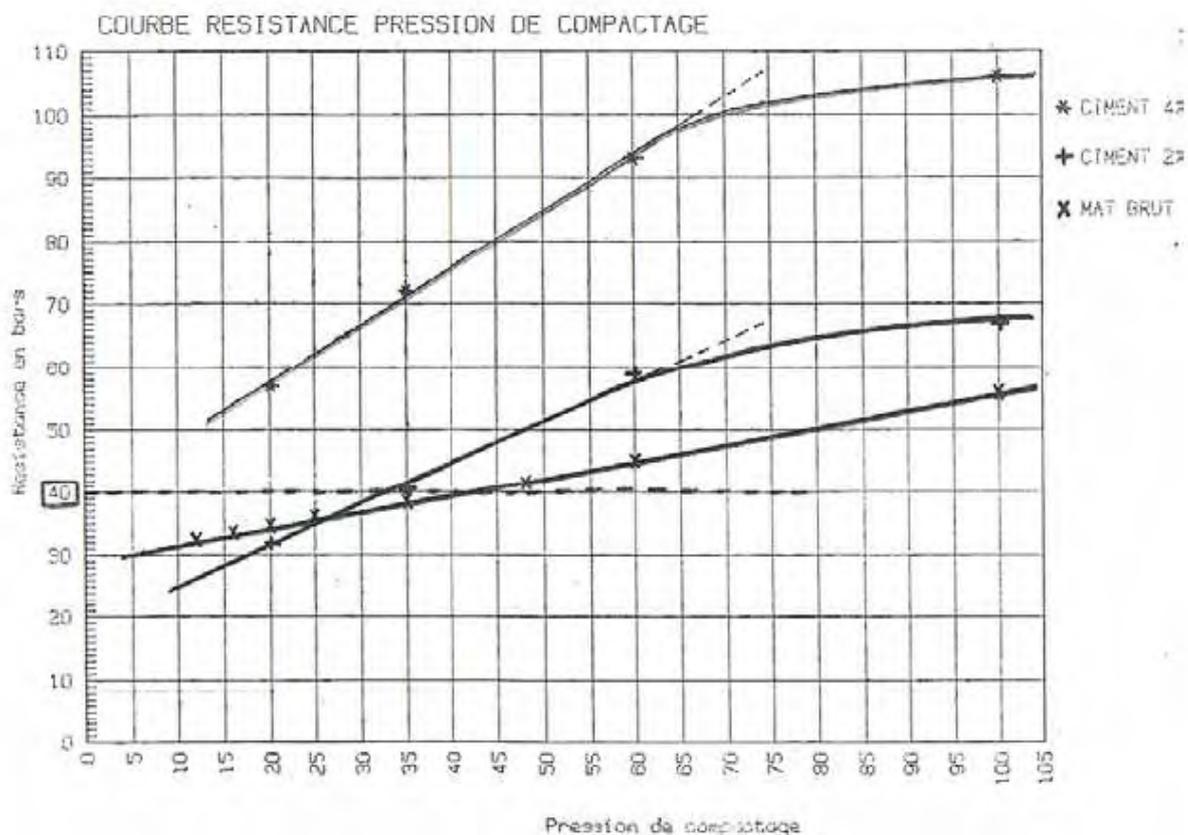


Figura 4.6 - Aumento da resistência com a pressão de compactação.  
Fonte: SEBRAE

d) Tipo e percentagem de estabilizante

Os mesmos autores, após realizarem diversos testes, concluíram que teores de 4 a 6% de cimento são suficientes para produzir bons blocos. Entretanto, solos muito argilosos ou arenosos necessitam de teores mais elevados de cimento, enquanto solos bem graduados produzem excelentes blocos com teores de cerca de 2% de cimento.

e) Tempo de cura

O tempo de cura deve ser tal que permita as reações químicas entre o cimento e a água. Assim, deve-se tomar precauções e cuidados extras afim de garantir a presença da água na composição do bloco durante o processo de cura. Em dias mais quentes recomenda-se o cobrimento de tijolos novos com lonas para evitar a evaporação excessiva da água. Outra técnica utilizada é molhar os tijolos periodicamente.

Foram feitos alguns testes, pelos autores, nos blocos produzidos conforme sugerido anteriormente. Carregou-se uma parede de blocos construída conforme sugerido com cerca de 230 kN/m e nenhum dano foi observado, garantindo a característica estrutural proposta para a parede.

f) Técnica Construtiva

Prevê-se uma fundação de pedra preenchida com argamassa de cimento ou mesmo com terra e areia apenas para preencher os vazios nos locais em que se exija pouco, estruturalmente, do muro. Outro tipo de fundação que pode ser executada é cavando-se uma vala de creca de 30 cm de largura e profundidade preenchida de uma mistura de terra cimento, idêntica a utilizada na confecção dos tijolos, compactando-a firmemente.

Feita a fundação, BARBOSA, MATTONE & MESBAH sugerem a confecção de uma camada de concreto de 20 cm de largura e 7 ou 8 cm de espessura sobre a fundação rasa, com a face superior desta cinta tangenciando o nível do piso.

Sobre esta cinta, propõe-se a construção de uma camada de concreto de cerca de 5 a 7 cm de espessura e 15 cm de largura, sendo interrompida nos locais previstos para a colocação de portas. O intuito é deixar um rodapé que proteja a parede da incidência maior de água.

Em seguida, a primeira fiada de blocos é assentada com argamassa de cimento-areia, obedecendo à linha de referência. Neste momento, sugere-se a utilização de um pedaço de madeira sobre o bloco para que sobre ele sejam aferidas pancadas para corrigir qualquer problema de nível, verticalidade ou linearidade.

As fiadas consecutivas são assentadas utilizando-se da própria terra fina peneirada com cerca de 10% de cimento e muita água (composição fluida). Os cuidados com o controle de nível, linearidade e verticalidade se mantêm. Esse processo se estende até a altura do final das portas e janelas, onde é recomendado a confecção de uma nova cinta de concreto reforçado com aço ou outro material vegetal fibroso. No nosso caso, sugere-se o uso de bambucreto.

Sobre esta cinta, novas fiadas de blocos podem ser instaladas com o uso de argamassa fluida de terra fina peneirada com cerca de 10% de cimento e muita água, com exceção da primeira fiada, que tem contato com o concreto e necessita de uma argamassa de cimento-areia, até atingir-se a posição da viga. Os andares superiores terão processo de construção semelhante, apenas substituindo-se a primeira camada de concreto que tangencia o nível do piso pela viga de bambucreto. O esquema construtivo do primeiro nível pode ser observado na

figura 4.7 que ratrata um exemplo um pouco mais simples de uma casa de apenas um nível com paredes de função estrutural.

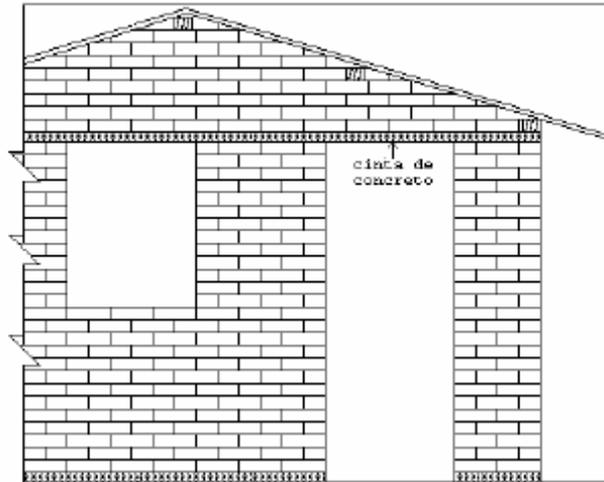


Figura 4.7 - Esquema construtivo com blocos de concreto de terra.  
Fonte: SEBRAE

Esse tipo de construção, devido às baixas concentrações de cimento, possuem propriedades mecânicas superiores a paredes de tijolos cerâmicos além de gerarem menores gastos energéticos. Esta solução, assim, passa a ser adotada na construção do envelope externo da edificação do terminal.

## 4.2 Estudo de conforto térmico e lumínico

O objetivo do estudo é dotar de conforto o ambiente construído dentro de limites térmicos e lumínicos, promovendo o bem-estar das pessoas que dele se utilizam através da utilização de sistemas passivos de conservação de energia e maximizando, quando vantajoso, a captação de iluminação natural, amenizando assim o consumo de energia. Essa preocupação já se faz presente desde a escolha dos materiais, principalmente aqueles que vão compor o envelope, por exemplo, como foi a opção pelos tijolos de terra crua, pois é através deste envelope que acontece o acréscimo ou decréscimo de calor interno e temperatura.

Entretanto, sabe-se, hoje, que este conforto é fruto de diversos parâmetros e não apenas da temperatura, sendo necessárias considerações em relação a umidade relativa, precipitação, altitude, radiação solar e movimento e temperatura do ar.

Assim, mostra-se evidente a necessidade de posicionarmos a cidade de São José dos Campos em relação a alguns desses parâmetros que tomam grande importância na continuação do estudo proposto.

Segundo o site do INPE (Intituto Nacional de Pesquisas Espaciais), a cidade localiza-se a cerca de 600 metros de altitude, a 23 graus sul de latitude e, 45 graus oeste de longitude. ROMERO (1988) destaca que a determinação da latitude e longitude pois em função destas duas grandezas é determinada a quantidade de energia solar que essa superfície recebe. O mesmo autor afirma ainda que a altitude é um dos fatores que maior influência exerce sobre a temperatura, uma vez que com o aumento da altura o ar fica menos carregado de partículas sólidas e líquidas que são justamente responsáveis por absorver e difundir as radiações solares, aumentando a temperatura.

A influência da latitude, possivelmente a mais importante variável deste conjunto, é facilmente percebida quando analisadas as cartas solares que indicam de uma maneira fácil e gráfica a ocorrência da insolação de acordo com o horário e época do ano, utilizando a projeção estereográfica da abóboda celeste e indicando a projeção do Sol sobre ela. Para uma melhor compreensão, reproduziu-se a carta solar referente a latitude de 24 graus Sul na figura 4.8, já que esta é a que melhor exprime a situação da localidade de São José dos Campos.

---

## Latitude 24° Sul

---

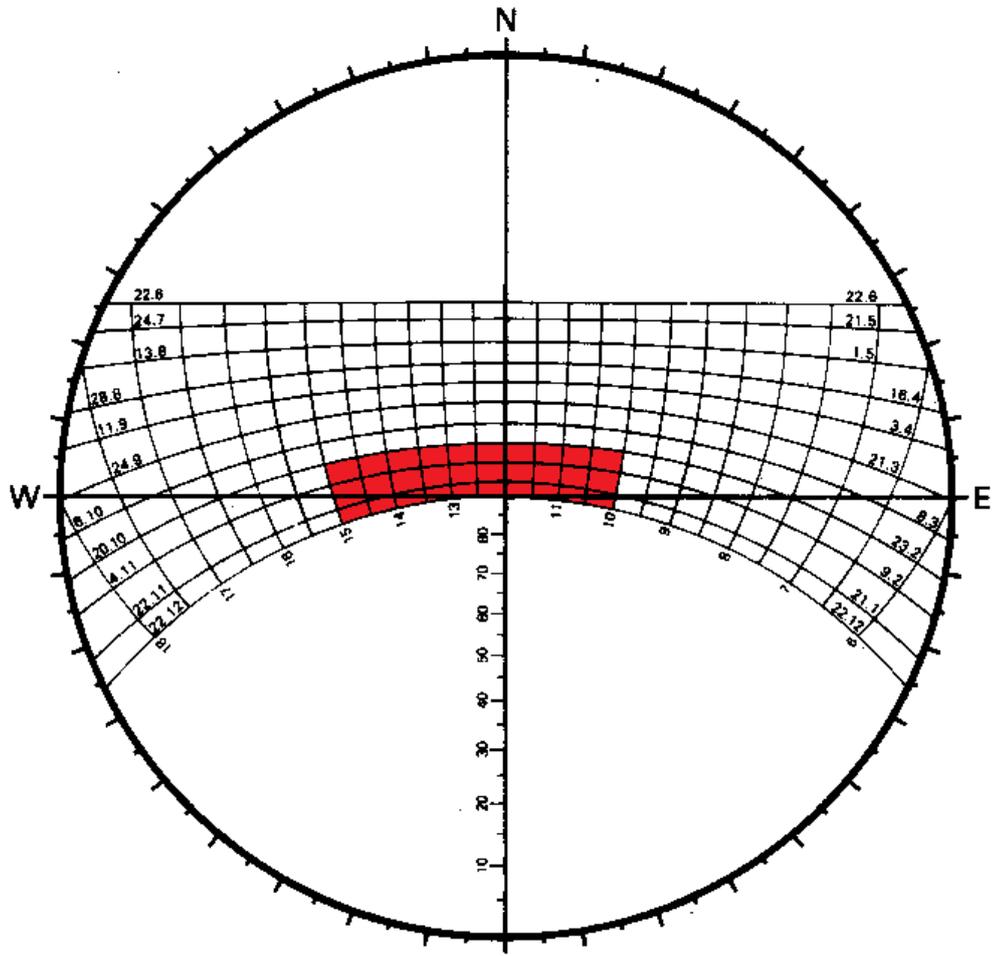


Figura 4.8 - Carta solar para a latitude 24 graus Sul.  
Adaptada de FROTA & SCHIFFER (2007)

Pela figura 4.8, é possível perceber que a maior parte da insolação a que está submetida a cidade de São José dos Campos é oriunda do norte geográfico. Outra informação que podemos retirar da carta, evidentemente, é a posição do Sol na parte Leste durante o período matutino e, na parte Oeste no período vespertino. Particularmente, deve-se notar a parte assinalada da carta que pretende indicar a projeção do Sol durante os horários em que os raios solares atingem a região com maior intensidade, que são durante o período de verão, especialmente no horário de 10 horas da manhã até as 3 horas da tarde. Esta informação será importante caso se queira proteger alguma parte da edificação da radiação direta nestes horários.

Para o hemisfério sul, a orientação sul é adequada, pois permite que se ganhe luz difusa sem entrada de calor excessivo da radiação direta (com uma pequena proteção para os meses de verão). Alguns projetos do arquiteto João Filgueiras Lima (Lelé) utilizam este tipo

de solução com bons resultados, como por exemplo os hospitais da rede Sarah Kubitschek de Fortaleza e do Rio de Janeiro.

Em relação aos ventos, importante homogeneizador do aquecimento diferencial da superfície terrestre, através das correntes de convecção, conforme ROMERO (1988), a cidade de São José dos Campos é influenciada de acordo com o anemograma retratado na figura 4.9.

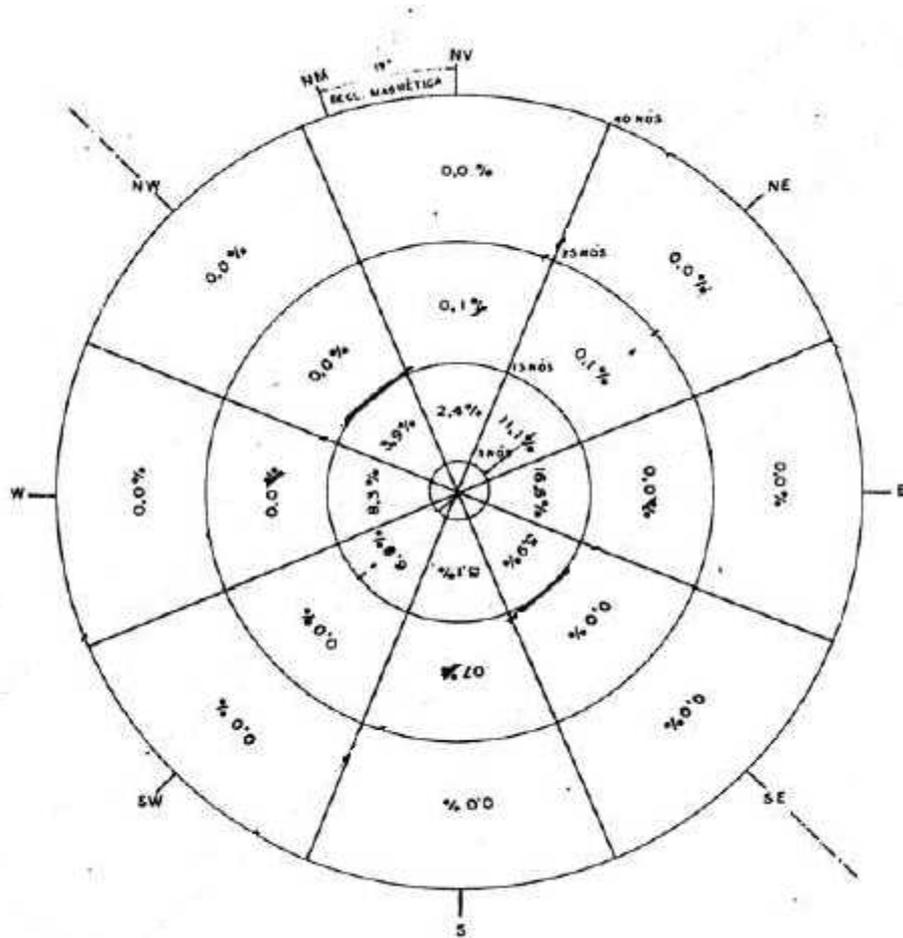


Figura 4.9 - Anemograma da cidade de São José dos Campos.

Fonte: Adaptado de MAEBAYASHI & GUSMÃO FILHO (1991)

Pela anemograma é possível perceber que a direção predominante dos ventos é a direção leste-oeste, principalmente com origem leste. O estudo desses ventos é importantes pois segundo OLGYAY (1998) o posicionamento eficiente da edificação com relação a essas correntes de ar pode melhorar o conforto interno através da ventilação natural.

Com base nas figuras 4.8 e 4.9 já é possível determinar a orientação da edificação do terminal que, a princípio possui duas grandes fachadas de 500 (quinhentos) metros de extensão, opostas entre si, sendo a principal aquela que terá contato com o meio terrestre.

Pela análise da carta solar pura e simples, percebe-se, que o melhor orientação da fachada mais nobre da edificação seria buscando os setores SO, S e SE, evitando a radiação direta nos horários próximo ao meio dia, quando estes são mais nocivos. Entretanto, vale destacar que a orientação Sul da fachada mais nobre, condena a segunda fachada à radiação direta citada anteriormente, fazendo com que uma pequena inclinação se apresente de maneira benéfica para a edificação como um todo.

Entre a orientação SO e SE deu-se total predileção à segunda, haja vista dois fatores importantíssimos. Primeiramente, esta orientação permitirá o aquecimento da fachada nobre da edificação pelos raios solares matutinos, mais saudáveis, durante as primeiras horas da manhã, enquanto a segunda orientação lhe reservaria a insolação vespertina. O segundo fator analisado foi a consideração para com o sentido dos ventos, tão importantes na ventilação natural, permitindo a entrada dos ventos na edificação pela sua fachada principal na maior parte do tempo. Assim, admite-se que a edificação terá sua fachada principal de entrada, dimensão de maior comprimento, paralela à direção longitudinal da pista, recebendo diretamente a ação dos ventos que terá importante papel no acondicionamento natural da edificação. O posicionamento proposto pode ser visto na figura 4.10.



Figura 4.10 - Posicionamento do novo terminal aeroportuário do aeroporto Urbano Ernesto Stumpf, em São José dos Campos.

Fonte: Adaptado de Google.

Com isso, a principal fachada da edificação ficaria com uma orientação SE, formando um ângulo de cerca de 145 graus com o norte verdadeiro e 165 graus com o norte magnético.

Outros elementos importantes que influenciam no conforto térmico-lumínico da edificação é a pluviosidade, a umidade relativa e a própria temperatura do ar. Esses aspectos são alvo de análise criteriosa por parte de SCOFIELD, SANTOS, MARTINS & JORGE, que pesquisaram a ocorrência e natureza desses fenômenos por um período de 25 (vinte e cinco) anos, a começar pelo ano de 1974.

Neste estudo, a temperatura é caracterizada como de baixa variabilidade inter-anual, e de moderada variação entre os meses mais quentes (janeiro e fevereiro) e mais frios (junho e julho). Com isso, foram traçados dois gráficos ilustrativos da configuração de temperatura em São José dos Campos. Um deles, reproduzido na figura 4.11 (a), mostra a temperatura média mensal para cada mês do ano ao longo do período considerado. Já o segundo, reproduzido pela figura 4.11 (b), representa a média das temperaturas máximas obtidas em cada ano da amostra.

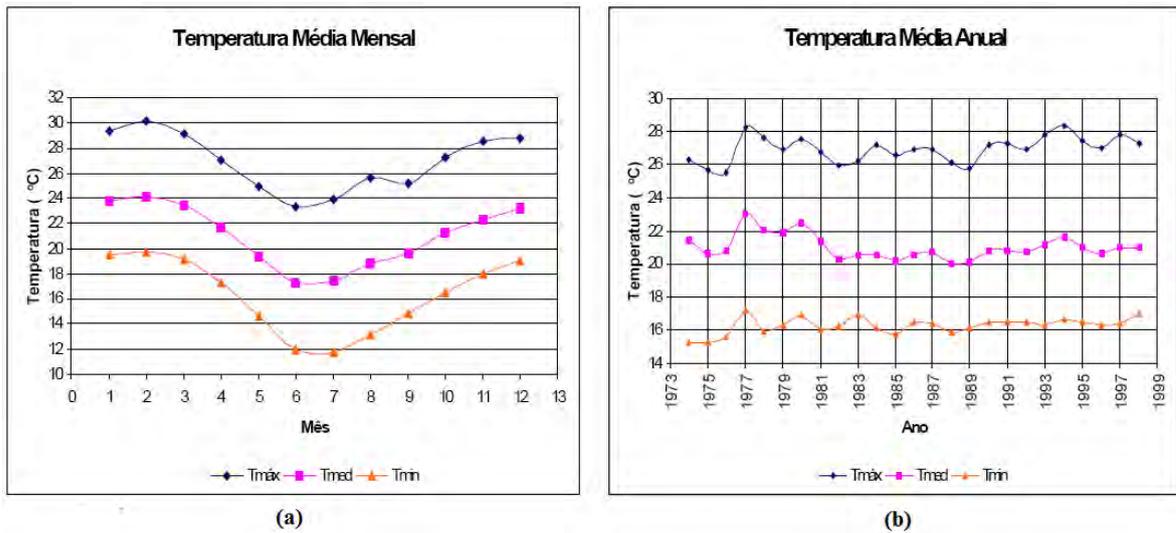


Figura 4.11 - Temperatura mínima, média e máxima média mensal para o período de 1974 a 1998 (a); temperatura mínima, média e máxima média anual para o período de 1974 a 1998 (b).  
 Fonte: SCOFIELD, SANTOS, MARTINS & JORGE

Com base nessas figuras observa-se que a temperatura máxima varia em média entre 23,3° C em Junho a 30,2° C em Fevereiro. Já a temperatura mínima varia de 11,7° C em Junho a 19,8° C em Fevereiro.

Foram analisadas também a pluviosidade e a umidade relativa do ar. O estudo aponta os meses de Junho à Agosto como o período do ano mais seco, com totais mensais inferiores a 50 mm. Como esperado, a estação chuvosa ocorre no verão sendo Janeiro o mês mais chuvoso. A precipitação média mensal e anual, para o período analisado, pod ser verificada nas figuras 4.12 (a) e (b).

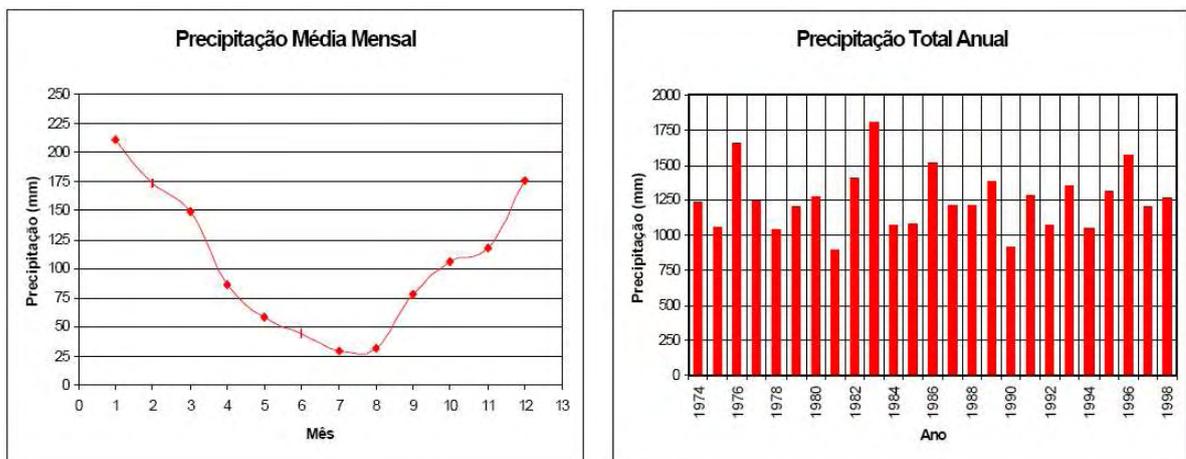


Figura 4.12 - Precipitação média mensal para o período de 1974 a 1998 (a); Precipitação total anual para o período de 1974 a 1998 (b).  
 Fonte: SCOFIELD, SANTOS, MARTINS & JORGE

As figuras 4.13 (a) e (b) mostram como essas chuvas se distribuem em relação ao número de dias chuvosos, que ocorrem em média, por mês, e totais durante cada ano, respectivamente.

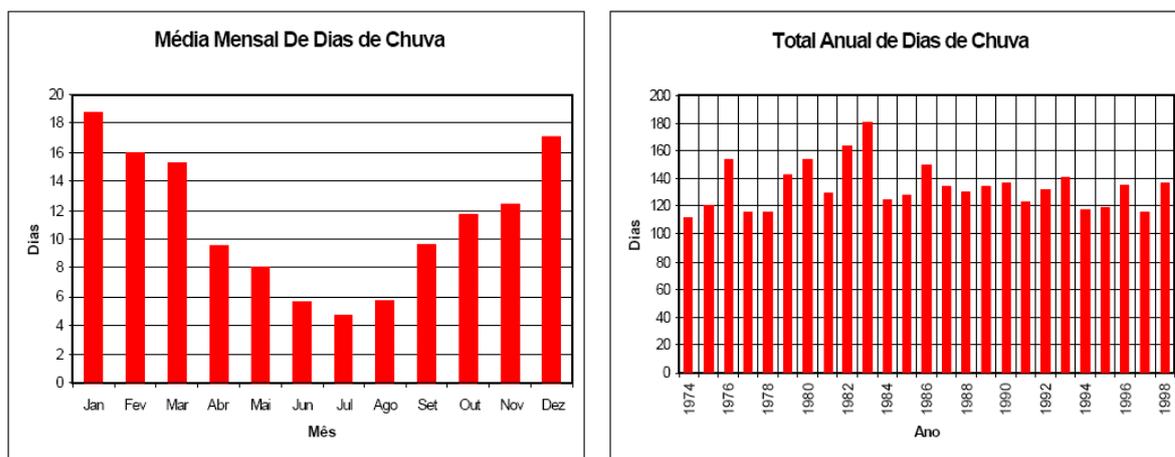


Figura 4.13 - Média mensal de dias chuvosos para o período de 1974 a 1998 (a); Número de dias chuvosos acumulados por ano para o período de 1974 a 1998 (b).

Fonte: SCOFIELD, SANTOS, MARTINS & JORGE

Nota-se da análise das figuras que, embora as chuvas possuam pouca variabilidade entre os anos, quer seja no número de dias ou na precipitação total, há uma grande concentração de dias chuvosos no verão e carência de precipitação nos meses de julho e agosto, tanto na quantidade precipitada como na distribuição entre os dias de precipitação deste período.

Em relação à umidade, verifica-se grande correlação com a precipitação e a temperatura. Com base na figura 4.14, que representa a média da umidade relativa ao longo dos meses dos anos estudados, verifica-se a ocorrência de umidades específicas médias muito baixas nos meses de junho e julho, chegando a 9,1 gramas de água por quilograma de ar.

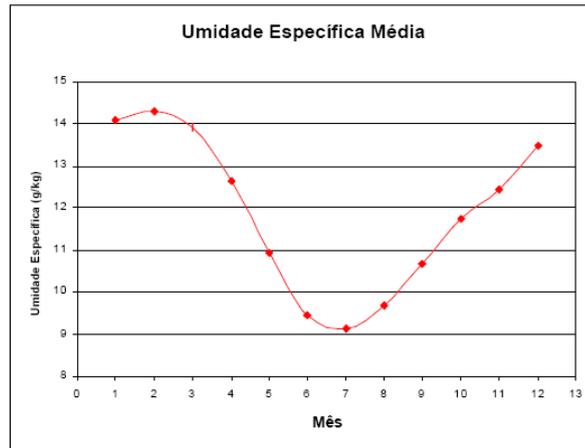


Figura 4.14 - Umidade específica (g/Kg) média mensal do período de 1976 a 1998.  
 Fonte: SCOFIELD, SANTOS, MARTINS & JORGE

A variabilidade inter-anual da média anual da umidade específica em São José dos Campos (não mostrada) foi verificada como muito pequena pelos autores.

Sendo assim, avaliadas as características da cidade em relação a temperatura, umidade do ar e pluviosidade, já se destacam duas preocupações de projeto. A primeira refere-se ao período de inverno que, embora não se caracterize por situações de muito baixas temperaturas, não demandando assim nenhum sistema de calefação, exige uma preocupação de captação do calor solar e com a baixa umidade específica. Em relação ao verão, deve-se buscar medidas que proteja a edificação da incidência de radiação solar excessiva, bem como, dotá-la de estratégias que lhe proporcionem melhor condicionamento térmico, como a ventilação natural.

Muito embora SCOFIELD, SANTOS, MARTINS & JORGE apontem para dados climáticos e meteorológicos relativamente bem comportados e amenos, ANDRADE, SOUZA, SAKURAGI, CASTRO (2007), ao estudarem especificamente algumas pequenas regiões da cidade, como a área do aeroporto em questão, alertam para formação de pequenas ilhas de calor através do uso de imagens do satélite Landsat – 5, indicando razoáveis amplitudes térmicas nesta área, o que pode ser observado na figura 4.15.

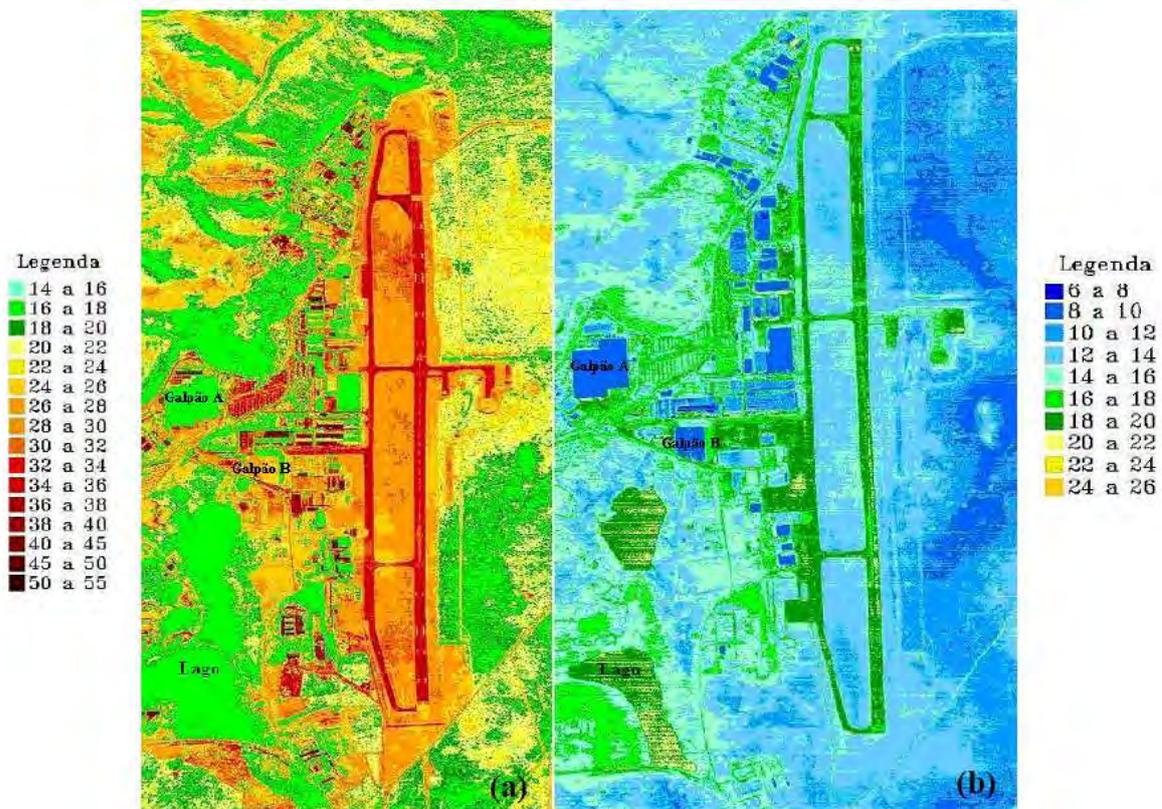


Figura 4.15 - Espacialização da temperatura na região do Aeroporto de São José dos Campos no dia 30/05/2006 às 14h00 local para a (a) imagem diurna e às 21h00 local para a (b) imagem noturna.  
 Fonte: ANDRADE, SOUZA, SAKURAGI, CASTRO (2007)

Segundo as autoras, o principal fator que é considerado na identificação das pequenas ilhas de calor é a diminuição pontual da umidade pelo uso de materiais impermeáveis como asfalto e concreto, que fazem a água da chuva evaporar do solo rapidamente, reduzindo o resfriamento.

Todavia, elas indicam uma suavização do problema pela presença de alguns componentes no local. Segundo as mesmas, “os lagos e as matas atuam como ilhas de frescor de dia e estes, de forma oposta, se comportaram como ilhas de calor à noite. Isto se deve ao tempo necessário para que ocorra o máximo da temperatura nesses alvos durante o período de iluminação solar e, da mesma maneira, esses alvos demoram a dissipar o calor armazenado durante a noite”.

Assim, com o intuito de prevenir a formação de pequenas ilhas de calor na edificação, principalmente nas extremidades, onde a presença de aberturas é menor, fazem-se necessários estudos complementares de conforto térmico.

Dentre os estudos a serem avaliados prevê-se, além da ventilação por ação dos ventos, a ventilação por efeito chaminé, uma vez que que existe uma grande área pavimentada no

entorno do terminal gerando um super-aquecimento da camada de ar mais próxima ao pavimento por serem materiais absorventes de calor.

Serão avaliadas também a possibilidade de ampliar o sombreamento com a utilização da vegetação utilizando-se de árvores de copas elevadas e a criação de algumas soluções que visem a elevar a umidade relativa do ar da corrente de ar que adentra o edifício, já que existe um problema de diminuição localizada de umidade relativa conforme retrataram ANDRADE, SOUZA, SAKURAGI, CASTRO (2007), resultado da grande presença de asfalto e concreto, corroborando com os resultados de SCOFIELD, SANTOS, MARTINS & JORGE.

#### **4.2.1 Ventilação natural**

A ventilação natural é o fenômeno da movimentação do ar no interior das edificações sem a indução de nenhum sistema mecânico. Este tipo de ventilação é aconselhável para obtenção de conforto térmico em localidades onde a temperatura média ambiente seja aceitável pois a promoção do resfriamento se dá com a temperatura interna da edificação se igualando com a externa. FROTA & SCHIFFER (2007) indica a importância desta ventilação pois seria responsável pela renovação do ar, tendo grande importância para higiene e para o conforto térmico em regiões temperadas ou com clima quente e úmido, pela reposição de oxigênio e pela desconcentração de gás carbônico, poeiras, fumaça, calor e etc.

LAMBERTS & TRIANA (2007) apontam os principais tipos de ventilação natural como sendo: ventilação noturna, ventilação por baixo da edificação, ventilação pela cobertura, ventilação através de espaços intermediários, fachada dupla ventilada, ventilação por ação dos ventos e ventilação através do efeito cheminé,

A ventilação noturna ocorre através da entrada de ventos mais frio durante a noite resfriando o ambiente interno que retém essa aclimatização até o período diurno. Para tal, faz-se necessária a adoção de uma maior inércia térmica da edificação afim de isolar a edificação após ser condicionada a noite, trocando pouco calor com o ambiente externo. Entretanto, FROTA & SCHIFFER (1999) alertam para os perigos de se construir um ambiente de elevada inércia térmica, uma vez que ela imporá grande dificuldade da saída de ar quente do ambiente interno para o externo quando o primeiro estiver em condições de temperatura mais elevada que o segundo, como é o caso do período diurno.

A criação de uma fachada dupla pode ser positiva pois cria uma zona de transição entre o exterior e o interior, reduzindo a perda de calor no inverno e o ganho de calor no verão por não ter-se uma radiação direta no ambiente. Porém, esse sistema também gera um aumento de inércia térmica na edificação, o que procura-se evitar já que as condições

climáticas do local são bem amenas e não condizem com o uso dos materiais escolhidos como os blocos porosos de terra crua.

A ventilação por baixo da edificação, entretanto, é de difícil obtenção, sendo mais facilmente alcançada quando da utilização de pilotis, mas se realizada pode gerar bons resultados.

Já a ventilação pela cobertura exige a presença de aberturas no teto da edificação para a circulação dos ventos e será utilizada apenas numa combinação com a ventilação por efeito chaminé.

Afim de se permitir a melhor circulação dos ventos no interior da edificação, propõe-se a ventilação através de espaços intermediários promovendo maior circulação do ar por meio de regiões associadas a corredores e recintos que permitam uma circulação cruzada nos ambientes. Essa estratégia será adotada em parceria com a ventilação por ação dos ventos.

As estratégias mais corriqueiramente utilizadas são a movimentação das camadas de ar por ação dos ventos e por efeito chaminé. Segundo TOLEDO (1999), essa movimentação ocorre por diferença de pressão de ar, resultado da ação dos ventos ou da diferença de densidade do ar devido à diferença de temperatura. Em ambos os processos, faz-se necessário a ocorrência de aberturas para que o ar possa circular pelo edifício. A força do vento produz a movimentação do ar através do ambiente, produzindo a ventilação por ação dos ventos. A diferença de densidade do ar provoca o efeito chaminé, resultado do deslocamento de massas de ar mais aquecidas para sobre massas de ar mais frias, gerando uma diferença de pressão. Essas estratégias serão adotadas em virtude das condições climatológicas e meteorológicas da cidade se mostrarem propícias.

#### **4.2.1.1 Ventilação por ação dos ventos**

Segundo FROTA & SCHIFFER (2007), a ação dos ventos, que se deslocam em movimento lamelar, paralelo ao solo, produz uma diferença de pressão sobre as paredes do edifício. Segundo ilustra a Figura 63, as paredes expostas ao vento estarão sujeitas a pressões positivas (sobrepessões), enquanto as paredes não expostas ao vento e a superfície horizontal superior estarão sujeitas a pressões negativas (subpessões).

Os autores afirmam que esta situação proporciona a entrada de ar pelas aberturas situadas nas paredes sujeitas a pressões positivas (sobrepessões) e saída pelas aberturas localizadas nas paredes que sofrem de pressões negativas (subpessões), conforme figura 4.16.

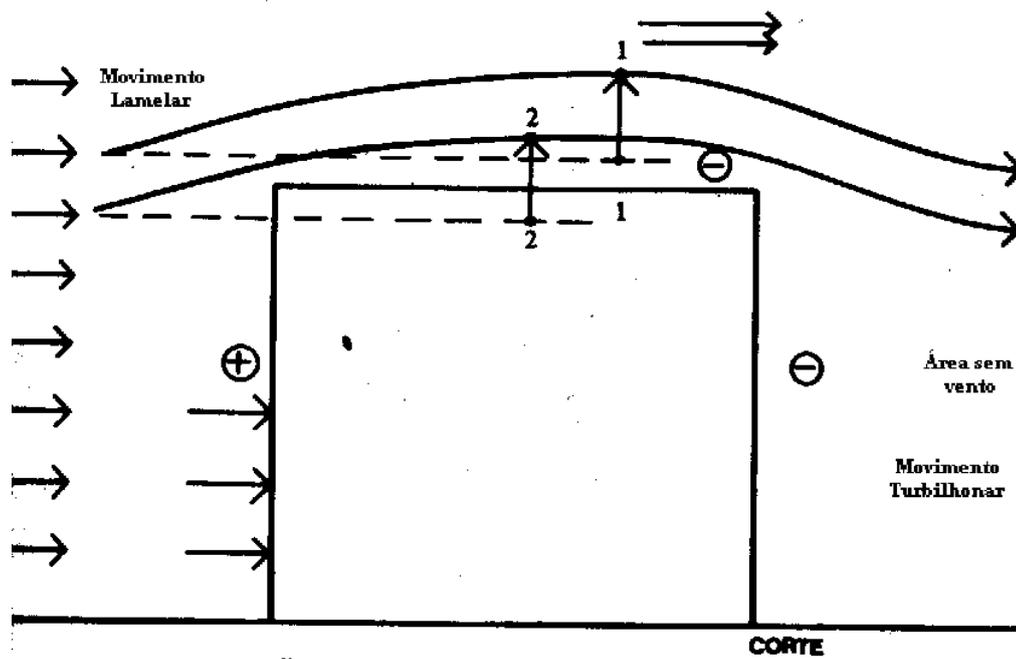


Figura 4.16 - Ventilação por ação dos ventos. Distribuição de pressões.  
 Fonte: FROTA & SCHIFFER (2007)

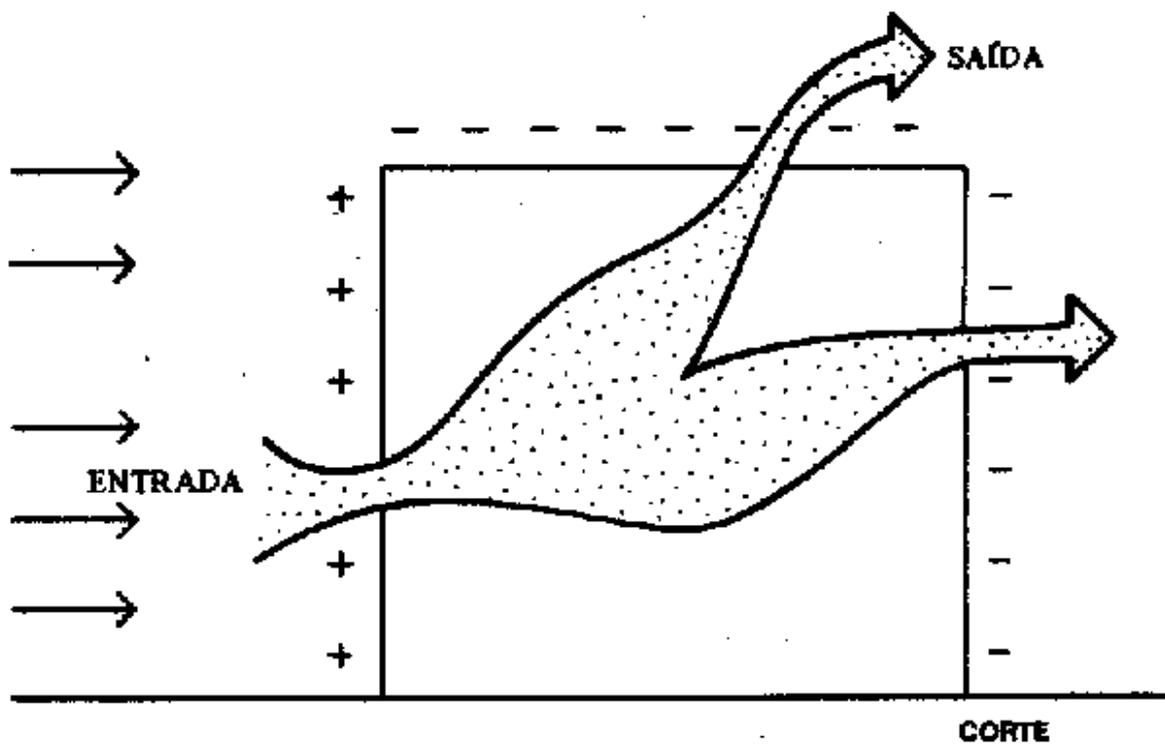


Figura 4.17 - Ventilação por ação dos ventos.  
 Fonte: FROTA & SCHIFFER (2007)

O fluxo de ventilação devido a ação dos ventos pode ser calculado por meio da Equação 4.2, segundo FROTA & SCHIFFER (2007).

$$Q_v = c_a \cdot A_0 \cdot v \cdot \sqrt{c_e - c_s} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (4.2)$$

onde  $Q_v$  é fluxo ou vazão do ar,  $c_a$ , o coeficiente de perda de carga por ação do vento (0,6),  $A_0$ , a área equivalente das aberturas ( $\text{m}^2$ ),  $v$ , a velocidade do vento externo na abertura (m/s) e  $c_e$  e  $c_s$ , o coeficiente de pressão da abertura de entrada e de saída de ar.

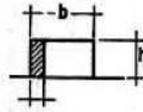
$A_0$  pode ser obtido através da equação 4.3, sendo  $A_e$  a área da abertura de entrada em metros quadrados e  $A_s$  a área da abertura de saída em metros quadrados.

$$\frac{1}{A_0^2} = \frac{1}{A_e^2} + \frac{1}{A_s^2} \quad (4.3)$$

No caso de o vento não ser normal à abertura, temos a correção segundo a equação 4.4 onde  $v$  é a velocidade do vento externo e teta o ângulo entre a direção do vento e a fachada.

$$v = v_0 \cdot \cos\theta \quad (4.4)$$

Em relação aos coeficientes de pressão, FROTA & SCHIFFER (2007) apresentam modelos para seus cálculos apenas em situações de seção quadrada, apoiando-se nos modelos de gráfico de Irminger e Nokketued. Entretanto, CHAMBERLAIN (2008) sugere o cálculo destas constantes segundo proposto na figura 4.18.

Altura relativa		Valores de $C_p$ para								$C_{pe}$ médio
		$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
		$A_1$ e $\beta_1$	$A_2$ e $\beta_2$	C	D	A	B	$C_1$ e $D_1$	$C_2$ e $D_2$	
 $0,2b$ ou $h$ (o menor dos 2)	$1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	-0,8	-0,5	+0,7	-0,4	+0,7	-0,4	-0,8	-0,4	-0,9
	$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$	-0,8	-0,4	+0,7	-0,3	+0,7	-0,5	-0,9	-0,5	-1,0

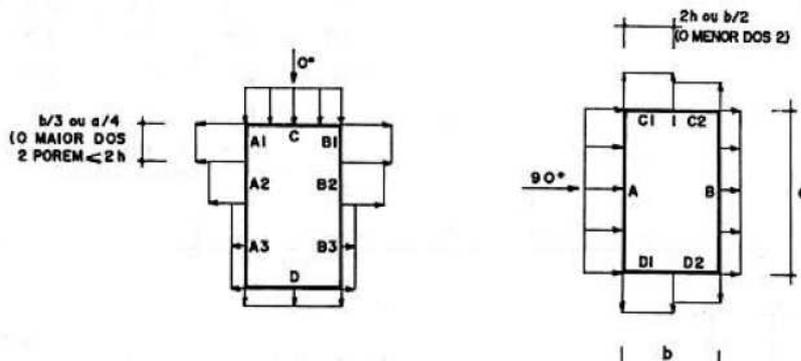


Figura 4.18 – Coeficientes de pressão.  
Fonte: CHAMBERLAIN (2008).

Vale observar que, embora a fachada principal do terminal tenha sido orientada para o sentido SE, aproveitando a direção preferencial da ocorrência dos ventos, a direção da ocorrência desses ventos é continuamente modificada, alterando os coeficientes de pressão. Entretanto, prevê-se uma predominância de ventos que têm como direção principal NE-SO (nordeste-sudoeste), L-O (leste-oeste) e NO-SE (noroeste-sudeste), de acordo com a figura 4.15, justificando a aproximação do modelo do terminal como retratado na figura 4.18 (b).

O modelo aeroportuário é idealizado inicialmente como uma grande caixa de cerca de 500 metros de largura, 100 metros de extensão e 10 metros de altura, relativos aos 2 pavimentos de cerca de 5 metros de pé direito cada. Optou-se por um pé direito mais alto para uma melhor circulação das correntes de ar pelo interior da edificação. Como pode-se perceber, o primeiro pavimento goza de uma área de, aproximadamente, 50.000 metros quadrados.

Entretanto, projeta-se uma área de cerca de apenas 30.000 metros quadrados no segundo pavimento pois o projeto arquitetônico do terminal prevê um grande vão na parte central do piso do segundo pavimento afim de facilitar o escoamento das correntes de ar dentro do terminal (ventilação através de espaços intermediários), conforme ilustrado na figura 4.19.

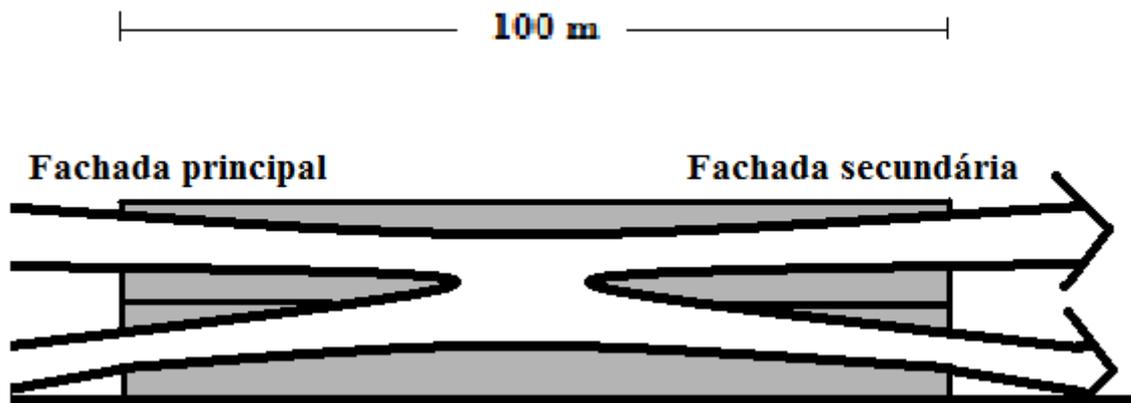


Figura 4.19 - Previsão do fluxo de ar dentro do terminal aeroportuário, em corte, com aberturas nas fachadas opostas.

Como a relação entre comprimento e largura do terminal é de 5, extrapolou-se os pontos considerados por CHAMBERLAIN (2008) e considerou-se o coeficiente de pressão de saída como sendo de  $-0,55$ . Assim, prevê-se a distribuição de coeficientes de pressão no modelo do terminal aeroportuário conforme a figura 4.20, para a situação em que a edificação tem sua fachada de entrada, dimensão de maior comprimento, formando um ângulo reto com a direção principal de incidência dos ventos, recebendo diretamente a ação dos ventos.

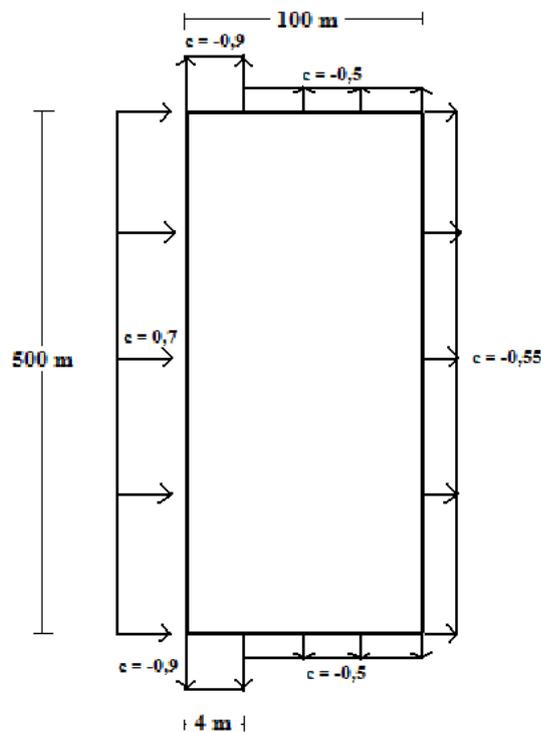


Figura 4.20 - Distribuição dos coeficientes de pressão pela edificação do terminal.

Toledo (1967) sugere algumas taxas de ventilação recomendadas, referindo-se a vazão requerida por metro cúbico por hora por pessoa. Para tal, o autor se utiliza de um ábaco reproduzido na figura 4.21.

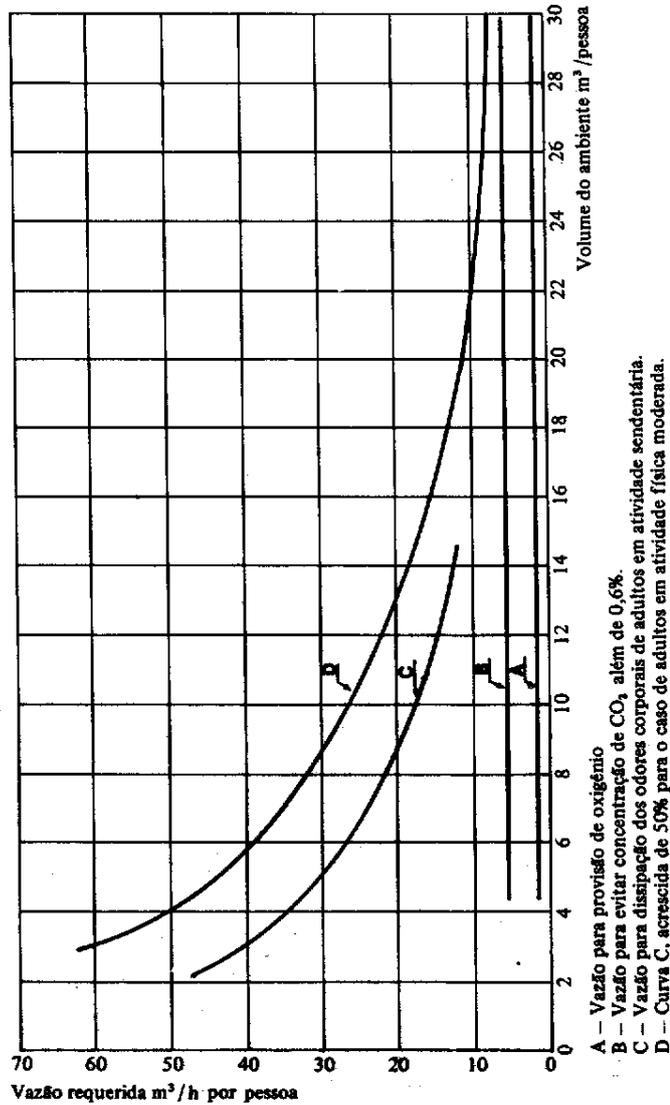


Figura 4.21 - Taxa de ventilação recomendada.  
 Fonte: TOLEDO (1967)

Para uma situação crítica, com a presença de 3.000 pessoas no terminal, é previsto um volume superior a 100 metros cúbicos por pessoa, apontando, conforme figura 4.21, uma necessidade de uma taxa de ventilação de cerca de 6 (seis) metros cúbicos por hora por pessoa.

Compatibilizando a taxa de ventilação de cerca de 5 (cinco) metros cúbicos por segundo com a taxa promovida pela ventilação provocada pela ação dos ventos (Equação 4.2) seria possível obter a área de abertura equivalente caso as demais grandezas já estivessem

sendo determinadas pelas condições do projeto. Entretanto, conforme mencionado anteriormente, há uma constante modificação da velocidade do vento ( $v$ ) e do ângulo que ele forma com a fachada do prédio ( $\theta$ ).

Assim, afim de se estabelecer a área de aberturas, considerou-se um caso crítico cuja necessidade de aberturas fosse maior ou igual a maioria das ocasiões existente. Este caso foi considerado por ventos de, aproximadamente, 0,15 metros por segundo que atingissem a fachada formando um ângulo de 75 (setenta e cinco) graus. Neste caso, foi verificada uma necessidade de cerca de 120 (cento e vinte) metros quadrados de área de aberturas. Considerando-se janelas de correr as quais cerca de 50% (cinquenta por cento) da área interna ao batente estão obstruídas pelas folhas das próprias janelas e/ou vidros, verificou-se a necessidade de mínima de cerca de 250 (duzentos e cinquenta) metros quadrados de janelas em cada fachada do terminal. (sugere-se janelas que possuam folhas de bambu e vidro para que a exposição do vidro a radiação direta não seja obrigatória).

Entretanto, seguindo sugestões de FROTA & SCHIFFER (2007) que alertam sobre a possibilidade de as paredes internas funcionarem como obstáculos para a circulação dos ventos, considerou-se grandes aberturas de meio metro de altura por toda a fachada, em ambos os pavimentos, a cerca de dois metros e meio do piso, controlados eletronicamente, afim de se melhor promover a circulação das massas de ar pelo interior. O posicionamento dessas aberturas mais elevadas também diminui o efeito da circulação de ar frio durante o inverno. Essa configuração será adotada em ambas as fachadas. A figura 110 mostra um esquema simplificado da configuração proposta.

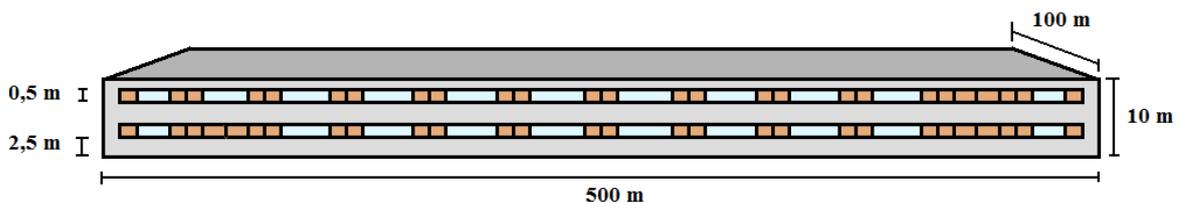


Figura 4.22 - Esquema simplificado da configuração das aberturas de ventilação das fachadas.

#### 4.2.1.2 Ventilação por efeito chaminé

Outro importante aliado na prevenção de formação de ilhas de calor é a ventilação ocasionada por diferenças de pressões originadas de diferenças de temperatura interno e externo do edifício, conhecida como ventilação por efeito chaminé.

Esse fenômeno ocorre devido ao ganho de calor de uma edificação, o que leva ao aumento de temperatura do ar contido em seu interior. Esse ar aquecido tende a ascender devido a sua densidade mais baixa que a do ar fresco. Assim, se esse ar mais aquecido

encontrar aberturas na parte superior da edificação ele sairá do ambiente interno para o ambiente externo caso o ar desse segundo meio esteja a temperaturas mais baixas. Pela mesma razão, caso o ar externo, mais fresco que o ar interno, encontre aberturas mais baixas na edificação, este tenderá a entrar o recinto afim de ocupar o lugar daquele ar mais aquecido que ascendeu. Sabe-se que o fluxo de ar será tão mais intenso quanto mais baixas forem as aberturas de entrada de ar e quanto mais altas forem as aberturas de saída de ar.

Para justificar tal afirmação, FROTA & SCHIFFER (2007), se utilizam de um cubo de aresta a cuja temperatura interna,  $t_i$ , é mais elevada que a temperatura externa,  $t_e$ .

O autor então propõe a abertura de um rasgo periférico horizontal logo na parte inferior a face superior do cubo, sugerindo uma distribuição de pressões conforme ilustrado na figura 4.23 (a), que mostra, por meio de vetores, as diferenças de pressões interna/externa nas paredes do cubo. Neste caso, o interior estaria em estado de subpressão ou rarefação, sendo que as pressões internas se igualariam no rasgo.

Em seguida, ele desloca o rasgo para parte inferior do cubo, logo acima da base, caracterizando a distribuição de tensões conforme a figura 4.23 (b), indicando o interior do cubo em estado de sobrepressão ou compressão, tendo as pressões externas e internas iguais no nível do rasgo.

Em sua terceira hipótese, os rasgos são propostos em ambas as localidades previamente assumidas, o que geraria uma condição de sobrepressão na parte superior e subpressão na parte inferior, conforme ilustrado na figura 4.23 (c). Neste caso, as pressões internas e externas se igualariam a porção média do cubo, chamada por isso de zona de neutra pressão. Uma pequena abertura neste local não ocasionaria fluxo de ar.

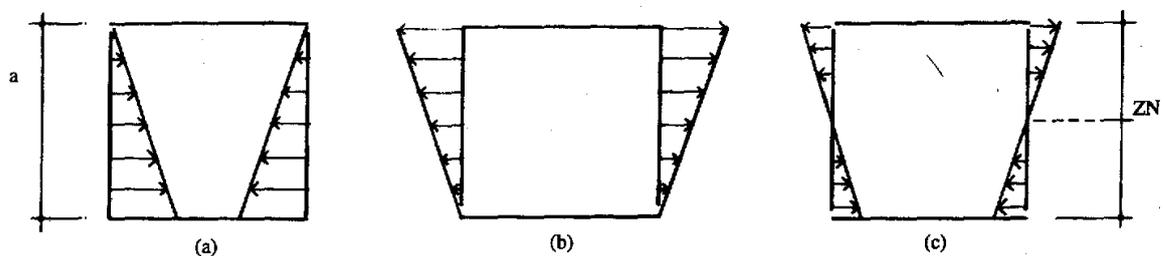


Figura 4.23 - Croquis explicativos da distribuição de pressões em uma caixa cúbica.

Fonte: FROTA & SCHIFER (2007)

Em relação ao fluxo de ar, FROTA & SCHIFFER (2007) ainda propõe uma analogia destas pressões com a hidráulica, admitindo-se para a massa específica do ar um valor correspondente a uma temperatura média do ar externo e interno e uma diferença de pressão

referida às meias alturas das aberturas. Os autores ainda demonstram matematicamente que o fluxo de movimentação de ar será tão maior quanto maior forem as área das aberturas e estará relacionado com a raiz quadrada da diferença de altura entre as aberturas inferiores e superiores.

Os autores ainda atentam para o fato de poder haver concorrência entre a ventilação por ação dos ventos e por efeito chaminé, haja vista cada fenômeno possuir uma distribuição de pressões própria. Isso será alvo de abordagem posterior durante a adaptação do projeto.

### 4.3 Estudo de técnicas para iluminação natural.

A preocupação com a redução de consumo energético continua no tocante a iluminação. Com esse fim foram estudadas algumas práticas de aproveitamento da iluminação natural, através da captação da luminosidade do sol, viabilizando a redução do consumo de iluminação artificial.

LAMBERTS (1997) apresenta as principais estratégias de projeto para obtenção de luminosidade solar, conforme pode ser observado na figura 4.24.

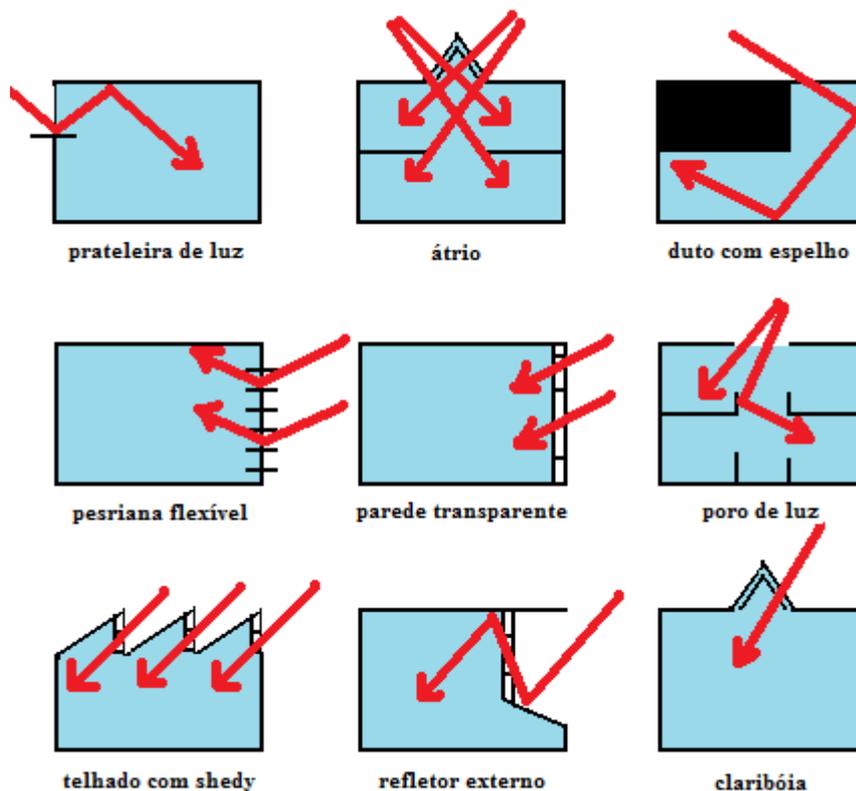


Figura 4.24 - Principais projetos para aproveitamento da iluminação natural.  
Fonte: Adaptação de LAMBERTS (1997)

Pode-se perceber algumas diferenças básicas entre esses projetos propostos por Lamberts. Em alguns deles tem-se incidência direta de radiação solar sobre o ambiente e sobre as pessoas que irão ocupar a edificação, enquanto em apenas três isso não ocorre. Nota-se também a presença de algumas superfícies transparentes permitindo a passagem da luz, algo muito utilizado por LAMBERTS (1997).

Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados quando da exposição de superfícies transparentes como o vidro à luz solar pois esta provoca o aquecimento do ambiente se incidida diretamente.

Uma outra estratégia seria utilizar a contribuição do entorno construído, fazendo com que planos próximos, como muros, fachadas de edifícios, e mesmo vegetação pudessem atuar como fontes secundárias, capazes de contribuir com parcela significativa de iluminação natural.

Desse modo, procurou-se alternativas de iluminação natural através da radiação indireta pois, segundo GRAZIANO JR., "... ao incidir sobre material opaco e claro, boa parte do calor é absorvido e grande parte da luz é refletida de forma difusa. Essa iluminação indireta redirecionada, praticamente, não aquece o ambiente e melhora aspectos psicológicos, modela volumes e texturas, reproduz bem as cores e proporciona contato com o exterior."

Segundo ele, a luz redirecionada é mais homogênea, permite contato visual com o exterior, protege da insolação e evita desbotamento de revestimentos e ressecamento de materiais.

A norma de desempenho mínimo para ambientes com iluminação natural ainda aponta para a importância de alguns fatores como: orientação da edificação; posição, dimensionamento e envidraçamento das aberturas; rugosidade e coloração das perdes, tetos e pisos; poços de iluminação e poucas divisórias para permitir uma maior e mais homogênea iluminação do ambiente.

Visto isso, procurou-se adaptar algumas das sugestões apresentadas ao projeto do terminal aeroportuário de São José dos Campos com o objetivo de suprir o ambiente maximizando a entrada de luz natural, principalmente de maneira indireta. As modificações propostas para a maximização do conforto térmico e lumínico serão apresentadas na sequência.

#### 4.4 Aberturas superiores e inferiores

Com base no que foi apresentado a respeito da ventilação por ação dos ventos e por efeito chaminé, e o possível prejuízo de uma ventilação sobre a outra buscou-se incluir aberturas baixas para entrada de ar frio em faces da edificação submetida pela ação dos ventos a uma condição prévia de sobrepressão, assim como aberturas superiores para saída de ar foram em faces da edificação condicionadas previamente a subpressões, além das aberturas já previamente mencionadas ao longo de toda fachada e esquematizada na figura 4.22. Essa estratégia busca maximizar a sobreposição dos efeitos dos tipos de ventilação citados, reduzindo o efeito dos problemas gerados pela ilhas de calor que são resultado das grandes áreas pavimentadas nas imediações do terminal.

O resultado com a soma dos efeitos destes tipos de ventilação pode ser observado na figura 4.25 que ilustra a circulação do ar por efeito chaminé e por ação dos ventos sendo maximizados por ventilações por baixo da edificação, pela cobertura e pelos vão intermediários criados no interior do ambiente.

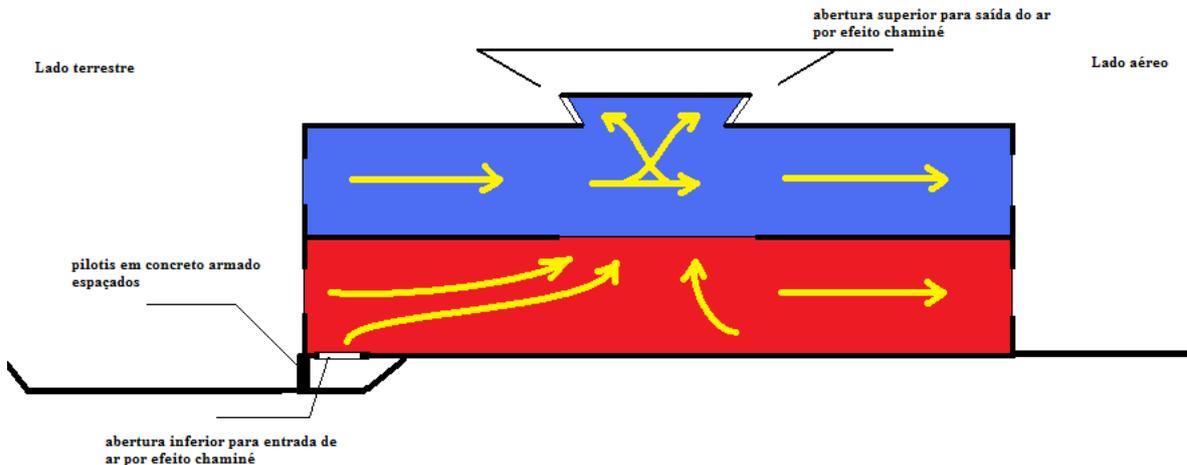


Figura 4.25 - Esquematização do efeito combinado entre ventilação por ação dos ventos e por efeito chaminé.

Vale ressaltar que o projeto prevê aberturas superiores apenas nas extremidades do edifício, por uma extensão de cerca de 200 (duzentos) metros, elevando-se em cerca de 1 (um) metro. A parte central, com extensão de cerca de 100 (cem) metros não possuirá a abertura superior, sendo total mente plano, conforme sugere a figura 65. Já as aberturas inferiores serão extendidas por toda a edificação, que torna-se possível pela adoção de estruturas

espaçadas por toda a edificação (pilotis). Entretanto, essas aberturas serão gradeadas. A largura da abertura inferior será também de cerca de 1 (um) metro.

Observa-se também o aspecto diferenciado na concepção das formas das aberturas superiores e em seu posicionamento, isto porque elas também terão um importante papel na iluminação da edificação. O posicionamento central é justificado pelo propósito de se obter uma melhor distribuição da luz natural pela edificação. Já a forma é justificada pela questão de insolação que está sendo buscada.

Avaliou-se a possibilidade de criação de clarabóias e átrios na parte superior central do ambiente, comumente utilizadas em centros comerciais como shoppings, entretanto não se conseguiu bons resultados, haja vista a grande parcela de radiação direta acarretada. Esta situação foi avaliada como sendo mais indicada em casos de edificações de pé-direito mais elevado.

Foi buscando uma melhor distribuição dos raios solares de maneira indireta que se projetou as aberturas superiores de saída de ar, estrategicamente posicionadas de maneira a trabalharem como prateleiras de luz, promovendo uma melhor distribuição da luz natural ao longo da profundidade dos ambientes, contribuindo, assim, para a uniformização da iluminância no espaço interno do terminal. O seu funcionamento é baseado na captação de radiação luminosa pela parte de cima da laje de cobertura, que é refletida para a prateleira superior, redirecionando a radiação para os espaços mais distantes da abertura.

A capacidade de reflexão deste dispositivo, portanto, varia em função das propriedades físicas de suas superfícies. Portanto, sugere-se dar preferência a materiais de cores claras e que refletem boa parcela da luz. Assim, as aberturas passam a possuir determinante papel térmico, servindo de exaustor, e de iluminação, funcionando como prateleiras.

Perecebe-se pela figura 4.26 que o bom funcionamento do dispositivo é garantido nos horários de maior insolação pela prateleira superior que apresenta dimensão ligeiramente maior que a abertura inferior, protegendo o ambiente de radiação direta nos horários de sol à pino.

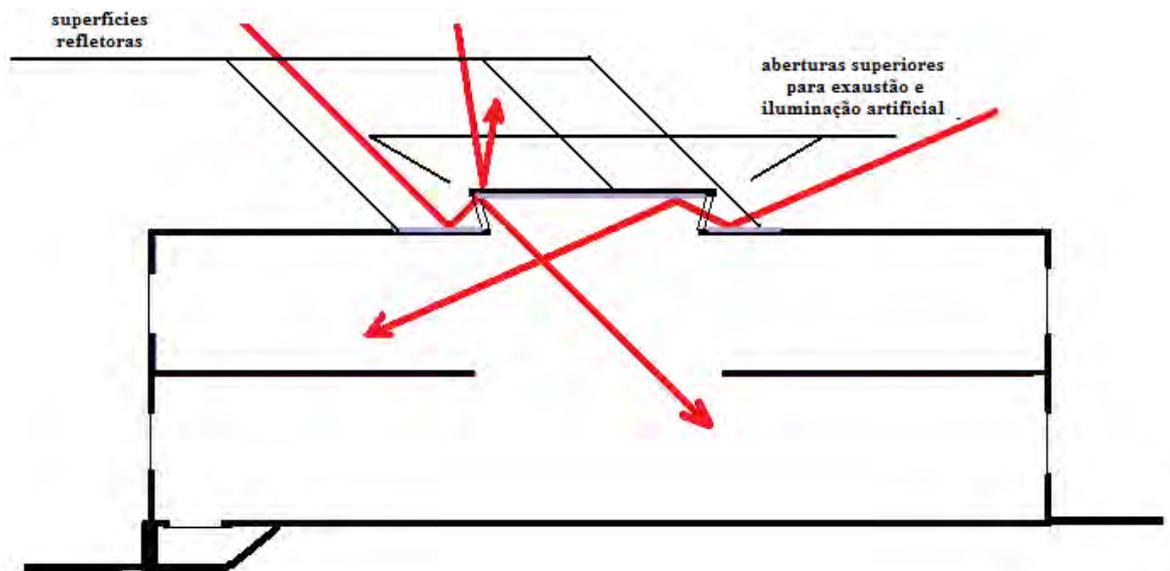


Figura 4.26 - Esquema de funcionamento das aberturas superiores como prateleira de iluminação.

LAMBERTS (1997) justifica o uso de dispositivos de proteção solar pois os considera importantes sob o ponto de vista de redução de ganho térmico, diminuindo possíveis formações de ilha de calor. Entretanto, FROTA & SCHIFFER (1999) concluem que “...devem-se proteger as aberturas da radiação solar direta, mas não fazer dessas proteções obstáculos aos ventos”. Com esse intuito, FROTA & SCHIFFER (2007) estudou a funcionalidade de tais dispositivos e propôs um modelo para a determinação do tipo e da dimensão de tais proteções em função da eficácia desejada, aplicando um modelo gráfico denominado traçado de máscaras. Este modelo se utiliza dos ângulos de sombra resultantes de um dispositivo e externo em relação a um determinado ângulo de incidência do Sol, conforme figura 4.27.

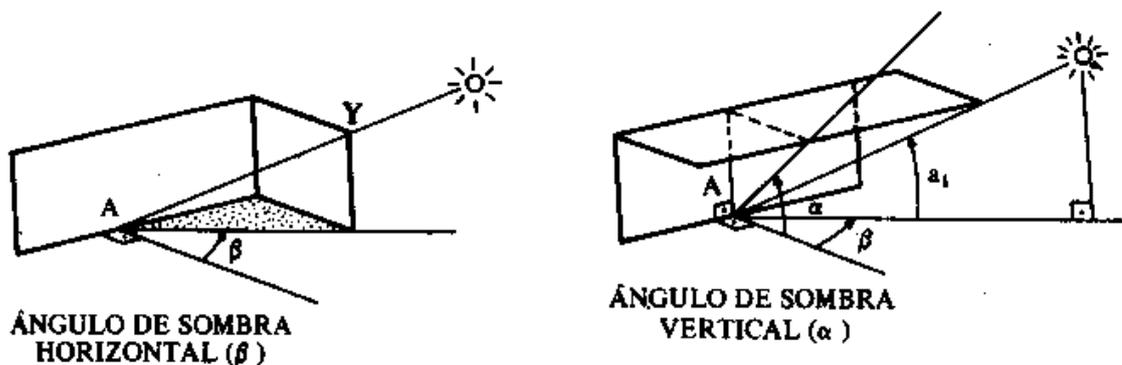


Figura 4.27 - Ângulos de sombra gerados por dispositivos de proteção solar.  
Fonte: FROTA & SCHIFFER (2007)

Os autores afirmam que: “os ângulos de sombra são sempre medidos a partir de uma posição específica do observador na cobertura considerada. Assim, para uma determinada

posição do Sol, apenas uma parte da abertura pode estar sendo sombreada”. Com isso, o autor entitula esta situação descrita como eficiência parcial. No caso de toda a abertura estar sombreada pode-se concluir uma situação de eficiência total. Já para o caso de nenhuma sombra ser produzida sobre a abertura dá-se o fenômeno de eficiência nula.

Entretanto o ângulo beta não nos será importante pois nossas considerações considerarão a extensão de um placa horizontal de extensão infinita sobre a abertura. A figura 39 representa esta situação para o caso do observador situado na borda de baixo da abertura.

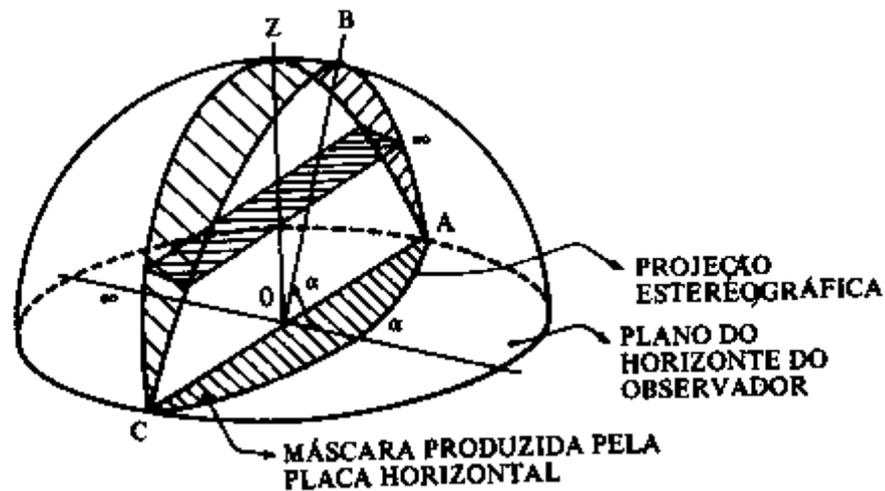


Figura 4.28 - Placa horizontal infinita sobre a abertura em superfície vertical.  
 Fonte: FROTA & SCHIFFER (2007)

Nesta situação, o observador não enxergará uma parte do céu sobre a sua cabeça, a partir do limite do ângulo de sombra vertical (alfa). Assim, a região do céu não visível pelo observador O em função da presença da placa horizontal é definida pelos planos AZC e ABC da figura 4.28. A projeção estereográfica desta região no plano do horizonte é delimitada pelo arco de circunferência AC, onde os pontos A e C, por pertencerem ao próprio plano horizontal do observador, serão a projeção estereográfica dos pontos no infinito da placa horizontal.

Por ser de mais fácil interpretação, o método gráfico, assim, não trata os ângulos de sombra numericamente, mas sim através de projeções estereográficas, sendo demarcados no gráfico denominado transferidor auxiliar. Para o caso apresentado anteriormente, fica fácil prever como será a máscara produzida por que tipo de anteparo. Esta situação apresenta-se na figura 4.29. O valor numérico de alfa pode ser obtido com o uso de um transferidor, o que será feito posteriormente.

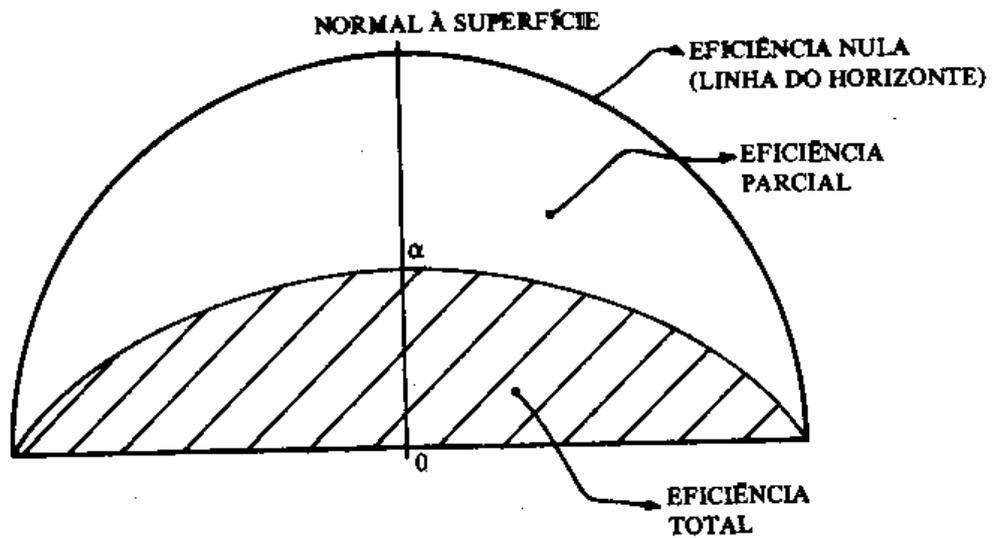


Figura 4.29 - Máscara produzida por um dispositivo solar infinito.  
 Fonte: FROTA & SCHIFFER (2007)

Todavia, não é objetivo do projeto saber, a partir de um determinada barreira solar, qual será a área parcial ou totalmente sombreada, mas sim o contrário. É preciso saber, à partir de uma determinada área que deseja-se proteger qual será o tamanho necessário de anteparo para produzir a sombra requerida. Para isso, torna-se necessário saber a orientação solar da localidade em que se tem a abertura, para depois se projetar a dimensão do dispositivo solar que combata a radiação solar direta em um determinado horário. E isso é feito com base nas mesmas cartas solares que são propostas por FROTA & SCHIFER (2007) com base nas latitudes, e que já foram apresentadas anteriormente, bastando, adaptá-las a nova orientação das fachadas.

Na figura 4.30 apresenta-se a carta solar referente a latitude de 24°, por ser mais próxima da cidade de São José dos Campos, já devidamente orientada e assinalada com a área que se deseja combater a radiação solar. Como pode ser visto pela indicação da coloração vermelha, optou-se por proteger a abertura totalmente, das 10 horas às 15 horas no período do verão compreendido entre 22 de dezembro e 8 de março.

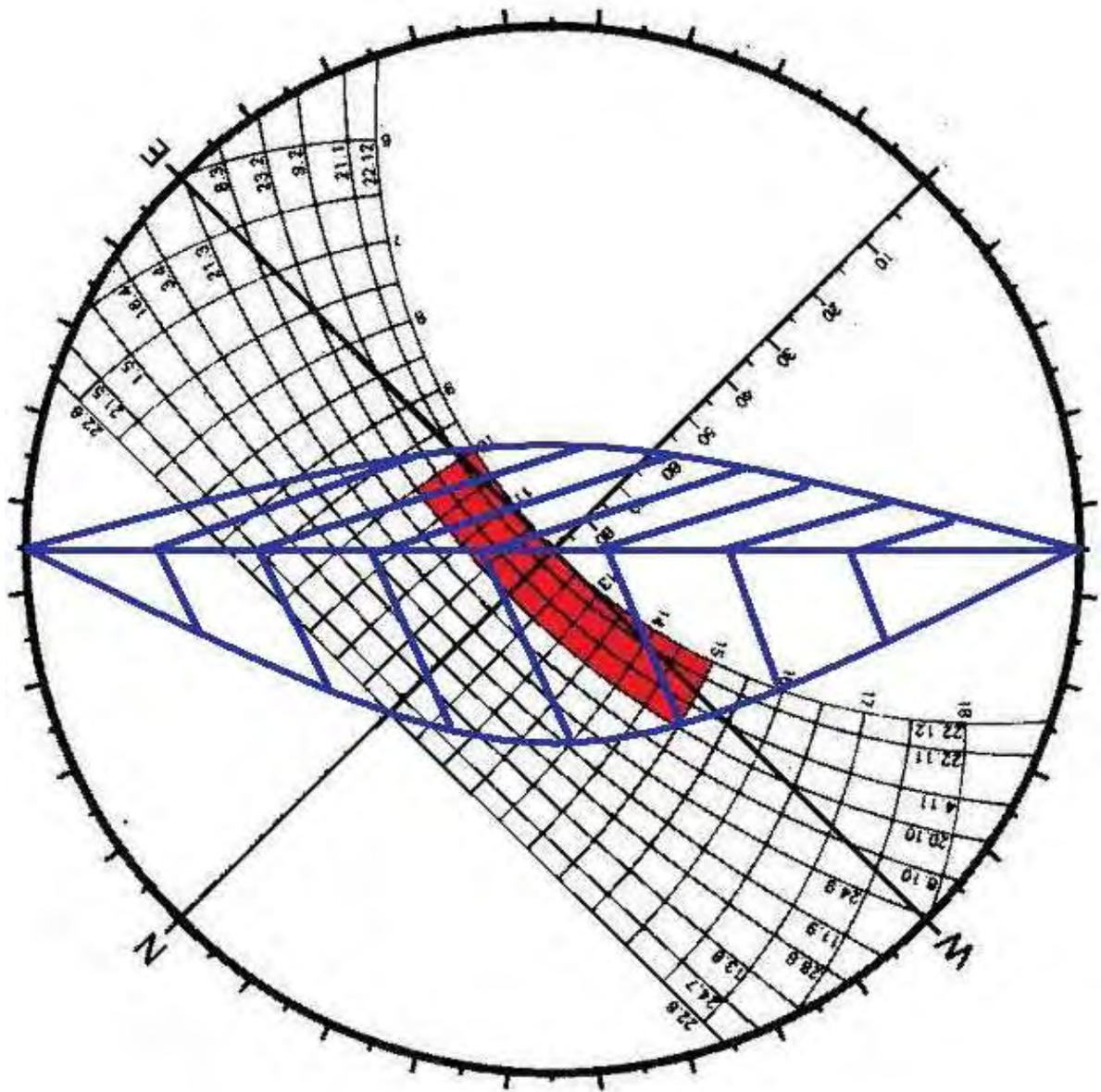


Figura 4.30 - Carta solar da latitude de 24 graus Sul, devidamente orientada para a direção da fachada nobre do novo terminal de São José dos Campos, indicando o dimensionamento de avanços nas fachadas.

Para isso, foi elaborado um sistema de avanço da placa superior sobre a delimitação da laje. O avanço necessário de uma sobre a outra. Em projeção é destacado em azul pela figura 4.30. Percebe-se que o avanço deverá ser maior na aba voltada para a fachada do lado aéreo (menos nobre), já que é ela que sofre a insolação no período vespertino, que é mais nociva.

A tradução do ângulo necessário de avanço pode ser traduzido numericamente com o auxílio do transferidor auxiliar, mostrado na figura 4.31.

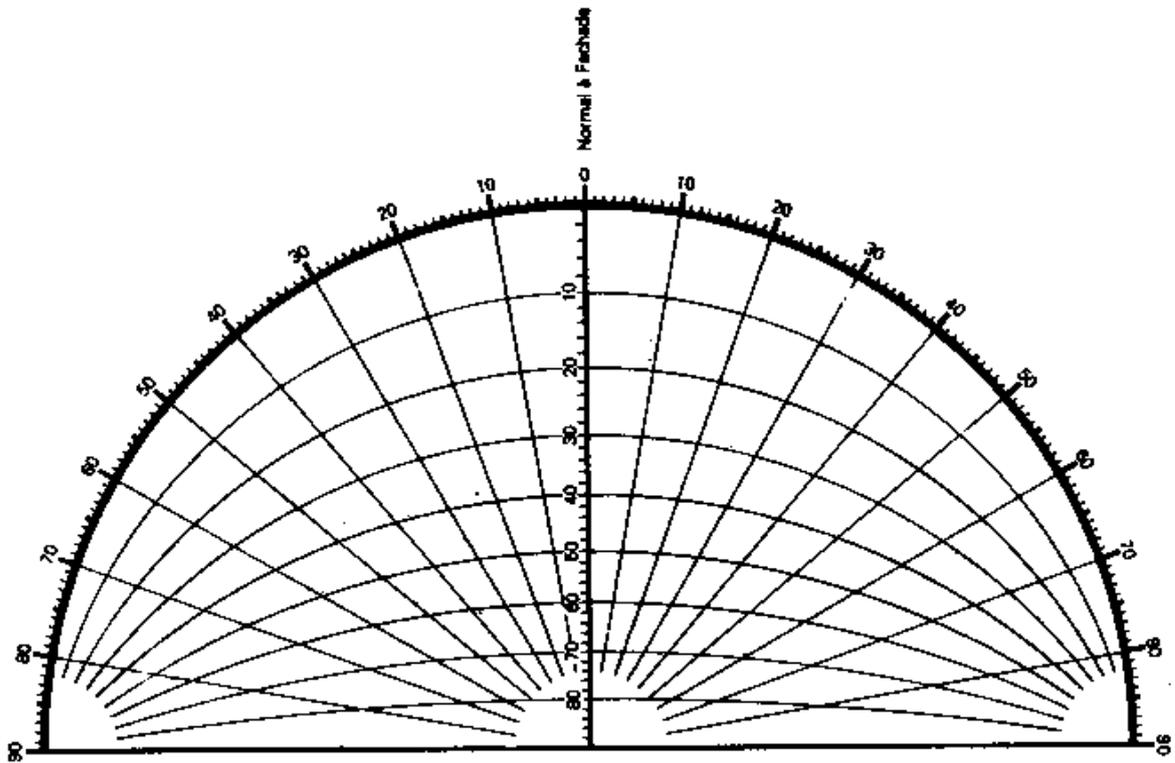


Figura 4.31 - Modelo do transferidor auxiliar.  
 Fonte: FROTA & SCHIFFER (2007)

Com auxílio deste transferidor foi possível verificar a necessidade de um ângulo de 22 (vinte e dois) graus para a fachada do lado terrestre (fachada nobre) e de 40 (quarenta) graus para fachada do lado aéreo. Como a altura a abertura fora projetada para ter cerca de 1 (um metro), serão necessários avanços de 40 (quarenta) centímetros e 85 (oitenta e cinco) centímetros, respectivamente, conforme indica a figura 4.32.

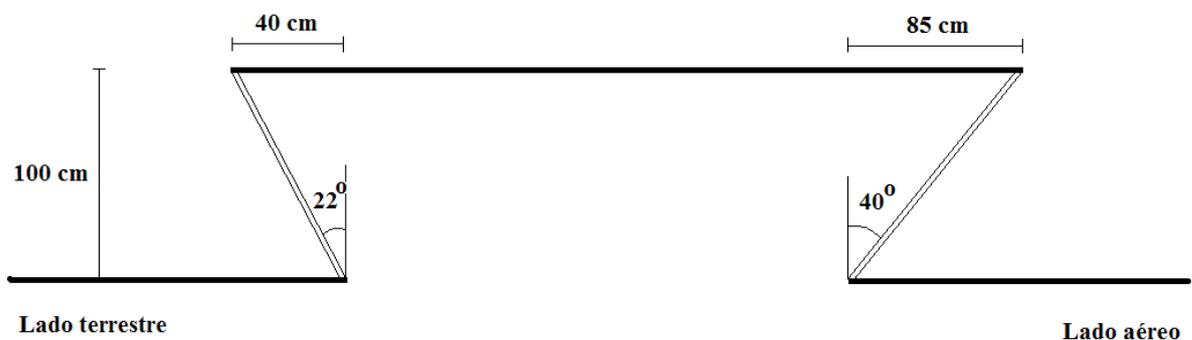


Figura 4.32 - Representação esquemática das aberturas superiores da edificação.

Já em relação a largura da prateleira superior sugere-se dimensões superiores a 5 (cinco) metros para não prejudicar o fluxo de exaustão de ar quente pelas aberturas e para uma melhor homogeneização da iluminação natural indireta pela duas aberturas.

## **4.5 Persianas**

Ainda com o intuito de se minimizar a formação de ilhas de calor são analisadas outras estratégias que reduzam a absorção do calor solar pela edificação. Uma destas estratégias é a utilização de bloqueio opacos que protejam as superfícies transparentes e translúcidas e demais partes do envelope térmico da edificação de incidência demasiada de radiação solar durante alguns períodos onde ela se torna excessiva.

Esse bloqueio far-se-á de maneira análoga ao bloqueio proposto para as aberturas superiores da edificação, utilizando o processo de máscaras, só que agora com o objetivo de proteger as aberturas da fachada. Mais uma vez segue-se a precaução sugerida por FROTA & SCHIFFER (2007) para esses obstáculos não se tornarem obstáculos a moimentação de correntes de vento, sugerindo o posicionamento da parte mais inferior da persiana a 20 (vinte) centímetros de distância da parte superior das aberturas da fachada. Essa distância foi considerada suficiente pois o escoamento do vento pode ser analisado como lamelar antes de adentrar a edificação.

Vale lembrar que o dimensionamento terá como premissa a presença de dois grandes dispositivos de persianas por fachada, sendo um para cada abertura sugerida na figura 35. Isto porque caso se utilizasse apenas uma grande persiana na parte superior, a abertura superior estaria, provavelmente, fadada a sombra durante todo os possíveis períodos e horários do ano, o que não é recomendado haja vista a presente preocupação com a iluminação natural.

Portanto, optou-se por proteger as aberturas totalmente, também das 10 horas às 15 horas no período do verão compreendido entre 22 de dezembro e 8 de março. Para esta situação foram obtidas cartas solares exatamente iguais as da figura 150 para as fachadas. Já para as laterais, obteve-se a carta solar representada na figura 4.33.

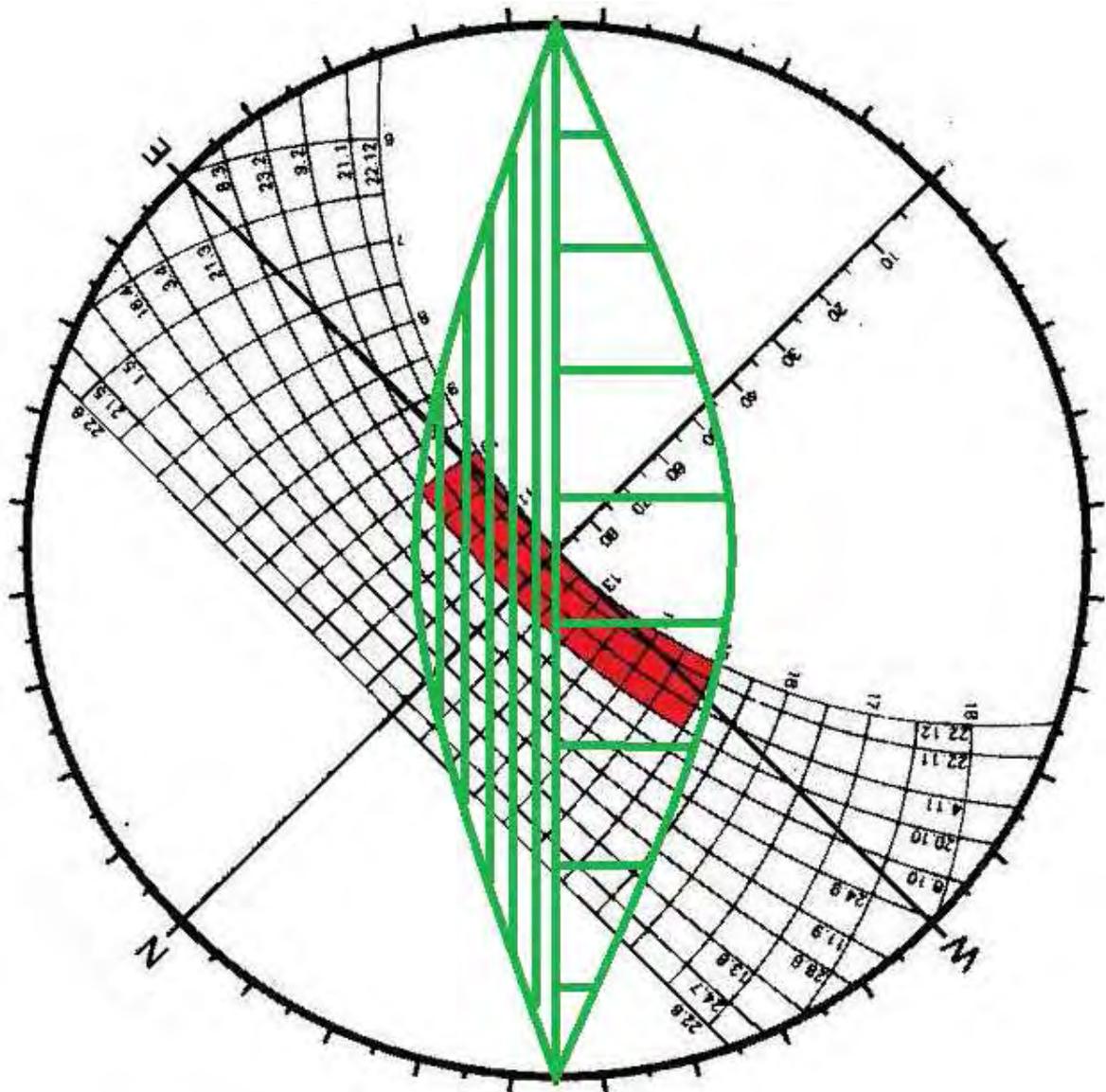


Figura 4.33 - Carta solar da latitude de 24 graus Sul, devidamente orientada para a direção da fachada nobre do novo terminal de São José dos Campos, indicando o dimensionamento de avanços nas laterais.

A análise das laterais indica a necessidade de um ângulo de sombreamento de 30 e 36 graus para as laterais orientadas para NE e para o SO, respectivamente, objetivando a combater a radiação solar direta no período proposto. Conforme visto anteriormente, esses ângulos para as fachadas do lado terrestre e aéreo são, respectivamente, 22 e 40 graus.

Como as persianas que serão instaladas nas fachadas visam a protegerem aberturas de meio metro de altura, além do vão entre a persiana e o topo das aberturas de vinte centímetros, inevitavelmente, o tamanho das soleiras das fachadas serão de 30 (trinta) e 60 (sessenta) centímetros, sendo a maior instalada na fachada voltada ao lado aéreo.

Já para o caso das laterais optou-se por apenas uma soleira para proteger toda as aberturas, sombreando totalmente até a altura equivalente da base da abertura inferior das fachadas. Foi considerado também, que a persiana seria instalada a mesma altura da persiana mais elevada das fachadas. Sendo assim, essas persianas foram dimensionadas para sombrear totalmente uma extensão vertical de cinco metros e setenta centímetros. Assim, avaliou-se a necessidade de persianas de três metros e trinta centímetros para a lateral NE e de quatro metros e vinte centímetros para a lateral SO. Essas maiores dimensões de persianas criarão ambientes agradabilíssimos nas laterais do terminal.

Entretanto, conforme pode ser percebido, dimensionaram-se as persianas para sombreamento total das aberturas nos horários analisados, o que poderia sugerir a ausência de iluminação natural por essas aberturas. Porém, buscou-se utilizar as persianas segundo orientação de LAMBERTS (1997), fazendo-as a trabalharem como persianas flexíveis que refletem a luz pela parte superior de suas lâminas em direção ao teto da edificação que refletirá novamente a luz para o interior do ambiente, conforme sugerido pela figura 4.34.

Assim, faz-se necessário, portanto, que a fachada imediatamente acima da persiana seja de material transparente, como por exemplo de vidro, para que a passagem dos raios luminosos seja possível. Vale ressaltar, também, que a persiana utilizada deve possuir um mecanismo de dobramento, permitindo que esta se ajuste regulando a passagem desses raios luminosos os obstruindo quando necessários, viabilizando o conforto térmico nas mais diversas estações do ano.

Assim, sugere-se o uso de tipos de persiana conforme sugere a figura 4.35, modelo inspirado nas persianas utilizadas pelo arquiteto Norman Foster na construção de uma fachada de um centro estudantil chamado Lyceé Albert Camus em Fréjus, cidade francesa. O modelo proposto por Foster é melhor mostrado na figura 4.38. O modelo sugerido utiliza-se de um material metálico, de cor clara (de preferência, branco) para diminuir a absorção de luz pela persiana, refletindo, assim, a maior parte da radiação, diferenciando-se do utilizado por Norman Foster que é de alumínio. Pequenos orifícios são estrategicamente utilizados para permitir uma mínima incidência de radiação direta, tornando a região das soleiras um ambiente agradável. Estas soleiras também dispõem de estruturas que permitem o seu dobramento.

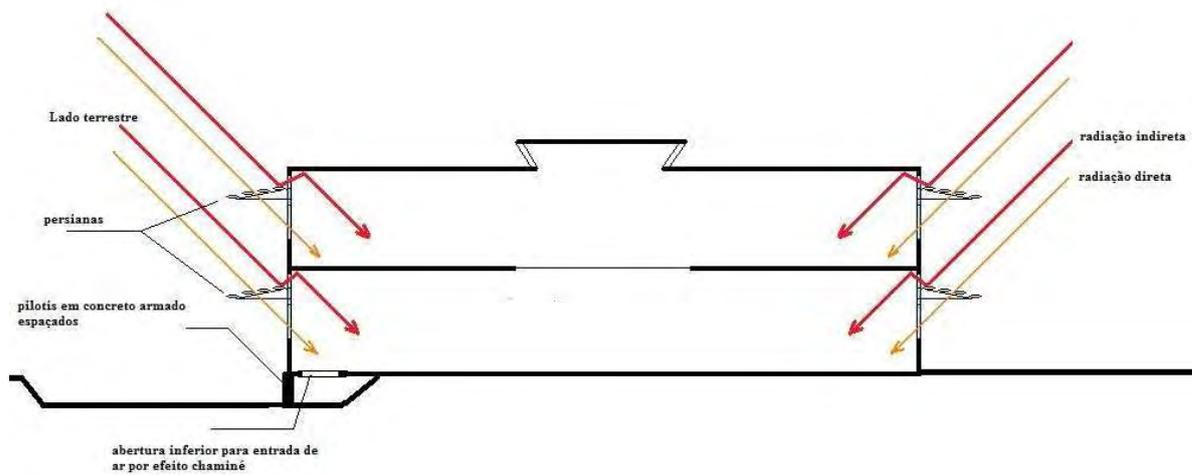


Figura 4.34 - Esquema de funcionamento das persianas .

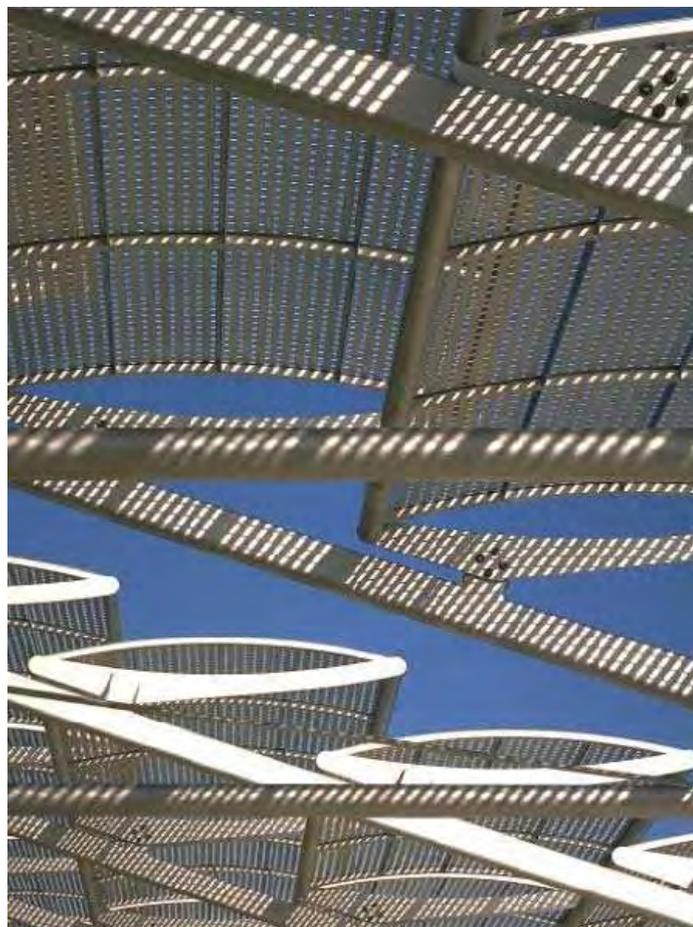


Figura 4.35 - Persianas criadas por Norman Foster em 1991 e utilizadas em Lycéé Albert Camus, Fréjus, França  
 Fonte: FOSTER AND PARTNERS (2008)

## 4.6 Espelhos d'água

Com o propósito de atender inúmeras funções descritas a seguir, foram instalados pequenos lagos margeando toda a entrada da edificação, preenchendo a depressão representada na figura 4.36.

Segundo ACIOLI (1994), a diferença entre os calores específicos da água e da terra, sendo a da primeira cinco vezes maior que o da segunda, justifica o fato de a água se esquentar e se resfriar muito mais lentamente que o solo, fazendo com que no verão esta esfrie o ar quente e no inverno o esquente. Isso ratifica a proposição de ANDRADE, SOUZA, SAKURAGI & CASTRO (2007) que afirmam o funcionamento do lago já existente do outro lado da pista como ilha de frescor no verão e ilha de calor no inverno. Sendo assim, este é o primeira vantagem gerada pelo pequeno lago, amortizar as amplitudes térmicas.

Outro aspecto beneficiado pela presença do lago é a umidade relativa do ar. Alvo de preocupação de SCOFIELD, SANTOS, JORGE & MARTINS que aponta para precipitações inferiores a 50 mm de média mensal durante os meses de inverno, resultando numa umidade específica observada de cerca de 9,1 g/Kg nos meses de julho dos anos analisados, a umidade das correntes de ar que adentram a edificação do terminal por ventilação, ocasionada pela ação dos ventos, tende a ser aumentada uma vez que percorrerá um espaço de maior umidade provocada pelas grandes intensidades de troca de vapor d'água entre o lago e o ambiente, melhorando assim as condições de conforto do ambiente interno da edificação durante o inverno.

Um terceiro aspecto foi alcançado seguindo a orientação de GRAZIANO JR., que sugere a utilização de corpos secundários de grande grau de reflexão de luminosidade para viabilizar uma intensificação da iluminação natural dentro do ambiente do terminal. Isso deu-se graças a localização estratégica do lago que margeia toda a fachada do lado terrestre do terminal.

Essa estratégia obtém ótimos resultados de iluminação em virtude da presença de aberturas inferiores no piso do primeiro pavimento, junto ao lago, transformando a fresta em um gerador de iluminação indireta, além de gerar um aspecto estético bastante agradável. A figura 4.36 demonstra o funcionamento do lago por reflexão de luz solar.

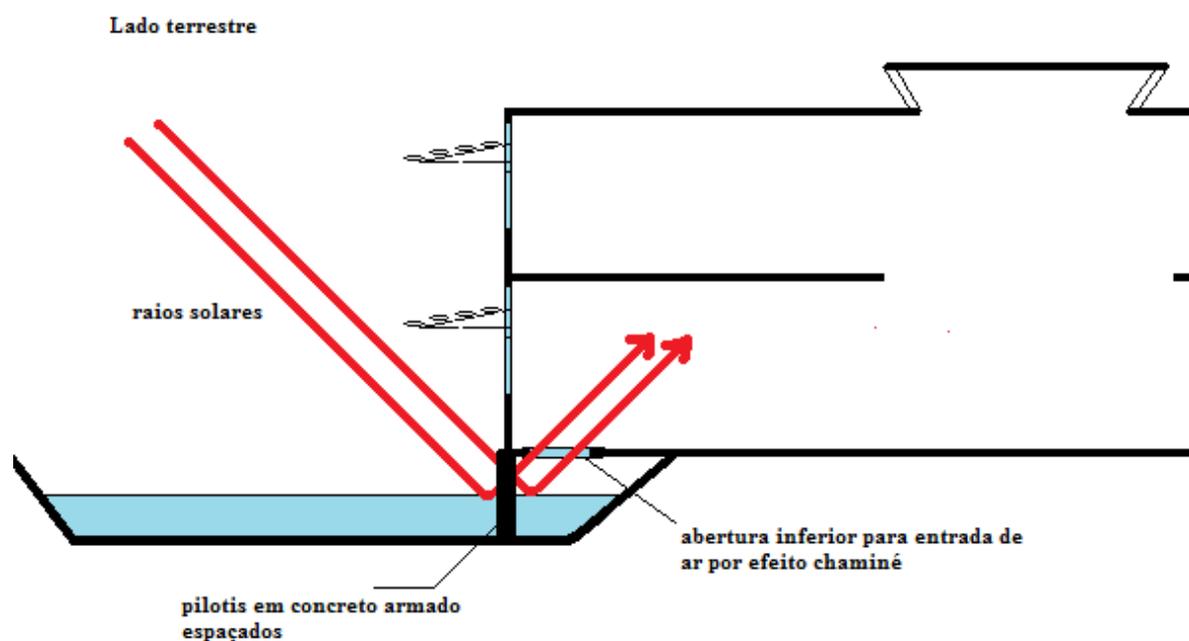


Figura 4.36 - Esquema de funcionamento do espelho d'água como fonte secundária.

Em se considerando a iluminação natural indireta propiciada pelas aberturas de ar superiores funcionando como prateleiras de luz propiciando a iluminação do ambiente interno pelo centro da edificação, pelas persianas e pelas aberturas inferiores funcionando como persianas flexíveis e superfície plana de reflexão, respectivamente, propiciando a iluminação do ambiente interno pelas suas laterais, além de uma iluminação direta controlada pelas fachadas, pode-se verificar um bom índice de iluminação natural para a edificação. Entretanto, essa eficiência lumínica ainda pode ser ampliada caso uma outra estratégia seja tomada, o cuidado com a escolha dos tons de pintura da edificação.

#### 4.7 Seleção de cores de pintura

GIVONI (1998) afirma que a cor da superfície externa do envelope construído determina o impacto da radiação solar na edificação. Ele afirma que a parcela de calor absorvida e refletida pela superfície da edificação é função da coloração com que é pintada externamente a edificação. GRANJA & LABAKI (2003) afirmaram, após um estudo de efeito térmico que o emprego de colorações na superfície externa de um telhado, que quanto mais escura é a tonalidade aplicada a superfície externa, maior será a absorção de calor.

Portanto, prevê-se a pintura da parte externa do ambiente com colorações claras e tons bem suaves. Sugere-se o cinza em tonalidades mais claras, que é uma cor que estimula a

criatividade, inovação, inspiração e imaginação segundo a técnica oriental do Feng-Shui. Suas tonalidades mais escuras devem ser evitadas pois sugerem medo.

Na parte interior a edificação, essa preocupação se mantém. Também aí, dar-se-á preferência a cores claras e de alta índice de reflexão, haja vista a grande contribuição esperada pela radiação indireta. A escolha das cores é uma questão de predileção, entretanto sugere-se o uso de cores sóbrias misturadas ao branco, garantindo a condição de discricção do local, já que se trata de um ambiente público de grande circulação, certificando-o de boas condições de luminosidade.

Vale lembrar que o uso de iluminação natural não dispensa o complemento de iluminação artificial, sendo esta necessária para uso de trabalho que exija atividades visuais mais específicas dentro da edificação e para uso durante horários em que os raios luminosos do sol não se fizerem presentes. Mas mesmo o sistema de iluminação artificial deve ser alvo de planejamento cuidadoso, dando preferência ao uso de lâmpadas fluorescentes compactas e separação em diferentes circuitos, de acordo com o uso dos espaços, por exemplo.

#### **4.8 A vegetação como aliado sonoro, físico, térmico, lumínico e ecológico**

Entretanto, algo que deve ser observado com as práticas que foram implementadas até este ponto, é a constituição de um terminal aeroportuário com aberturas para o meio exterior, algo não muito comum na realidade dos grandes aeroportos brasileiros, haja vista a geração de ruídos aeronáuticos. Muito embora conte-se com uma grande dimensão de sítio aeroportuário que possibilita e permite um maior afastamento do terminal em relação à pista, o que será realizado, e pretenda-se utilizar tratores para auxiliar a entrada e saída de aeronaves do pátio, reduzindo-se os ruídos nesta área provocados pelas turbinas, alguns cuidados devem ser tomados, mesmo com os recentes avanços da engenharia aeronáutica na redução de ruídos aeronáuticos.

É de difícil previsão a quantidade de ruídos aeronáuticos que seria captado por um possível receptor que estivesse frequentando o terminal. Entretanto, a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) prevê um Plano de Zoneamento de Ruído que será útil para se traçar algumas considerações. Neste plano as pistas são classificadas em função do movimento de aeronaves e do tipo de aviação, nas categorias de I a VI, sendo a categoria I a de maior geração de ruído, e a VI a de menor. Este plano, entretanto não prevê nenhum plano específico para o caso de zona I (Pista de Aviação Regular de Grande Porte de Alta Densidade – caracterizado pela existência ou previsão para os próximos 20 anos de operação

de aviação regular igual ou superior a 6000 movimentos anuais ou mais de 2 operações noturnas. Grande porte se refere a peso máximo de decolagem superior a 40 ton.) mas apenas para os outros cinco casos. Sendo assim, as conclusões serão tomados com base na categoria II. (Pista de Aviação Regular de Grande Porte de Média Densidade - caracterizado pela existência ou previsão para os próximos 20 anos operação de aviação regular inferior a 6000 movimentos anuais e não mais de 2 operações noturnas).

Para este caso, a ANAC, através da portaria 1.141 permite a utilização da chamada zona de proteção II (compreendida entre 480 metros e 1200 metros além da lateral da pista) por qualquer tipo de ocupação que não seja residencial, hospitalar, cultural ou hoteleira. Contudo, a ANAC não restringe o uso da zona de proteção I (compreendida entre o bordo lateral da pista e 480 metros além deste) para terminais, sendo possível a construção do mesmo na própria zona de proteção I. Sendo assim, conclui-se que o afastamento lateral de 480 metros do terminal em relação ao bordo da pista seria uma condição além da exigida pela regulamentação, o que garante o baixo nível de ruído na edificação, principalmente pela adoção de saídas tratoradas das aeronaves do pátio.

Entretanto, caso não se disponha ou não se queira um maior afastamento, o que levaria um aumento do tempo de taxiamento das aeronaves até atingirem o pátio, a partir da pista e vice-versa, recomenda-se a utilização de dispositivos de redução de ruídos.

MASCARÓ (2002) afirma que uma possível estratégia no combate a esta realidade ruidosa seria através de utilização de uma vegetação mais densa entre a fonte ruidosa e o receptor de quem quer se desviar o ruído. A autora afirma que a redução pela contaminação do som pode se dar por cinco maneiras diferentes: pela absorção do som (elimina-se o som), pela desviação (altera-se a direção do som), pela reflexão (o som refletido volta a sua fonte de origem), pela refração (as ondas de som mudam de direção ao redor de um objeto) e por ocultamento (cobre-se o som indesejado com um mais agradável).

SZOKOLAY (1980) afirma ter obtido redução da ordem de 20 (vinte) decibéis com barreiras densas de coníferas. Porém, GREY e DENEKE (1978) apontam que barreiras mistas são mais efetivas na atenuação dos sons do que o plantio de uma só espécie.

Alguns estudos mostram que a eficiência da barreira sonora será tão maior quanto mais próximo estiver a barreira da fonte ruidosa. Assim, propõe-se a criação de uma barreira vegetal entre o terminal e a pista, aproximando-se esta barreira o máximo possível da pista por considerar-se esta como fonte ruidosa. Entretanto, deve-se atentar ao plano de proteção do aeródromo para se analisar até aonde esta barreira pode ser aproximada.

O aspecto que restringirá a aproximação da barreira da pista é a altimetria. Conforme a mesma portaria 1141, existe uma área chamada de Faixa de Pista (retangular) que envolve a pista de pouso e tem, em cada ponto, a altitude do ponto mais próximo situado no eixo da pista ou em seu prolongamento. A restrição em relação à altimetria deste plano é que nada deve protundir essa superfície, exceto auxílios à navegação aérea e outros equipamentos necessários. Como a pista de São José dos Campos possui mais de 1800 metros de comprimento, já contabilizando-se a área de stopway, este retângulo terá largura de 60 (sessenta) metros.

A partir dos limites laterais da Faixa de Pista, estende-se um plano em rampa chamado de Área de Transição. Este plano eleva-se até atingir o desnível de 45 m de altura em relação a elevação do aeródromo. Para o caso da pista de São José dos Campos, a razão de subida será de 1/7. A figura 250 retrata os gabaritos dos planos comentados em seus componentes laterais.

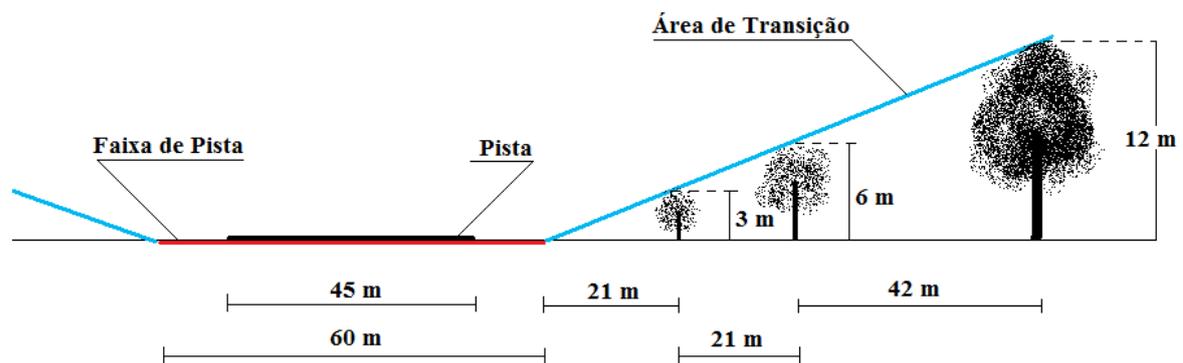


Figura 4.37 - Esquemática das elevações das zonas de proteção altiméticas.

Sendo assim, sugere-se a implementação de uma barreira de acordo com sugestão do professor de arquitetura do Instituto Tecnológico de Aeronáutica, especialista em urbanismo. Esta barreira far-se-á com diversos tipos de vegetação com portes e copas variadas para poder produzir efeitos de absorção, eco e condução do som. Assim, Emmanuel dos Santos sugere a implantação, na sequência, de vegetação de porte arbustivo com até 3,00 m de altura dos tipos hibiscus, acalifa e azaléia, no caso, do hibiscus e da azaléia, além de copas boas têm floração, o que pode conferir um efeito decorativo de embelezamento interessante. Em seguida, o urbanista, sugere árvores de porte médio com até 6,00 m de altura como o Ipê Amarelo, a Julieta e o Alecrim de Campina por terem boa copa, apesar de o Ipê perder as folhas no

inverno, o que é compensado pelas outras duas. Essa árvores tem bom efeito estético, além é claro de o Ipê ser a árvore símbolo de São Paulo. Na sequência admite-se a plantação de Sibipuruna, Ficus benjamina e Magnólia, com alturas de até 12,00 m por possuírem copas grandes, altas e densas.

A disposição destas árvores se restringirá conforme a figura 4.37. Sugere-se a disposição sendo iniciada a cinquenta metros da borda lateral da pista por uma extensão de vinte metros de plantação das árvores de cerca de três metros de altura, seguida da constituição de uma região que se estende por outros vinte metros de árvores um pouco maiores, com cerca de seis metros de altura, finalizando-se por um alto bloqueio de árvores com copas mais densas e elevadas, com cerca de doze metros de altura, por uma extensão de outros vinte metros. As espécies implantadas seguirão orientação sugerida pelo arquiteto Emmanuel. Com isso, cria-se uma barreira partindo-se daquelas espécies de menor porte até as de maior porte num efeito "escada" o que facilita absorver, dissipar e conduzir o ruído. O docente adverte, ainda, para a criação de uma barreira com árvores numerosas em quantidade e densidade como um bosque bem fechado.

Além dessa barreira sonora, pretende-se criar uma barreira física para impedir o trânsito de pessoas não autorizadas entre o lado terrestre e a pista. Para isso, sugere-se a implantação de cerca vivas junto ao início da barreira vegetativa criada, com o plantio de espécies arbustivas, que devido à sua robustez resistirá também a transposição de animais, vindo funcionar como quebra vento e corta fogo impedindo a passagem das queimadas para a faixa de domínio. Segundo o Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT), o Sabiá do Campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Bendl.) e o Ora-pronóbis (*Pereskia aculeata*, Mill) são as espécies vegetais mais apropriadas para atender os requisitos da cerca viva.

Uma segunda vantagem importante que pode ser alcançada com a implantação de uma malha bem estruturada de vegetação é ambiental. Isto porque a vegetação urbana tem importante capacidade de remoção de partículas e gases poluentes da atmosfera. Por isso, sugere-se o plantio de árvores que tenham esse poder de combate de poluentes atmosféricos, principalmente próximo ao pátio de aeronaves em virtude do elevado índice de emissões causadas pelo processo de combustão do querosene de aviação por parte das aeronaves. MASCARÓ (2002) sugere o plantio de árvores da espécie Sibipuruna para tal função.

Entretanto, a utilização de árvores pode apresentar benefícios também no aspecto lumínico e térmico, principalmente quando da escolha por árvores de copas elevadas. Estas árvores produzem um efeito de sombreamento muito interessante em regiões que sofrem grande radiação direta. Com isso, sugere-se a plantação de árvores do tipo Sibipuruna e

Magnólia nas laterais. Já nas fachadas, sugere-se o plantio de árvores de copas mais baixas, como por exemplo, Alecrim e Julieta, para não obstruir totalmente os raios solares que incidirão sobre as fachadas e que serão benéficos em termos de iluminação direta e indireta, conforme exposto anteriormente. A figura 4.38 retrata o agradável aspecto que se busca alcançar com a combinação dos efeitos das persianas e destas árvores sobre a lateral da edificação, gerando condições de bom conforto térmico-lumínico.



Figura 4.38 - Fachada do Lyceé Albert Camus, localizado na cidade francesa de Fréjus.  
Fonte: FOSTER AND PARTNERS

Outro aspecto térmico beneficiado é o da umidificação. Isto ocorre pois, segundo LEVINSON & AKBARI (1999), as árvores possuem a propriedade de esfriamento evaporativo no verão. Este fenômeno de evapo-transpiração, segundo os autores, poderia levar uma árvore de 5 metros de diâmetro reduzir de 1,4 a 2,8 toneladas de refrigeração por dia.

Contudo, a vegetação também pode apresentar outra vantagem na busca do conforto térmico. ROMERO (1988) e OIGYAY (1998) citam que a vegetação que cobre o solo reduz a temperatura, absorvendo parte da insolação, e que as cidades e as superfícies criadas pelo homem tendem a elevar a temperatura, já que a maioria delas são compostas de materiais absorventes de calor. OIGYAY (1998) afirma que o tipo rasteiro, além de absorver a radiação direta incidente, esfria o ar do entorno em função de seu processo de evaporação, o que justifica a presença desta nas imediações do terminal.

GIVONI (1994) utiliza a terra como estratégia de resfriamento interno das edificações. O autor afirma que a presença de terra em cima, ao lado e abaixo do edifício pode servir de forma passiva ou ativa como recurso natural de resfriamento. Isso seria possível, no verão, pois a temperatura da terra está sempre abaixo da temperatura do ar. Para confirmar seu argumento, Givoni se utiliza de um ambiente conforme ilustrado na figura 4.39.

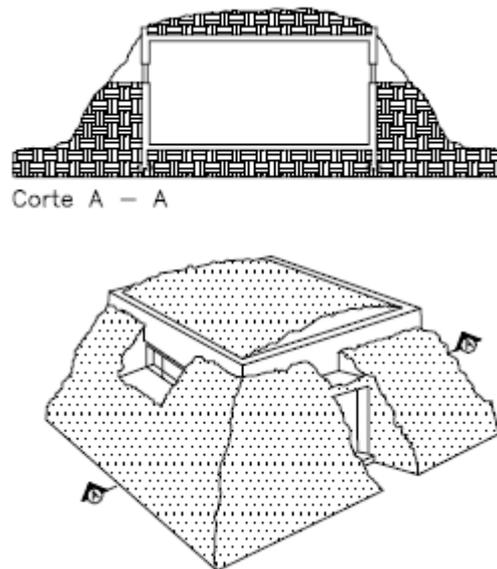


Figura 4.39 - Utilização da terra como sistema de resfriamento passivo direto.  
Fonte: Adaptado de GIVONI (1998) por ANDREASI (2001)

A presença de terra em cima da edificação, embora estranha, é justificada por ANDREASI (2001) que aponta a cobertura das edificações como um dos principais canais de entrada calor por radiação térmica e convecção.

Uma técnica bastante difundida que aproveita a vantagem citada por GIVONI (1998) e ANDREASI (2001) é a utilização dos chamados teto-jardim. Esse tipo de teto foi alvo de estudo de WONG (2003). Em seus estudos, o autor analisou os impactos térmicos, direto e indireto, que essa técnica provoca num ambiente tropical, avaliando a redução de temperatura

da superfície causada por diferentes plantas com diferentes índices de área de folhas. Como era de se esperar os melhores resultados foram obtidos com plantas de mais densa folhagens, embora a presença de apenas uma camada de terra já tivesse reduzido sensivelmente a temperatura observada na laje. WONG (2003) justifica o fenômeno pelo fato de que as plantas refletem e irradiam a radiação solar, minimizando a temperatura radiante, o que foi inferido pelas leituras dos termômetros de globo.

Um fator não relacionado pelo autor, mas de grande importância no projeto em questão é a sobrecarga produzida por esse jardim. Assim, optou-se por um jardim de grama por motivos estruturais e temáticos como será mostrado a posteriori.

O teto-jardim será composto por cinco camadas sobrepostas umas às outras: vegetação, substratos, camada de drenagem – que pode incluir um filtro –, manta impermeabilizante e a estrutura da cobertura, geralmente de concreto. Como proteção termo-mecânica, utilizamos uma camada drenante de argila expandida, para receber um jardim com grama e vegetação apropriada não perfurante.

A grama é uma boa cobertura pois possui tolerância à períodos de estiagem, raízes não muito profundas, propriedades regenerativas, resistência à radiação solar direta, calor, frio, ventos e chuvas fortes, impossibilidade de tornar-se habitat de animais perigosos, melhoram a retenção da água, aumentam a área de substrato sombreada, diminuem a temperatura do ambiente através de evaporação e evapotranspiração, além de protegerem os substratos de chuvas fortes, que podem provocar erosão.

A camada drenante tem o propósito de eliminar o excesso de água, podendo estar combinada com uma camada filtrante. Essa camada filtrante impede a passagem de impurezas do solo, permitindo somente a chegada da água na camada de drenagem, a qual também pode ser equipada com pequenos reservatórios que armazenam parte da água drenada. A água armazenada nessas cavidades sofre evaporação, umidifica e oxigena a lâmina de substratos superiores.

A camada impermeabilizante é importante pois previne danos causados pela infiltração de água na estrutura da cobertura, que nesse caso será feita de bambucreto. É importante, também, que essa manta de impermeabilização seja protegida por uma barreira anti-raízes, que impede que a camada seja utilizada como fonte de nutrientes pelas plantas. Parte da água aqui acumulada será alvo de outra estratégia melhor explicada adiante.

É possível, assim, afirmar que o teto-jardim traz um ganho qualitativo relevante na qualidade ambiental, conservando energia, reduzindo o efeito da formação de ilhas de calor

além de criar uma dinâmica própria. Este teto-jardim servirá como um solário aos usuários do terminal, convertendo-se num espaço único e num passeio alternativo ao jardim do térreo.

A vegetação exercerá outra importante função no projeto. OLGAYAY (1963) aponta uma importante estratégia utilizando-se de vegetação alta como barreira e orientadora de correntes de ar. O princípio compreende o redirecionamento de ventos para aberturas menos ventiladas da edificação reduzindo o efeito de ilhas de calor.

O projeto prevê a ocorrência deste “paredão verde” sendo colinear a fachada menos nobre (lado aéreo) para aproveitar a predominância dos ventos que terão direcionamento da fachada do lado terrestre para a fachada do lado aéreo. Prevê-se o plantio de árvores do tipo Sibipuruna, com copas densas e elevadas e árvores menores com bom aspecto estético, como a azaléia, formando uma barreira de mais de dez metros de altura com ótima floração em sua altura média. Essa vegetação será posicionada em fila prolongando o alinhamento da fachada que sofre subpressões, permitindo uma melhor circulação do ar nas extremidades da edificação. Tal mecanismo pode ser observado pela observação da figura 4.40.

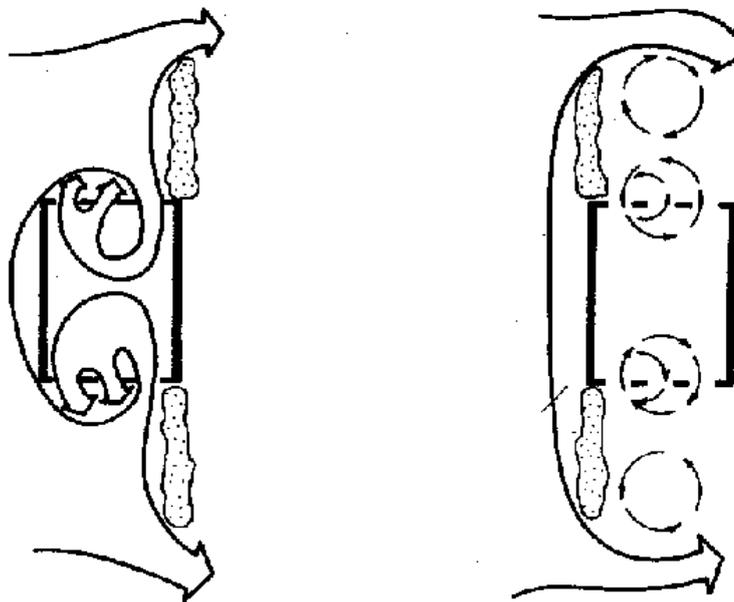


Figura 4.40 - Exemplos favoráveis a ventilação proporcionados pela vegetação. Fonte: OLGAYAY (1963).

Fonte: FROTA & SCHIFFER (2007)

A configuração vegetativa resultante das medidas tomadas pode ser observada no esquema da figura 4.41 do sítio aeroportuário.



Figura 4.41 - Croqui com o posicionamento da vegetação sugerido.  
Fonte: Adaptado de Google

#### 4.9 Diretrizes de captação / racionalização / reuso da água

O projeto prevê também um simples sistema que visa a reduzir o consumo de um dos mais importantes recursos naturais, a água. Esse sistema capturaré águas pluviais retidas após alcançarem a camada drenante do teto-jardim. Para isso propõe-se uma leve inclinação transversal e longitudinal do telhado, fazendo á água escorrer do teto-jardim para as calhas longitudinais instaladas junto a borda externa do telhado, e delas para tubulações verticais que conduzam esta água para cisternas, sendo posteriormente bombeada para um reservatório superior.

Vale ressaltar, entretanto, que deve-se descartar os sólidos indesejáveis e fazer o desvio da água das primeiras chuvas. Recomenda-se o descarte da água das primeiras chuvas devido à concentração de poluentes tóxicos na atmosfera (ou melhor, da troposfera) de áreas urbanas como o Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e o Óxido de Nitrogênio (NO), além da poeira e da fuligem acumulada nas superfícies de coberturas e calhas. Deve-se considerar que mesmo em

períodos de chuvas prolongadas, uma vez cheio o reservatório, todo o restante da chuva não será coletado, restringindo a capacidade de coleta ao tamanho do reservatório.

Para calcular a quantidade de água que se pode coletar, VALLE (1981) considera ser necessário primeiro pesquisar o volume de chuva anual na região desejada, sendo que este valor deve representar a média dos três anos consecutivos de menos chuva, de forma que não se sobreestime a quantidade de água que se pode coletar. Em casos onde estas informações não estejam disponíveis, o autor sugere utilizar nos cálculos  $2/3$  das precipitações médias anuais.

VALLE (1981) sugere que a quantidade de chuva coletada em litros será igual à noventa por cento da superfície da cobertura multiplicada pela pluviosidade média, sendo que se entende por 'superfície' a área de cobertura quando esta é plana ou então a sua projeção em planta, quando inclinada. Os demais dez porcentos são considerados como perdas devido a possíveis transbordamentos em chuvas intensas. Quando se pretende coletar toda a água da chuva, se faz necessária a utilização de um reservatório que tenha tamanho suficiente para armazenar no mínimo 25% da chuva anual estimada, e um ladrão para garantir que não ocorram transbordos indesejados.

A água captada é destinada ao abastecimento de pontos voltados a atividades não potáveis, devido ao risco de contaminação da água coletada. Esses pontos são os seguintes: descarga do vaso sanitário, lavagem de aviões e máquinas, torneiras externas (lavagem de pisos e ambientes), dentre outros possíveis usos.

Além disso, prevê-se a possibilidade do reuso de águas utilizadas em atividades que gerem pouca degradação às mesmas em outras atividades de uso menos nobre, reduzindo o consumo de água.

Entretanto, CROOK (1993) alerta sobre os riscos de tubercularização, a corrosão e entupimentos devidos à proliferação biótica quando utiliza-se o reuso da água. Para isso, Crook sugere algumas soluções para problemas específicos, como: a clarificação com cal ou precipitação com sulfato de alumínio para remoção de nutrientes; a troca tônica, que é eficaz na remoção da dureza da água; a adição de ácido sulfúrico, que pode ser usados para o controle do pH e da alcalinidade, dos polifosfatos, para controle da corrosão, dos fosfanatos ou dos fosfatos de cálcio para a desestabilização, dos poliacrilatos para a dispersão de sólidos em suspensão, do cloro para controle biológico, além de agentes antiespumantes para a dispersão das espumas causadas pelos fosfatos e por alguns compostos orgânicos.

É previsto também a racionalização do uso da água através de instalações hidráulicas que utilizam dispositivos economizadores como: bacias sanitárias com caixa acoplada, torneiras com arrejadores e metais dos lavatórios monocomando;

## 5 A liberdade da forma e o tema

Partindo para um lado mais arquitetônico, libertando-se das formas retilíneas e cartesianas propostas para a edificação, buscou-se uma concepção de um restaurante em moldes mais modernos, aproveitando uma área mais agradável da edificação que foi o solário criado no terraço com a criação do chamado teto-jardim.

Imaginou-se um restaurante com vista panorâmica, acima da edificação com vista para o belo solário criado, parafraseando o belo restaurante alçado, localizado na Alexander Platz, na Alemanha.

Unindo-se a proposta da belavista com o tema indicado no primeiro capítulo (realização da Copa Mundial de Futebol de 2014), foi proposto um projeto de um grande esfera, tendo sua superfície formada por pentágonos vítreos transparentes e hexágonos vítreos de aspecto fumê – poliedro de Da Vinci – imitando uma bola de futebol do meio do século passado, localizada sobre o solário gramado. Propôs-se esta forma esférica com um raio de 8 (oito) metros, e altura total de 16 (dezesseis) metros, gerando dois pavimentos de cerca de 150 (cento e cinquenta) metros quadrados cada. A visualização externa da edificação pode ser vista na figura 5.1.

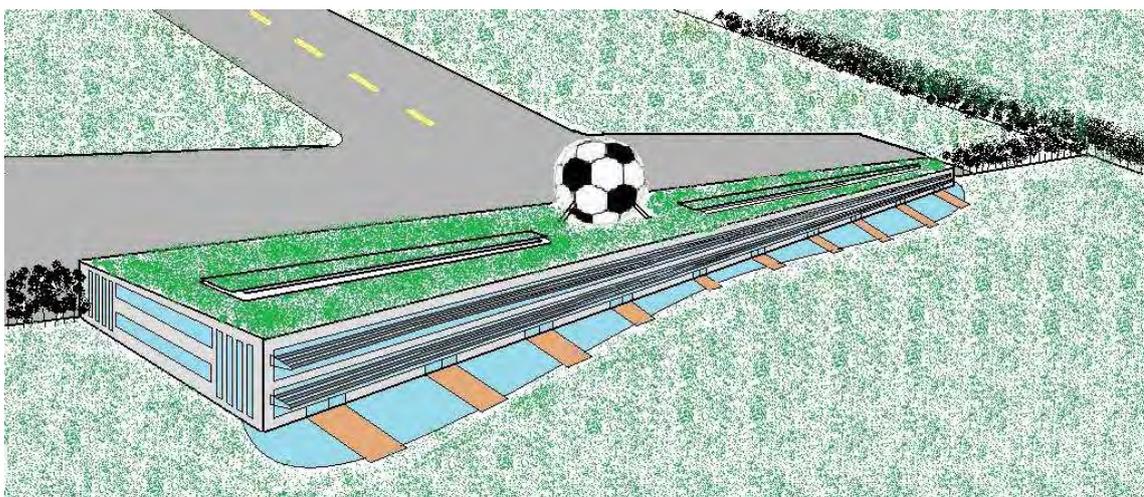


Figura 5.1 - Visualização externa do terminal de passageiros.

## **6 Dificuldades encontradas e conclusões**

Houve grandes dificuldades no estudo de projeção de demanda do aeroporto de São José dos Campos. Uma das principais dificuldades encontradas durante a realização deste estudo foi a dificuldade de se encontrar estudos anteriores sobre o mesmo tema. O único material divulgado encontrado foi o estudo de tendência de evolução do mercado aéreo, realizados em 2005 pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) e intitulados como “Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros”, e que serviu como base direta na obtenção do fluxo doméstico, e de base indireta no fluxo internacional.

Assim, o estudo de demanda foi feito com base no estudo ANAC. Entretanto, este estudo baseia-se apenas em moldes matemáticos e estatísticos que tem por metodologia as regressões numéricas, sendo que a variação de qualquer parâmetro endógeno, ou mesmo exógeno a cidade de São José dos Campos não interferira sobre qualquer aspecto do modelo adotado.

Optou-se pela utilização de materiais de baixíssimo impacto ambiental na construção do terminal aeroportuário de São José dos Campos, além de materiais compostos de outros materiais que eram considerados como lixo de difícil descarte. Esses materiais, além do mais, possuem baixo valor financeiro e propriedades físico-mecânicas muito boas, adaptando-se muito bem a realidade brasileira.

Foi feito um estudo detalhado de diretrizes de adaptações climáticas e lumínicas no terminal, também consistente com a realidade econômica de São José dos Campos, provendo o mesmo com dispositivos e estratégias simples que amplificam o conforto térmico e lumínico, minimizando a utilização de aparelhos termo-mecânicos no intuito de dotar o terminal de condições agradáveis de utilização.

Vale lembrar que o estudo térmico não teve como intuito o resfriamento da edificação, mas somente adequar a edificação às condições mínimas de ventilação, tornando o ambiente arejado. Em relação a iluminação natural, pôde-se verificar que foi buscado o fornecimento agradável de radiação indireta ao ambiente interno, sem, entretanto, haver a preocupação de atendimento total das necessidades lumínicas dos recintos pela iluminação natural, conforme sugerido pelas recomendações com iluminação complementar artificial.

Já em relação a seleção de cores, com preferência pelas colorações claras, há a utilização de uma coloração verde (gramado do soláriode teto-jardim), haja vista a preocupação com o condicionamento térmico da edificação, proporcionado pela terra.

Assim, atingiu-se o objetivo de municiar o terminal de diversas técnicas de sustentabilidade dentro do estudo de caso proposto, de maneira equalizada, abrindo caminho para que novos estudos sejam feitos dentro desta mesma área que não é devidamente explorada pelos cursos tradicionais de engenharia civil que pouca atenção dão às questões ambientais da construção.

## 7 Referências

ACIOLI, J. De L. (1994) – Física Básica para arquitetura. Brasília. Editora UNB.

AIRBUS – Aircraft Families – Disponível em: < <http://www.airbus.com/en/aircraftfamilies/>>. Acessado em: 5 abr. 2008.

ALVES; C.J.P. (2008) – Capacidade do lado aéreo. Disponível em: < [www.ita.br/~claudioj/cappis.pdf](http://www.ita.br/~claudioj/cappis.pdf) >. Acessado em: 20 ago. 2008.

ALVES; C.J.P. (2006) – Dimensionamento de envelopes para posições de parada de aeronaves. Notas de aula.

ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) - Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros – Disponível em: <[www.anac.gov.br/arquivos/pdf/demandaDetalhadaVolIII2005.pdf](http://www.anac.gov.br/arquivos/pdf/demandaDetalhadaVolIII2005.pdf)>. Acessado em: 15 abr. 2008.

ANDRADE, L. L.; SOUZA, L.H.; SAKURAGI, J.; CASTRO, R. M. (2007) - Estudo de ilhas de calor na cidade de São José dos Campos utilizando o canal infravermelho termal do Landsat-5 e o aerotransportado HSS - Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE.

ANDREASI, W.A .(2001) – Avaliação do impacto de estratégias bioclimáticas na temperatura interna de edificações no Passo do Lontra, Pantanal do Estado do Mato Grosso do Sul. Florianópolis, UFSC, CTC, ECV.

ANINK, D.; BOONSTRA; C.; MAK, J. (1996) - Handbook of Sustainable Building. Londres.

BARBOSA, N.P.; SOUZA, S.M.; MATTONE, R. (1996) - Um método construtivo de casas populares com tijolos prensados de terra crua estabilizados com cimento. IV Congresso Brasileiro de Cimento, ABCP. São Paulo, vol.3.

BARBOSA, N.P.; MATTONE, R.; MESBAH, A. – Blocos de concreto de terra: Uma opção interessante para a sustentabilidade da construção.

BERALDO, A.L. (1987) - Bambucreto - o uso do bambu como reforço do concreto. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Jundiaí. Anais... Jundiaí, SP: SBEA, v.2.

BOEING – Commercial Airplanes – Disponível em: < <http://www.boeing.com/commercial/>>. Acessado em: 5 ago. 2008.

CABALLERO, I (2008) - Criterios de Bioconstrucción. Asociación de Estudios Geobiológicos, Espanha. Disponível em: <[http://www.gea-es.org/bioconstruccion/criterios\\_biocons.html](http://www.gea-es.org/bioconstruccion/criterios_biocons.html)>. Acessado em: 11 set. 2001.

CHAMBERLAIN, Z. (2008) – Ação dos Ventos em edificações. Tese de mestrado. Disponível em: < [http://usuarios.upf.br/~zacarias/acoes\\_vento.pdf](http://usuarios.upf.br/~zacarias/acoes_vento.pdf)>. Acessado em: 20 out. 2008.

CROOK, J. (1993) - Critérios de Qualidade da Água para Reuso. Revista DAE 174.

CULZONI, R.A.M. (1985) - Características dos bambus e sua utilização como material alternativo no concreto. Dissertação Mestrado. Rio de Janeiro: PUC.

CZARNIESKI, C.J. (2004) - Avaliação da aderência bambu-concreto. In: Jornadas Sud-Americanas de Ingeniería Estructural, Anais.... Mendoza.

DETHIER, J. (1993) - Arquitecturas de Terra - Fundação Calouste Gulbenkian.

DNIT (Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes). Disponível em: < [www.dnit.gov.br](http://www.dnit.gov.br)>. Acessado em: 1 nov. 2008.

EMBRAER (Empresa Brasileira de Aeronáutica) – Aeronaves comerciais – Disponível em: < <http://www.embraer.com.br/portugues/content/aeronaves/> >. Acessado em: 12 jun. 2008.

FAA (Federal Aviation Administration) – FAA Regulations – Disponível em: <[http://www.faa.gov/regulations\\_policies/faa\\_regulations/](http://www.faa.gov/regulations_policies/faa_regulations/)>. Acessado em: 09 jun. 2008.

FERRÃO, A.M.; FREIRE, W.J.(1995) - Aderência entre bambu e concreto: teste de arrancamento com taliscas de *Bambusa tuldoides*. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: EBRAMEM, v.2.

FIALHO, E.G.; DA SILVA, A.L.P.; TONHOLO, J. (2008) - Desenvolvimento da Cadeia Produtiva do Bambu: Uma Oportunidade Para Empreender – XI Seminário Latino-Iberoamericano de Gestão Tecnológica. Disponível em: < <http://www.redetec.org.br/publique/media/cadeia%20produtiva%20de%20bambu.pdf> >. Acessado em: 15 set. 2008.

FOSTER AND PARTNERS (2008) - Lyceé Albert Camus, Fréjus, França. Disponível em: <[www.fosterandpartners.com](http://www.fosterandpartners.com)>. Acessado em: 4 nov. 2008.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R.(2007) – Manual do Conforto Térmico, 8ª. edição. São Paulo. Stúdio nobel.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R.(1999) – Manual do Conforto Térmico, 3ª. edição. São Paulo. Stúdio nobel.

GHAVAMI, K. (2003) - First Inter American Conference on non-Conventional Materials and Technologies in the Eco-Consturction and Infrastructure, João Pessoa -IAC-NOCMAT.

GHAVAMI, K; HOMBECK, R.V.(1981) - Mechanical properties and water-repellent treatment of bamboo. In: Latin American Symposium Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing. São Paulo.

GOOGLE – Mapas de satélites. Disponível em: < [www.googlemaps.com](http://www.googlemaps.com)>. Acessado em: 10 out. 2008.

GRANJA, A. D.; LABAKI, L.C. (2003) - Influence of external surface colour on the periodic heat flow through a flat solid roof with variable thermal resistance. International Journal of Energy Research. V.27.

GRAZIANO JR, S. (2008) – Iluminação Natural. Por que é tão importante?. Disponível em: <[www.sig.arq.br](http://www.sig.arq.br)>. Acessado em: 1 nov. 2009.

GREY, G.M. ;DENEKE, F.J.(1978) – Urban Forestry. New York. John Wiley e sons.

INFRAERO - Aeroporto de São José dos Campos - Professor Urbano Ernesto Stumpf – Disponível em: < [http://www.infraero.gov.br/aero\\_prev\\_home.php?ai=78](http://www.infraero.gov.br/aero_prev_home.php?ai=78) >. Acessado em: 25 abr. 2008.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) – Disponível em: < [www.inpe.br](http://www.inpe.br) >. Acessado em: 22 set.2008.

JOHN, V. M. (2000) - Reciclagem de Resíduos na Construção Civil – Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) Escola Politécnica - USP. São Paulo.

KUHN, E. A. (2006) - Avaliação Ambiental do Protótipo de Habitação de Interesse Social Alvorada. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LAMBERTS R.; TRIANA M.A. (2007) - Tecnologias para Construção Habitacional mais Sustentável: Estado da Arte Projeto Arte. Disponível em: < [www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br) >. Acessado em: 25 out. 2008.

LEM (Laboratório de Estruturas e Materiais do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio). – Ensaios estruturais de amostras de bambu. Disponível em: < [www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br](http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br) >. Acessado em: 23 set. 2008.

LEVINSON, R.; AKBARI, H. (1999) – Measurement of Evapotranspiration rate of a tree. Los Angeles: Laurence Berkeley national Laboratory

LIMA JR., H.C.; WILLRICH, F.L.; FABRO, G. (2005) - Vigas de concreto reforçadas com bambu *Dendrocalamus giganteus*. - Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.9 no.4. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000400032&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000400032&script=sci_arttext)>. Acessado em: 18 set. 2008.

LIMA JR., H.C.; DALCANALI, P.R.; WILLRICH, F.L.; BARBOSA, N.P. (2000) - Características mecânicas do bambu *Dendrocalamus giganteus*: análise teórica e experimental.

LIMA JR., H.C.; XAVIER A.C.; BARBOSA, N.P.; TOLEDO FILHO, R.D. (1994) - Vigas de concreto reforçadas com bambu. In: Congresso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora, 1, 1994, Anais... Juiz de Fora, v.1.

LONDONO, X. (1999) - Evaluation of Bamboo Resources in Latin America. A Summary of the Final Report of Project N 96-8300-01-4 – International Network for Bamboo and Rattan.

LOPEZ, H.O. (1974) - Bambú: su cultivo y aplicaciones en: Fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía. Cali: SNT. Boletín Técnico

LOURENÇO, P. (2008) Arquitetura de terra: uma visão de futuro. Disponível em: < <http://www.planetaCAD.com> > - Acessado em: 19 set. 2008.

MAEBAYASHI, A. K.; GUSMÃO FILHO F. B. (1991) - Projeto da Pista Auxiliar do Aeroporto de São José dos Campos – Trabalho de Graduação em engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP.

MASCARÓ, L.E. e J.L (2002) – Vegetação Urbana. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

MEDEIROS, A. G. (2004) – Um método para dimensionamento de terminais de passageiros em aeroportos brasileiros. Tese de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Infra-Estrutura Aeronáutica e pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP.

MÜLFARTH, R.C.K. (2005). – Rumo a um futuro mais sustentável: Arquitetura de Baixo Impacto Humano e Ambiental. Disponível em: <  
<http://www.universia.com.br/materia/materia.jsp?id=6214> >. Acessado em: 25 ago. 2008.

MÜLLER, C. (2007) – Análise de Cenários Operacionais – Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos – AISP/GRU. In: IV Vale Expo Business 2007.

OLGYAY, V. (1998) – Arquitectura y clima. Editorial Gustavo Gili S.A.  
Barcelona.

OLGYAY, V.(1963) – Design with climate. New Jersey, Princeton University.

PINHEIRO, J.C; SOARES, R. N.; SILVA, A. C. (2008) - Tijolos de terra crua estabilizados com fibras de coco verde: alternativa para habitação de interesse social – XLVI Congresso da sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural.

ROMERO, M.A.B.(1988) – Princípios bioclimáticos para o desenho urbano. São Paulo, Projeto Editores Associados Ltda.

ROSA, S.P.A.P. (2002). Análise teórica e experimental de colunas de concreto armado com bambu. Dissertação Mestrado. Rio de Janeiro: PUC.

SCOFIELD, G.B.; SANTOS, C.C.; JORGE, N.J.F & MARTINS,P.P.M. – Caracterização do clima da cidade de São José dos Campos.

SEBRAE – Confecção de blocos de cimento do tipo mattone. Disponível em: <  
[www.biblioteca.sebrae.com.br](http://www.biblioteca.sebrae.com.br)>.Acessado em: 28 out. 2008.

SENHORAS, E.M. (2003) - Estratégias de uma agenda para a cadeia agroindustrial do coco: transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco-eficientes. Monografia de conclusão de curso (Graduação em Economia).Instituto de Economia.UNICAMP, Campinas.

SOARES, R. N.; SILVA, A. C. (2006) - Análise da característica mecânica de tijolos de adobe produzidos com fibra de coco: uma alternativa para redução de resíduos sólidos. VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fortaleza.

SZOLKOLAY, S.V. (1980) – Environmental Science Handbook. Leicester. The Constuction Press.

TOLEDO, E. (1999) –Ventilação natural das habitações, Edufal.

TOLEDO, E. (1967) –Ventilação natural dos edificios. Lisboa, Laboratório nacional de Engenharia Civil.

UMEZAWA, H. A. (2002) - Uso do Potencial do Bambu para o Desenvolvimento Local Sustentável: Estudo de Caso da Colônia Parque Verde, Município de Fazenda Rio Grande – PR. Tese de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba.

VASCONCELLOS, R. M. (2008) - Info Bambu – plantio e morfologia. Disponível em: < <http://www.bambubrasileiro.com/info/plantio/5.html>. > Acessado em 19 set. 2008.

VALLE, B. e R. (1981) - La Casa Auto Sificiente. Capítulo 9: Recogida del água de lluvia. (1 ed.) Espanha: H. Blume Ediciones.

VELEZ, S. (2001) - Grow your own house – Simon Velez and Bamboo Architecture. Vitra Design Museum / ZERI / C.I.R.E.C.A.

## FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

<sup>1.</sup> CLASSIFICAÇÃO/TIPO  <p style="text-align: center;"><b>TC</b></p>	<sup>2.</sup> DATA  <p style="text-align: center;">19 de novembro de 2008</p>	<sup>3.</sup> REGISTRO N°  <p style="text-align: center;">CTA/ITA/TC-085/2008</p>	<sup>4.</sup> N° DE PÁGINAS  <p style="text-align: center;">105</p>				
<sup>5.</sup> TÍTULO E SUBTÍTULO:  Diretrizes para projeto sustentável do novo terminal aeroportuário de São José dos Campos							
<sup>6.</sup> AUTOR(ES):  <b>José Carlos dos Santos Valente Júnior</b>							
<sup>7.</sup> INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES):  Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA							
<sup>8.</sup> PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR:  Sustentabilidade; terminal; aeroporto; São José dos Campos;							
<sup>9.</sup> PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO:  Planejamento de aeroportos; Terminais de passageiros; Desenvolvimento sustentável; São José dos Campos; Construção civil; Engenharia civil; Transportes							
<sup>10.</sup> APRESENTAÇÃO: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%;"></td> <td style="text-align: center;"><b>X Nacional</b></td> <td style="text-align: center;"><b>Internacional</b></td> </tr> </table> ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil Aeronáutica. Orientador: Emmanuel Antônio dos Santos; co-orientador: Wilson Cabral de Sousa Jún. Publicado em 2008.					<b>X Nacional</b>	<b>Internacional</b>	
	<b>X Nacional</b>	<b>Internacional</b>					
<sup>11.</sup> RESUMO:  <p>                     Cresce continuamente a preocupação da sociedade e das autoridades com a preservação do ambiente. Disposto a progredir nesses aspectos, o Brasil participa de muitos encontros internacionais que tem este assunto como tema de debate, tendo, durante a Conferência Sustainable Building 2000, formalizado sua integração ao projeto Green Building Challenge. Todavia, o setor privado e público de construção civil brasileiro, responsável por grande parte do consumo e transformação desses recursos naturais, sinaliza uma grande carência de materiais de orientação sobre aspectos ambientais e de sustentabilidade, em todas as etapas do ciclo de vida da edificação, principalmente na fase de projeto. Assim, a presente obra vislumbra traçar diretrizes para a sustentabilidade em edifícios, através de um estudo de caso de um novo terminal aeroportuário de passageiros para o aeroporto Professor Urbano Ernesto Stumpf, localizado em São José dos Campos, São Paulo, utilizando-se de algumas tecnologias eficientes e de baixo custo, baseadas em metodologias já consagradas. Para isso, projetou-se esta nova edificação já adaptada às mais novas condições de demanda, resultado do processo recente de aumento do fluxo do tráfego aéreo brasileiro, responsável pelas recentes crises no setor.                 </p>							
<sup>12.</sup> GRAU DE SIGILO:  <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 25%;"><b>(X) OSTENSIVO</b></td> <td style="width: 25%;"><b>( ) RESERVADO</b></td> <td style="width: 25%;"><b>( ) CONFIDENCIAL</b></td> <td style="width: 25%;"><b>( ) SECRETO</b></td> </tr> </table>				<b>(X) OSTENSIVO</b>	<b>( ) RESERVADO</b>	<b>( ) CONFIDENCIAL</b>	<b>( ) SECRETO</b>
<b>(X) OSTENSIVO</b>	<b>( ) RESERVADO</b>	<b>( ) CONFIDENCIAL</b>	<b>( ) SECRETO</b>				