



## **ANÁLISE DO USO DAS ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS NO CLIMA QUENTE E ÚMIDO: O CASO DO TERMINAL RODOVIÁRIO DE MACEIÓ/AL**

**Fernando Antonio de Melo Sá Cavalcanti (1); Leonardo Salazar Bittencourt (1)**

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas – e-mail:  
[fernandoantonio@ctec.ufal.br](mailto:fernandoantonio@ctec.ufal.br) , [lsb@ctec.ufal.br](mailto:lsb@ctec.ufal.br)

### **RESUMO**

A inadequação do edifício ao clima local pode proporcionar sensações de desconforto térmico em seus usuários, ocasionando a diminuição do rendimento das atividades executadas em seu interior, além do desperdício de energia (GIVONI, 1991). O Terminal Rodoviário de Maceió foi projetado a partir deste princípio. Este trabalho pretende-se então analisar os resultados obtidos a partir das estratégias de projeto para proteção solar desta edificação, a partir da análise das máscaras de sombra, bem como para ventilação natural, através de simulações computacionais, utilizando o software Phoenics 3.6.1. Os resultados apontam para uma edificação que promove as trocas térmicas necessárias para o conforto térmico, bem como promovendo o máximo de sombra possível, mostrando assim a importância de considerar as estratégias bioclimáticas para cada clima como um condicionante de projeto arquitetônico.

Palavras-chave: Proteção Solar, Ventilação Natural, Arquitetura Bioclimática

### **ABSTRACT**

The not adaptation of the building to the climate of the region can provide to sensations of thermal discomfort in its users, causing the reduction of the income of the activities executed in its interior, beyond the waste of energy (GIVONI, 1991). The Bus Station of Maceió was projected from this principle. This paper intended then to analyze the results gotten from the strategies of project for solar protection of this construction, from the analysis of the shade masks, as well as for natural ventilation, through computational simulations, using software Phoenics 3.6.1. The results point with respect to a construction that promotes the necessary thermal exchanges for the thermal comfort, as well as promoting the maximum of shade, thus showing the importance to consider the bioclimatics strategies for each climate as a beginning of project architectural.

Keywords: Solar protection, natural ventilation, Bioclimatic Architecture

## **1 INTRODUÇÃO**

A população brasileira foi surpreendida no ano de 2001 com a notícia do “apagão”. Fato jamais visto no País. A crise energética brasileira de 2001 intensificou a preocupação com o tema e difundiu sua relevância na sociedade, que demonstrou um grande potencial de conservação, no período em que foi implantado um plano de racionamento. O alerta demonstrou ainda, a falta de planejamento no setor (BARROS FILHO, 2005).

O futuro de qualquer país, desenvolvido ou em desenvolvimento, depende de sua disponibilidade energética e de seus recursos naturais, bases de qualquer processo de crescimento (FERREIRA, 2004). Essas fontes energéticas e esses ativos naturais devem ser produzidos, consumidos e ter um destino final baseados em princípios ecologicamente corretos, sem prejuízo humano ou ambiental (PEIXOTO, 2005).

Atualmente há uma crescente discussão sobre o aquecimento global e mudanças climáticas que vêm preocupando a população mundial. É notável que o meio ambiente esteja cada dia mais deteriorado pelas ações do homem e isto afeta diretamente o seu conforto e sua saúde. O homem passou a ter consciência, um tanto que forçadamente, da importância do ecossistema para sua vida.

A arquitetura não pode estar separada desta problemática ambiental, à medida que mais de 90% da vida do homem, ele passa no interior dos espaços, quaisquer que sejam. É de vital importância para os indivíduos contar com qualidades ambientais nestes espaços de modo a permitir que sejam realizadas todas as atividades de forma saudável e confortável, para isto, os espaços precisam ser desenhados em função do meio ambiente, garantindo aos usuários condições de conforto que satisfaçam as necessidades psicofisiológicas (FREIXANET, 2004).

A incorporação dos princípios bioclimáticos ao processo de projeto desde sua concepção permite a implantação de sistemas passivos, procurando exaurir todas as possibilidades que esses sistemas oferecem. Os sistemas passivos de resfriamento, segundo GIVONI (1994), consistem em técnicas simples para a diminuição da temperatura interna através do uso de fontes de energia naturais.

A implementação de uma arquitetura baseada na adaptação climática local, enquanto célula da cidade, cumprirá triplo papel para a mudança do atual paradigma de desenvolvimento. Ou seja, reduzirá o consumo energético e rejeitos produzidos pelas edificações a partir do aproveitamento do potencial climático e reutilização de dejetos; contribuirá para mudança de mentalidade dos planejadores destes espaços, assim como, dos habitantes, que se beneficiarão social, ecológica e economicamente das soluções propostas por este novo paradigma (SATTLER, 2001).

Sabe-se que em regiões de clima quente e úmido, como é o caso da cidade de Maceió, a temperatura do ar raramente ultrapassa a do corpo, apresentando pequenas variações diárias e sazonais, e que o nível de umidade do ar é bastante elevado, sendo a ventilação natural, associada com a proteção solar as estratégias principais para obtenção de conforto por meios passivos, reduzindo assim a necessidade de uso de meios artificiais para refrigeração ou aquecimento do ambiente (GOULART et al, 1997).

Deve-se prever elementos de fechamento leves, porém com elementos isolantes nos vedos, para impedir que grande parte do calor da radiação solar recebida pelos vedos atravesse a construção e gere calor interno em demasia. A cobertura deve seguir o mesmo tratamento dos vedos. A vegetação não deve impedir a passagem dos ventos, de modo a produzirem sombra, sem impedir a circulação do ar. No que se refere ao arranjo das edificações nos lotes urbanos, elas devem estar dispostas de modo a permitir que a ventilação atinja todos os edifícios e possibilite a ventilação cruzada nos seus interiores (FROTA & SCHIFFER, 2001).

O Terminal Rodoviário Papa João Paulo II, foi projetado no ano de 1980, e sua inauguração se deu em 1982. É o maior do Estado de Alagoas e quando foi construído não foi bem aceito pela população, que o considerava muito longe do Centro (são apenas três quilômetros). Hoje o movimento é intenso. Mais de 250 ônibus circulam diariamente pelo terminal com centenas de passageiros que partem ou chegam tanto de municípios do interior do Estado e de outras capitais e interiores de outros estados.

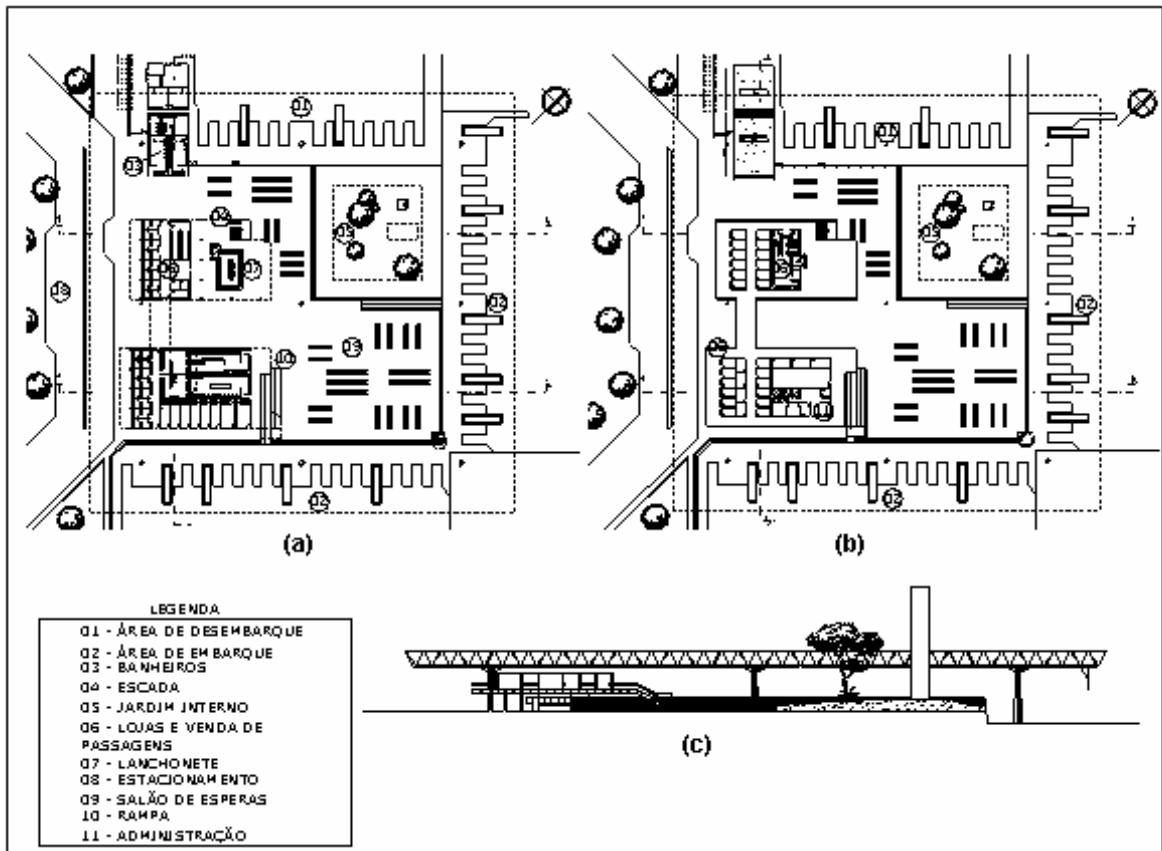


Figura 1: O Terminal Rodoviário de Maceió (a) Planta Baixa do Pavimento Térreo, (b) Planta Baixa do Mezanino e (c) Corte esquemático  
FONTE: CAVALCANTI, 2007

Procurou-se adaptar o edifício à topografia do local, liberando visão e promovendo maior fluidez na passagem dos usuários desta edificação. Projetado de acordo com os princípios de funcionalidade, formas simples, economia e rapidez na construção, bem como adequação às características do clima de Maceió, aproveitando a ventilação do Vale do Salgadinho. Procurou-se evitar a entrada de chuvas de vento, ao mesmo tempo em que protegia contra a penetração dos raios solares com seus painéis de fibra de vidro como anteparo e um amplo beiral de 12,90m (MELO et al, 2005) (Figura 2).

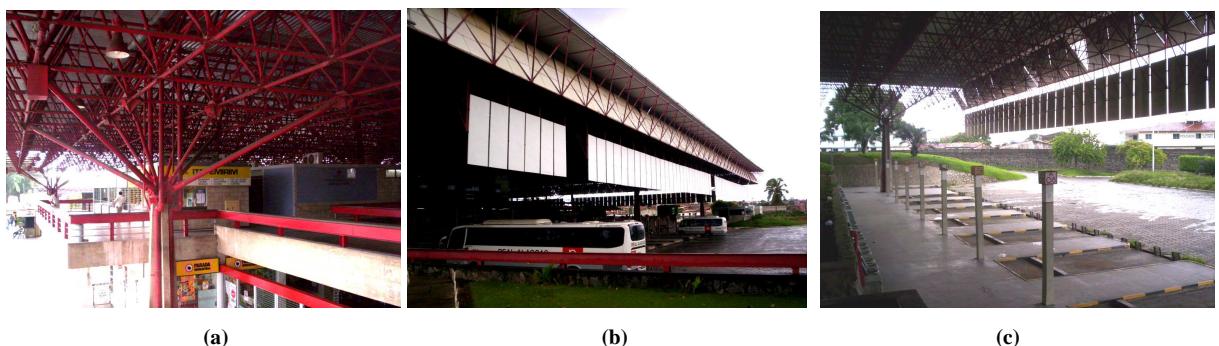


Figura 2: Terminal Rodoviário de Maceió (a) Estrutura diferenciada ofereceu economia e rapidez na execução (b e c) painéis de fibra de vidro e amplos beirais para satisfazer as necessidades do clima quente e úmido

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar o resultado obtido a partir das estratégias de projeto utilizadas pelos arquitetos para proteção solar e ventilação natural nesta edificação, fornecendo subsídio para auxiliar em intervenções futuras nesta área.

### 3 METODOLOGIA

Para a realização desta análise no Terminal Rodoviário de Maceió, foram realizados os seguintes procedimentos:

Inicialmente, desenvolveram-se estudos por meio das cartas solares adequadas para a latitude onde o edifício está inserido, com intuito de avaliar os horários de insolação para cada fachada durante todo o ano. A partir desta análise, foram elaborados os traçados das máscaras de sombra para cada orientação, promovendo assim melhor entendimento do efeito das obstruções externas e das estratégias usadas no projeto para a proteção solar do edifício em estudo.

Foram realizadas simulações da ventilação natural em modelos computacionais utilizando o software PHOENICS 3.6.1, com ventos provenientes do quadrante Sudeste, que são os ventos predominantes na cidade de Maceió. Foram construídos modelos tridimensionais referentes à edificação em estudo, sendo cada bloco de serviços e o bloco dos banheiros dispostos em unidades fechadas. Ou seja, a simulação teórica apresentou resultados simplificados devido à complexidade dos modelos tridimensionais caso fossem construídos a partir da consideração de todas as aberturas existentes no Terminal Rodoviário de Maceió. Isto acarretaria em simulações de durações muito extensas, além de aumentar os riscos de erros na construção e simulação dos modelos, o que poderia dificultar o encaminhamento deste trabalho.

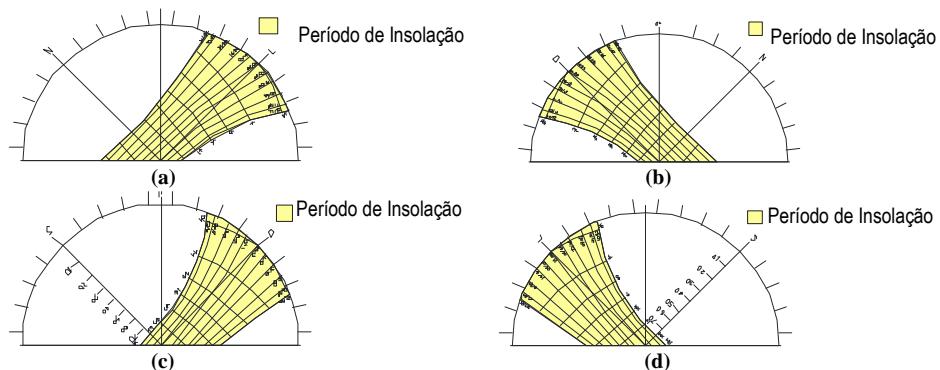
A velocidade do vento externa adotada foi de 1,20m/s na altura de 1,00m, buscando-se reproduzir as condições do entorno na diminuição da ventilação disponível. Ao valor da velocidade média do vento em Maceió (3m/s) foram aplicados coeficientes de correção (BRE, 1981), obtendo-se a velocidade de 1,15m/s. Nas simulações este valor será arredondado para 1,20 m/s.

Para finalizar, foram discutidos estes resultados com o propósito de contribuir para estabelecer diretrizes para futuros arquitetos e projetistas que venham a interferir nesta área, de modo que se proponham a desenvolver uma arquitetura menos agressiva ao meio ambiente.

### 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

#### 4.1 Proteção Solar

O Terminal Rodoviário de Maceió possui suas fachadas voltadas para os pontos colaterais da Rosa dos Ventos (Nordeste, Noroeste, Sudoeste e Sudeste). Todas as orientações recebem insolação durante o ano inteiro. A Orientação Nordeste recebe sol principalmente no período da manhã, a Orientação Noroeste, recebe sol no período da tarde e entre o período de 28 de agosto a 23 de fevereiro pode receber os raios solares no final da manhã, a orientação Sudoeste, está exposta aos raios solares no período da tarde durante o ano inteiro e no período do final da manhã entre os dias 23 de fevereiro e 28 de agosto, esta fachada também recebe incidência da insolação. Já a Orientação Sudeste sofre incidência dos raios solares no período da manhã durante o ano inteiro e no período do início da tarde entre os dias 23 de fevereiro e 28 de agosto (Figura 3).

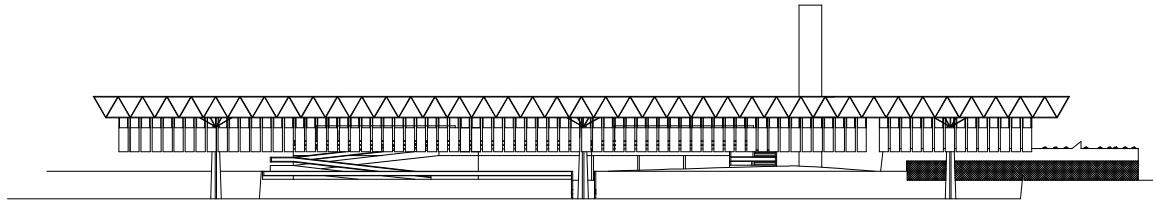


**Figura 3:** Carta Solar com o período de insolação para as orientações (a) nordeste, (b) Noroeste, (c) Sudoeste e (d) Sudeste na cidade de Maceió

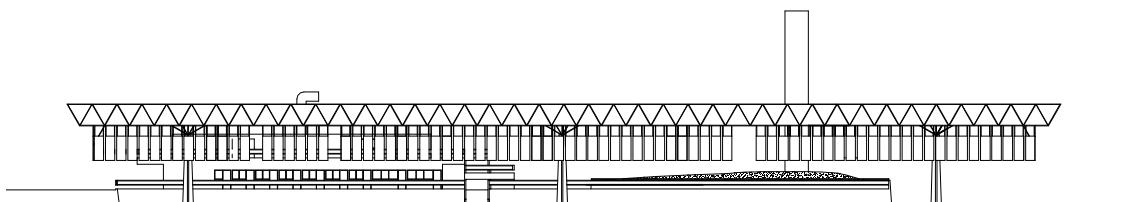
A partir desta análise, é possível identificar a necessidade de proteção solar, reduzindo a carga térmica no interior do terminal e contribuindo para diminuir o consumo energético total da edificação em cada fachada,

De acordo com o Memorial do Projeto, datado de 1980, os arquitetos pretendiam, liberar o espaço do Terminal, aproveitando a ventilação procedente do Vale do Reginaldo, bem como proteger das chuvas abundantes no período de Inverno, características de um clima úmido e a proteção contra os raios solares, através de painéis de fibra de vidro afixados nas fachadas.

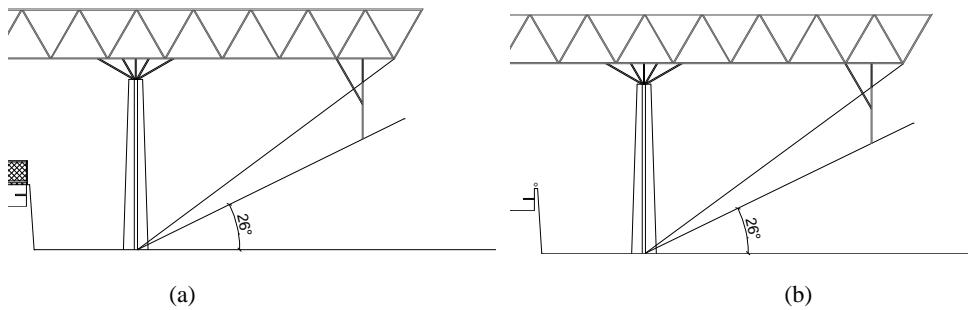
Na fachada Nordeste (Figura 4), e na Fachada Sudeste (Figura 5), onde se localizam as plataformas de embarque, pode-se observar a presença dos protetores solares verticais de fibra de vidro em toda sua extensão. Para estes dois casos, a proteção solar ocorre de forma semelhante, formando um ângulo de 26° para proteção dos raios solares a partir do pilar, conforme apresentado na Figura 6.



**Figura 4:** Fachada Nordeste – sem escala

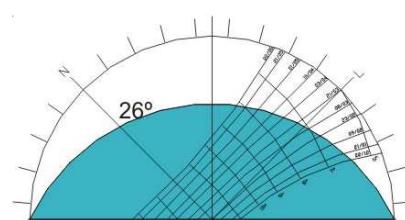


**Figura 5:** Fachada Sudeste – sem escala



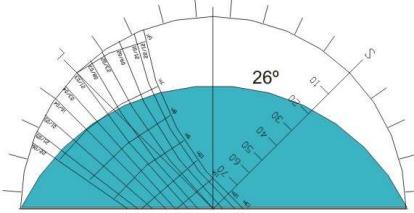
**Figura 6:** Corte esquemático da (a) Fachada Nordeste e da (b) Fachada Sudeste apresentando o ângulo de proteção solar proporcionado a partir da inserção dos protetores verticais e beiral na edificação em estudo – sem escala

Verifica-se então, no caso da Fachada Nordeste, o período mais crítico com a utilização dos protetores é o solstício de inverno, onde esta proteção só se torna eficaz a partir das oito horas da manhã, enquanto que nos equinócios a proteção se dá a partir de pouco depois das 7h e no solstício de verão a partir das 06 horas e 30 minutos (Figura 7). Esta situação é bastante aceitável para o clima da cidade de Maceió, visto que o sol ainda não está tão próximo da terra ao ponto de gerar incômodo aos seres humanos.



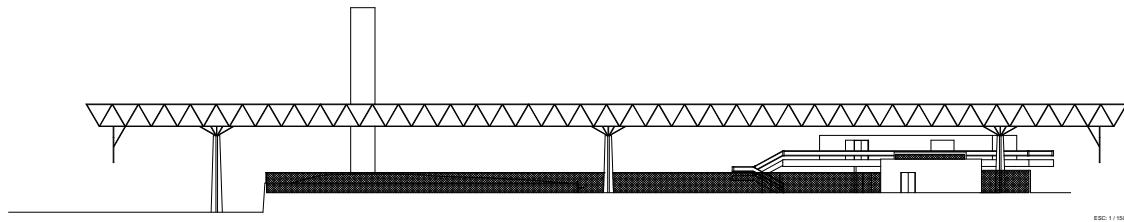
**Figura 7:** Carta Solar para a Fachada Nordeste

Para o caso da Fachada Sudeste, a proteção sombreia a edificação a partir das sete horas da manhã nos equinócios e no solstício de inverno a partir de pouco depois das 7h, enquanto no solstício de verão esta proteção se dá a partir de pouco antes das 7h (Figura 8).

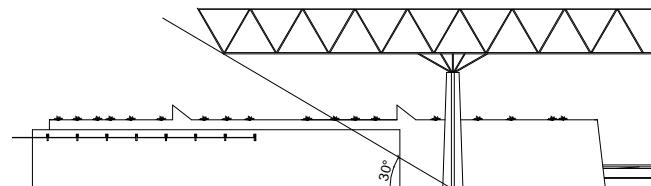


**Figura 8:** Carta Solar para a Fachada Sudeste

A plataforma de desembarque encontra-se na Fachada Noroeste (Figura 9) e é a região onde a permanência dos passageiros se dá num intervalo de tempo mais curto. Também nesta área, não existe o desnível que há nas plataformas de embarque, então os projetistas optaram por não inserir os painéis de fibras de vidro na fachada para proteção solar, o que gerou um ângulo de proteção dos raios solares de 29° a partir do beiral, conforme a Figura 10.

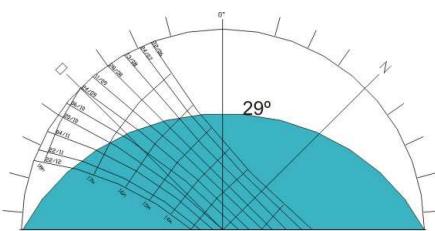


**Figura 9:** Fachada Noroeste – sem escala



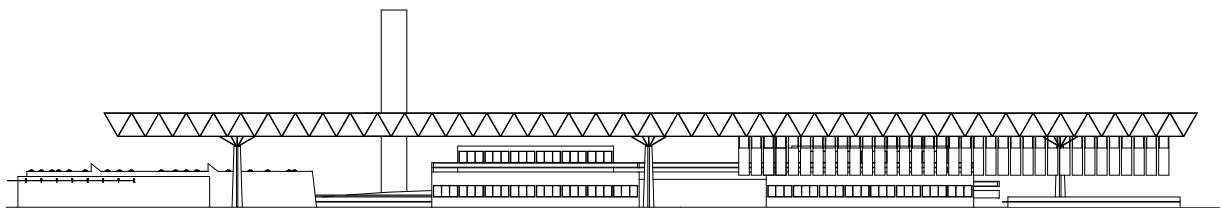
**Figura 10:** Corte esquemático apresentando o angulo de proteção solar na Fachada Noroeste – sem escala

Ocorre, então, uma proteção solar que possui seu período crítico no solstício de inverno, onde sua eficiência ocorre apenas até aproximadamente 15 horas e 30 minutos, esta proteção se dá até mais tarde nos demais períodos do ano, chegando a proteger até as 17 horas e 30 minutos no verão, conforme pode ser observado na figura 11.



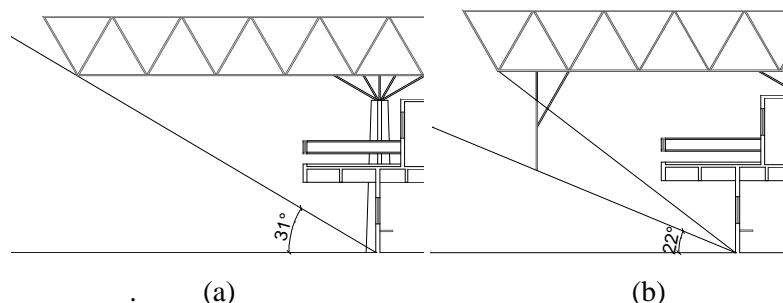
**Figura 11:** Carta Solar para a Fachada Noroeste

Na Fachada Sudoeste (Figura 12), encontra-se o estacionamento e o acesso ao Terminal Rodoviário. Encontram-se também os guichês de venda de passagens, bem como algumas lojas de conveniências e artesanato. Observa-se a presença dos painéis de fibra de vidro apenas em um trecho da fachada.



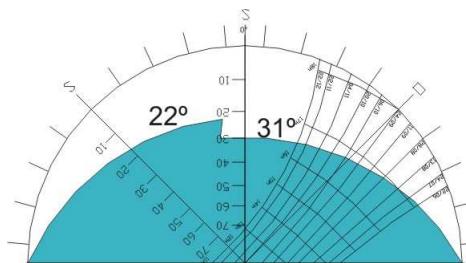
**Figura 12:** Fachada Sudoeste – sem escala

Para construção da máscara de sombra, tomou-se por base dois trechos distintos desta fachada, um com os protetores verticais e outro localizado na área protegida apenas pelo beiral (Figura 13), pode-se constatar então, que estes painéis teriam sido melhor aproveitados se fossem localizados na extremidade oeste desta fachada, porém o efeito alcançado, mesmo sem a influência destes protetores solar é satisfatória devido a grande dimensão do beiral e o pequeno recuo das lojas e guichês em relação ao pilar principal da estrutura de aço.



**Figura 13:** Corte esquemático apresentando o ângulo de proteção solar na Fachada Sudoeste nos trechos (a) Sem protetor solar vertical e (b) com protetores verticais – sem escala

Esta proteção se torna mais crítica no solstício de verão, pois ocorre apenas até aproximadamente às 16 horas e 30 minutos, enquanto que no solstício de verão ocorre até as 17 horas e nos equinócios até próximo deste horário do verão (Figura 14).



**Figura 14:** Carta Solar para a Fachada Sudoeste

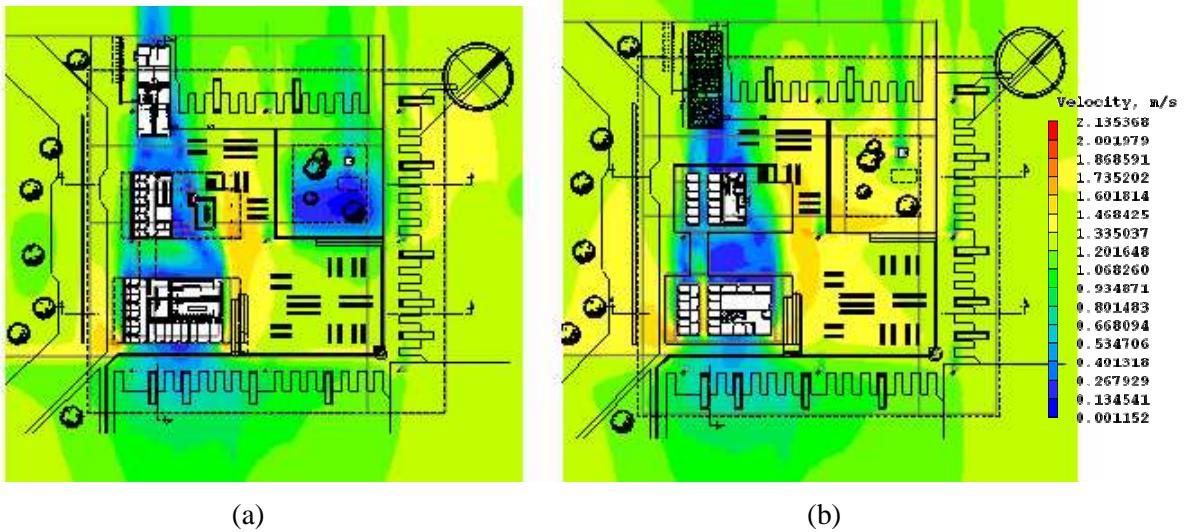
Pode-se então dizer que nesta fachada, os painéis de fibra de vidro são inefficientes e totalmente dispensáveis, sem maiores prejuízos às sensações térmicas dos usuários desta edificação.

## 4.2 Ventilação Natural

Para a ventilação natural proveniente do sudeste, pode-se observar que o Terminal Rodoviário de Maceió possui velocidades do vento variando entre 0,13m/s e 1,33 m/s, onde as áreas de entrada para o Terminal, que estão localizadas uma entre o bloco dos banheiros e o bloco de serviços e a segunda entre os dois blocos de serviços, são as menos favorecidas, formando uma área de sombra, porém, como é uma área de passagem, não ocorre maiores prejuízos ao conforto dos usuários.

Neste caso, a ventilação no salão de esperas na altura dos usuários (0,85m), não sofreu interferência significativa para diminuição de sua intensidade, permanecendo com aproximadamente 1,00m/s a

1,20m/s e devido à área de sombra e direcionamento do vento gerado pela rampa de acesso ao pavimento mezanino e a área de embarque sudeste (Figuras 15 e 16). Em algumas áreas esta velocidade do vento ultrapassa o limite de 1,00m/s, tendo como ponto mais crítico próximo a lanchonete central, que é de aproximadamente 1,6m/s, o que pode gerar desconforto aos usuários e problemas operacionais, como espalhamento de papéis, etc.

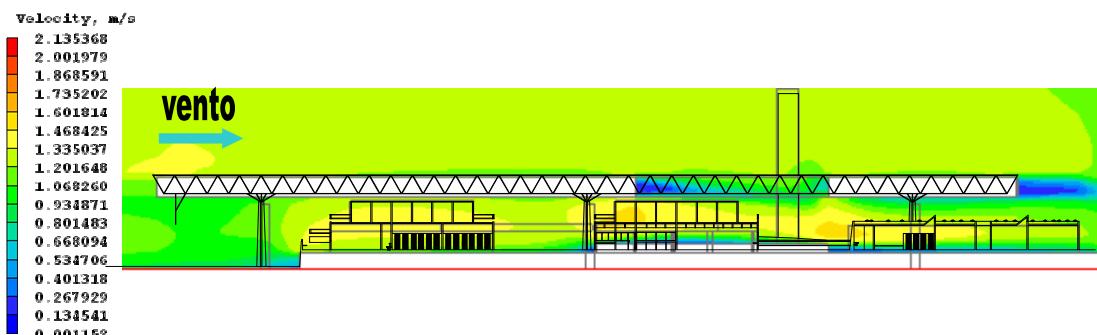


(a)

(b)

**Figura 15:** Plantas baixas do Terminal Rodoviário apresentando as manchas de cores com a velocidade do vento no interior da mesma, para a ventilação sudeste (a) Planta Baixa do Térreo e (b) Planta Baixa do Mezanino – sem escala

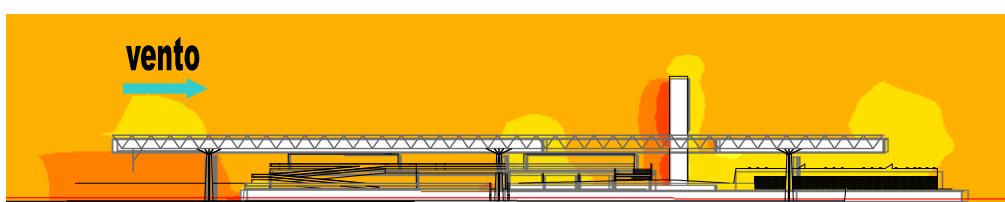
Fonte: Adaptado do Phoenics 3.6.1



**Figura 16:** Corte esquemático do Terminal Rodoviário apresentando as manchas de cores com a velocidade do vento no interior da mesma, para a ventilação sudeste – sem escala

Fonte: Adaptado do Phoenics 3.6.1

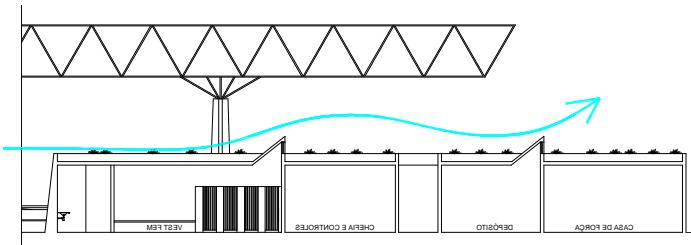
A área descoberta onde se localiza o jardim interno do Terminal forma uma zona de pressão negativa que aumenta a velocidade do ar em suas proximidades (Figura 17), assim como o desnível que isola as áreas de embarque das demais áreas da Edificação.



**Figura 17:** Corte esquemático apresentando os campos de pressão para o Terminal Rodoviário de Maceió, a partir da incidência dos ventos na direção sudeste

Fonte: Adaptado do Phoenics 3.6.1

Observa-se então em relação aos banheiros, a ventilação poderia ser favorecida, caso os sheds localizados para noroeste, fossem localizados para sudeste, aproveitando melhor o seu potencial como captador de vento além de ser um captador de luz natural (Figura 18).



**Figura 18:** Corte esquemático mostrando a posição atual dos sheds dos banheiros, um potencial para captação da ventilação natural – sem escala

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na investigação sugerem um bom desempenho térmico para esta edificação, podendo servir como princípio norteador para edifícios localizados em climas quentes e úmidos, como é o caso de Maceió-AL. A proteção solar, associada à ventilação natural promoveu maior fluidez no espaço interno do Terminal, gerando um ambiente termicamente agradável, evitando as trocas térmicas por radiação e permitindo as trocas térmicas por convecção.

Observou-se uma grande permeabilidade do edifício quanto à ventilação natural, promovendo maior número de renovações do ar e melhor sensação térmica aos usuários.

A fluidez proposta no memorial do projeto promoveu um “sobreiro ventilado” no espaço interno do Terminal, gerando um ambiente termicamente agradável, reduzindo os ganhos térmicos por radiação e permitindo as trocas térmicas por convecção.

A cobertura com telha dupla de alumínio com enchimento de poliuretano expandido entre as lâminas de alumínio, aliada ao pé direito elevado, reduz a intensidade da radiação transmitida através deste componente para o interior da edificação, contribuindo assim para o bom desempenho térmico observado nesta edificação.

O vazio na coberta, forma uma zona de pressão negativa nessa região, próximo à torre da caixa d’água, incrementando a velocidade do vento no interior da edificação e servindo como passagem ao fluxo do ar, ora como exaustor, ora como captador de vento, a depender da formação desta zona de pressão, conforme a direção do vento, facilitando as trocas térmicas por convecção e a remoção do ar mais aquecido que se acumula na parte mais alta da edificação.

Apesar da ineficiência detectada nos brises da fachada sudoeste, a inserção do dispositivo de proteção solar em fibra de vidro, além de compor a fachada, promove sombra durante uma boa parte do ano, assim como age de modo a impedir a entrada das freqüentes chuvas no período de inverno.

A análise desta edificação exemplifica o caso em que o conhecimento e adoção dos princípios gerais de adequação de um edifício ao clima local, através do uso das estratégias bioclimáticas compatíveis com o sítio onde esta edificação será implantada, pode conduzir a resultados interessantes, mesmo que ocorram alguns erros de cálculo, como ocorreu na fachada sudoeste do edifício estudado.

## 6 REFERÊNCIAS

BARROS FILHO, Airton M, **Consumo Desagregado de Energia Elétrica por uso final em Shopping Centers na Cidade de São Paulo – Estudo de Casos**, Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da USP , São Paulo, 2005.

BITTENCOURT, L. S. **Clima e repertório arquitetônico**; Anais do II Seminário sobre Ensino e Pesquisa em Projeto de Arquitetura: PROJETAR 2005- Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **Uso das cartas solares. Diretrizes para Arquitetos**. Maceió: EDUFAL, 2004

BRE-Building Research Establishment. **Ventilation Requirements**. Garston: BRE Digest nº. 206, 1981.

CAVALCANTI, Fernando A de M Sá. **Arquitetura Bioclimática no clima quente e úmido: uma análise do Terminal Rodoviário de Maceió**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo/ UFAL, Maceió, 2007

FERREIRA, Dilson Batista. **A contribuição da luz natural para a sustentabilidade dos ambientes construídos: o caso das escolas em climas quentes úmidos**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/ UFAL, Maceió, 2004.

FREIXANET, Victor A. F. **Clima y Arquitectura**, Primeira Edição, Azcapotzalco, Universidad Autônoma Metropolitana, 2004.

FROTA, Anésia B.; SHIFER, S. R.. **Manual de Conforto Térmico**. Studio Nobel, 5ª Edição, São Paulo: 2001.

GIVONI, B. **Performance and Applicability of Passive and Low Energy Cooling Systems. Energy and Buildings**, vol. 17, 1991. Lausane: Elsevier Sequoia, 1991.

\_\_\_\_\_. **Passive and low energy cooling of buildings**. Van Nostrand Reinhold publishing company, 1994.

GOULART, S. LAMBERTS, R., FIRMINO, F. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: NPC/UFSC, 1997.

MELO, Mário A, WOLF, José, MARQUES, Regina C. **Mario Aloísio – Traço do Arquiteto**, Ed. Prolivros, 2005

PEIXOTO, Luciana K de O. **Sustentabilidade e Eficiência Energéticas das edificações: O uso da ventilação natural como estratégias de projeto em regiões de clima quente e úmido**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/ UFAL, Maceió, 2005.