

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO - DEHA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR E EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO: UMA  
AVALIAÇÃO PARA A CIDADE DE MACEIÓ/AL.**

**Thiago Luiz de Oliveira Gomes Martins**

**MACEIÓ  
2007**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO - DEHA

**Thiago Luiz de Oliveira Gomes Martins**

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de  
Alagoas, como requisito final para a obtenção do grau  
de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

**DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR E EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO: UMA  
AVALIAÇÃO PARA A CIDADE DE MACEIÓ/AL.**

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Salazar Bittencourt  
Linha de Pesquisa: Concepção e Construção do Espaço Habitado

**MACEIÓ  
2007**

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
**Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale**

M386d Martins, Thiago Luiz de Oliveira Gomes.  
Dispositivos de proteção solar e eficiência energética em edifícios de escritório : uma avaliação para a cidade de Maceió/AL / Thiago Luiz de Oliveira Gomes Martins. – Maceió, 2007.  
164 f. : il., graf. e tabs.

Orientador: Leonardo Salazar Bittencourt.  
Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo : Dinâmicas do Espaço Habitado) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2007.

Bibliografia: f. 143-146.  
Anexos: f. 147-164.

1. Arquitetura – Edifícios de escritórios. 2. Arquitetura – Eficiência Energética.  
3. Proteção solar – Dispositivos. I. Título.

CDU: 725.23(813.5)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL  
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - FAU  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

MESTRADO EM DINÂMICAS DO ESPAÇO HABITADO - DEHA

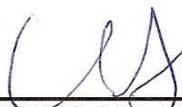
**Thiago Luiz de Oliveira Gomes Martins**

**DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR E EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO: UMA  
AVALIAÇÃO PARA A CIDADE DE MACEIÓ/AL.**

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de  
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de  
Alagoas, como requisito final para a obtenção do grau  
de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

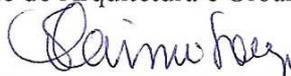
Aprovada em 07/12/2007

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. LEONARDO SALAZAR BITTENCOURT  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



---

Prof. Dr. FLÁVIO ANTONIO MIRANDA DE SOUZA  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



---

Prof.ª. Dr.ª. GIANNA MELO BARBIRATO  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – UFAL



---

Prof. Dr. RUSKIN MARINHO DE FREITAS  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo – UFPE

Ao meu irmão Phillipe Miguel (*in memoriam*)...

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela oportunidade de viver e aprender.

Aos meus pais e mestres, Luiz Tarcísio e Alda Maria, pelo apoio e confiança em mim sempre depositados.

Ao meu irmão, Luiz Phillipe, pelo companheirismo de todas as horas.

Ao orientador, Leonardo S. Bittencourt, pela paciência e ensinamentos.

Aos professores, Flávio de Souza, Gianna Barbirato e Ruskin Freitas, por aceitarem, assim que solicitados, o convite de fazer parte deste trabalho como examinadores.

Aos professores do DEHA, pelos ensinamentos prestados e dedicação.

Aos funcionários do DEHA, pelos serviços prestados e dedicação.

A arquiteta e parceira Raquel Pizzamiglio, pelo apoio, paciência e companheirismo.

As arquitetas e pesquisadoras, Christina Cândido, Juliana Batista e Flávia Marroquim, pelo suporte dado a realização deste trabalho.

Aos companheiros do mestrado, pela oportunidade vivenciar e observar novas maneiras de olhar a arquitetura e o mundo.

A toda equipe do GECA, pela troca de informações e amizade.

A CAPES, pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que contribuíram para a realização e concretização deste trabalho, mesmo que só em pensamento...

Obrigado!

*“Seguir os meus pensamentos aonde quer que me conduzam. Nisto devo proceder como os viajantes que, vendo-se perdidos numa floresta, sentem que devem continuar a caminhar o mais retamente possível, numa direção, sem divergir para direita ou para esquerda... Dessa maneira, se não chegarem exatamente onde pretendem chegar, atingirão por fim, ao menos, um lugar onde provavelmente estarão melhor do que no meio da floresta.”*

René Descartes

## RESUMO

Desde a crise do petróleo nos anos de 1970 até o colapso energético de 2001 a conservação de energia passou a ser alvo de discussões no Brasil e o setor da construção civil foi identificado como um campo de grande potencial de combate ao desperdício energético. Nas edificações comerciais o consumo energético está fortemente relacionado aos sistemas artificiais de geração de conforto ambiental – como os sistemas artificiais de condicionamento térmico, por exemplo. Diante deste contexto, o presente trabalho avalia o impacto decorrente da utilização dos dispositivos de proteção solar para o desempenho energético de edificações que representam as características típicas dos edifícios de escritórios de médio porte localizados na cidade de Maceió/AL. Sabe-se que nestas regiões, de baixa latitude, a radiação solar representa uma parcela significativa no calor total que atinge as edificações. Para tal, adotou-se uma metodologia de análises paramétricas nas quais foi comparado o desempenho energético das edificações sob diversas condições de orientação geográfica, tipologia de fechamento de fachada e localização do corredor de circulação horizontal (central e lateral). Os índices de consumo energético foram obtidos a partir de simulações com modelos computacionais utilizando o *software Energyplus*. As simulações realizadas permitiram quantificar e classificar o desempenho energético das edificações, sob as diversas características construtivas estudadas. A inclusão dos dispositivos de proteção solar representou, em alguns casos, para os sistemas artificiais de condicionamento térmico, economia energética anual de 18,7% no comparativo com as edificações com fachada em alvenaria e janela exposta e, 39,2% no comparativo com edificação com fechamento de fachada em pele de vidro. Desta forma conclui-se que a utilização dos dispositivos de proteção solar apresenta-se como uma alternativa de adequação climática e de redução de consumo energético bastante eficiente para edificações localizadas na cidade de Maceió.

**Palavras-chaves:** Arquitetura – edifícios de escritórios, Arquitetura – eficiência energética, proteção solar – dispositivos.

## ABSTRACT

Since the oil energy crisis of the seventies until the Brazilian 2001 blackout, energy savings became an important issue in Brazil and the building industry has been identified as a sector where substantial savings may occur. In commercial buildings the energy consumption is strongly related to air conditioning systems. Facing this context, the present work intends to evaluate the impact of using solar shading devices in the energy consumption performance of medium size typical office buildings located in Maceió city, Brazil. In low latitude regions, solar radiation represents an important parcel of buildings total heat gain. The evaluation was carried out through a parametric investigation where the effect of facades orientation and typology in the energy consumption, as well as the effect of plan typology regarding the location of corridor (central or lateral). Computer simulations of models representing the combinations for parameters above mentioned were carried out using the *Energyplus software* in order to estimate the energy consumption of each model. The simulations have shown the energy consumption for the considered models, allowing for the estimation of the impact magnitude regarding each of the different examined parameters. When solar shading devices were added to facades built in masonry with exposed windows the energy savings related to air conditioning systems was 18.7%, while for curtain wall facades it reached 39.2%. Results lead to the conclusion that the use of solar shading devices represents a relevant design strategy for energy savings in office buildings located in Maceió.

**Keywords:** Architecture – office buildings, Architecture - Energetic efficiency, solar shading devices.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Mapa do Brasil com a localização da cidade de Maceió-AL.....	29
Ilustração 2 – Trocas de calor em edifícios e efeito estufa.....	38
Ilustração 3 – Tipologias de dispositivos de proteção solar.....	40
Ilustração 4 – Fachadas nas quais os protetores solares verticais são mais eficientes.....	41
Ilustração 5 – Fotografia de fachada que possui protetor solar vertical fixo – Sede da Socôco, Maceió/AL.....	41
Ilustração 6 – Eficiência do protetor solar horizontal x altura solar.....	42
Ilustração 7 – Fotografia da fachada do Ed. Copan.....	43
Ilustração 8 - Fotografia de fachada que possui protetor horizontal fixo – UNIMED, Maceió/AL.....	43
Ilustração 9 – Fachadas nas quais os dispositivos de proteção solar misto são mais indicados.....	44
Ilustração 10 - Foto da fachada do Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro/RJ.....	44
Ilustração 11 - Foto da fachada da Casa da Indústria, Maceió/AL.....	45
Ilustração 12 – Protetores de diferentes arranjos formais e com mesmas características de sombreamento.....	46
Ilustração 13 – Foto de edificação que não leva em consideração a orientação geográfica com relação à configuração dos dispositivos de proteção solar externa: mesma tipologia de proteção para diferentes necessidades.....	47
Ilustração 14 – Foto de edificação na qual a tipologia dos dispositivos de proteção solar varia de acordo com a orientação das fachadas.....	48
Ilustração 15 – Fachada de edificação com janela exposta.....	53
Ilustração 16 - Fachada de edificação com fechamento em pele de vidro.....	53
Ilustração 17 - Fachada de edificação com janela sombreada.....	54
Ilustração 18 – Fotomontagem com indicação da versão utilizada do software <i>EnergyPlus</i> .....	55
Ilustração 19 – Captura de tela do microcomputador com IDF Editor em execução, interface de edição de dados de entrada do <i>EnergyPlus</i> .....	56
Ilustração 20 – Fotomontagem de uma captura de tela do microcomputador com EP-Launch em execução, interface de simulação do <i>EnergyPlus</i> : (1) campo de indicação do arquivo de entrada e (2) campo de indicação do arquivo climático (TRY).....	56
Ilustração 21 - Planta baixa do caso base 1: corredor lateral.....	58
Ilustração 22 - Planta baixa do caso base 2: corredor central.....	58
Ilustração 23 – Captura de tela do IDF Editor do Energyplus: características dos materiais utilizados nas paredes e nas lajes de piso e teto.....	59
Ilustração 24 - Fachadas simuladas.....	60
Ilustração 25 - Planta baixa e corte esquemático dos módulos com tipologia de abertura: janela comum.....	60
Ilustração 26 - Planta baixa e corte esquemático dos módulos com tipologia de abertura:pele de vidro.....	61
Ilustração 27 – Propriedades físicas dos vidros utilizados nos modelos computacionais: Obj 1 (pele de vidro) e Obj 2 (janela comum).....	62
Ilustração 28 – Esquema geral do processo de simulação.....	66
Ilustração 29 – Captura de tela: relatório de uso final de energia elétrica gerado com a simulação do software <i>EnergyPlus</i> .....	67
Ilustração 30 – Simulações realizadas para o CASO BASE 1: 24 simulações.....	69
Ilustração 31 – Simulações realizadas para o CASO BASE 2: 24 simulações.....	70
Ilustração 32 – Níveis de análise comparativa (ex. orientação Norte): primeiro nível (entre os fechamentos, em vermelho) e segundo nível (entre os casos base, em azul).....	70
Ilustração 33 – Insolação da fachada norte.....	89
Ilustração 34 – Insolação da fachada nordeste.....	94
Ilustração 35 – Insolação da fachada leste.....	98
Ilustração 36 – Insolação da fachada sudeste.....	103
Ilustração 37 – Insolação da fachada sul.....	107
Ilustração 38 – Insolação da fachada sudoeste.....	112
Ilustração 39 – Insolação da fachada oeste.....	116
Ilustração 40 – Insolação da fachada noroeste.....	120
Ilustração 41 – TERMOBRISE 335 HunterDouglas. Fonte: Catálogo TERMOBRISE 150/335 HunterDouglas, setembro/2005.....	131
Ilustração 42 - Planta baixa do caso base 2: indicação dos módulos analisados em conjunto para a situação de ocupação 2.....	134



Tabela 30 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação oeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.....	87
Tabela 31 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação noroeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.....	88
Tabela 32 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação noroeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.....	88
Tabela 33 – Períodos de insolação da fachada norte: solstícios e equinócios.....	89
Tabela 34 – Períodos de insolação da fachada nordeste: solstícios e equinócios.....	94
Tabela 35 – Períodos de insolação da fachada leste: solstícios e equinócios.....	99
Tabela 36 – Períodos de insolação da fachada sudeste: solstícios e equinócios.....	103
Tabela 37 – Períodos de insolação da fachada sul: solstícios e equinócios.....	107
Tabela 38 – Períodos de insolação da fachada sudoeste: solstícios e equinócios.....	112
Tabela 39 – Períodos de insolação da fachada oeste: solstícios e equinócios.....	116
Tabela 40 – Períodos de insolação da fachada noroeste: solstícios e equinócios.....	121
Tabela 41 – Economia monetária anual (R\$) caso base 1 e 2: redução anual na conta de energia proporcionada pelo sombreamento das janelas por dispositivos de proteção solar.....	130
Tabela 42 – Custo dos dispositivos de proteção solar (R\$) caso base 1 e 2: valores referentes ao custo total de execução e instalação dos dispositivos de proteção solar.....	132
Tabela 43 – Período estimado (em anos) de retorno do investimento (R\$) caso base 1 e 2: valores referentes aos dois casos bases e às oito orientações geográficas estudadas.....	132
Tabela 44 – Situação de ocupação 2: economia monetária anual na conta de energia (R\$) proporcionada pelo sombreamento das janelas por dispositivos de proteção solar.....	138
Tabela 45 – Situação de ocupação 2: valores referentes ao custo total de execução e/ou instalação dos dispositivos de proteção solar.....	138
Tabela 46 – Situação de ocupação 2: período estimado (em anos) de retorno do investimento (R\$).....	139
Tabela 47: Ed. Delmiro Gouveia.....	148
Tabela 48: Breda Center.....	149
Tabela 49: Avenue Center.....	150

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Geração de energia elétrica em 2004 no Brasil.....	20
Gráfico 2 – Consumo energético mundial.....	22
Gráfico 3 – Percentual de participação das classes de consumo de energia em 2004 no Brasil.....	23
Gráfico 4 – Proporção entre a quantidade de energia consumida na utilização dos edifícios (em toda sua vida útil) e a consumida na sua produção (direta mais indireta). .....	25
Gráfico 5 – Carta bioclimática para a cidade de Maceió-AL.....	31
Gráfico 6 – Gabarito das edificações de escritório de Maceió associada à quantidade de salas do edifício.....	34
Gráfico 7 – Tipologia de fachada dos edifícios de escritórios de Maceió/AL.....	35
Gráfico 8 – Proporção de fachadas protegidas x fachadas desprotegidas (sem proteção e pele de vidro).....	35
Gráfico 9 – Fluxo de calor de diferentes componentes construtivos.....	37
Gráfico 10 – Insolação e máscara de sombra: fachada norte.....	63
Gráfico 11 – Insolação e máscara de sombra: fachada nordeste.....	63
Gráfico 12 – Insolação e máscara de sombra: fachada leste.....	63
Gráfico 13 – Insolação e máscara de sombra: fachada sudeste.....	63
Gráfico 14 – Insolação e máscara de sombra: fachada sul.....	64
Gráfico 15 – Insolação e máscara de sombra: fachada sudoeste.....	64
Gráfico 16 – Insolação e máscara de sombra: fachada oeste.....	64
Gráfico 17 – Insolação e máscara de sombra: fachada noroeste.....	64
Gráfico 18 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação norte.....	72
Gráfico 19 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação nordeste.....	73
Gráfico 20 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação leste.....	74
Gráfico 21 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação sudeste.....	75
Gráfico 22 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação sul.....	76
Gráfico 23 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação sudoeste.....	77
Gráfico 24 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação oeste.....	78
Gráfico 25 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação noroeste.....	79
Gráfico 26 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação norte.....	81
Gráfico 27 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação nordeste.....	82

Gráfico 28 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação leste.....	83
Gráfico 29 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação sudeste. ....	84
Gráfico 30 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação sul. ....	85
Gráfico 31 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação sudoeste. ....	86
Gráfico 32 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação oeste.....	87
Gráfico 33 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação noroeste.....	88
Gráfico 34 - Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2: janela exposta.....	125
Gráfico 35 - Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2 por m <sup>2</sup> : janela exposta.....	126
Gráfico 36 - Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2: janela sombreada.....	127
Gráfico 37 - Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2 por m <sup>2</sup> : esquadria sombreada. ....	127
Gráfico 38 - Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2: fechamento em pele de vidro. ....	128
Gráfico 39 – Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2 por m <sup>2</sup> : fechamento em pele de vidro..	128
Gráfico 40 - Redução de consumo anual por sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2.....	129
Gráfico 41 - Consumo anual (KW/h) dos módulos na situação de utilização 2: janela exposta.....	135
Gráfico 42 - Consumo anual (KW/h) por m <sup>2</sup> dos módulos na situação de utilização 2: janela exposta.....	135
Gráfico 43 - Consumo anual (KW/h) dos módulos na situação de utilização 2: pele de vidro.....	136
Gráfico 44 - Consumo anual (KW/h) por m <sup>2</sup> dos módulos na situação de utilização 2: pele de vidro.....	136
Gráfico 45 - Consumo anual (KW/h) dos módulos na situação de utilização 2: janela sombreada. ....	137
Gráfico 46 - Consumo anual (KW/h) por m <sup>2</sup> dos módulos na situação de utilização 2: janela sombreada. ....	137
Gráfico 47 - Redução de consumo anual (KW/h) dos módulos na situação de utilização 2: comparativo do fechamento em janela exposta e janela sombreada.....	138

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Zoneamento climático brasileiro. ....	30
Mapa 2 – Localização e concentração dos edifícios comerciais de escritório por bairros em Maceió.....	33

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Procedimentos básicos de projeto de brise-soleil. ....	47
---	----

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>1.1 OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
1.1.1 Objetivo Geral	17
1.1.2 Objetivos específicos	17
1.1.3 Estrutura da dissertação	18
<b>2 REVISÃO DOCUMENTAL</b>	<b>19</b>
<b>2.1 INTRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
<b>2.2 ENERGIA ELÉTRICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS EDIFICAÇÕES</b>	<b>20</b>
2.2.1 Simulação computacional de desempenho termo-energético em edificações	26
<b>2.3 O CONTEXTO DA CIDADE DE MACEIÓ/AL</b>	<b>29</b>
2.3.1 Caracterização	29
2.3.2 Estratégias bioclimáticas para edificações em Maceió	31
2.3.3 Edifícios de Escritório na cidade de Maceió	32
<b>2.4 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>36</b>
2.4.1 Protetor solar vertical fixo	40
2.4.2 Protetor solar horizontal fixo	42
2.4.3 Protetor solar misto	43
2.4.4 O projeto de dispositivos de proteção solar	46
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>50</b>
<b>3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE ESCRITÓRIO DA CIDADE DE MACEIÓ</b>	<b>51</b>
3.1.1 Levantamento de dados	51
3.1.1.1 Levantamento informativo dos edifícios de escritórios	51
3.1.2 Levantamento das tipologias	52
3.1.2.1 Dispositivos de proteção solar	52
<b>3.2 SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO TERMO-ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES</b>	<b>54</b>
3.2.1 Ferramenta de simulação	54
3.2.2 Descrição dos modelos	57
3.2.2.1 Tipologias representativas: caso base 1 e caso base 2	57
3.2.2.2 Orientação geográfica das janelas e/ou aberturas das salas simuladas	59
3.2.2.3 Tipologias das aberturas dos modelos computacionais	60
3.2.2.4 Configuração das proteções solares projetadas	62
3.2.2.5 Carga interna de iluminação, ocupação e sistema artificial de condicionamento térmico	65
3.2.3 Procedimentos das simulações de desempenho termo-energético	65
3.2.3.1 Simulação do modelo computacional	65
3.2.3.2 Coleta de dados	66
3.2.3.3 Análise dos dados	67
<b>4 RESULTADOS E ANÁLISES</b>	<b>71</b>
<b>4.1 RESULTADOS: CASOS BASE 1</b>	<b>71</b>
4.1.1 base 1: orientação NORTE	72
4.1.2 Caso base 1: orientação NORDESTE	73
4.1.3 Caso base 1: orientação LESTE	74
4.1.4 Caso base 1: orientação SUDESTE	75
4.1.5 Caso base 1: orientação SUL	76

4.1.6	Caso base 1: orientação SUDOESTE.....	77
4.1.7	Caso base 1: orientação OESTE.....	78
4.1.8	Caso base 1: orientação NOROESTE.....	79
<b>4.2</b>	<b>RESULTADOS: CASOS BASE 2.....</b>	<b>80</b>
4.2.1	Caso base 2: orientação NORTE.....	81
4.2.2	Caso base 2: orientação NORDESTE.....	82
4.2.3	Caso base 2: orientação LESTE.....	83
4.2.4	Caso base 2: orientação SUDESTE.....	84
4.2.5	Caso base 2: orientação SUL.....	85
4.2.6	Caso base 2: orientação SUDOESTE.....	86
4.2.7	Caso base 2: orientação OESTE.....	87
4.2.8	Caso base 2: orientação NOROESTE.....	88
<b>4.3</b>	<b>ANÁLISES PRELIMINARES.....</b>	<b>89</b>
4.3.1	Orientação norte: caso base 1 e caso base 2.....	89
4.3.1.1	Caso base 1: consumo energético anual.....	89
4.3.1.2	Caso base 1: Redução de consumo mensal.....	90
4.3.1.3	Caso base 2: consumo energético anual.....	91
4.3.1.4	Caso base 2: Redução de consumo mensal.....	91
4.3.1.5	Análise preliminar orientação norte caso base 1 e caso base 2: conclusão.....	92
4.3.2	Orientação nordeste: caso base 1 e caso base 2.....	93
4.3.2.1	Caso base 1: consumo energético anual.....	94
4.3.2.2	Caso base 1: Redução de consumo mensal.....	95
4.3.2.3	Caso base 2: consumo energético anual.....	96
4.3.2.4	Caso base 2: Redução de consumo mensal.....	96
4.3.2.5	Análise preliminar orientação nordeste caso base 1 e caso base 2: conclusão.....	97
4.3.3	Orientação leste: caso base 1 e caso base 2.....	98
4.3.3.1	Caso base 1: consumo energético anual.....	99
4.3.3.2	Caso base 1: Redução de consumo mensal.....	99
4.3.3.3	Caso base 2: consumo energético anual.....	100
4.3.3.4	Caso base 2: Redução de consumo mensal.....	100
4.3.3.5	Análise preliminar orientação leste caso base 1 e caso base 2: conclusão.....	101
4.3.4	Orientação sudeste: caso base 1 e caso base 2.....	102
4.3.4.1	Caso base 1: consumo energético anual.....	103
4.3.4.2	Caso base 1: Redução de consumo mensal.....	104
4.3.4.3	Caso base 2: consumo energético anual.....	104
4.3.4.4	Caso base 2: Redução de consumo mensal.....	105
4.3.4.5	Análise preliminar orientação sudeste caso base 1 e caso base 2: conclusão.....	106
4.3.5	Orientação sul: caso base 1 e caso base 2.....	107
4.3.5.1	Caso base 1: consumo energético anual.....	108
4.3.5.2	Caso base 1: Redução de consumo mensal.....	108
4.3.5.3	Caso base 2: consumo energético anual.....	109
4.3.5.4	Caso base 2: Redução de consumo mensal.....	109
4.3.5.5	Análise preliminar orientação sul caso base 1 e caso base 2: conclusão.....	110
4.3.6	Orientação sudoeste: caso base 1 e caso base 2.....	111
4.3.6.1	Caso base 1: consumo energético anual.....	112
4.3.6.2	Caso base 1: Redução de consumo mensal.....	113
4.3.6.3	Caso base 2: consumo energético anual.....	113
4.3.6.4	Caso base 2: Redução de consumo mensal.....	114
4.3.6.5	Análise preliminar orientação sudoeste caso base 1 e caso base 2: conclusão.....	115
4.3.7	Orientação oeste: caso base 1 e caso base 2.....	116
4.3.7.1	Caso base 1: consumo energético anual.....	116
4.3.7.2	Caso base 1: Redução de consumo mensal.....	117
4.3.7.3	Caso base 2: consumo energético anual.....	118
4.3.7.4	Caso base 2: Redução de consumo mensal.....	118
4.3.7.5	Análise preliminar orientação oeste caso base 1 e caso base 2: conclusão.....	119
4.3.8	Orientação noroeste: caso base 1 e caso base 2.....	120
4.3.8.1	Caso base 1: consumo energético anual.....	121
4.3.8.2	Caso base 1: Redução de consumo mensal.....	121

4.3.8.3	Caso base 2: consumo energético anual .....	122
4.3.8.4	Caso base 2: Redução de consumo mensal.....	122
4.3.8.5	Análise preliminar orientação noroeste caso base 1 e caso base 2: conclusão .....	123
<b>4.4</b>	<b>COMPARATIVO GERAL.....</b>	<b>124</b>
4.4.1	Consumo energético: janela exposta .....	125
4.4.2	Consumo energético: janela sombreada.....	127
4.4.3	Consumo energético: pele de vidro .....	128
<b>4.5</b>	<b>REDUÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO POR ORIENTAÇÃO DE FACHADA.....</b>	<b>129</b>
4.5.1	Comparativo entre as reduções de consumo energético por orientação de fachada resultantes do sombreamento das janelas por dispositivos de proteção solar .....	129
<b>4.6</b>	<b>VIABILIDADE ECONÔMICA.....</b>	<b>129</b>
4.6.1	Economia monetária anual por orientação de fachada.....	130
4.6.2	Custo dos dispositivos de proteção solar .....	130
4.6.3	Retorno do investimento nos dispositivos de proteção solar.....	132
4.6.4	Comparativo geral: situação 2.....	133
4.6.5	Situação 2: consumo energético.....	135
4.6.5.1	Consumo energético: janela exposta .....	135
4.6.5.2	Consumo energético: pele de vidro .....	136
4.6.5.3	Consumo energético: janela sombreada .....	137
4.6.6	Situação 2: redução de consumo energético por orientação de fachada .....	137
4.6.6.1	Reduções de consumo energético por orientação de fachada resultantes do sombreamento das janelas por dispositivos de proteção solar .....	137
4.6.7	Situação 2: economia monetária por orientação de fachada.....	138
4.6.8	Situação 2: custos dos dispositivos de proteção solar.....	138
4.6.9	Situação 2: retorno do investimento com dispositivos de proteção solar.....	139
<b>4.7</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISES: CONCLUSÃO .....</b>	<b>139</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>141</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>143</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA.....</b>	<b>146</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>147</b>

## 1. INTRODUÇÃO

---

Desde os primórdios da humanidade o homem buscou proteger-se das intempéries e do ambiente hostil utilizando-se dos meios que estavam disponíveis nesse mesmo ambiente. A inexistência de tecnologias sofisticadas fez com que procurasse, em suas construções, aspectos que reduzissem o calor, o frio, a umidade, a secura etc. Na verdade, a medida de sua evolução e maior sofisticação, passou a introduzir materiais mais elaborados, muitas vezes, vindos de outras partes, ainda que distantes. A necessidade de ostentar “progresso”, o poder econômico, a abundância de tecnologia, fez com que, sobretudo nos tempos contemporâneos, em muito se desconsiderasse a questão ambiental na arquitetura. Cria-se a partir daí um padrão globalizado nas cidades, o que leva, por exemplo, à construção nos trópicos, de prédios com fachadas totalmente envidraçadas, verdadeiras estufas pelo excesso de insolação, o que acaba sendo corrigido por sistemas de refrigeração e iluminação demasiadamente caros (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Desde a crise do petróleo ocorrida nos anos de 1970 até o colapso energético de 2001, conhecido como “apagão”, a conservação de energia passou a ser alvo de discussões no Brasil e o setor da construção civil foi identificado como um campo de grande potencial de combate ao desperdício energético.

De acordo com Goldemberg (2000), a maioria dos equipamentos e processos utilizados tanto nos setores de transporte, industrial e residencial foi desenvolvida em uma época de energia abundante e barata, quando as preocupações ambientais eram pouco compreendidas ou inexistentes. Para o autor, “estes são os motivos pelos quais haja tantas oportunidades para melhorias na economia de energia...” (GOLDEMBERG, 2000, p. 93).

No caso brasileiro, a dinâmica do consumo energético agravou-se com a crise de 1970 e posteriormente com o aumento da população nos centros urbanos na década de 1980 (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). A última grande crise do setor energético ocorre em 2001, na qual o problema sai do âmbito governamental e técnico, atingindo cidadãos comuns. “A conservação de energia passou a ser incorporada em diversas áreas, entre estas, a da construção civil” (CÂNDIDO, 2004).

Segundo dados do PROCEL/ELETROBRÁS (2004) as edificações representam 42% do consumo total de energia elétrica do país. Sendo as edificações comerciais e públicas responsáveis por gastos energéticos que correspondem a 19% do total deste universo.

O consumo energético nas edificações comerciais está fortemente ligado aos dispositivos artificiais de geração de conforto ambiental. Pesquisas realizadas neste setor identificam que os sistemas de iluminação artificial e ar condicionado representam 70% do consumo energético total destas edificações (ROMERO, 1997 apud GONÇALVES, 2004).

A utilização dos dispositivos de proteção solar, que reduzem os ganhos térmicos decorrentes da insolação direta nas edificações, representa uma estratégia de diminuição do consumo energético, principalmente em ambientes que possuem sistemas artificiais de condicionamento térmico.

Em regiões de baixa latitude, como é o caso da cidade de Maceió, a radiação solar representa uma importante parcela do calor total que atinge as edificações. Parte desta radiação pode ser obstruída através da utilização de dispositivos de proteção solar. As características climáticas desta cidade indicam a utilização da ventilação natural e a proteção solar como estratégias eficientes na redução do consumo energético das edificações (LAMBERTS et al., 2004).

Porém, de acordo com Cândido (2004), que estudou os edifícios de escritório na cidade de Maceió, identificou-se que a adequação ambiental parece não fazer parte do repertório de muitos projetos arquitetônicos. Dos edifícios de escritório estudados 55% não apresentam proteção solar, 27% têm fachada tipo “pele de vidro” e apenas 18% apresentam algum tipo de proteção solar.

“No século XXI a arquitetura, sem desprezar o belo e a plasticidade das formas, o conforto e a funcionalidade, terá que forçosamente reencontrar o meio cujo equilíbrio é de

fundamental importância para a sobrevivência da espécie humana na Terra” (CORBELLA; YANNAS, 2003).

Diante deste quadro, acredita-se que a realização de estudos relacionados às estratégias de adequação climática poderá contribuir com informações e princípios que proporcionem o planejamento de edificações de melhor qualidade e mais eficientes, do ponto de vista do conforto ambiental e do consumo energético, respectivamente.

Neste sentido, esse trabalho pretende avaliar o impacto decorrente da utilização de dispositivos de proteção solar para a eficiência energética em edifícios de escritório de médio porte<sup>1</sup> localizados na cidade de Maceió/AL.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o impacto decorrente da utilização dos dispositivos de proteção solar para a eficiência energética em edificações que representem as características típicas dos edifícios de escritório de médio porte localizados na cidade de Maceió/AL.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Quantificar o consumo energético em edifícios de escritório de médio porte com três configurações de fechamento de fachada;
- analisar as vantagens e desvantagens da utilização dos dispositivos de proteção solar nas edificações estudadas;
- gerar informações que auxiliem profissionais e pesquisadores para elaboração de projetos mais eficientes, com relação ao consumo energético e conforto ambiental.

---

<sup>1</sup> Considera-se neste trabalho edifícios de escritório de médio porte aqueles que possuem um número igual ou superior a cinco pavimentos, ou seja, aquelas edificações nas quais é exigida a existência de elevadores.

### 1.1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco seções. A primeira seção apresenta uma breve introdução ao trabalho, explicita o objetivo geral e os objetivos específicos, e, por fim, a estrutura da dissertação.

A segunda seção apresenta a revisão documental necessária ao desenvolvimento e embasamento teórico desta dissertação. Discute sinteticamente a relação entre arquitetura e conforto ambiental, e, a eficiência energética nas edificações - com ênfase nos edifícios comerciais. Identifica as principais estratégias bioclimáticas de projeto para a cidade de Maceió. Aborda os dispositivos de proteção solar, conceitua e indica suas principais formas de utilização, enfatizando as tipologias: *vertical fixa*, *horizontal fixa* e do tipo *mista (ou composta)*.

A terceira seção corresponde à metodologia aplicada nesta dissertação. Explicita todas as etapas da pesquisa e os procedimentos metodológicos utilizados para alcançar o objetivo geral e os objetivos específicos.

A quarta seção apresenta e discute os resultados obtidos nas simulações computacionais, identificando aqueles mais significativos.

A quinta seção apresenta as considerações finais resultantes da análise e discussão dos dados apresentados na seção anterior. Indica as limitações do trabalho e apresenta sugestões para futuras pesquisas.

## 2 REVISÃO DOCUMENTAL

---

### 2.1 INTRODUÇÃO

Na bibliografia cada vez maior sobre o tema constata-se a preocupação de recuperar e desenvolver novas tecnologias que otimizem o uso das características climáticas. A arquitetura bioclimática, que inicialmente parecia ser parte do movimento ecológico mundial, tem-se revelado como um dos meios mais eficazes de reduzir os consumos de energia na edificação. Mas, a arquitetura bioclimática é complexa, como é complexa a estruturação dos organismos mais evoluídos (MASCARÓ, 1992, p. 21).

Nesta seção, que se encontra dividida em três partes, é apresentada a revisão documental necessária ao desenvolvimento e embasamento teórico desta dissertação. A primeira parte aborda sinteticamente a relação entre arquitetura e conforto ambiental, energia elétrica e eficiência energética em edificações, com ênfase nas edificações comerciais. Apresenta um estudo sobre os dispositivos de proteção solar, conceitua e indica as principais formas de utilização, com ênfase nas tipologias: *vertical fixa*, *horizontal fixa* e *protetor solar misto* ou *composto*.

Na segunda parte é realizada uma contextualização para a cidade de Maceió/AL, na qual são identificadas as principais estratégias bioclimáticas de projeto indicadas para esta localidade. Apresenta resultado de um estudo específico sobre os edifícios de escritórios de médio porte presentes nesta cidade.

Na terceira parte a temática da simulação computacional é tratada. São apresentados o *software Energyplus* e os arquivos climáticos de referência<sup>2</sup> (TRY). Optou-se pela utilização de *software* de simulação termo-energética por se tratar de uma ferramenta que permite análise de fenômenos complexos, como a transferência de calor, por exemplo, cujo cálculo manual seria praticamente inviável. O *Energyplus* é a ferramenta computacional de simulação

---

<sup>2</sup> Os Arquivos Climáticos de Referência (TRY), ou *Test Reference Year*, correspondem a arquivos com dados climáticos horários de um ano para representar a influência do ambiente externo sobre a edificação. As variáveis do TRY incluem: mês, dia e hora; temperatura de bulbo seco; temperatura de bulbo úmido; temperatura de solo, velocidade do vento, direção do vento; pressão barométrica; quantidade de nuvens; tipo de nuvens, altura das nuvens e radiação solar, por exemplo.

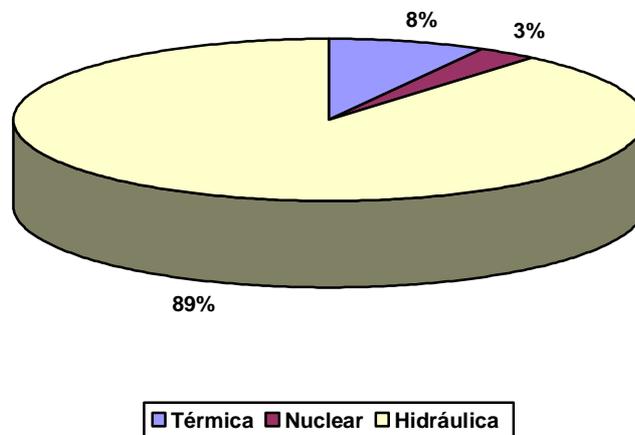
termo-energética e os arquivos TRY correspondem a base de dados climáticos utilizados por este *software*.

## 2.2 ENERGIA ELÉTRICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS EDIFICAÇÕES

O problema das restrições de energia no Brasil e no mundo é bastante conhecido e, sobretudo, debatido pela importância de se acrescentar uma nova opinião aos conceitos já formulados sobre o assunto (MASCARÓ, 1992).

“A humanidade vive, atualmente, a preocupação com a degradação do meio ambiente e com a conseqüente necessidade da sociedade se desenvolver de modo sustentável” (BRANDÃO, 2004). Segundo Brandão (2004) a construção civil, assim como diversos outros setores, se vê frente a questões ambientais: *redução do consumo de recursos naturais não renováveis, conservação dos mananciais de água e produção mínima de rejeitos*.

No mercado de energia elétrica do Brasil, predominantemente hidráulica, a geração complementar de eletricidade para atender o mercado consumidor é feita através de usinas térmicas convencionais e nucleares. Este sistema de geração é de propriedade de diversos agentes. A proporção entre suas fontes poderá ser visualizada de acordo com o Gráfico 1:



**Gráfico 1 – Geração de energia elétrica em 2004 no Brasil.**  
Fonte: ONS apud Brasil (2005).

Para sustentar o consumo energético desregrado dos edifícios, a produção de energia elétrica cresceu e causou um forte impacto ambiental com a construção de usinas, inundações, deslocamentos de populações (hidroelétricas), perda da biodiversidade, ameaça dos ecossistemas, poluição e riscos de segurança pública com termelétricas e usinas nucleares (ADAM, 2001, p. 19).

“Além disso, a exigência de grandes investimentos do governo nestes projetos implica a redução dos investimentos em outras áreas (saúde, educação e habitação), antagonizando a idéia de progresso embutida nessa política” (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 19).

Segundo Mascaró (1992) é necessário que a produção e a utilização dos edifícios sejam adaptadas rapidamente às novas situações que derivam das restrições energéticas atuais.

É certo que o Brasil tem reservas hidroelétricas enormes. O país acumula mais de 20% da potência do globo embora abrigue em seu território apenas 2,5% da população mundial... Mas, ter recurso natural disponível não é suficiente. É necessário aproveitá-lo. E o Brasil não tem os dólares necessários para isso (MASCARÓ, 1992).

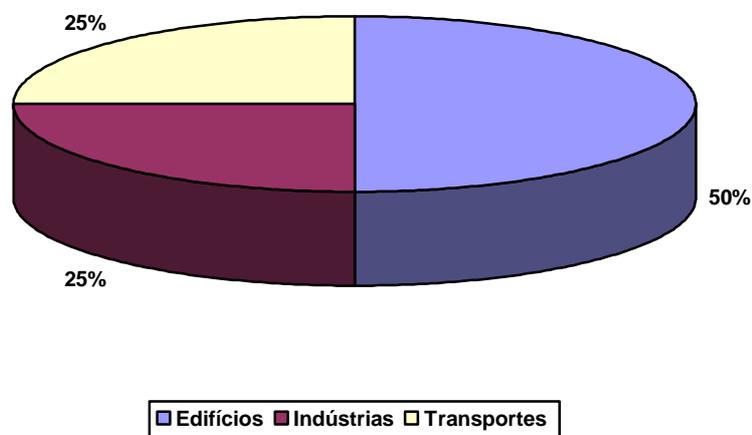
Lamberts, Dutra e Pereira (1997) salientam que a alternativa que se mostra mais adequada a este quadro é aumentar a eficiência no uso de energia. “É mais barato economizar energia do que fornecê-la, pois se reduz a necessidade de gastos com o setor público, passando aos fabricantes de equipamentos e aos consumidores os investimentos necessários” (GELLER apud LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

A conservação de energia passou a ser alvo de discussões no Brasil a partir da crise do petróleo nos anos de 1970 até o colapso energético em 2001, e, o setor da construção civil foi identificado como um campo de grande potencial de combate ao desperdício energético. Marinoski et al. (2005) afirmam que a conservação de energia, atualmente, tem se mostrado como uma preocupação crescente em diferentes setores produtivos da sociedade. “A exemplo de outras áreas, também na construção civil, a eficiência energética tem se tornado um aspecto fundamental. Devido ao custo da energia, o edifício não pode mais ser considerado um elemento à parte do meio” (MARINOSKI et al., 2005).

Tavares e Lamberts (2005) reforçam esta idéia quando afirmam que os estudos sobre consumo energético nas edificações vêm crescendo substancialmente na medida da necessidade dos países do mundo inteiro estabelecerem as condições de sustentabilidade ambiental neste setor.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), a eficiência energética pode ser entendida como *a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia*. Ou seja, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

De acordo com a Associação de Estudos Geobiológicos (Espanha-1996 apud Adam 2001), “os edifícios contemporâneos além de consumidores de recursos de energia, alteraram irreversivelmente o entorno natural onde estão implantados. O balanço ecológico resulta nefasto para a Terra, pois 50% da energia produzida no planeta é consumida nos edifícios (construção e demolição), enquanto a indústria consome 25% e o transporte, que tem fama de muito contaminante, outros 25%”. Ver Gráfico 2:



**Gráfico 2 – Consumo energético mundial**

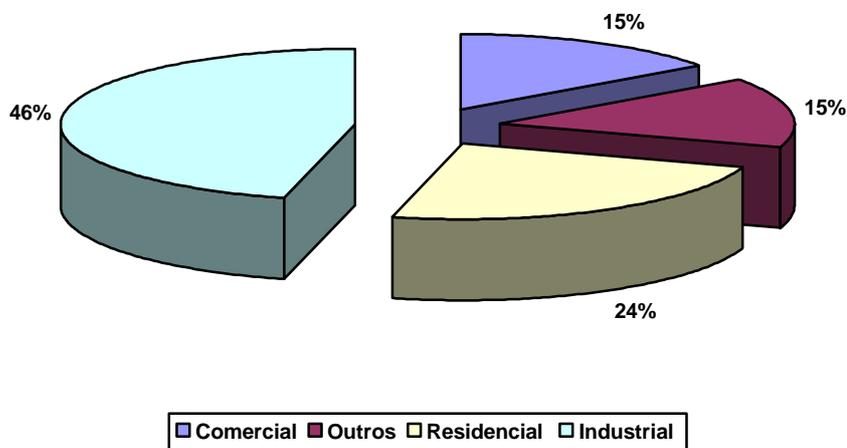
Fonte: de Bioconstruccion, (Madrid, 1996), Sofia Bealing & Stefan, e Philip Steadman apud Adam (2001).

Se por um lado há a questão das perdas na geração e distribuição de energia. No Brasil, entre a geração e o consumo, aproximadamente 16% da energia elétrica são desperdiçados, sendo que a transmissão responde por 30% e a distribuição por 70% desse total de desperdício. Por outro, há desperdícios decorrentes do mau uso da energia elétrica (DUMKE et al., 1999).

Porém existe um grande potencial de melhora, uma vez que como afirma Mascaró (1992):

O Brasil tem um clima favorável do ponto de vista [do] consumo energético dos edifícios. De um lado, sua abóbada celeste é uma das mais luminosas do mundo, permitindo, nos edifícios bem projetados, a dispensa da iluminação artificial na maioria das horas do dia. Por outro lado, a diferença entre as temperaturas de conforto (entre 20 a 25°) e a do meio ambiente, também é das menores do mundo... As diferenças térmicas do ar nas cidades brasileiras – de Brasília ao Sul – permitem o funcionamento confortável dos edifícios com um mínimo de despesa energética, se o binômio ‘edifício-instalação’ estiver adequadamente concebido.

Segundo Brasil (2005) o consumo de energia elétrica pode ser dividido em classes de consumidores. São eles: residencial, comercial, industrial e outros (que reúne as subclasses poderes públicos, serviços públicos, iluminação pública, consumo próprio e rural). A participação de cada classe no consumo energético é mostrada no Gráfico 3:



**Gráfico 3 – Percentual de participação das classes de consumo de energia em 2004 no Brasil**  
Fonte: Brasil (2005).

O consumo energético nas edificações comerciais está fortemente ligado aos dispositivos artificiais de geração de conforto ambiental. Pesquisas realizadas neste setor identificam que os sistemas de iluminação artificial e ar condicionado representam 70% do consumo energético total destas edificações (ROMERO, 1997 apud GONÇALVES, 2004).

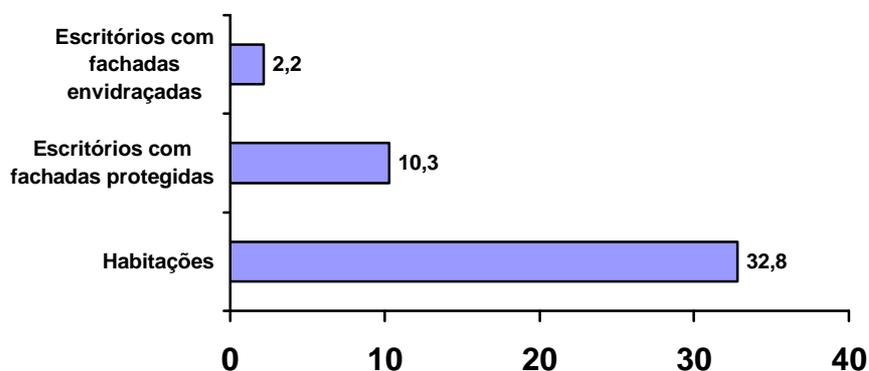
Sistemas de iluminação e de climatização artificial passaram a ser largamente utilizados, dando ao projetista uma posição bastante cômoda perante os problemas de adequação do edifício ao clima. Foram surgindo verdadeiros colossos arquitetônicos, submetidos a uma hemorragia energética e econômica (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997, p. 18).

Mascaró (1992) afirma que o processo da produção do edifício não é extremamente consumidor de energia, mesmo incluindo a fabricação e o transporte dos materiais das fábricas até as obras.

É uma indústria de baixo conteúdo tecnológico, de baixa intensidade de capital e, conseqüentemente, de baixo consumo energético... Mas, como a vida útil de seus produtos é muito longa, o mesmo não acontece com o consumo no período de utilização dos bens produzidos por ela (MASCARÓ, 1992).

Neste sentido, o problema energético na edificação, relaciona-se principalmente à utilização dos edifícios durante sua vida útil. Segundo Mascaró (1992, p. 15) o problema mais crítico, no entanto, aparece nos edifícios de escritórios climatizados artificialmente, que em média chegam a consumir na sua vida útil vinte e três vezes mais energia que a necessária para sua produção.

O Gráfico 4, mostra o período (em anos) no qual o edifício em uso consome a mesma quantidade de energia utilizada na sua produção:



**Gráfico 4 – Período (em anos) no qual o edifício em uso consome a mesma quantidade de energia utilizada na sua produção.**

Fonte: Mascaró (1992).

De acordo com o que foi dito e diante da situação mostrada acima, percebe-se a importância de estudos que avaliem a utilização de dispositivos de sombreamento de fachadas. A utilização de dispositivos de proteção solar, que reduzem os ganhos térmicos decorrentes da insolação direta nas edificações, representa uma estratégia de diminuição de consumo energético. Frota (2004) reforça esta informação quando afirma que é importante destacar o controle da insolação como um importante recurso para redução de uso da energia com os sistemas de condicionamento térmico artificial, principalmente nos setores comercial, de serviços e públicos.

Por fim, cabe salientar que o aumento da eficiência energética e a conseqüente redução no ritmo de crescimento do consumo de energia permitirão ganhar tempo para poder decidir amanhã diante de uma gama mais ampla de tecnologias. Além disso, muito provavelmente, a redução da intensidade de consumo energético é hoje a maneira mais eficaz de lutar contra a

poluição, de preservar o meio ambiente e de evitar a destruição do patrimônio natural (ELETROBRÁS/PROCEL, 2002).

### **2.2.1 Simulação computacional de desempenho termo-energético em edificações**

Após a crise do petróleo dos anos 1970 diversos países direcionaram recursos e linhas de pesquisa para o desenvolvimento de fontes alternativas de energia e sistemas mais eficientes.

“Países da Europa e os Estados Unidos, fortemente dependentes do petróleo para o suprimento de energia elétrica, começaram a financiar iniciativas que promovessem o desenvolvimento de edificações mais eficientes, sejam elas já construídas (mediante reformas) ou em fase de projeto (adotando-se alternativas que proporcionassem menor consumo de energia).” (MENDES et. al., 2005 p. 48)

Os *softwares* de simulação termo-energética em edificações são ferramentas que permitem aos profissionais engenheiros e arquitetos a avaliação de fenômenos complexos. “Geralmente, problemas deste tipo envolvem cálculos matriciais e iterações que dificultam a resolução manual” (LABEEE, 2006).

“Avaliar o desempenho energético de edificações é uma tarefa complexa que envolve grande quantidade de variáveis interdependentes e conceitos multidisciplinares. O advento do computador foi fundamental para o desenvolvimento dos modelos físicos que representam o comportamento térmico e energético de edificações, permitindo a simulação de diferentes cenários.” (MENDES et. al., 2005 p. 48)

A utilização destas ferramentas, que possuem inúmeros recursos e aplicações, traz inúmeras vantagens, por exemplo: a simulação da evolução de variáveis ambientais no interior da edificação; a identificação de alternativas de melhoria na eficiência energética da edificação; a estimativa de redução de consumo e demanda de energia a partir da implementação de medidas de conservação; rapidez, baixo custo e precisão dos resultados de simulações se comparado aos outros métodos disponíveis (LABEEE, 2006).

Apesar de nas últimas décadas diversos programas de simulação térmica e energética de edificações foram desenvolvidos em diferentes países com o intuito de auxiliar arquitetos,

engenheiros e projetistas na elaboração de edificações com maior nível de eficiência energética, a utilização de tais ferramentas por profissionais e escritórios de projeto não teve um crescimento tão expressivo quanto o aumento na quantidade de programas disponíveis (WHESTEPHAL, 2005, p. 2183). Mendes et. al. (2005) salientam que “... as ferramentas computacionais ainda são empregadas apenas em centros de pesquisa de universidades e institutos, com pouca transferência de tecnologia para o setor de projetos, ou seja, os escritórios de engenharia e arquitetura.”

Devido ao grande número de variáveis envolvidas para avaliar o desempenho energético de edificações, foram desenvolvidos programas como o DOE, BLAST (*Building Loads Analysis and System Thermodynamics*), ESP e *Energyplus*, que fazem simulações com dados climáticos, permitindo uma avaliação econômica através do consumo de energia das diversas opções simuladas (LAMBERTS et al., 1997).

Segundo Mendes et. al. (2005), as primeiras ferramentas foram desenvolvidas em computadores do tipo *mainframe* (anos 1970) e o programa *NBSLD*, desenvolvido nos Estados Unidos é citado como referência. Em seguida, surgiram as estações de trabalho (*workstations*) – em ambiente *Unix*, quando foram desenvolvidas algumas ferramentas utilizadas até hoje – *DOE-2*, *BLAST*, *RADIANCE* e *ESP-r*. “Nos anos 1990, com a utilização do sistema operacional *Windows*, programas mais modernos e complexos puderam ser desenvolvidos, tais como *EnergyPlus*, *FLUENT*, *CFX* e *PHOENIX*.” (MENDES, et. al., 2005)

“Esses programas, a exemplo do BLAST e DOE-2, realizam análise energética de uma edificação, baseada na simulação das cargas térmicas resultantes da configuração construtiva e dos sistemas de condicionamento e demais equipamentos existentes” (BATISTA, 2005).

Para o processo de simulação termo-energética do presente trabalho, escolheu-se o *software EnergyPlus*. Segundo Westphal (2006), o *EnergyPlus* corresponde a um programa de simulação térmica e energética de edificações integrada com os seus sistemas, através do

qual pode-se desenvolver estudos para melhoria da eficiência energética de edificações existentes ou em fase de projeto.

O *software EnergyPlus* adota os dois principais recursos do DOE-2 e BLAST (MENDES et. al, 2005);(US, 2006), foi desenvolvido em conjunto por: U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories (CERL), University of Illinois (UI), Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), Oklahoma State University (OSU), GARD Analytics e Department of Energy (DOE). Trabalha com programas de iluminação natural e novos algoritmos de transferência de calor e fluxo de ar de zonas combinados com o balanço de calor do IBLAST (CRAWLEY et al., 2004 apud SANTANA, 2006).

“O *Energyplus* permite que o usuário solicite diversos relatórios, com dados estimados durante o processo de simulação, incluindo temperatura interna de cada zona térmica, consumo de energia por uso final e carga térmica retirada pelo sistema de condicionamento de ar” (SANTANA, 2006, p. 24).

Por meio de arquivos climáticos de dados horários, o *EnergyPlus* calcula as temperaturas internas em edifícios não condicionados, bem como as cargas de aquecimento e resfriamento necessárias para manter o controle da temperatura no dimensionamento dos sistemas de condicionamento de ar, verificando o consumo energético resultante. Além disso, o programa permite análises de cargas térmicas advindas de componentes construtivos, possibilitando a verificação de desempenho térmico de diferentes tipologias de edificações (BATISTA, 2005).

Com o *EnergyPlus* são abordados dois parâmetros importantes para simulação computacional, a saber: o arquivo de dados climáticos, em formato TRY<sup>3 4</sup> (*Test Reference Year*); e um modelo simplificado que represente a edificação em estudo.

---

<sup>3</sup> Santana (2006) salienta que a maioria dos programas computacionais para análise termo-energética de edificações utiliza arquivos com dados climáticos horários de um ano para representar a influência do ambiente externo sobre a edificação. No caso de *Energyplus* o formato de arquivo de dados climáticos é o TRY (Test Reference Year).

<sup>4</sup> As variáveis do TRY incluem: Mês, dia e hora; temperatura de bulbo seco; temperatura de bulbo úmido; temperatura de solo, velocidade do vento, direção do vento; pressão barométrica; quantidade de nuvens; tipo de nuvens, altura das nuvens e radiação solar, por exemplo.

A elaboração dos arquivos climáticos TRY consiste num critério de eliminação de anos de dados. Estes parâmetros contém temperaturas mensais extremas, até resultar em um ano de referência em relação ao clima local (GOULART, 1993 apud Santana, 2006).

Assim sendo, a simulação termo-energética em consequência das vantagens já expostas acima, caracteriza-se por ser uma ferramenta que poderá ser utilizada na avaliação do desempenho para eficiência energética da utilização dos dispositivos de proteção solar em edifícios de escritório.

## 2.3 O CONTEXTO DA CIDADE DE MACEIÓ/AL

### 2.3.1 Caracterização



**Ilustração 1 - Mapa do Brasil com a localização da cidade de Maceió-AL.**

Fonte: IBGE (2006), adaptado pelo autor (2006).

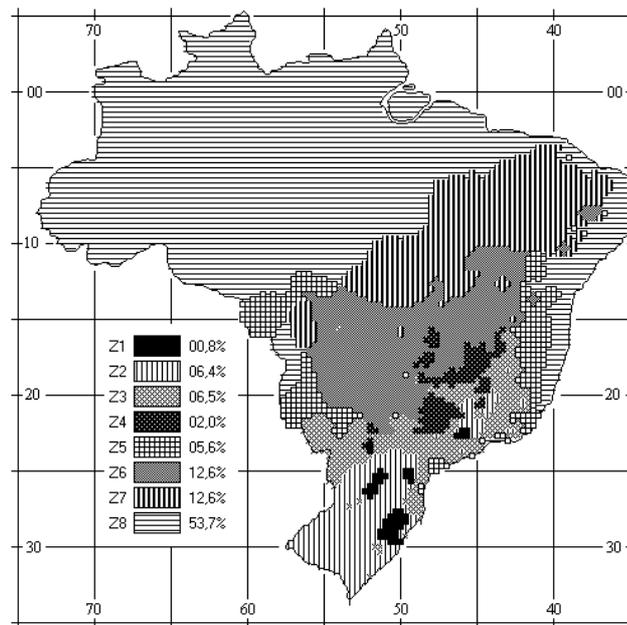
Fundada em 1815, numa estreita faixa de terra entre a Lagoa Mundaú e o Oceano Atlântico do nordeste do Brasil, a cidade de Maceió é a capital do estado de Alagoas (AL). Tem uma população de cerca de 800 mil habitantes (Brasil, 2000), está situada sobre um platô costeiro sedimentário com quatro diferentes altitudes, em relação ao nível do mar, que variam de 4m a 80m (CABÚS, 2002).

A cidade está localizada a  $9,65^{\circ}$  de latitude Sul e  $37,70^{\circ}$  de longitude Oeste inserida em região de clima tropical quente e úmido. Apresenta elevada umidade do ar, além de

pequenas variações de temperatura entre o dia e a noite. A temperatura média anual é de 25,4° C e as variações diárias são inferiores a 8° C. (PEIXOTO; BITTENCOURT, 2003).

Com relação à umidade, Maceió apresenta média anual de 78,3%, que atinge seu maior pico no mês de Maio quando chega a uma média mensal de 82,6%. O mês de Novembro apresenta a menor média (74,7%), e mesmo na estação seca, os valores de umidade relativa continuam altos (CABÚS, 2002).

De acordo com o Zoneamento Climático Brasileiro<sup>5</sup> de 2005, a cidade é integrante da Zona 8, ver Mapa 1:



**Mapa 1 – Zoneamento climático brasileiro.**

Fonte: Brasil (2005).

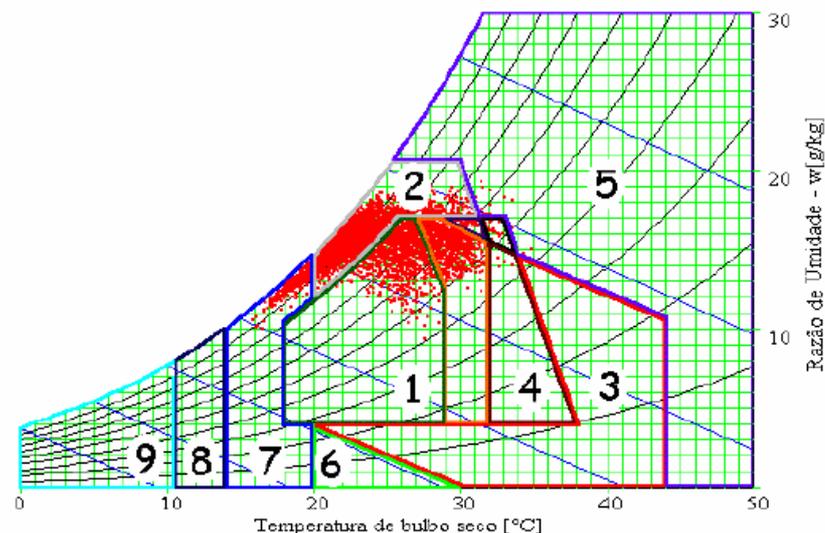
A condição típica do céu da cidade é parcialmente nublado. Ocorrências de céu claro são raras, em média 4,5% e o percentual de céu nublado corresponde a índice acima dos 15% (BITTENCOURT, 1993 apud CÂNDIDO, 2006). A baixa latitude propicia grande

<sup>5</sup> O zoneamento bioclimático é um instrumento que tem por objetivo facilitar a definição de estratégias de projeto de arquitetura que se adequem às características dos diversos climas do país para atender as necessidades de conforto dos moradores. O zoneamento climático brasileiro foi apresentado pela norma ABNT NBR 15.220-3, aprovada em 30 de maio de 2005. (BRASIL, 2005).

intensidade de radiação solar, no verão a média do período de insolação é de 7,9 horas/dia, diminuindo para 5,8 horas/dia (CÂNDIDO, 2006).

### 2.3.2 Estratégias bioclimáticas para edificações em Maceió

Nos climas quentes e úmidos, as edificações devem evitar ganhos de calor externo, enquanto dissipam aqueles produzidos no seu interior (KOENIGSBERGER et al., 1974 apud CÂNDIDO, 2006).



1- Zona de Conforto; 2 - Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 4 - Massa Térmica para Resfriamento; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação; 7 - Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial

**Gráfico 5 – Carta bioclimática para a cidade de Maceió-AL.**

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997).

De acordo com Corbella e Yannas (2003, p. 37), as estratégias de projeto para conseguir um bom nível de conforto térmico em clima tropical úmido são: (1) *controlar os ganhos de calor*; (2) *dissipar a energia térmica do interior do edifício*; (3) *remover a umidade em excesso e promover o movimento de ar*.

Para complementar a ventilação - apontada segundo Cândido (2006) como a estratégia bioclimática mais eficiente para o clima de Maceió, destaca-se a importância do sombreamento das aberturas para diminuir os ganhos térmicos provenientes da radiação solar excessiva.

Em regiões de baixa latitude, como é o caso da cidade de Maceió, a radiação solar representa uma importante parcela no calor total que atinge as edificações. Parte desta radiação pode ser obstruída através da utilização dos dispositivos de proteção solar. As características climáticas da cidade indicam a utilização da ventilação natural e da proteção solar como estratégias eficientes na redução do consumo energético das edificações (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

Diante disso, a utilização dos dispositivos de proteção solar corresponde a uma das estratégias bioclimáticas de projeto mais indicadas para Maceió, em decorrência dos aspectos climáticos e geográficos desta cidade. Neste sentido a inclusão de protetores solares poderá contribuir para o incremento do conforto ambiental e eficiência energética das edificações da referida cidade.

### **2.3.3 Edifícios de Escritório na cidade de Maceió**

As informações apresentadas neste item baseiam-se em dois estudos já realizados na Universidade Federal de Alagoas. O primeiro deles corresponde ao 1º Relatório do CT-Energ<sup>6</sup> sobre a cidade de Maceió. Este trabalho faz parte de uma pesquisa nacional que tem o objetivo de avaliar o desempenho térmico das diversas alternativas construtivas de edifícios de escritórios.

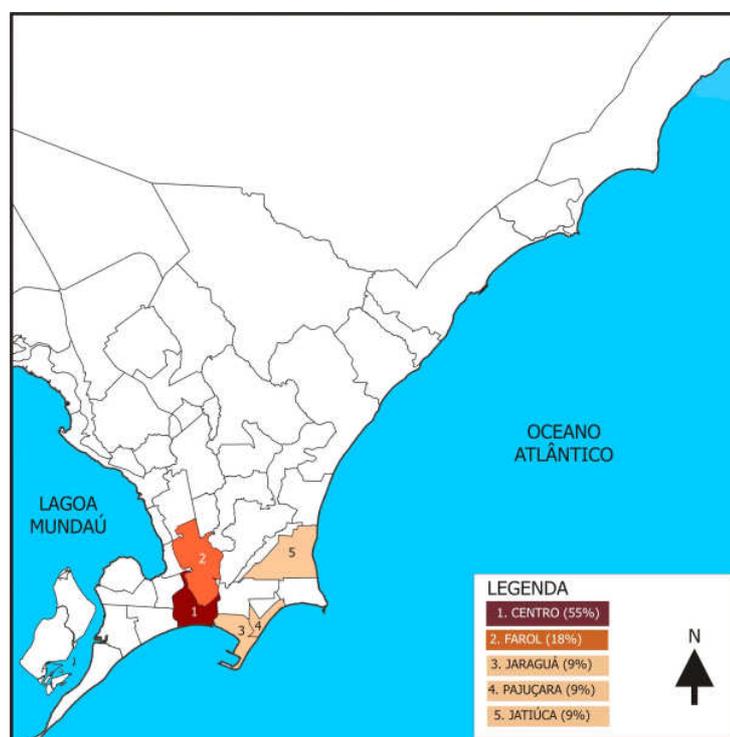
---

<sup>6</sup> Consistiu no levantamento das tipologias existentes nos edifícios de escritórios em várias cidades do Brasil, com mais de cinco pavimentos, devido à existência de elevador, com o objetivo de avaliar o desempenho térmico das diversas alternativas construtivas de edifícios de escritórios.

A segunda obra de referência trata-se da dissertação de mestrado de Candido (2006), que avaliou o Código de Obras de Maceió quanto às recomendações arquitetônicas relacionadas ao conforto térmico e a eficiência energética em edificações de escritório, com ênfase nos parâmetros construtivos relativos à ventilação natural.

Na cidade de Maceió os edifícios de escritórios caracterizam-se por construções verticais que abrigam atividades relacionadas aos mais diversos setores da economia, desde profissionais autônomos como advogados e médicos até as empresas da construção civil. A data de implantação e localização destes empreendimentos diferenciam-se de acordo com as centralidades formadas na cidade ao longo do tempo (CÂNDIDO, 2006).

O 1º Relatório do CT-ENERG identificou um total de 11 edifícios de escritório de médio porte<sup>7</sup>, que se encontram distribuídos de acordo com o Mapa 2:



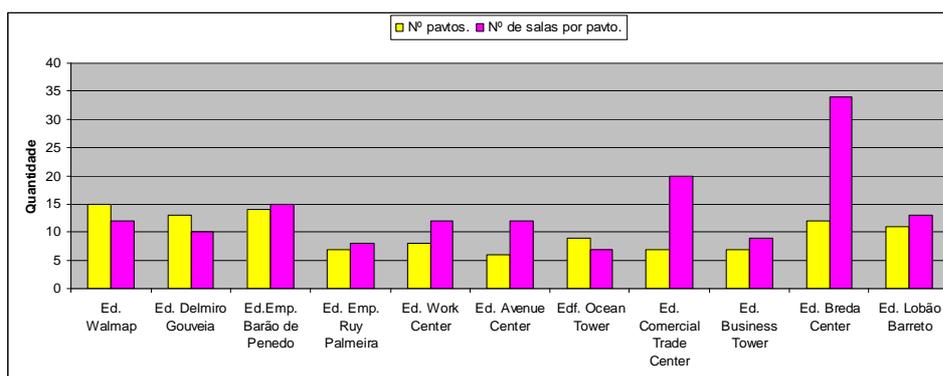
**Mapa 2 – Localização e concentração dos edifícios comerciais de escritório por bairros em Maceió.**  
 Fonte: 1º relatório do CT-Energ, ilustração do autor (2006).

<sup>7</sup> Aquelas edificações que possuem número igual ou superior a cinco pavimentos

Os dados coletados foram sistematizados pelo autor, em tabelas informativas. Ver anexo A.

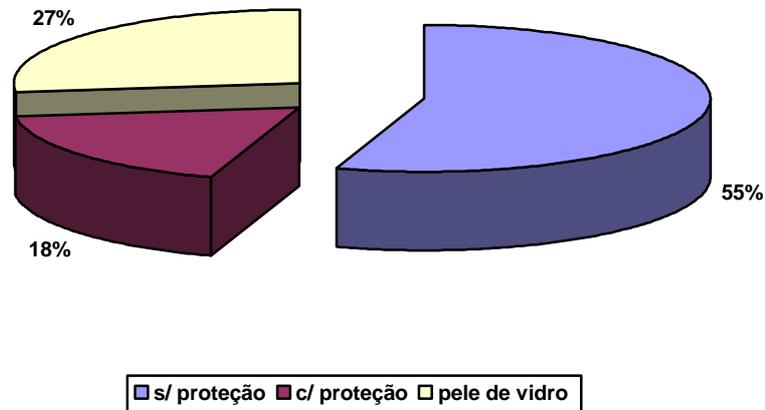
O Mapa 2 mostra que a maior concentração dessas edificações encontra-se no bairro do Centro (55%), seguida de 18% no bairro do Farol e o restante está distribuído nos bairros de Jaraguá, Jatiúca e Pajuçara, cada bairro com 9% do número total de edificações.

“Em relação ao tamanho das edificações, a quantidade de pavimentos varia entre 7 e 15, sendo a quantidade de salas por andar entre 8 e 34 unidades” (CÂNDIDO, 2006). Ver Gráfico 6:



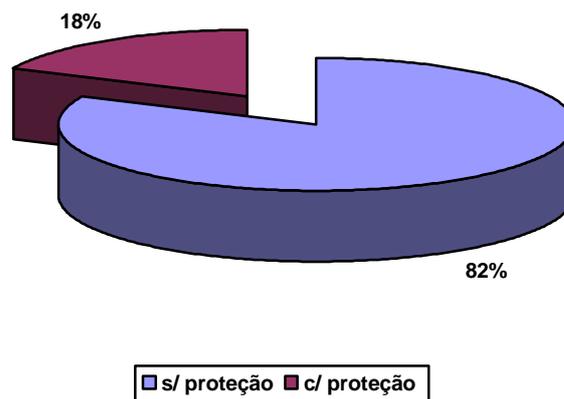
**Gráfico 6 – Gabarito das edificações de escritório de Maceió associada à quantidade de salas do edifício.**  
Fonte: Cândido (2006).

Com relação à tipologia construtiva adotada e a presença de dispositivos de proteção solar, como bem afirma Cândido (2006): “... a preocupação com a adequação ambiental não parece fazer parte do repertório dos projetos”, apenas 18% dos casos apresentam algum tipo de proteção solar. Ver Gráfico 7:



**Gráfico 7 – Tipologia de fachada dos edifícios de escritórios de Maceió/AL.**  
 Fonte: 1º relatório do CT-Energ, adaptado pelo autor (2006).

Considerando que fachadas do tipo “pele de vidro” enquadram-se na tipologia de fachada sem dispositivos de proteção solar, pode-se elaborar um outro gráfico que possibilita a visualização sobre a dimensão correta da proporção de empreendimentos nos quais esta importante ferramenta de adequação climática foi desconsiderada. Ver Gráfico 8:



**Gráfico 8 – Proporção de fachadas protegidas x fachadas desprotegidas (sem proteção e pele de vidro).**  
 Fonte: 1º relatório do CT-Energ, adaptado pelo autor (2006).

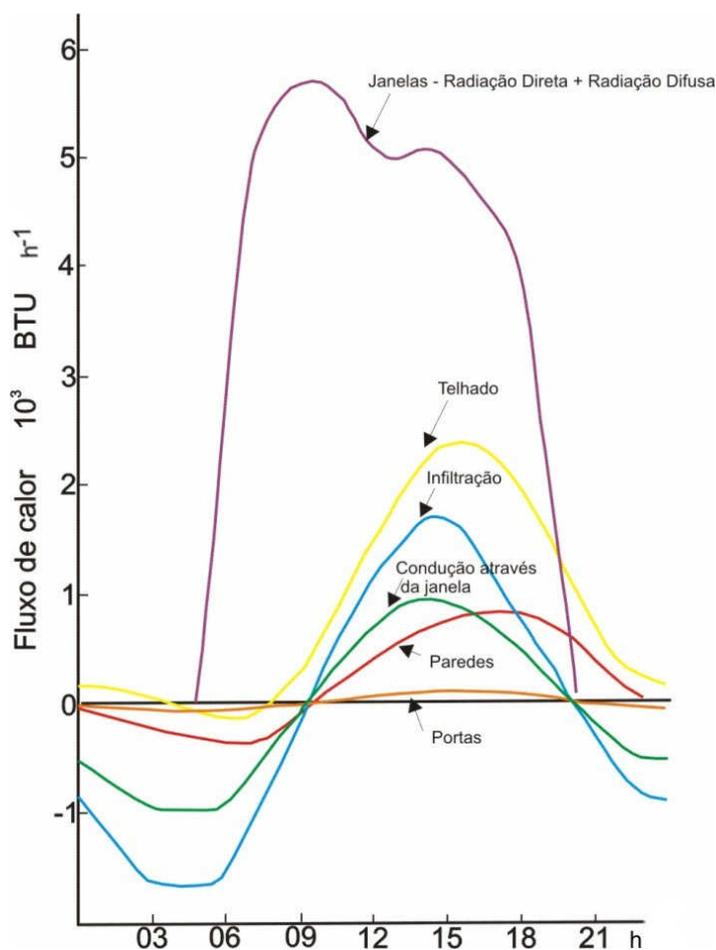
No clima de Maceió, essas edificações funcionam como verdadeiras estufas, aquecendo-se ao longo do dia, sem dissipar o calor acumulado durante a noite e dependem fortemente dos aparelhos de refrigeração artificial para permitir sua ocupação. Nestes casos, os sistemas de refrigeração podem ser sobrecarregados, consumindo-se mais energia para manter as condições de temperatura interna para os usuários (CÂNDIDO, 2006).

## 2.4 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O envoltório de uma construção desempenha o papel de filtro entre o ambiente interno e externo, controlando a entrada de ar, calor, frio, luz, sons e odores. Acredita-se que temperatura do ar, vento e sons são melhores controlados pela própria parede, enquanto que a luz é mais facilmente controlada por meios internos à construção e, a radiação de calor é eficientemente bloqueada antes que ela alcance o envoltório construído (OLGYAY, 1973).

Ou seja, o sombreamento obtido com os dispositivos de proteção solar deverá ocorrer antes que a carga térmica solar incidente entre em contato com a fachada da edificação.

A importância do controle solar pode ser observada comparando a quantidade de calor que entra na edificação através de seus diferentes componentes (OLGYAY, 1973). Ver Gráfico 9:



**Gráfico 9 – Fluxo de calor de diferentes componentes construtivos.**  
 Fonte: Olgyay (1973), adaptado pelo autor (2006).

O Gráfico 9 apresenta o fluxo de calor total de diferentes componentes construtivos de uma mesma edificação<sup>8</sup>. Percebe-se que nas janelas o fluxo de calor apresenta os maiores índices.

Olgyay (1973, p. 63) afirma que as fachadas tipo “pano de vidro” absorvem todas as variações ambientais, oferecendo apenas uma proteção de 12% da radiação incidente. É evidente que as janelas são responsáveis pelas maiores quantidades de calor que entram na edificação, e por este motivo, em seu método de sombreamento estão as maiores oportunidades de melhorar a performance (OLGYAY, 1973, p. 74).

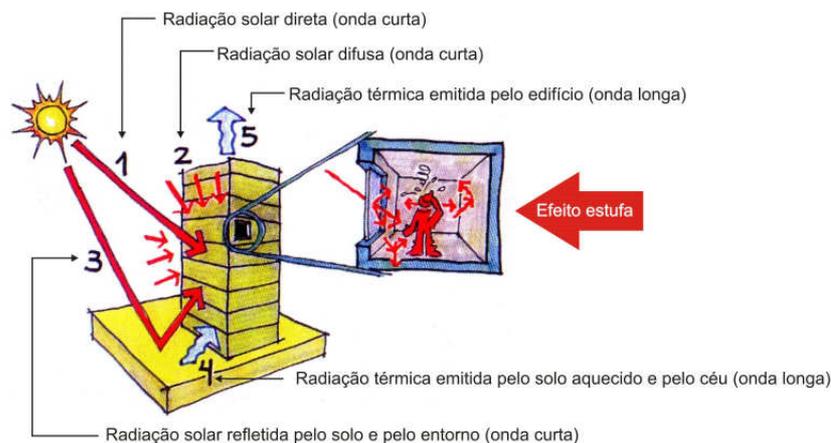
<sup>8</sup> O Gráfico, fruto de um estudo realizado por Olgyay (1973), refere-se a uma edificação num dia típico de verão (junho) em Nova York.

“A desconsideração dos critérios de orientação, em relação aos eixos eliotérmicos, e da relação entre eixo do edifício e geometria do sol pode levar a soluções de alto consumo energético na edificação” (MASCARÓ, 1992, p. 27).

Brown e Dekay (2004) afirmam que a quantidade de radiação solar transmitida através da pele de uma edificação é uma função da radiação disponível e da área, orientação e características de transmissão de calor da pele exposta.

Se por um lado o ganho térmico solar das superfícies opacas possa ser grande, especialmente através de telhados mal isolados, ele é geralmente pequeno se comparado ao ganho solar obtido através dos vidros, que pode chegar a 85% da radiação incidente (BROWN; DEKAY, 2004, p. 71).

Como Olgyay (1973), Lamberts, Dutra e Pereira (1997) afirmam que a radiação solar é um dos mais importantes contribuintes para o ganho térmico nos edifícios. Além disso, A radiação solar é a principal fonte de luz natural (LAMBERTS, et. al., 1997). Os autores dividem a transferência de calor por radiação em cinco partes. Ver Ilustração 2:



**Ilustração 2 – Trocas de calor em edifícios e efeito estufa<sup>9</sup>**  
 Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997), adaptado pelo autor (2006).

<sup>9</sup> A radiação solar de onda curta que entra por uma abertura no edifício incide nos corpos, que se aquecem e emitem radiação de onda longa. O vidro, sendo praticamente opaco à radiação de onda longa, não permite que o calor encontre passagem para o exterior, superaquecendo o ambiente externo. Este fenômeno é conhecido como efeito estufa. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

De acordo com Bittencourt (2000), as fachadas envidraçadas (causadoras do efeito estufa), sobrecarregam os sistemas de ar condicionado. O autor salienta que a colocação de cortinas para evitar a forte insolação reduz a luminosidade natural e elimina a maior vantagem do vidro: a visibilidade para o exterior.

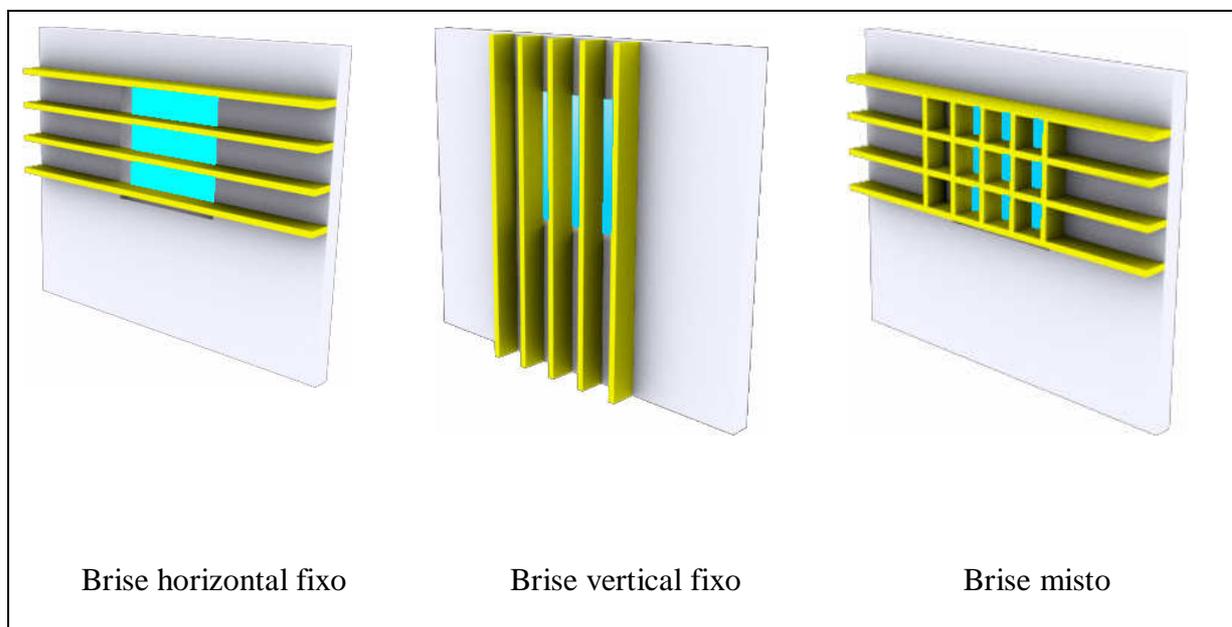
O brise-soleil, ou quebra sol, representa um dispositivo cuja função é sombrear, com o objetivo de reduzir a incidência de Sol sobre uma construção, ou sobre espaços exteriores, de modo a obter-se melhores condições de temperatura e controle da incidência de luz solar, que pode provocar problemas tanto de iluminação – contrastes e ofuscamentos – e de sobreaquecimento, como de deterioração/fotodegradação dos objetos expostos. Bem estudado sob o ponto de vista geométrico, representa importante recurso para o controle de ganhos de calor solar, com redução nos sistemas de ar-condicionado e conseqüentemente conservação de energia. Sendo uma proteção bem dosada, pode permitir adequado uso da luz natural, com aproveitamento da luz refletida por seus elementos. Pode se construir em elementos com expressivo resultado estético (FROTA, 2004, p. 163).

*Brise-soleil* é uma expressão francesa cuja tradução literal seria quebra-sol, embora seja comum a utilização em português apenas da palavra *brise*, ou simplesmente *protetor solar*. Albernaz e Lima (2000) conceituam *brise* como um anteparo composto por uma série de peças, em geral placas estreitas e compridas, colocado em fachadas para reduzir a ação direta do sol. Salientam também a importância da utilização dos protetores solares em edifícios situados em regiões de clima quente.

Existem vários tipos de protetores solares, que variam quanto ao movimento e quanto à posição que ocupam nas fachadas. Bittencourt (2000, p. 51) classifica-os como *móveis* ou *fixos*, quanto ao movimento; e, *verticais*, *horizontais* e *mistos*, com relação à posição que ocupam nas fachadas.

Além das tipologias acima citadas, cabe identificar uma lista que Frota (2004) classifica como dispositivos de proteção solar: *varanda*, *marquise*, *sacada*, *telas especiais*, *toldos*, *pérgulas*, entre outros.

No presente trabalho serão tratados de forma mais detalhada os protetores solares do tipo *horizontal fixo*, *vertical fixo* e *misto*, segundo classificação de Bittencourt (2000). Ver Ilustração 3:



**Ilustração 3 – Tipologias de dispositivos de proteção solar.**

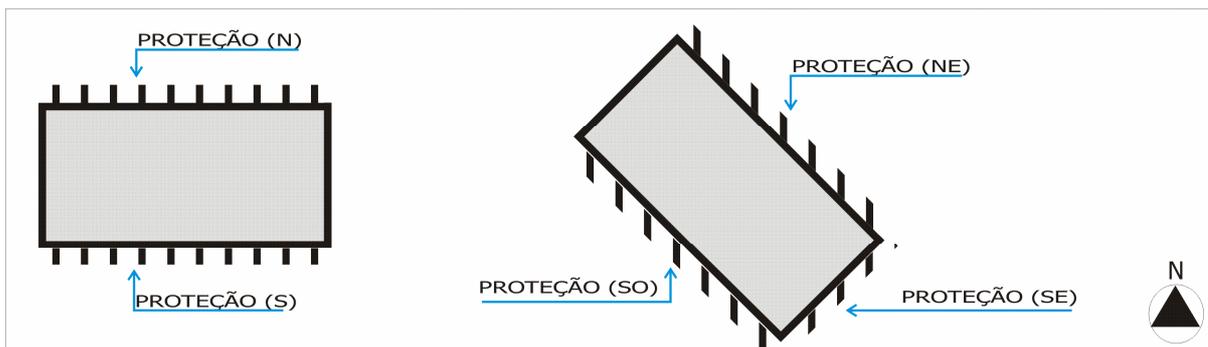
Fonte: Bittencourt (2000), ilustração do autor (2006).

Deve-se ainda ressaltar que, como afirma Frota (2004), os protetores solares além de serem utilizados como proteção para envidraçados, poderão também desempenhar importante papel diante de paredes e coberturas opacas.

A seguir, nos itens 2.4.1, 2.4.2, e 2.4.3, serão tratados os protetores solares do tipo vertical, horizontal e misto, todos fixos, de acordo com a classificação de Bittencourt (2000).

#### **2.4.1 Protetor solar vertical fixo**

Os protetores solares do tipo vertical fixo correspondem a placas fixas situadas perpendicularmente em relação ao plano horizontal. “De uma forma geral os protetores verticais fixos são mais eficientes nas fachadas onde a maior parte de incidência se afasta da perpendicular à fachada (fachadas norte, sul, sudeste, nordeste e sudoeste)” (BITTENCOURT, 2000, p.51).



**Ilustração 4 – Fachadas nas quais os protetores solares verticais são mais eficientes<sup>10</sup>.**

Fonte: O Bittencourt (2000), ilustração do autor (2006).

Com relação aos materiais mais utilizados para execução desta tipologia de proteção solar, podem ser destacados: *placas de concreto armado, placas de concreto celular, chapas de aço, chapas de aço perfuradas, perfis de alumínio*, podendo ser utilizadas *telas* e até *vidro* ou *policarbonato*. “Há, também, as soluções com elementos verticais paralelos ao plano da fachada, os quais podem ser constituídos de materiais que permitem certa visibilidade para o exterior, como tela, vidro, chapa perfurada, policarbonato<sup>11</sup>” (FROTA, 2004). Ver Ilustração 5:



**Ilustração 5 – Fotografia de fachada que possui protetor solar vertical fixo – Sede da Socôco, Maceió/AL.**

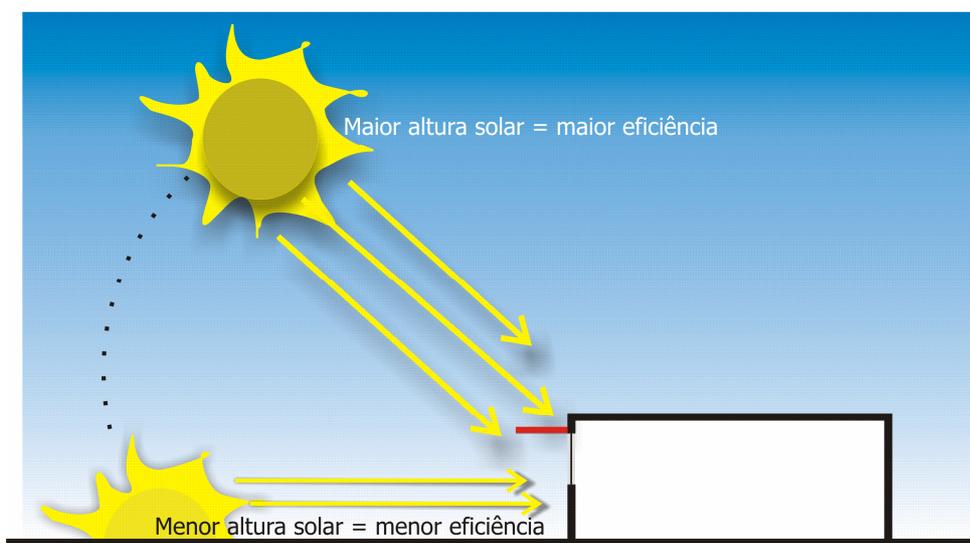
Fonte: O autor (2006).

<sup>10</sup> O ângulo do protetor solar com à superfície protegida varia de acordo com a orientação geográfica de cada fachada.

<sup>11</sup> Nestes casos a autora recomenda uma certa distância entre a proteção solar e o plano da fachada: “recomenda-se pelo menos 60 cm, e a facilidade da formação de uma corrente de ar ascendente nesse espaço deve ser proporcionada, devendo, portanto, ser evitada a interrupção por lajes que se estendam até o plano da proteção solar” (FROTA, 2004).

### 2.4.2 Protetor solar horizontal fixo

Os protetores solares do tipo horizontal fixo correspondem a placas cujos eixos horizontais estão paralelos à fachada a ser protegida e também ao plano horizontal. Segundo Bittencourt (2000) este tipo de proteção é mais eficiente nas horas do dia em que o sol está mais alto e menos eficiente nas horas próximas ao nascer e pôr do sol. Ver Ilustração 6:



**Ilustração 6 – Eficiência do protetor solar horizontal x altura solar.**

Fonte: Bittencourt (2000), ilustração do autor (2006).

Frota (2004) chama atenção para um aspecto importante da utilização dos dispositivos de proteção horizontal com relação à preocupação que o projetista deve ter ao tentar controlar em demasia os ganhos de calor solar:

Muitas vezes, no afã de controlar os ganhos de calor solar, opta-se por um sistema de brise-soleil que reduz em demasia o aproveitamento de luz solar, resultando em necessidade de manter o sistema de iluminação artificial ligado mesmo em dias e horários de grande disponibilidade de luz natural<sup>12</sup> (FROTA, 2004, p.170).

<sup>12</sup> Nestes casos a autora identifica uma alternativa de proteção solar que funciona como prateleira de luz – light shelf.



**Ilustração 7 – Fotografia da fachada do Ed. Copan.**

Fonte: [http://db.bbc.co.uk/languages/brazil\\_insideout/images/wallpapers/cristinaomascaro](http://db.bbc.co.uk/languages/brazil_insideout/images/wallpapers/cristinaomascaro), acessado em 03/10/06.

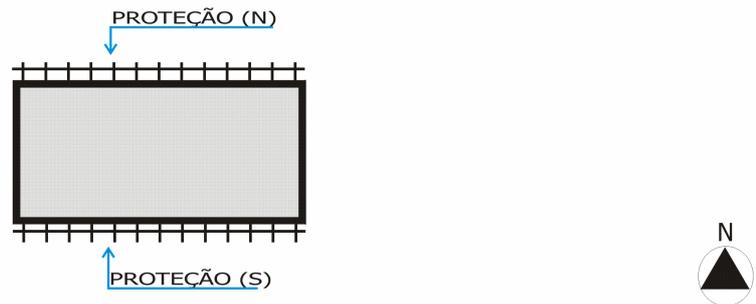


**Ilustração 8 - Fotografia de fachada que possui protetor horizontal fixo – UNIMED, Maceió/AL.**

Fonte: O autor (2006).

### **2.4.3 Protetor solar misto**

Os protetores solares do tipo mistos (ou compostos) correspondem a combinações simultâneas de protetores verticais com horizontais. Nas fachadas norte e sul, por exemplo, os protetores mistos se apresentam como os mais indicados (BITTENCOURT, 2000). Ver Ilustração 9:



**Ilustração 9 – Fachadas nas quais os dispositivos de proteção solar misto são mais indicados.**

Fonte: Bittencourt (2000), ilustração do autor (2006).

Brown e Dekay (2004) nomeiam esta tipologia de proteção solar como *grelhas*. Os autores afirmam que estes dispositivos combinam tanto as vantagens dos *brises horizontais* quanto dos *verticais*.

“Como qualquer outra solução, a composição de placas horizontais e verticais deve ser devidamente estudada e todas as recomendações para obter eficiência devem ser consideradas” (FROTA, 2004, p. 171). Ver Ilustração 10 e Ilustração 11:



**Ilustração 10 - Foto da fachada do Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro/RJ.**

Fonte: <http://www.fernandoalexim.com/images/fotografia/mec/04.jpg>, acessado em 03/10/06



**Ilustração 11 - Foto da fachada da Casa da Indústria, Maceió/AL.**  
Fonte: O autor (2006).

Além de sua função primordial - *aspecto funcional*, que corresponde à redução nos ganhos térmicos gerados pela incidência solar, os dispositivos de proteção solar possuem uma série de características e propriedades que devem ser observadas pelo projetista. Um bom exemplo disso são os efeitos decorativos e plásticos que a sua utilização podem proporcionar à edificação. Gutierrez (2005) cita como exemplo de funções secundárias dos protetores solares o controle do excesso de luminosidade, a visibilidade para o exterior e a ventilação da edificação.

As passagens que seguem reforçam a idéia deste autor, por entender que os dispositivos de proteção solar correspondem a artifícios arquitetônicos que extrapolam seu aspecto meramente funcional, relacionada a redução das cargas térmicas:

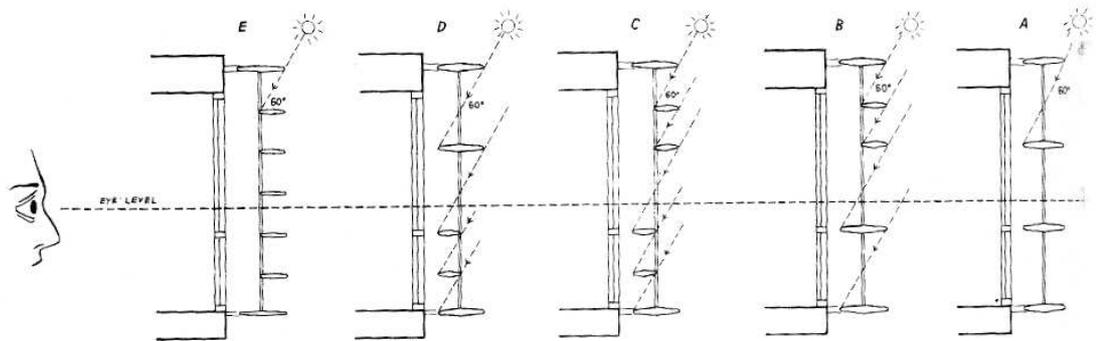
“Além do seu aspecto funcional, tem ainda efeito decorativo, tendo sido um elemento muito marcante como meio de expressão plástica em muitos dos edifícios que introduziram o modernismo no Brasil” (ALBERNAZ; LIMA, 2000, p. 99).

“O quebra-sol ou brise-soleil pode representar um recurso de composição de grande riqueza quanto ao resultado estético...” (FROTA, 2004).

#### 2.4.4 O projeto de dispositivos de proteção solar

Bittencourt (2000) afirma que vários aspectos merecem ser considerados no momento de definição dos tipos de protetores a serem projetados. O autor destaca alguns destes aspectos: *eficiência, plasticidade, privacidade, luminosidade, ventilação, visibilidade, durabilidade, custos de implantação e manutenção*, entre outros. “A combinação adequada desses vários fatores nos indicará qual a solução mais indicada para cada caso” (BITTENCOURT, 2000, p. 55).

A correta definição dos dispositivos de proteção solar não reduz as opções a serem tomadas pelo projetista: “Os elementos sombreadores podem variar em tamanho sem alterar suas características protetoras, desde que a razão entre a profundidade e o espaçamento entre os elementos permaneça constante” (BROWN; DEKAY, 2004, p. 287). Ver Ilustração 12:



**Ilustração 12 – Protetores de diferentes arranjos formais e com mesmas características de sombreamento.**

Fonte: Olgyay (1973).

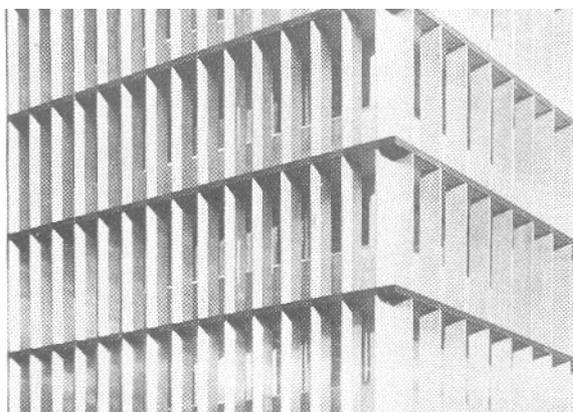
Frota (2004) identifica os procedimentos básicos requeridos para o projeto de um brise, ver Quadro 1:

1. verificar a latitude do lugar onde está ou será construído o prédio;
2. tomar a carta solar referente à latitude ou aquela cuja latitude mais se aproxima do lugar;
3. ter, na planta, a posição do norte verdadeiro (ou geográfico);
4. determinar, para cada orientação de fachada vertical, conforme posição com relação ao NV, a metade da carta colar relativa ao céu visível por essa fachada;
5. caso haja construções, árvores ou qualquer volume obstruindo a “visão”, ainda que parcial, do entorno, é necessário que se desenhe a(s) máscara(s) de eficiência total produzida por tais obstruções;
6. conhecidas as características geométricas dos prédios, o clima do lugar, as funções dos diversos recintos, é preciso e possível formular um critério, geralmente associado às questões de iluminação natural, para definir em qual período a incidência do Sol é indesejável, para delimitar, na carta solar, a porção de céu ocupada pelo Sol no período;
7. delimitada tal área de abóbada celeste, na metade da carta solar correspondente a tal fachada, já consideradas as possíveis obstruções;
8. faz-se uma primeira análise da região da carta a ser “mascarada”, de modo a compreender-se qual tipo de proteção é a aplicável ao caso.

**Quadro 1 – Procedimentos básicos de projeto de brise-soleil.**

Fonte: Frota (2004), adaptado pelo autor (2006).

O projeto dos dispositivos de proteção solar deve ser realizado de maneira específica para cada situação (orientação da fachada, horário de proteção, etc.), como já exposto anteriormente, caso contrário, o dispositivo não atuará com a devida eficiência, resumindo-se a outros aspectos secundários. Ver Ilustração 13 e Ilustração 14:



**Ilustração 13 – Foto de edificação que não leva em consideração a orientação geográfica com relação à configuração dos dispositivos de proteção solar externa: mesma tipologia de proteção para diferentes necessidades.**

Fonte: Olgyay (1973).



**Ilustração 14 – Foto de edificação na qual a tipologia dos dispositivos de proteção solar varia de acordo com a orientação das fachadas.**

Fonte: Olgyay, 1973.

Diante do que foi dito e mostrado na Ilustração 13 e Ilustração 14 pode-se dizer que a correta especificação e configuração de um brise-soleil extrapolam os aspectos funcionais, contribuindo, por exemplo, para o incremento plástico da edificação, gerando características diferenciadas em cada fachada, como pôde ser observado na ilustração acima.

As crises energéticas e a necessidade de manutenção de um meio ambiente mais equilibrado trouxeram para o ramo da construção civil um novo desafio: *projetar e construir edificações eficientes energeticamente passa a ser considerada como uma nova diretriz por parte de muitos profissionais.*

A adequação climática das edificações aos condicionantes ambientais contribui significativamente para redução dos gastos energéticos. Nas edificações comerciais, o maior percentual de consumo energético refere-se aos sistemas artificiais de condicionamento térmico e iluminação. Sabe-se que o calor gerado pela incidência direta dos raios solares nas edificações é responsável por grande parte do incremento de sua temperatura interna, e, é

através das aberturas desprotegidas que o fluxo de calor incidente ocorre de modo mais preocupante.

Em localidades de clima quente e de baixa latitude, como o caso da cidade de Maceió, a utilização de dispositivos de proteção solar que reduzem significativamente a insolação direta nas fachadas poderá contribuir para diminuição nos custos energéticos destas edificações.

Apenas 18% de todos os empreendimentos comerciais de grande porte de Maceió possuem algum tipo de proteção solar. Existe um potencial grande de redução dos gastos energéticos, visto que os 82% restantes poderiam adotar alternativas proteção solar, além disso, os novos empreendimentos poderiam passar a adotar tais medidas de adequação climática.

Ainda assim, o potencial real de redução gerado pela inclusão de dispositivos de proteção solar em edifícios de escritórios na cidade de Maceió não é conhecido e, tampouco, faz parte estudos relacionados ao tema.

Por este motivo, este trabalho se propõe a avaliar quantitativamente a contribuição da utilização de dispositivos de proteção solar para a eficiência energética. Por se tratar de um estudo que envolve um nível de cálculo muito complexo, optou-se pela utilização de ferramentas de simulação termo-energética em modelos computacionais.

Todo o processo de simulação e procedimentos metodológicos deste trabalho será apresentado na seção que segue.

### 3 METODOLOGIA

---

A metodologia adotada consiste em análises paramétricas nas quais comparou-se o desempenho energético dos sistemas de ar condicionado de edifícios de escritórios de médio porte sob diversas condições de:

- a) orientação geográfica;
- b) tipologia de fechamento de fachada;
- c) localização do corredor de circulação horizontal;
- d) sombreamento da janela externa.

O desempenho energético das edificações foi obtido a partir de simulações computacionais com a utilização do *software Energyplus* e arquivos climáticos TRY<sup>13</sup>.

A metodologia foi dividida em quatro etapas, a saber:

Etapa 01: corresponde ao processo de *revisão documental* necessário para o desenvolvimento e embasamento teórico desta dissertação. Relaciona-se às temáticas de conforto ambiental, energia elétrica e eficiência energética em edificações, dispositivos de proteção solar e simulação computacional termo-energética de edificações. O conteúdo desta primeira etapa encontra-se na seção 02 desta dissertação. Esta etapa objetivou a construção de um referencial teórico para a realização das etapas subsequentes.

Etapa 02: trata-se da fase de *pré-simulação* na qual foi realizado um trabalho de pesquisa e caracterização das edificações para a definição e configuração dos modelos computacionais a serem simulados. Esta etapa apoiou-se nos estudos indicados no item 2.3.3

---

<sup>13</sup> Para elaboração dos arquivos climáticos adota-se o critério de eliminação de anos de dados, os quais contém temperaturas médias mensais extremas, até resultar em um ano de referência em relação ao clima local. As variáveis incluem: mês, dia, e hora; temperatura de bulbo seco; temperatura de bulbo úmido; radiação solar; entre outras.

da seção 02 desta dissertação. Correspondeu à definição dos parâmetros de simulação e à elaboração dos modelos computacionais das edificações e dos dispositivos de proteção solar avaliados. Estes modelos foram elaborados de modo que representassem as edificações e tipologias predominantes dos edifícios de escritório de médio porte da cidade de Maceió.

Etapa 03: trata-se da fase de realização das *simulações de desempenho termo-energéticas* para obtenção de dados que possibilitaram as análises comparativas do desempenho energético resultante da utilização dos dispositivos de proteção solar nas edificações em estudo.

Etapa 04: refere-se ao processo de *análise e discussão dos resultados* obtidos na etapa 03. As comparações realizadas nesta seção objetivaram identificar os resultados mais significativos e quantificar o impacto da utilização dos dispositivos de proteção solar nos casos estudados.

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE ESCRITÓRIO DA CIDADE DE MACEIÓ

#### 3.1.1 Levantamento de dados

Para a coleta de dados foram utilizados dois trabalhos acadêmicos desenvolvidos na Universidade Federal de Alagoas<sup>14</sup>. Com base nestes dois estudos foi possível obter o levantamento de informações sobre os edifícios de escritórios a serem utilizadas neste trabalho. Ver item 2.3.3 na página 32.

##### 3.1.1.1 Levantamento informativo dos edifícios de escritórios

Com base no levantamento do relatório do CT-Energ foi possível se obter o número de edifícios de escritórios situados em Maceió/AL, que se enquadram nas características pré-

---

<sup>14</sup> ARAÚJO, M., CARDOSO, S., CABÚS, R., BITTENCOURT, L. (2005) e CÂNDIDO, Maria Christina (2006).

definidas desta pesquisa<sup>15</sup>. Forneceu ainda informações relativas à localização, orientação, entre outros aspectos.

### 3.1.2 Levantamento das tipologias

A definição das tipologias mais frequentes baseou-se nas informações coletadas no 1º relatório do CT-Energ, visitas *in loco* e registro fotográfico realizado pelo autor. Foram investigadas informações correspondentes à *tipologia construtiva; ano de construção; número de pavimentos, dimensões e áreas; sistema de aberturas* e presença e/ou ausência de elementos de proteção solar.

#### 3.1.2.1 Dispositivos de proteção solar

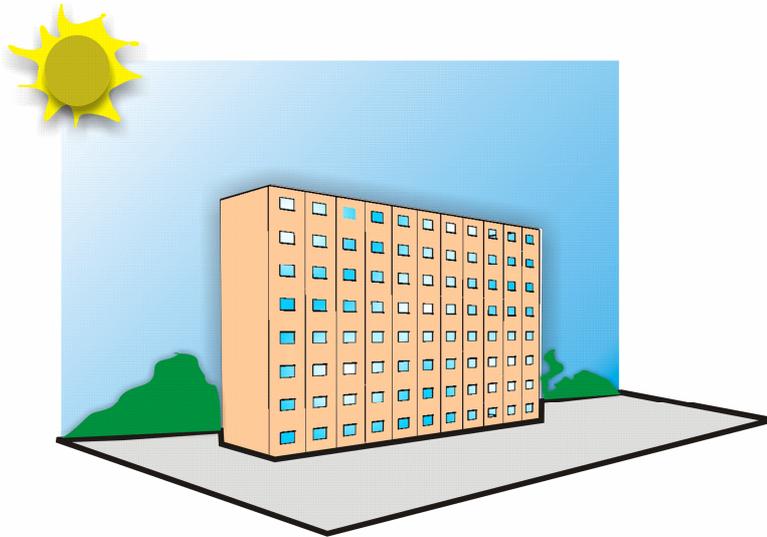
A caracterização das edificações com relação aos elementos de proteção solar e fechamento de fachada obedeceu a seguinte classificação:

- a) Janela exposta: corresponde a uma edificação com fechamento de fachada em alvenaria com janela simples sem utilização de dispositivos de proteção solar externo<sup>16</sup>. Ver Ilustração 15:

---

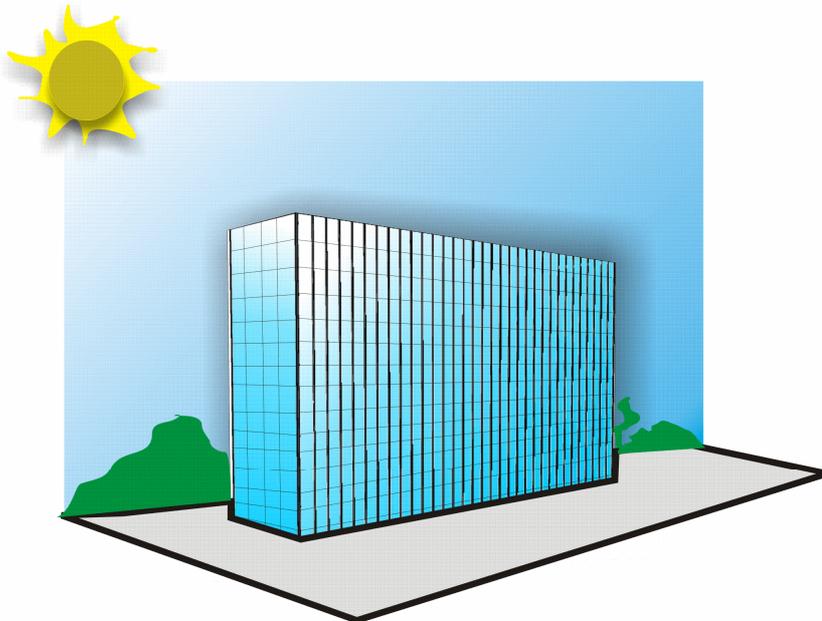
<sup>15</sup> Edifícios de escritórios de médio porte

<sup>16</sup> O fechamento de fachada do tipo pele de vidro não entram nesta classificação, pois possuem classificação específica.



**Ilustração 15 – Fachada de edificação com janela exposta**  
Fonte: O autor (2006).

Pele de vidro: corresponde a uma edificação com fechamento de fachada em vidro sem utilização de dispositivo externo de proteção solar. Ver Ilustração 16:



**Ilustração 16 - Fachada de edificação com fechamento em pele de vidro.**  
Fonte: O autor (2006).

Janela sombreada: corresponde a uma edificação que possui fechamento de fachada em alvenaria com janela simples sombreada por dispositivo de proteção solar externo na fachada. Ver Ilustração 17:



**Ilustração 17 - Fachada de edificação com janela sombreada.**

Fonte: O autor (2006).

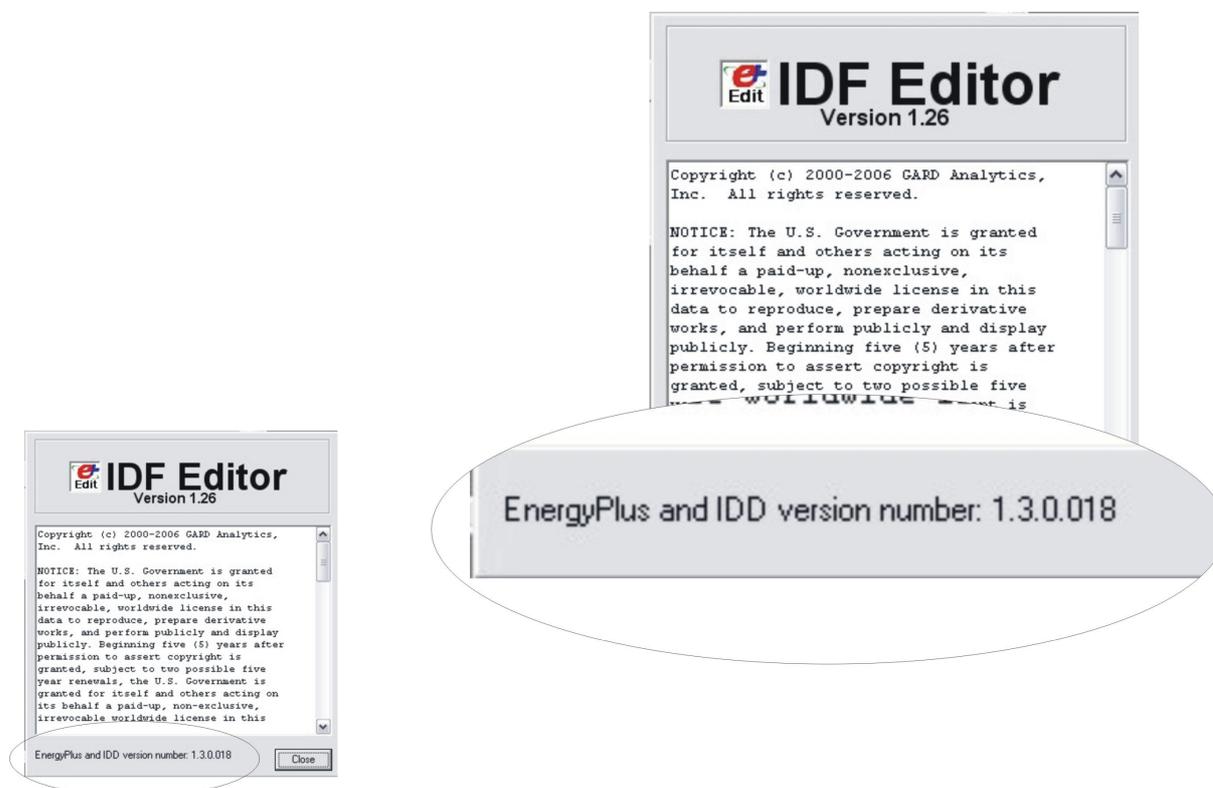
Adotou-se neste estudo a classificação de edificações com janela exposta, janela sombreada e pele de vidro, porque estes fechamentos de fachada correspondem e representam a maior parte dos acabamentos utilizados nos edifícios de escritórios existentes na cidade de Maceió/AL.

## 3.2 SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO TERMO-ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

### 3.2.1 Ferramenta de simulação

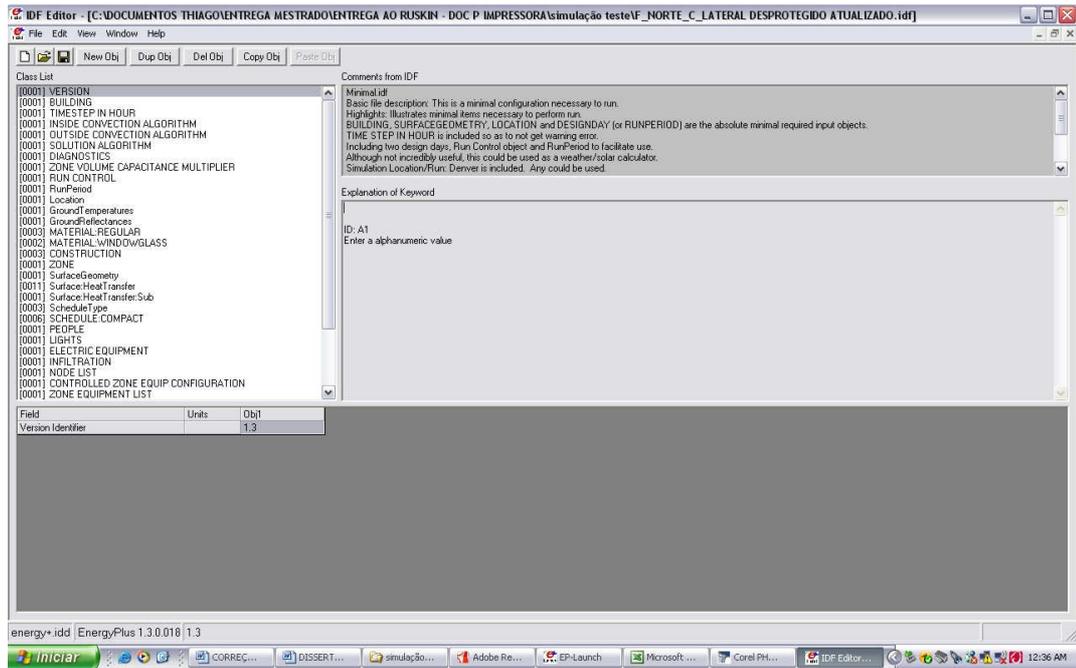
As avaliações de desempenho termo-energético das edificações em estudo foram realizadas com simulação computacional. Optou-se pelo uso de simulação tendo em vista a rapidez e a confiabilidade dos dados obtidos quando se trata da avaliação de fenômenos complexos, como é o caso do desempenho térmico e energético das edificações.

Por conta da velocidade do processo de simulação, confiabilidade dos dados fornecidos e por se tratar de um software de uso público optou-se pela utilização do *software EnergyPlus*. Neste caso a versão utilizada foi 1.3.0.018 de 2006.



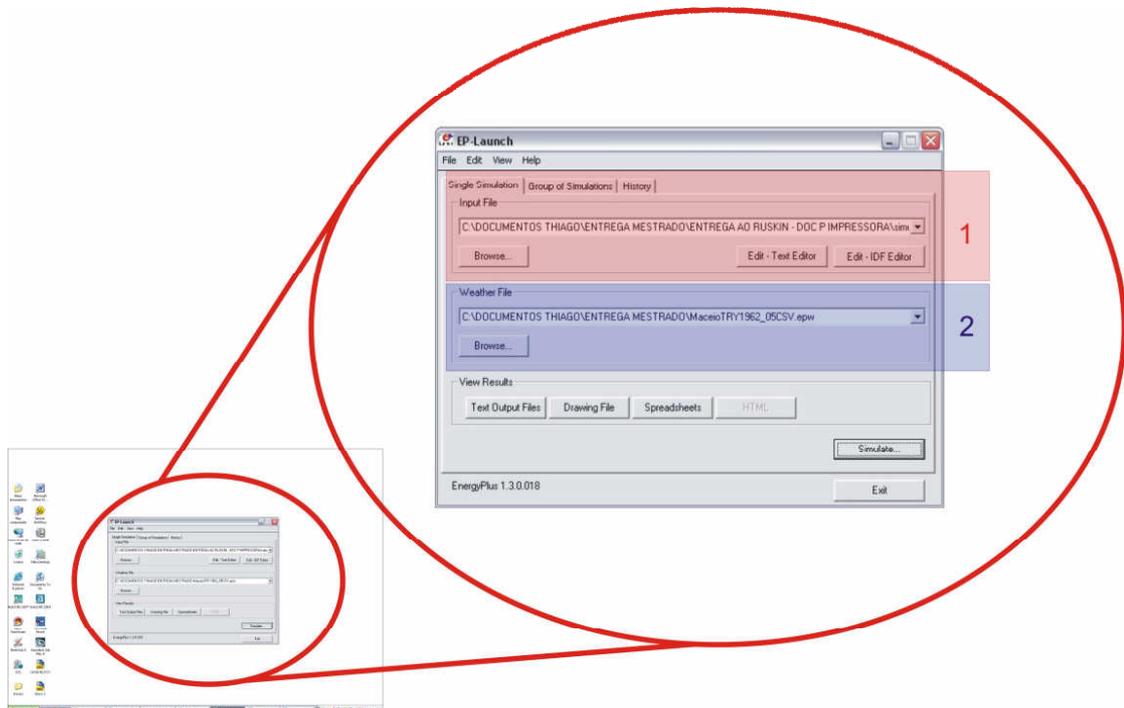
**Ilustração 18 – Fotomontagem com indicação da versão utilizada do software *EnergyPlus*.**

Fonte: O autor (2007).



**Ilustração 19 – Captura de tela do microcomputador com IDF Editor em execução, interface de edição de dados de entrada do *EnergyPlus*.**

Fonte: O autor (2007).



**Ilustração 20 – Fotomontagem de uma captura de tela do microcomputador com EP-Launch em execução, interface de simulação do *EnergyPlus*: (1) campo de indicação do arquivo de entrada e (2) campo de indicação do arquivo climático (TRY).**

Fonte: O autor (2007).

Nas informações de entrada no programa de simulação foram utilizados os dados obtidos nos levantamentos de caracterização construtiva e de tipologia arquitetônica (orientação geográfica, tipologia de fechamento de fachada, localização do corredor de circulação horizontal, sombreamento da janela externa). Além disso, utilizou-se como dado de entrada o arquivo climático com dados horários (TRY) da cidade de Maceió/AL, disponibilizados pelo LABEEE (Labee, 2006). Acredita-se que estas variáveis têm grande importância na resposta do consumo energético da edificação.

Para realização das simulações computacionais foi realizado preliminarmente um treinamento específico de utilização do *software EnergyPlus*. Após a fase de treinamento foram simulados os dois casos base, apresentados no item 3.2.2 deste trabalho, considerados como tipologias representativas das edificações de escritório existentes na cidade de Maceió/AL. Elas representam as características construtivas e funcionais dessas edificações e serviram como referência para comparações dos resultados.

### **3.2.2 Descrição dos modelos**

#### 3.2.2.1 Tipologias representativas: caso base 1 e caso base 2 <sup>17</sup>

Os modelos simulados correspondem a salas (destacadas em laranja) de edificações comerciais que possuem as seguintes características: 3.00m x 6.00m (18m<sup>2</sup>) e pé direito 2.60m, com corredor de circulação lateral (*caso base 1*) e com corredor de circulação central (*caso base 2*). Em ambos os casos, considerou-se que as paredes são feitas em alvenaria rebocada (tijolo: 10cm, reboco: 2,5cm em cada face) e a laje de piso e teto em concreto maciço, com 10cm de espessura. Ver ilustrações que seguem:

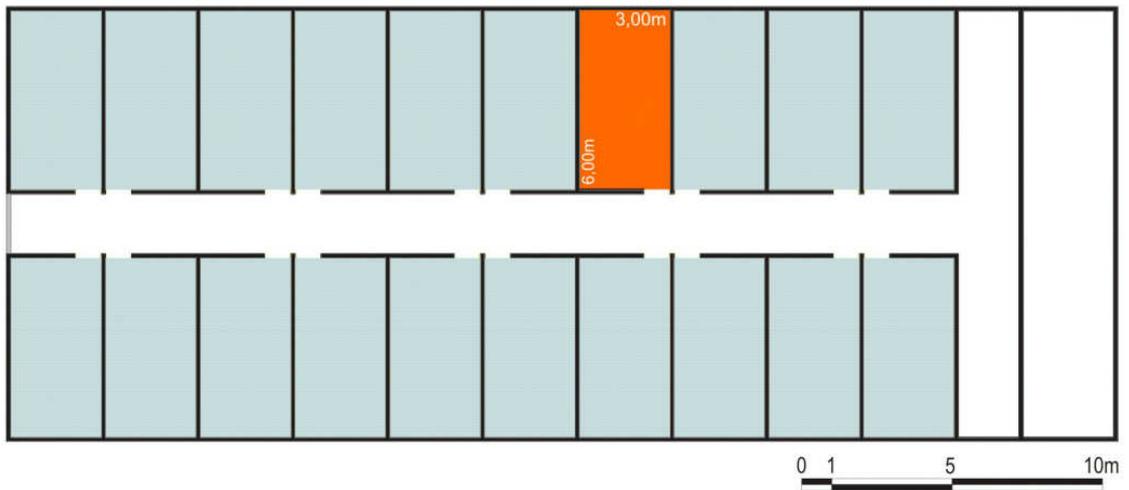
---

<sup>17</sup> Chamou-se de caso base a representação das edificações de escritório de médio porte mais frequentes da cidade de Maceió/AL.



**Ilustração 21 - Planta baixa do caso base 1: corredor lateral.**

Fonte: O autor (2006).



**Ilustração 22 - Planta baixa do caso base 2: corredor central.**

Fonte: O autor (2006).

The screenshot shows the IDF Editor interface. The 'Class List' on the left includes various building simulation parameters, with '[0003] MATERIAL:REGULAR' selected. The right pane shows the 'Explanation of Keyword' for this material, stating 'Regular materials described with full set of therm' and 'ID: A1 Enter a alphanumeric value'. Below these panes is a table with the following data:

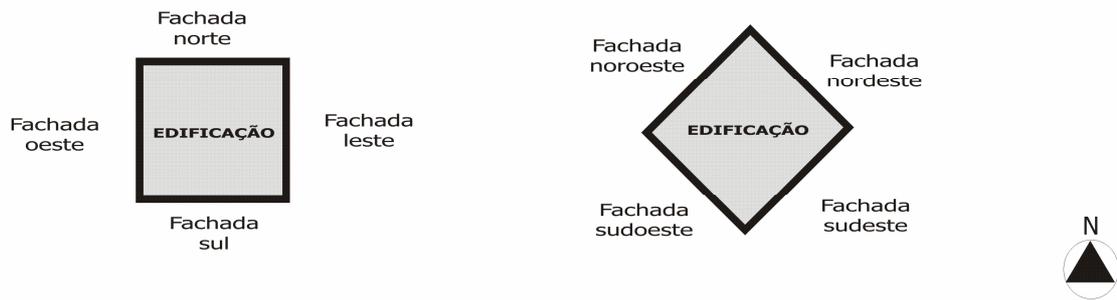
Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		CONCRETO	REBOCO	TIJOLO
Roughness		Smooth	MediumRough	MediumRough
Thickness	m	0.1	0.025	0.1
Conductivity	W/m-K	1.75	1.15	0.9
Density	kg/m3	2300	2000	1232
Specific Heat	J/kg-K	1000	1000	920
Absorptance:Thermal		0.9	0.9	0.9
Absorptance:Solar		0.7	0.7	0.7
Absorptance:Visible		0.7	0.7	0.7

**Ilustração 23 – Captura de tela do IDF Editor do Energyplus: características dos materiais utilizados nas paredes e nas lajes de piso e teto.**

Fonte: O autor (2007).

### 3.2.2.2 Orientação geográfica das janelas e/ou aberturas das salas simuladas

A fachada na qual a janela externa da sala está localizada será simulada em oito orientações geográficas. As orientações geográficas simuladas, *norte*, *nordeste*, *leste*, *sudeste*, *sul*, *sudoeste*, *oeste* e *noroeste*, representam uma maior possibilidade de implantação das edificações em situações reais. Ver Ilustração 24:



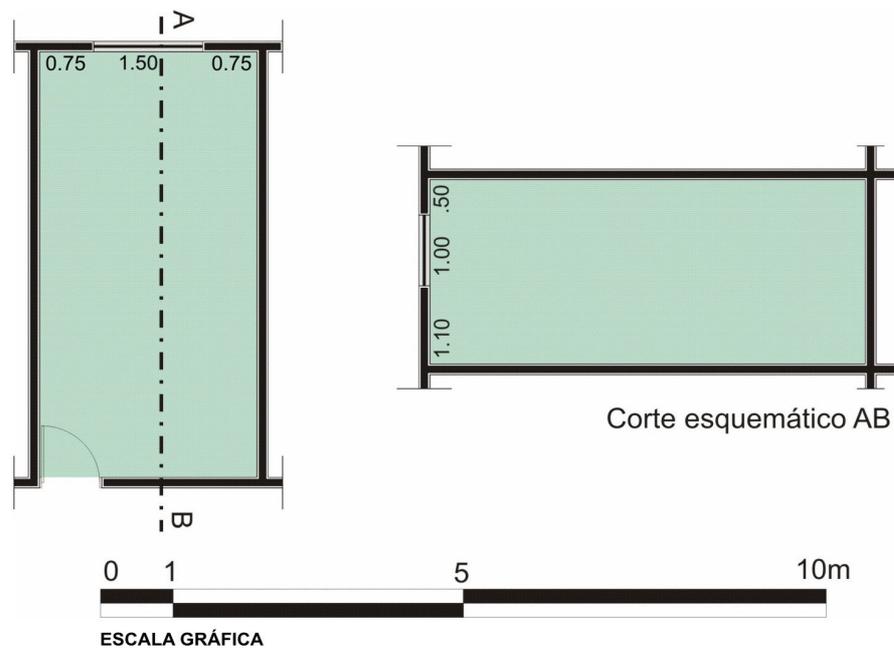
**Ilustração 24 - Fachadas simuladas.**

Fonte: O autor (2006).

### 3.2.2.3 Tipologias das aberturas dos modelos computacionais

Com relação à tipologia das aberturas nos dois casos base, foram avaliados dois modelos de esquadrias: a) janela comum e b) pele de vidro.

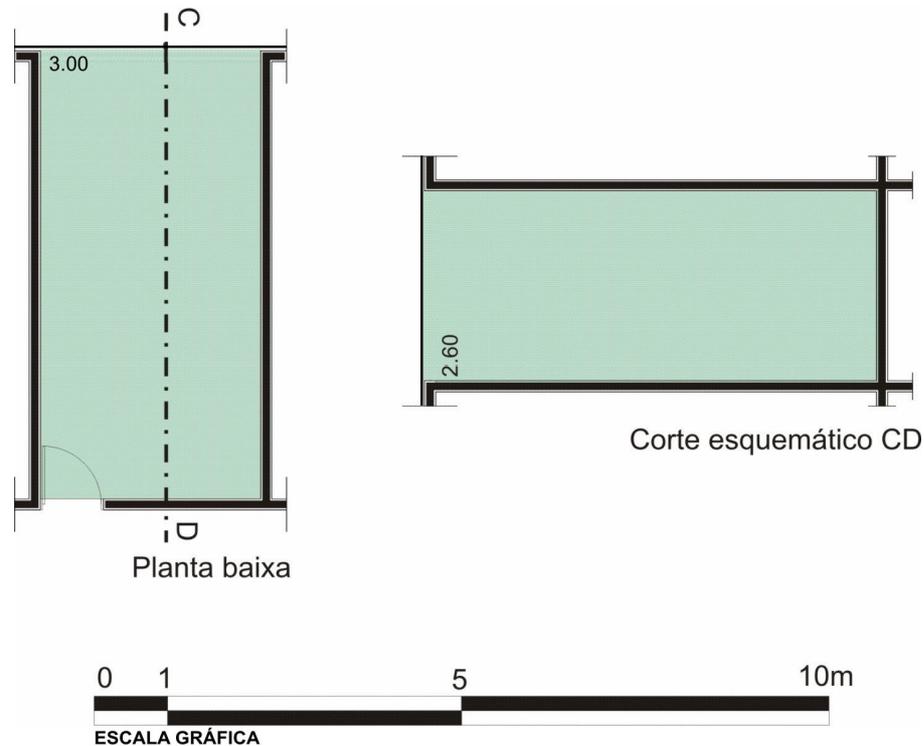
No caso da janela comum utilizou-se vidro incolor de 4,00 mm. A referida esquadria possui as seguintes dimensões: 1,5 m<sup>2</sup> de área, sendo 1,50m de largura e 1,00m de altura, sobre um peitoril de 1,10m localizada no eixo central da parede externa da sala, ocupando 19,23% da área da fachada do módulo. Ver Ilustração 25:



**Ilustração 25 - Planta baixa e corte esquemático dos módulos com tipologia de abertura: janela comum.**

Fonte: O autor (2006).

Para as aberturas e/ou fechamentos externos em pele de vidro foi utilizado um vidro de alta refletividade com espessura de 6,00mm. Esta abertura correspondeu a toda a área da fachada externa do módulo, que corresponde a 7,80m<sup>2</sup>. Ver Ilustração 26:



**Ilustração 26 - Planta baixa e corte esquemático dos módulos com tipologia de abertura:pele de vidro.**  
Fonte: O autor (2006).

As propriedades físicas dos vidros utilizados nas simulações computacionais são apresentadas a seguir por meio de uma imagem capturada do editor de materiais do *software Energyplus* – a coluna *Obj1* corresponde ao vidro utilizado na pele de vidro e a coluna *Obj2* corresponde ao vidro utilizado na janela comum. Ver Ilustração 27:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		REF A CLEAR HI 6MM	CLEAR 4MM
Optical Data Type		SpectralAverage	SpectralAverage
Name of Window Glass Spectral Data Set			
Thickness	m	0.006	0.004
Solar Transmittance at Normal Incidence		0.159	0.837
Solar Reflectance at Normal Incidence: Front Side		0.22	0.075
Solar Reflectance at Normal Incidence: Back Side		0.37	0.075
Visible Transmittance at Normal Incidence		0.2	0.898
Visible Reflectance at Normal Incidence: Front Side		0.25	0.081
Visible Reflectance at Normal Incidence: Back Side		0.32	0.081
IR Transmittance at Normal Incidence		0	0
IR Hemispherical Emissivity: Front Side		0.84	0.84
IR Hemispherical Emissivity: Back Side		0.57	0.84
Conductivity	W/m-K	0.9	0.9
Dirt Correction Factor for Solar and Visible Transmittance			
Solar Diffusing			

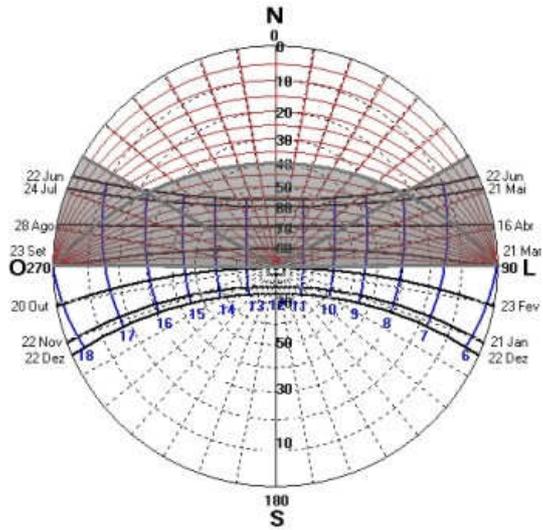
**Ilustração 27 – Propriedades físicas dos vidros utilizados nos modelos computacionais: Obj 1 (pele de vidro) e Obj 2 (janela comum).**

Fonte: O autor (2007).

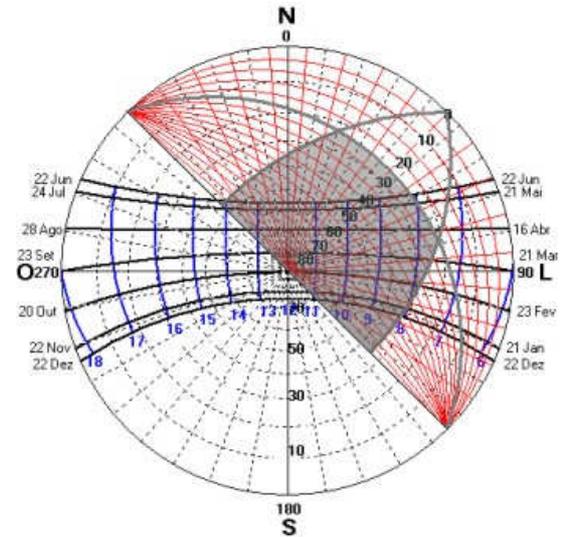
### 3.2.2.4 Configuração das proteções solares projetadas

Os dispositivos de proteção solar foram projetados de acordo com as necessidades de sombreamento de cada uma das oito orientações geográficas em estudo, com o menor grau de obstrução visual do meio externo. Além disso, com relação ao horário de sombreamento foi definido que os protetores deveriam obstruir a radiação solar direta das 8h às 18:00h, intervalo de tempo que corresponde ao horário de funcionamento comercial da cidade de Maceió/AL.

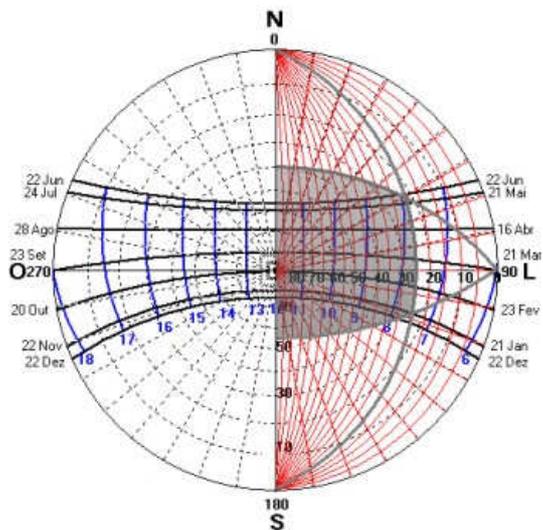
A seguir, apresentam-se os gráficos de insolação e máscaras de sombra referentes aos dispositivos de proteção solar projetados para cada orientação geográfica estudada.



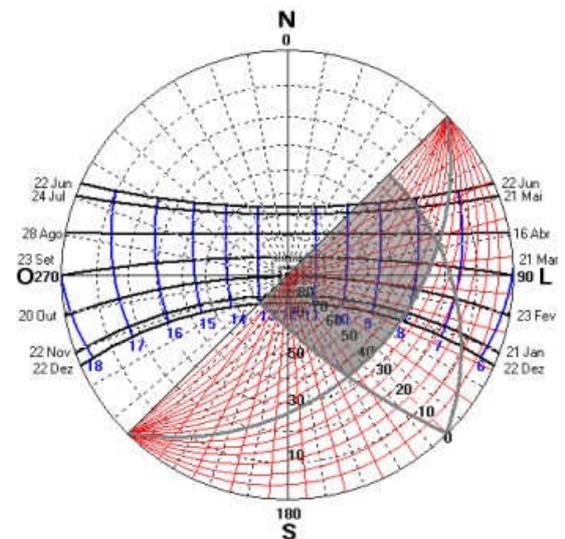
**Gráfico 10 – Insolação e máscara de sombra:  
fachada norte.**  
Fonte: O autor (2007).



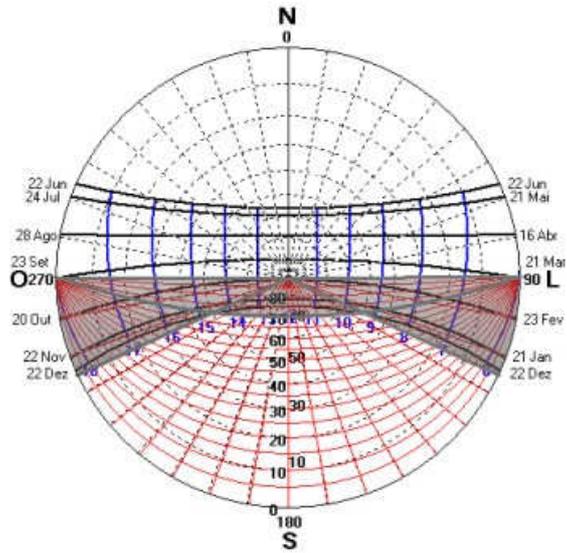
**Gráfico 11 – Insolação e máscara de sombra:  
fachada nordeste.**  
Fonte: O autor (2007).



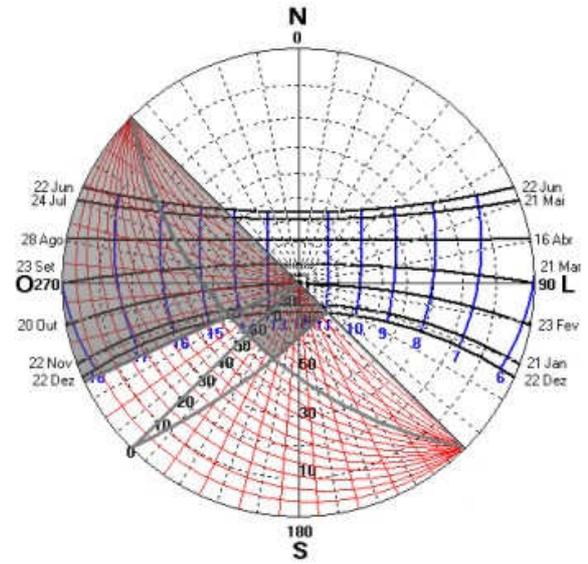
**Gráfico 12 – Insolação e máscara de sombra:  
fachada leste.**  
Fonte: O autor (2007).



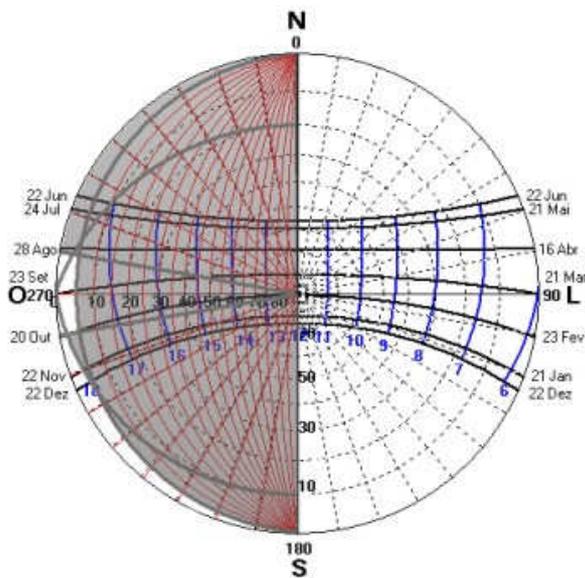
**Gráfico 13 – Insolação e máscara de sombra:  
fachada sudeste.**  
Fonte: O autor (2007).



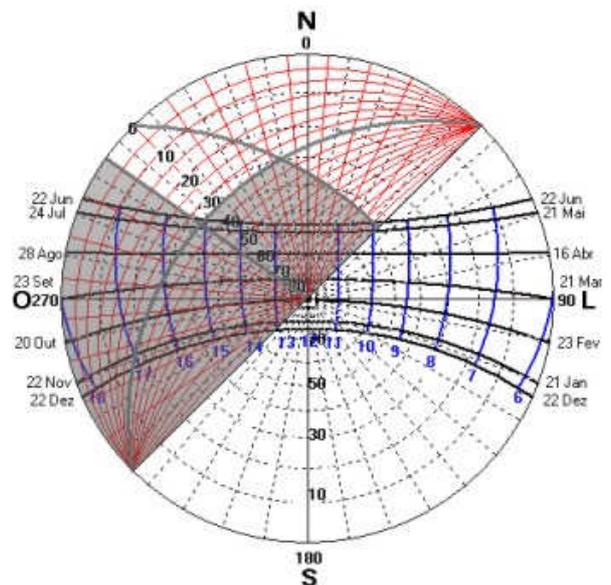
**Gráfico 14 – Insolação e máscara de sombra:  
fachada sul.**  
Fonte: O autor (2007).



**Gráfico 15 – Insolação e máscara de sombra:  
fachada sudoeste.**  
Fonte: O autor (2007).



**Gráfico 16 – Insolação e máscara de sombra:  
fachada oeste.**  
Fonte: O autor (2007).



**Gráfico 17 – Insolação e máscara de sombra:  
fachada noroeste.**  
Fonte: O autor (2007).

### 3.2.2.5 Carga interna de iluminação, ocupação e sistema artificial de condicionamento térmico

Nos modelos avaliados foi considerada uma carga interna de iluminação de 192W, correspondendo a utilização de 8 lâmpadas fluorescentes de 24W, e considerou-se na sala a ocupação por quatro pessoas de 8:00h até às 12:00h e de 14:00h até às 18:00h<sup>18</sup>. O dispositivo artificial de condicionamento térmico utilizado, tipo “PURCHASED AIR”, representa um sistema virtual com 100% de eficiência que proporciona carga térmica necessária para atingir as temperaturas de controle, ajustadas em 18° C para aquecimento e 24° C para resfriamento. Adotou-se nesta simulação um sistema de condicionamento térmico 100% eficiente para que fosse quantificado o impacto potencial total proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar no consumo energético do equipamento.

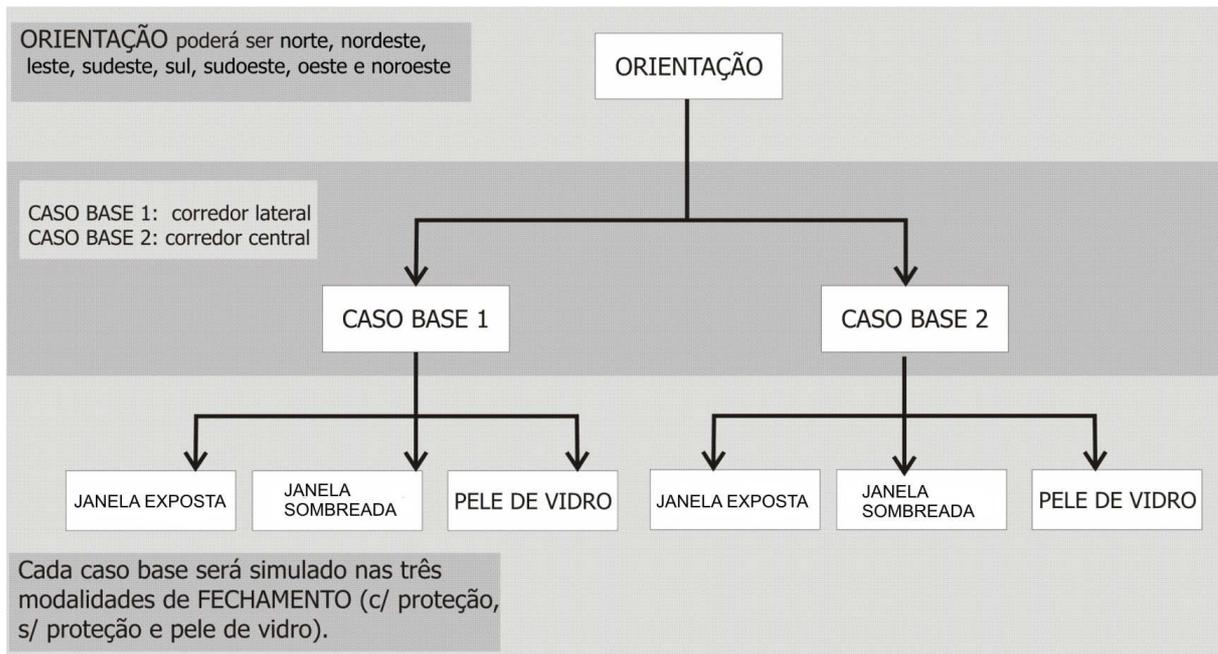
## 3.2.3 Procedimentos das simulações de desempenho termo-energético

### 3.2.3.1 Simulação do modelo computacional

Foi simulado um modelo computacional de cada caso base e orientação de fachada por vez, de acordo com o esquema geral de simulação apresentado a seguir:

---

<sup>18</sup> Os dados sobre os horários são configurados no campo *TimeZone* do *software Energyplus*, referenciados ao horário legal (relativo ao Meridiano de Greenwich) - localidades a oeste desse Meridiano recebem valores negativos e a leste valores positivos.



**Ilustração 28 – Esquema geral do processo de simulação**

Fonte: O autor (2007).

### 3.2.3.2 Coleta de dados

Planilhas geradas pelo *software EnergyPlus* foram selecionadas e utilizadas como arquivos de saída de dados. Estas planilhas apresentam os valores mensais de consumo energético para cada modelo simulado. Para visualização destas planilhas foi utilizado o *software Excel da Microsoft*.

Month	INTERIORLIGHTS	INTERIORIELECTRICPURCHASE	PURCHASEDHEATING:FACILITY [kWh]
January	54	134	187
February	48	121	169
March	54	134	187
April	52	130	181
May	54	134	187
June	52	130	181
July	54	134	187
August	54	134	187
September	52	130	181
October	54	134	187
November	52	130	181
December	54	134	187
Annual Sum or Average	631	1577	2208
Minimum of Months	48	121	169
Maximum of Months	54	134	187

**Ilustração 29 – Captura de tela: relatório de uso final de energia elétrica gerado com a simulação do software EnergyPlus.**

Fonte: O autor (2007).

### 3.2.3.3 Análise dos dados

A análise dos dados de saída - consumo energético com os sistemas de ar condicionado foi realizada por meio de comparações, que ocorreram em dois níveis. No primeiro nível comparativo foram cruzados os dados obtidos para as mesmas orientações de fachada e com os três tipos de fechamento (*janela sombreada*, *janela exposta* e “*pele de vidro*”) – Observou-se também os valores de redução relativa e redução absoluta de consumo para cada caso.

No segundo nível de análise comparou-se os índices de consumo e de redução de consumo energético entre os dois casos base para uma mesma orientação de fachada. Ver Ilustração 32.

Após estes dois níveis de comparação foi realizada a análise de viabilidade econômica da utilização dos dispositivos de proteção solar, na qual foram comparados os custos de implantação desses dispositivos com a redução de consumo energético obtida.

A partir da análise de viabilidade econômica foi possível criar um panorama sobre o desempenho para a eficiência energética das edificações e o tempo de retorno do capital investido para a inclusão dos dispositivos de proteção solar.

Os resultados destas análises poderão servir como subsídios na tomada de decisões por parte dos profissionais projetistas com relação às vantagens e desvantagens da inclusão dos sistemas de proteção solar nas edificações de escritórios, além de orientar diretrizes de políticas públicas no sentido de revisar os códigos de edificações para atingir melhores níveis de eficiência energética nas edificações desta natureza.

<b>CASO BASE 1</b>	<b>Tipologia de fechamento de fachada</b>	<b>Orientação geográfica</b>
	Janela exposta	Norte (N)
		Nordeste (NE)
		Leste (L)
		Sudeste (SE)
		Sul (S)
		Sudoeste (SO)
		Oeste (O)
		Noroeste (NO)
	<b>Tipologia de fechamento de fachada</b>	<b>Orientação geográfica</b>
	Pele de vidro	Norte (N)
		Nordeste (NE)
		Leste (L)
		Sudeste (SE)
		Sul (S)
		Sudoeste (SO)
		Oeste (O)
		Noroeste (NO)
	<b>Tipologia de fechamento de fachada</b>	<b>Orientação geográfica</b>
	Janela Sombreada	Norte (N)
		Nordeste (NE)
		Leste (L)
		Sudeste (SE)
		Sul (S)
Sudoeste (SO)		
Oeste (O)		
Noroeste (NO)		

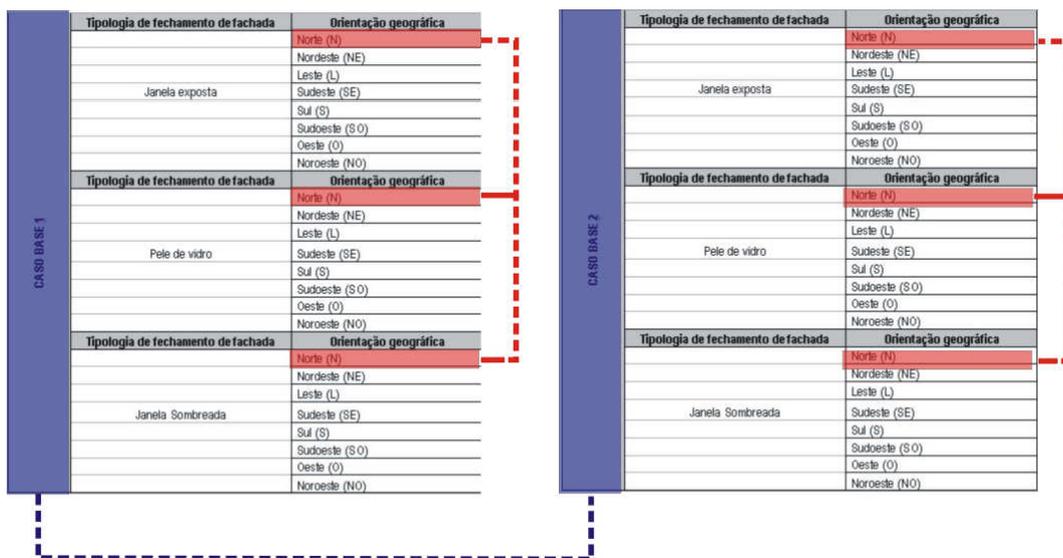
**Ilustração 30 – Simulações realizadas para o CASO BASE 1: 24 simulações.**

Fonte: O autor (2007).

<b>CASO BASE 2</b>	<b>Tipologia de fechamento de fachada</b>	<b>Orientação geográfica</b>
	Janela exposta	Norte (N)
		Nordeste (NE)
		Leste (L)
		Sudeste (SE)
		Sul (S)
		Sudoeste (SO)
		Oeste (O)
		Noroeste (NO)
	<b>Tipologia de fechamento de fachada</b>	<b>Orientação geográfica</b>
	Pele de vidro	Norte (N)
		Nordeste (NE)
		Leste (L)
		Sudeste (SE)
		Sul (S)
		Sudoeste (SO)
		Oeste (O)
		Noroeste (NO)
	<b>Tipologia de fechamento de fachada</b>	<b>Orientação geográfica</b>
	Janela Sombreada	Norte (N)
		Nordeste (NE)
		Leste (L)
		Sudeste (SE)
		Sul (S)
Sudoeste (SO)		
Oeste (O)		
Noroeste (NO)		

**Ilustração 31 – Simulações realizadas para o CASO BASE 2: 24 simulações.**

Fonte: O autor (2007).



**Ilustração 32 – Níveis de análise comparativa (ex. orientação Norte): primeiro nível (entre os fechamentos, em vermelho) e segundo nível (entre os casos base, em azul).**

Fonte: O autor (2007).

## 4 RESULTADOS E ANÁLISES

---

Aqui serão apresentados os resultados obtidos nas simulações computacionais e as primeiras análises comparativas (ver item 3.2.3.3). Esta seção encontra-se dividida em duas partes: a primeira corresponde aos resultados obtidos para caso base 1 (*corredor lateral*) e a segunda refere-se aos resultados obtidos para o caso base 2 (*corredor central*).

### 4.1 RESULTADOS: CASOS BASE 1<sup>19</sup>

Todo o item 4.1 refere-se aos resultados de desempenho energético obtidos com as simulações computacionais das tipologias arquitetônicas referentes ao caso base 1 (corredor de circulação *lateral*). Cada subitem a seguir, apresentará os resultados de consumo energético com os sistemas artificiais de condicionamento térmico (*ar condicionando*) das oito orientações geográficas em estudo (*norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste e noroeste*) e para as três alternativas de fechamento de fachada (*pele de vidro, janela exposta e janela sombreada*).

---

<sup>19</sup> Todos os gráficos e tabelas apresentados neste item foram elaborados pelo autor, em 2007.

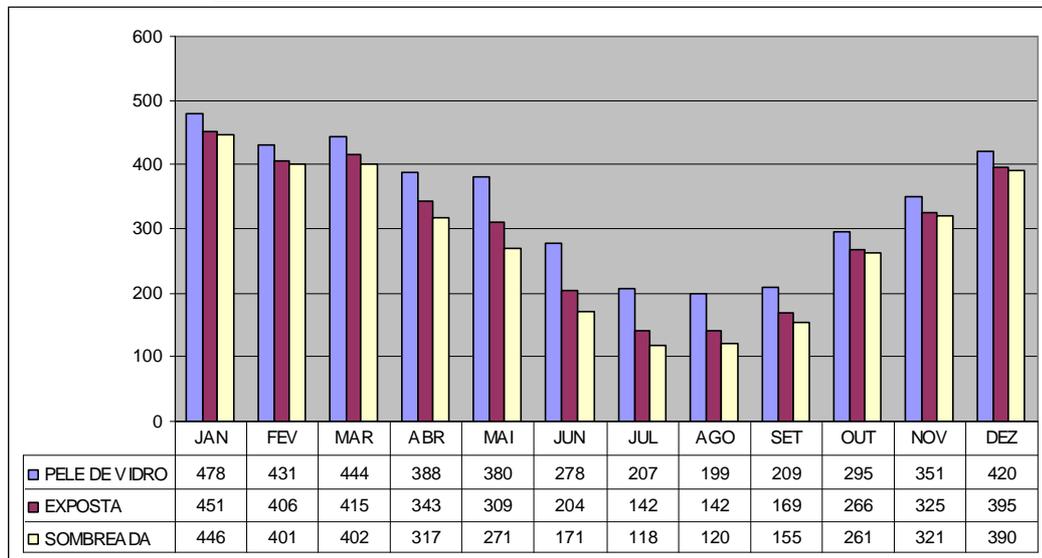
#### 4.1.1 base 1: orientação NORTE

**Tabela 1 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação norte com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA NORTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	451	406	415	343	309	204	142	142	169	266	325	395	3567
		SOMBREADA	446	401	402	317	271	171	118	120	155	261	321	390	3373
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL (%)	
			1.1%	1.2%	3.1%	7.6%	12.3%	16.2%	16.9%	15.5%	8.3%	1.9%	1.2%	1.3%	5.4%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			5.00	5.00	13.00	26.00	38.00	33.00	24.00	22.00	14.00	5.00	4.00	5.00	194.00

**Tabela 2 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação norte com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA NORTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	478	431	444	388	380	278	207	199	209	295	351	420	4080
		SOMBREADA	446	401	402	317	271	171	118	120	155	261	321	390	3373
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			6.7%	7.0%	9.5%	18.3%	28.7%	38.5%	43.0%	39.7%	25.8%	11.5%	8.5%	7.1%	17.3%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			32.0	30.0	42.0	71.0	109.0	107.0	89.0	79.0	54.0	34.0	30.0	30.0	707.0



**Gráfico 18 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação norte.**

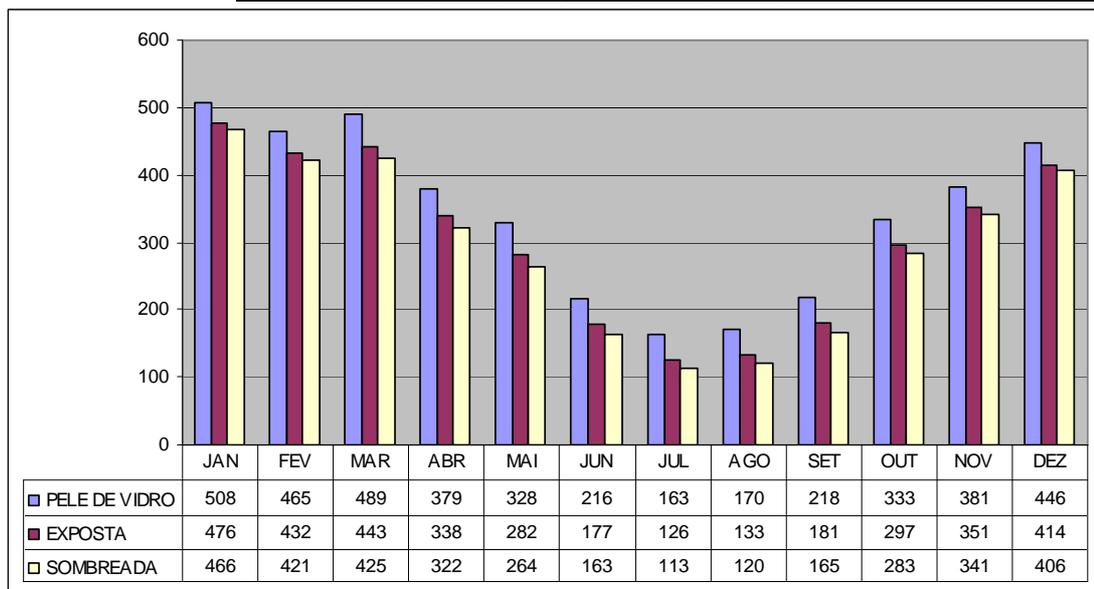
#### 4.1.2 Caso base 1: orientação NORDESTE

**Tabela 3 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação nordeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA NORDESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	476	432	443	338	282	177	126	133	181	297	351	414	3650
		SOMBREADA	466	421	425	322	264	163	113	120	165	283	341	406	3489
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			2.1%	2.5%	4.1%	4.7%	6.4%	7.9%	10.3%	9.8%	8.8%	4.7%	2.8%	1.9%	4.4%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			10.00	11.00	18.00	16.00	18.00	14.00	13.00	13.00	16.00	14.00	10.00	8.00	161.00

**Tabela 4 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação nordeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA NORDESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	508	465	489	379	328	216	163	170	218	333	381	446	4096
		SOMBREADA	466	421	425	322	264	163	113	120	165	283	341	406	3489
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			8.3%	9.5%	13.1%	15.0%	19.5%	24.5%	30.7%	29.4%	24.3%	15.0%	10.5%	9.0%	14.8%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			42.0	44.0	64.0	57.0	64.0	53.0	50.0	50.0	53.0	50.0	40.0	40.0	607.0



**Gráfico 19 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação nordeste.**

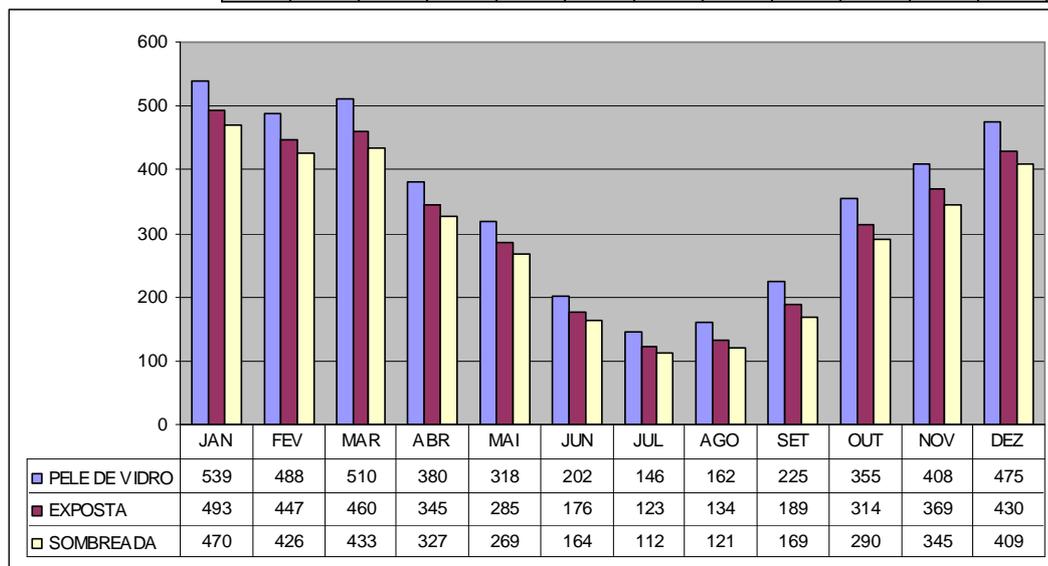
#### 4.1.3 Caso base 1: orientação LESTE

**Tabela 5 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação leste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA LESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	493	447	460	345	285	176	123	134	189	314	369	430	3765
		SOMBREADA	470	426	433	327	269	164	112	121	169	290	345	409	3535
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			4.7%	4.7%	5.9%	5.2%	5.6%	6.8%	8.9%	9.7%	10.6%	7.6%	6.5%	4.9%	6.1%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			23.00	21.00	27.00	18.00	16.00	12.00	11.00	13.00	20.00	24.00	24.00	21.00	230.00

**Tabela 6 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação leste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA LESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	539	488	510	380	318	202	146	162	225	355	408	475	4208
		SOMBREADA	470	426	433	327	269	164	112	121	169	290	345	409	3535
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			12.8%	12.7%	15.1%	13.9%	15.4%	18.8%	23.3%	25.3%	24.9%	18.3%	15.4%	13.9%	16.0%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			69.0	62.0	77.0	53.0	49.0	38.0	34.0	41.0	56.0	65.0	63.0	66.0	673.0



**Gráfico 20 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação leste.**

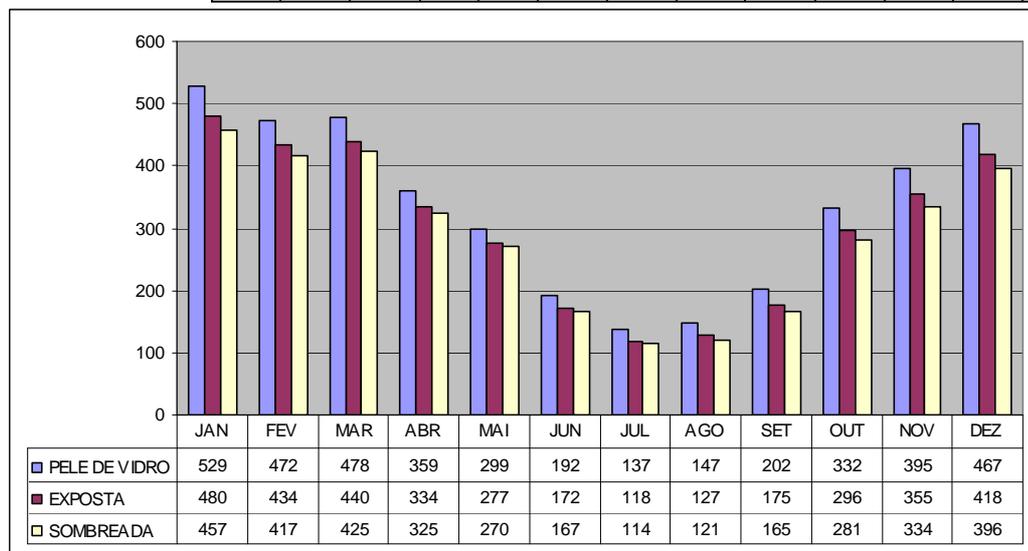
#### 4.1.4 Caso base 1: orientação SUDESTE

**Tabela 7 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação sudeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA SUDESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	480	434	440	334	277	172	118	127	175	296	355	418	3626
		SOMBREADA	457	417	425	325	270	167	114	121	165	281	334	396	3472
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			4.8%	3.9%	3.4%	2.7%	2.5%	2.9%	3.4%	4.7%	5.7%	5.1%	5.9%	5.3%	4.2%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			23.00	17.00	15.00	9.00	7.00	5.00	4.00	6.00	10.00	15.00	21.00	22.00	154.00

**Tabela 8 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação sudeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA SUDESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	529	472	478	359	299	192	137	147	202	332	395	467	4009
		SOMBREADA	457	417	425	325	270	167	114	121	165	281	334	396	3472
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			13.6%	11.7%	11.1%	9.5%	9.7%	13.0%	16.8%	17.7%	18.3%	15.4%	15.4%	15.2%	13.4%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			72.0	55.0	53.0	34.0	29.0	25.0	23.0	26.0	37.0	51.0	61.0	71.0	537.0



**Gráfico 21 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação sudeste.**

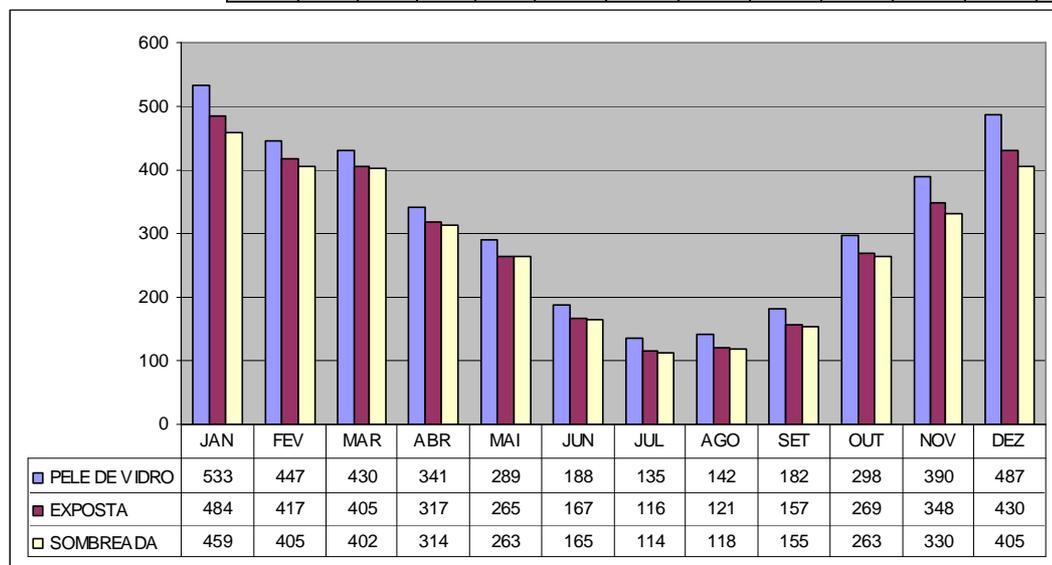
#### 4.1.5 Caso base 1: orientação SUL

**Tabela 9 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação sul com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA SUL	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	484	417	405	317	265	167	116	121	157	269	348	430	3496
		SOMBREADA	459	405	402	314	263	165	114	118	155	263	330	405	3393
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			5.2%	2.9%	0.7%	0.9%	0.8%	1.2%	1.7%	2.5%	1.3%	2.2%	5.2%	5.8%	2.9%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			25.00	12.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	6.00	18.00	25.00	103.00

**Tabela 10 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação sul com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA SUL	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	533	447	430	341	289	188	135	142	182	298	390	487	3862
		SOMBREADA	459	405	402	314	263	165	114	118	155	263	330	405	3393
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			13.9%	9.4%	6.5%	7.9%	9.0%	12.2%	15.6%	16.9%	14.8%	11.7%	15.4%	16.8%	12.1%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			74.0	42.0	28.0	27.0	26.0	23.0	21.0	24.0	27.0	35.0	60.0	82.0	469.0



**Gráfico 22 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação sul.**

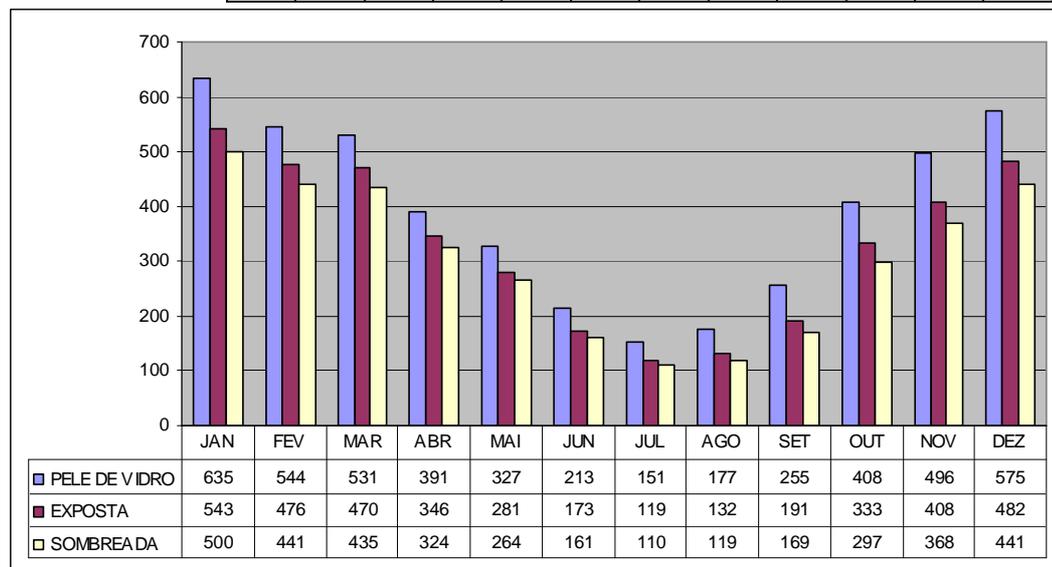
#### 4.1.6 Caso base 1: orientação SUDOESTE

**Tabela 11 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação sudoeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA SUDOESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	543	476	470	346	281	173	119	132	191	333	408	482	3954
		SOMBREADA	500	441	435	324	264	161	110	119	169	297	368	441	3629
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			7.9%	7.4%	7.4%	6.4%	6.0%	6.9%	7.6%	9.8%	11.5%	10.8%	9.8%	8.5%	8.2%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			43.00	35.00	35.00	22.00	17.00	12.00	9.00	13.00	22.00	36.00	40.00	41.00	325.00

**Tabela 12 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação sudoeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA SUDOESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	635	544	531	391	327	213	151	177	255	408	496	575	4703
		SOMBREADA	500	441	435	324	264	161	110	119	169	297	368	441	3629
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			21.3%	18.9%	18.1%	17.1%	19.3%	24.4%	27.2%	32.8%	33.7%	27.2%	25.8%	23.3%	22.8%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			135.0	103.0	96.0	67.0	63.0	52.0	41.0	58.0	86.0	111.0	128.0	134.0	1074.0



**Gráfico 23 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação sudoeste.**

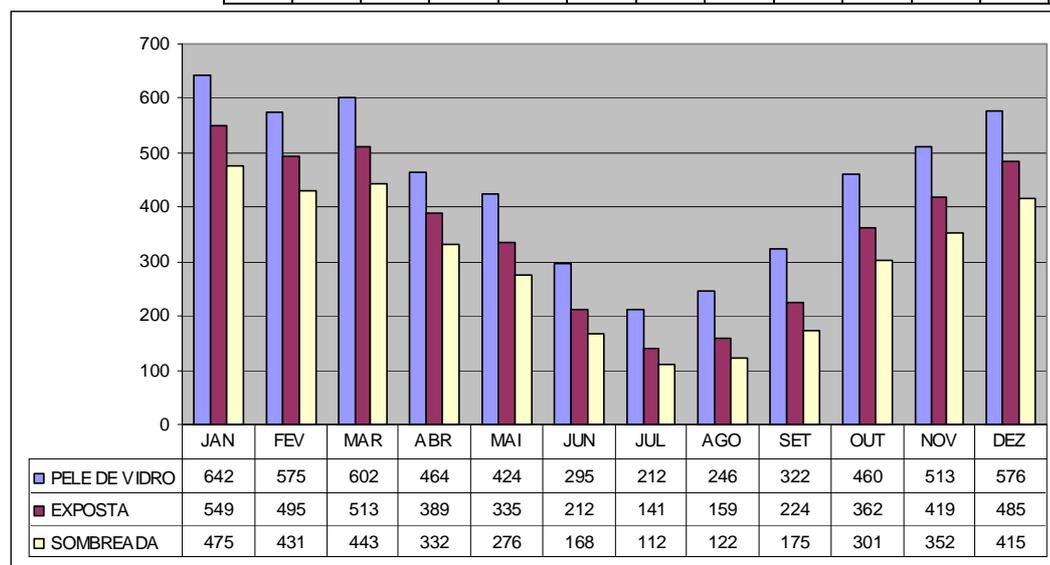
#### 4.1.7 Caso base 1: orientação OESTE

**Tabela 13 – Consumo mensal (kW/h) caso base 1: comparativo para a orientação oeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA OESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	549	495	513	389	335	212	141	159	224	362	419	485	4283
		SOMBREADA	475	431	443	332	276	168	112	122	175	301	352	415	3602
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			13.5%	12.9%	13.6%	14.7%	17.6%	20.8%	20.6%	23.3%	21.9%	16.9%	16.0%	14.4%	15.9%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			74.00	64.00	70.00	57.00	59.00	44.00	29.00	37.00	49.00	61.00	67.00	70.00	681.00

**Tabela 14 – Consumo mensal (KW/h) caso base 1: comparativo para a orientação oeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA OESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	642	575	602	464	424	295	212	246	322	460	513	576	5331
		SOMBREADA	475	431	443	332	276	168	112	122	175	301	352	415	3602
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			26.0%	25.0%	26.4%	28.4%	34.9%	43.1%	47.2%	50.4%	45.7%	34.6%	31.4%	28.0%	32.4%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			167.0	144.0	159.0	132.0	148.0	127.0	100.0	124.0	147.0	159.0	161.0	161.0	1729.0



**Gráfico 24 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação oeste.**

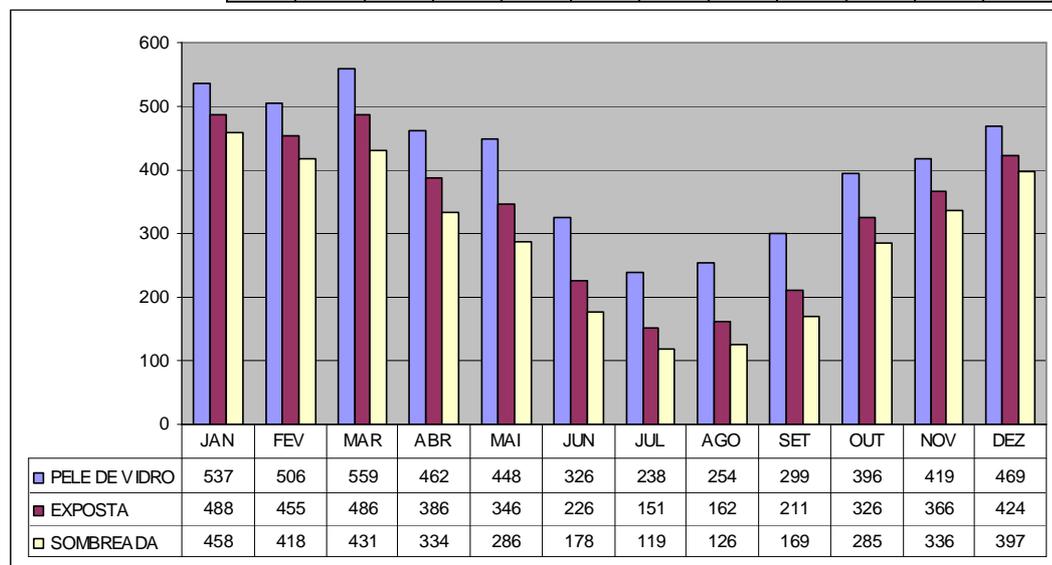
#### 4.1.8 Caso base 1: orientação NOROESTE

**Tabela 15 – Consumo mensal (KW/h) caso base 1: comparativo para a orientação noroeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA NOROESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	488	455	486	386	346	226	151	162	211	326	366	424	4027
		SOMBREADA	458	418	431	334	286	178	119	126	169	285	336	397	3537
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			6.1%	8.1%	11.3%	13.5%	17.3%	21.2%	21.2%	22.2%	19.9%	12.6%	8.2%	6.4%	12.2%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			30.00	37.00	55.00	52.00	60.00	48.00	32.00	36.00	42.00	41.00	30.00	27.00	490.00

**Tabela 16 – Consumo mensal (KW/h) caso base 1: comparativo para a orientação noroeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR LATERAL	FACHADA NOROESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	537	506	559	462	448	326	238	254	299	396	419	469	4913
		SOMBREADA	458	418	431	334	286	178	119	126	169	285	336	397	3537
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			14.7%	17.4%	22.9%	27.7%	36.2%	45.4%	50.0%	50.4%	43.5%	28.0%	19.8%	15.4%	28.0%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			79.0	88.0	128.0	128.0	162.0	148.0	119.0	128.0	130.0	111.0	83.0	72.0	1376.0



**Gráfico 25 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 1, orientação noroeste.**

#### 4.2 RESULTADOS: CASOS BASE 2<sup>20</sup>

Todo o item 4.2 refere-se aos resultados de desempenho energético obtido com as simulações computacionais das tipologias arquitetônicas referentes ao caso base 2 (*corredor de circulação central*). Cada subitem a seguir, apresentará os resultados de consumo energético com os sistemas artificiais de condicionamento térmico (*ar condicionando*) e também da variação de temperatura – interna e externa, das oito orientações geográficas em estudo (*norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste e noroeste*) e para as três alternativas de fechamento de fachada (*pele de vidro, s/ proteção e c/ proteção*).

---

<sup>20</sup> Todos os gráficos e tabelas apresentados neste item foram elaborados pelo autor, em 2007.

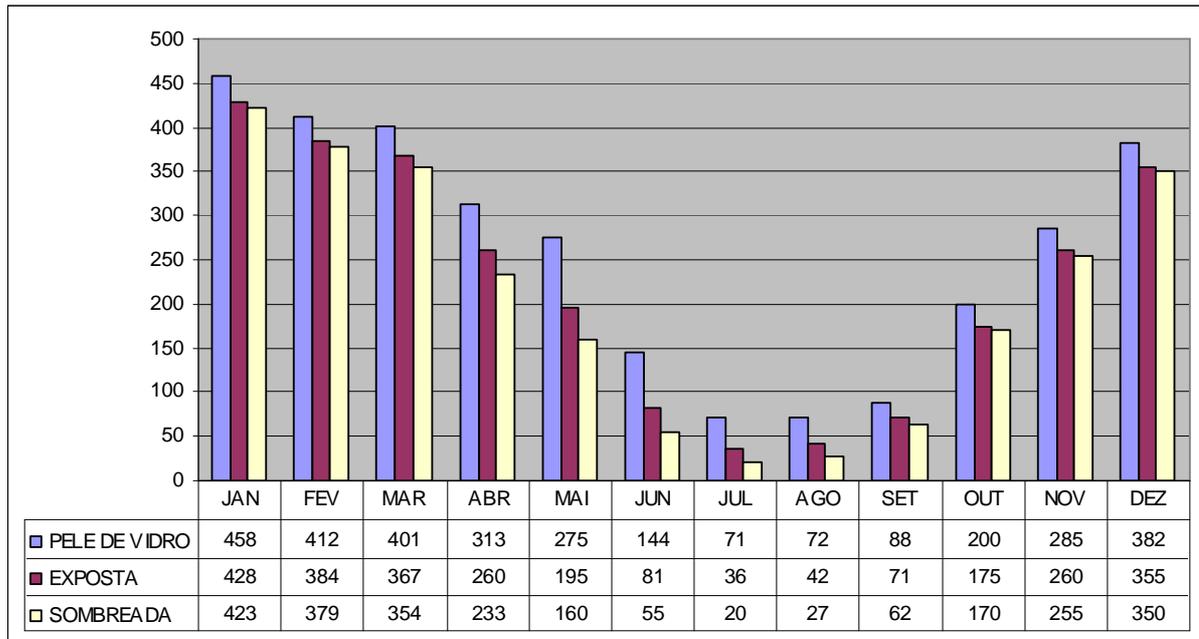
#### 4.2.1 Caso base 2: orientação NORTE

**Tabela 17 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação norte com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA NORTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	428	384	367	260	195	81	36	42	71	175	260	355	2654
		SOMBREADA	423	379	354	233	160	55	20	27	62	170	255	350	2488
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			1.2%	1.3%	3.5%	10.4%	17.9%	32.1%	44.4%	35.7%	12.7%	2.9%	1.9%	1.4%	6.3%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			5.0	5.0	13.0	27.0	35.0	26.0	16.0	15.0	9.0	5.0	5.0	5.0	166.0

**Tabela 18 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação norte com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA NORTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	458	412	401	313	275	144	71	72	88	200	285	382	3101
		SOMBREADA	423	379	354	233	160	55	20	27	62	170	255	350	2488
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			7.6%	8.0%	11.7%	25.6%	41.8%	61.8%	71.8%	62.5%	29.5%	15.0%	10.5%	8.4%	19.8%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			35.0	33.0	47.0	80.0	115.0	89.0	51.0	45.0	26.0	30.0	30.0	32.0	613.0



**Gráfico 26 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação norte.**

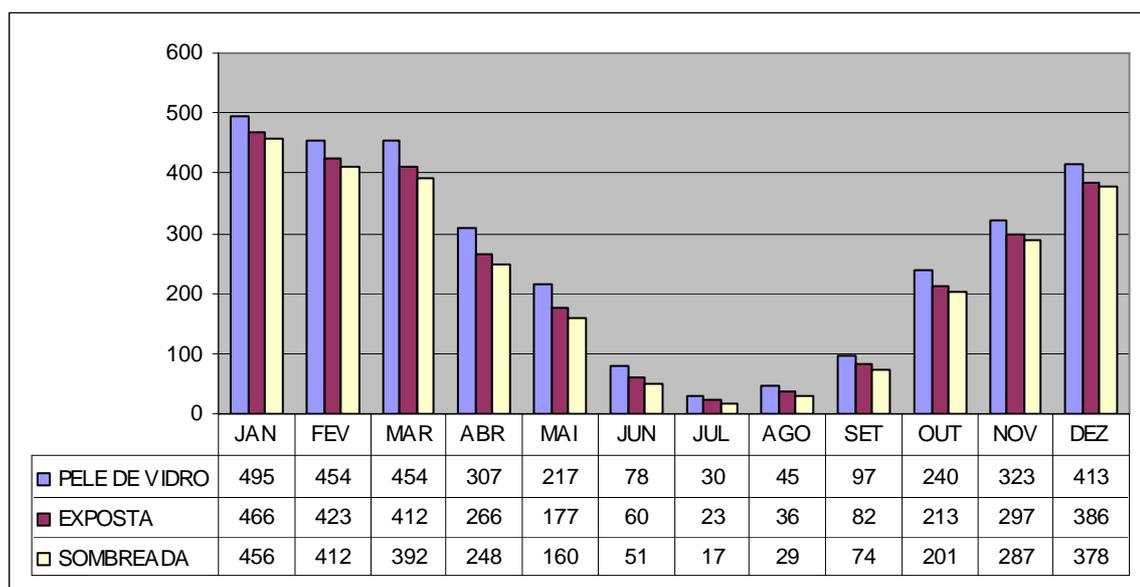
#### 4.2.2 Caso base 2: orientação NORDESTE

**Tabela 19 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação nordeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA NORDESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	466	423	412	266	177	60	23	36	82	213	297	386	2841
		SOMBREADA	456	412	392	248	160	51	17	29	74	201	287	378	2705
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			2.1%	2.6%	4.9%	6.8%	9.6%	15.0%	26.1%	19.4%	9.8%	5.6%	3.4%	2.1%	4.8%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			10.0	11.0	20.0	18.0	17.0	9.0	6.0	7.0	8.0	12.0	10.0	8.0	136.0

**Tabela 20 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação nordeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA NORDESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	495	454	454	307	217	78	30	45	97	240	323	413	3153
		SOMBREADA	456	412	392	248	160	51	17	29	74	201	287	378	2705
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			7.9%	9.3%	13.7%	19.2%	26.3%	34.6%	43.3%	35.6%	23.7%	16.3%	11.1%	8.5%	14.2%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			39.0	42.0	62.0	59.0	57.0	27.0	13.0	16.0	23.0	39.0	36.0	35.0	448.0



**Gráfico 27 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação nordeste.**

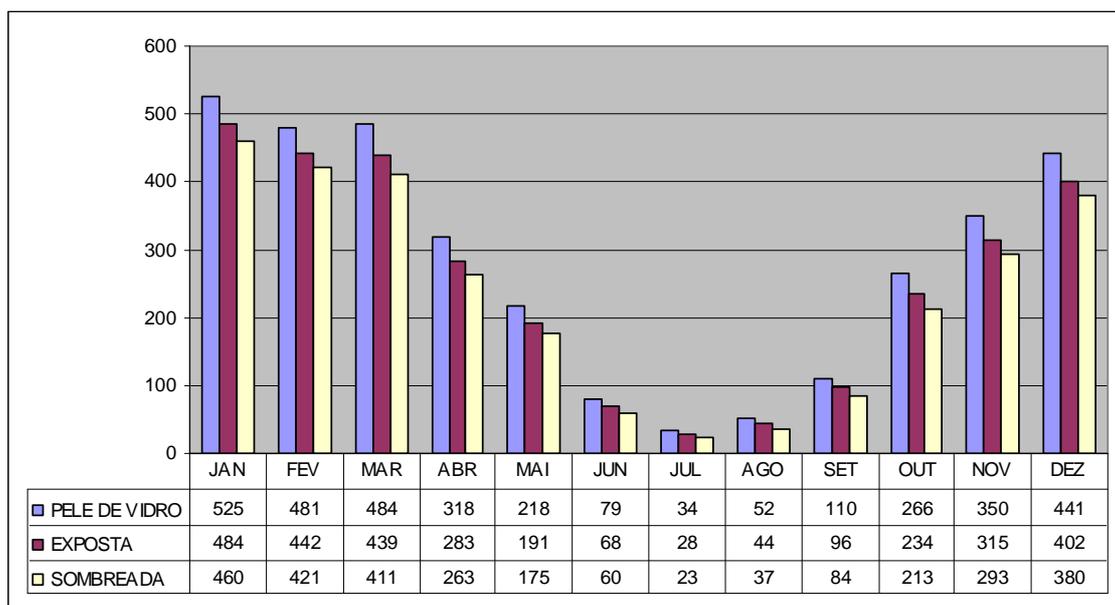
#### 4.2.3 Caso base 2: orientação LESTE

**Tabela 21 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação leste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA LESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	484	442	439	283	191	68	28	44	96	234	315	402	3026
		SOMBREADA	460	421	411	263	175	60	23	37	84	213	293	380	2820
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			5.0%	4.8%	6.4%	7.1%	8.4%	11.8%	17.9%	15.9%	12.5%	9.0%	7.0%	5.5%	6.8%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
		REDUÇÃO	24.0	21.0	28.0	20.0	16.0	8.0	5.0	7.0	12.0	21.0	22.0	22.0	206.0

**Tabela 22 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação leste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA LESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	525	481	484	318	218	79	34	52	110	266	350	441	3358
		SOMBREADA	460	421	411	263	175	60	23	37	84	213	293	380	2820
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			12.4%	12.5%	15.1%	17.3%	19.7%	24.1%	32.4%	28.8%	23.6%	19.9%	16.3%	13.8%	16.0%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			65.0	60.0	73.0	55.0	43.0	19.0	11.0	15.0	26.0	53.0	57.0	61.0	538.0



**Gráfico 28 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação leste.**

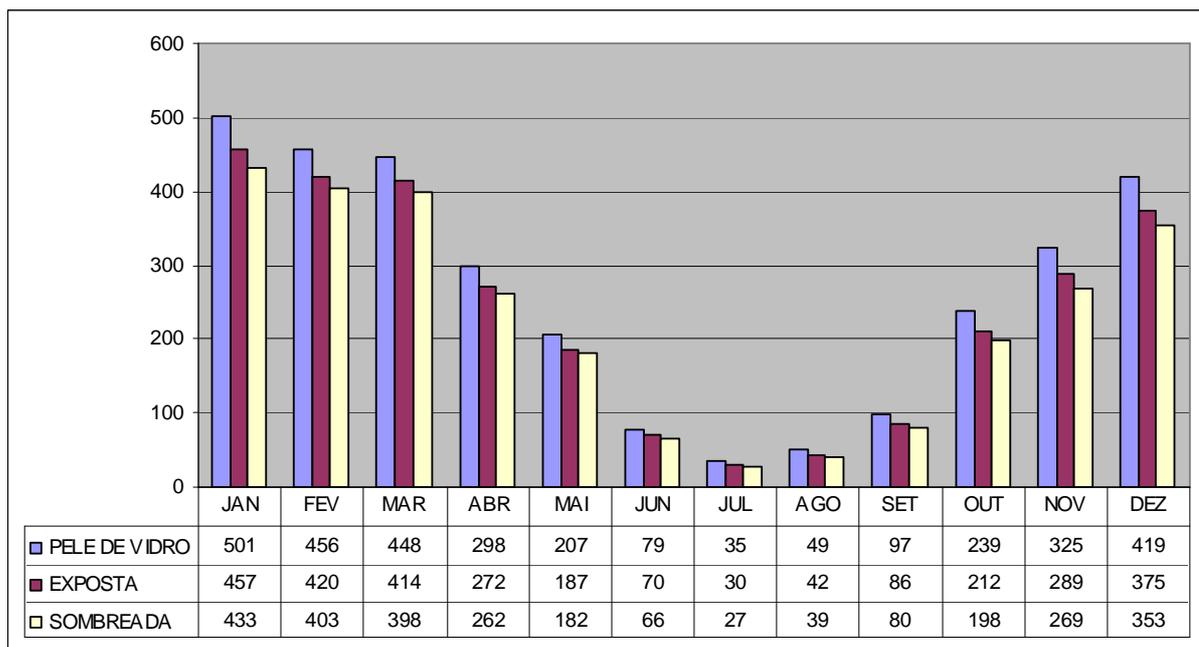
#### 4.2.4 Caso base 2: orientação SUDESTE

**Tabela 23 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação sudeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA SUDESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	457	420	414	272	187	70	30	42	86	212	289	375	2854
		SOMBREADA	433	403	398	262	182	66	27	39	80	198	269	353	2710
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			5.3%	4.0%	3.9%	3.7%	2.7%	5.7%	10.0%	7.1%	7.0%	6.6%	6.9%	5.9%	5.0%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			24.0	17.0	16.0	10.0	5.0	4.0	3.0	3.0	6.0	14.0	20.0	22.0	144.0

**Tabela 24 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação sudeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA SUDESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	501	456	448	298	207	79	35	49	97	239	325	419	3153
		SOMBREADA	433	403	398	262	182	66	27	39	80	198	269	353	2710
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			13.6%	11.6%	11.2%	12.1%	12.1%	16.5%	22.9%	20.4%	17.5%	17.2%	17.2%	15.8%	14.1%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			68.0	53.0	50.0	36.0	25.0	13.0	8.0	10.0	17.0	41.0	56.0	66.0	443.0



**Gráfico 29 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação sudeste.**

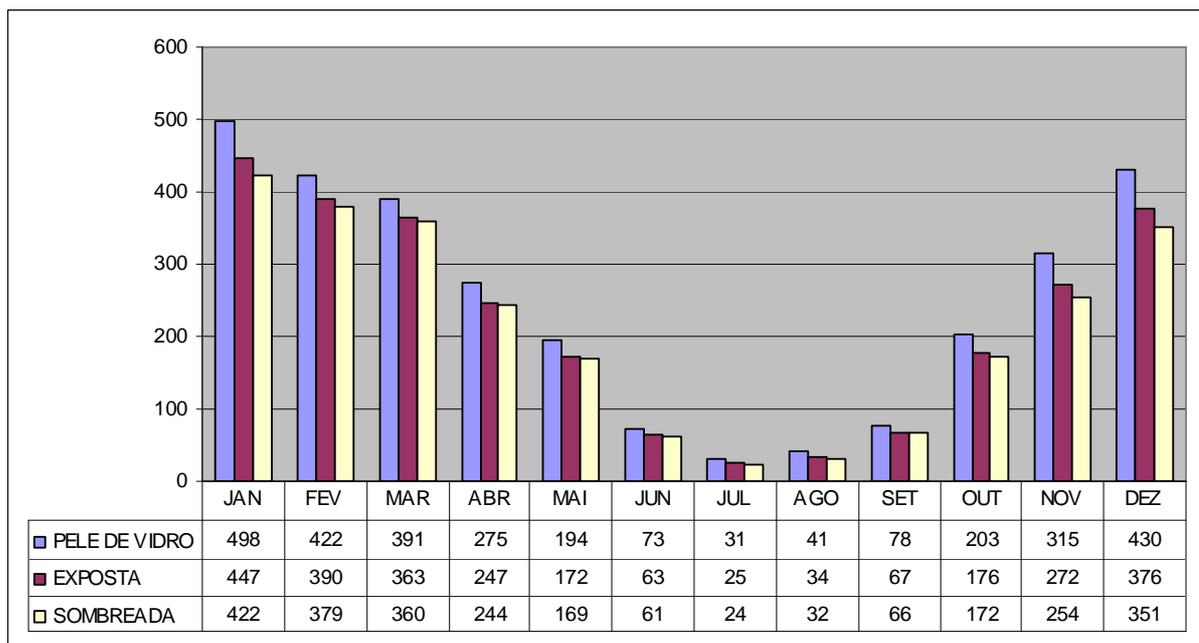
#### 4.2.5 Caso base 2: orientação SUL

**Tabela 25 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação sul com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA SUL	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	447	390	363	247	172	63	25	34	67	176	272	376	2632
		SOMBREADA	422	379	360	244	169	61	24	32	66	172	254	351	2534
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			5.6%	2.8%	0.8%	1.2%	1.7%	3.2%	4.0%	5.9%	1.5%	2.3%	6.6%	6.6%	3.7%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			25.0	11.0	3.0	3.0	3.0	2.0	1.0	2.0	1.0	4.0	18.0	25.0	98.0

**Tabela 26 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação sul com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA SUL	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	498	422	391	275	194	73	31	41	78	203	315	430	2951
		SOMBREADA	422	379	360	244	169	61	24	32	66	172	254	351	2534
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			15.3%	10.2%	7.9%	11.3%	12.9%	16.4%	22.6%	22.0%	15.4%	15.3%	19.4%	18.4%	14.1%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			76.0	43.0	31.0	31.0	25.0	12.0	7.0	9.0	12.0	31.0	61.0	79.0	417.0



**Gráfico 30 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação sul.**

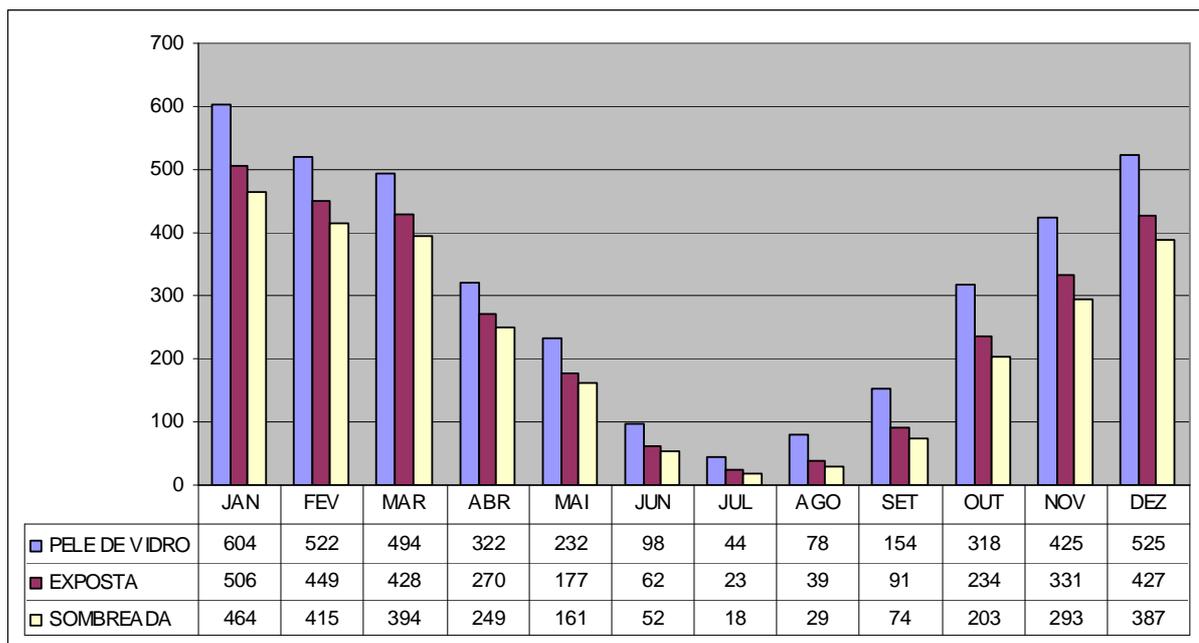
#### 4.2.6 Caso base 2: orientação SUDOESTE

**Tabela 27 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação sudoeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA SUDOESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	506	449	428	270	177	62	23	39	91	234	331	427	3037
		SOMBREADA	464	415	394	249	161	52	18	29	74	203	293	387	2739
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			8.3%	7.6%	7.9%	7.8%	9.0%	16.1%	21.7%	25.6%	18.7%	13.2%	11.5%	9.4%	9.8%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			42.0	34.0	34.0	21.0	16.0	10.0	5.0	10.0	17.0	31.0	38.0	40.0	298.0

**Tabela 28 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação sudoeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA SUDOESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	604	522	494	322	232	98	44	78	154	318	425	525	3816
		SOMBREADA	464	415	394	249	161	52	18	29	74	203	293	387	2739
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			23.2%	20.5%	20.2%	22.7%	30.6%	46.9%	59.1%	62.8%	51.9%	36.2%	31.1%	26.3%	28.2%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			140.0	107.0	100.0	73.0	71.0	46.0	26.0	49.0	80.0	115.0	132.0	138.0	1077.0



**Gráfico 31 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação sudoeste.**

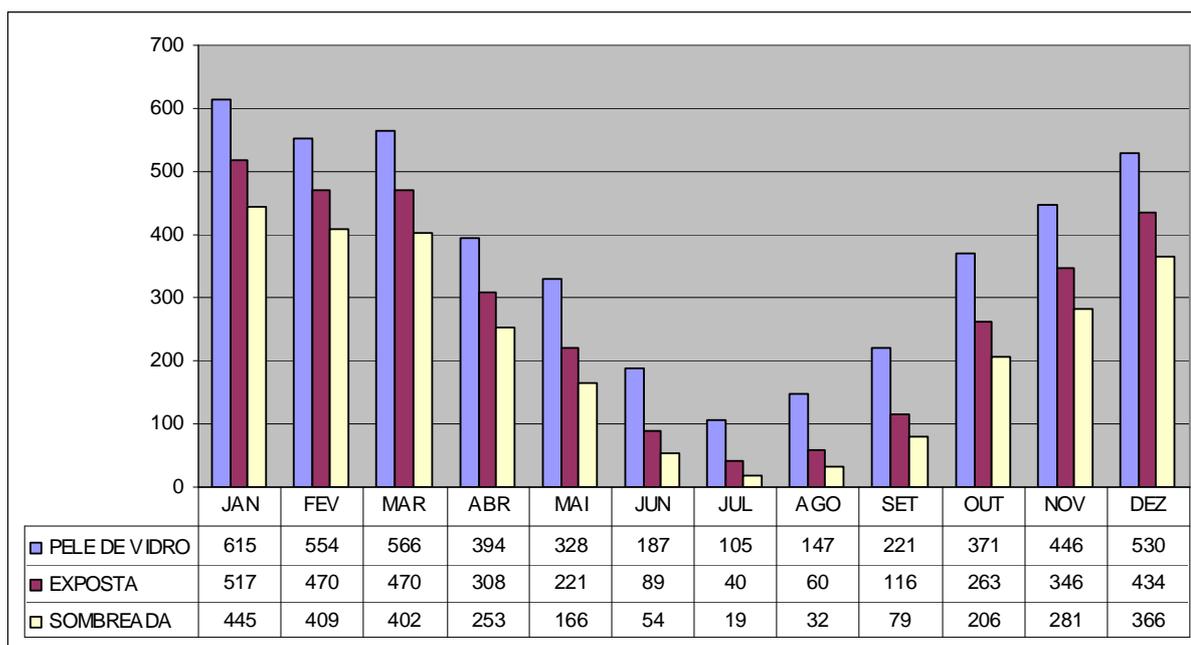
#### 4.2.7 Caso base 2: orientação OESTE

**Tabela 29 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação oeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA OESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	517	470	470	308	221	89	40	60	116	263	346	434	3334
		SOMBREADA	445	409	402	253	166	54	19	32	79	206	281	366	2712
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			13.9%	13.0%	14.5%	17.9%	24.9%	39.3%	52.5%	46.7%	31.9%	21.7%	18.8%	15.7%	18.7%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			72.0	61.0	68.0	55.0	55.0	35.0	21.0	28.0	37.0	57.0	65.0	68.0	622.0

**Tabela 30 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação oeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA OESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	615	554	566	394	328	187	105	147	221	371	446	530	4464
		SOMBREADA	445	409	402	253	166	54	19	32	79	206	281	366	2712
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			27.6%	26.2%	29.0%	35.8%	49.4%	71.1%	81.9%	78.2%	64.3%	44.5%	37.0%	30.9%	39.2%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			170.0	145.0	164.0	141.0	162.0	133.0	86.0	115.0	142.0	165.0	165.0	164.0	1752.0



**Gráfico 32 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação oeste.**

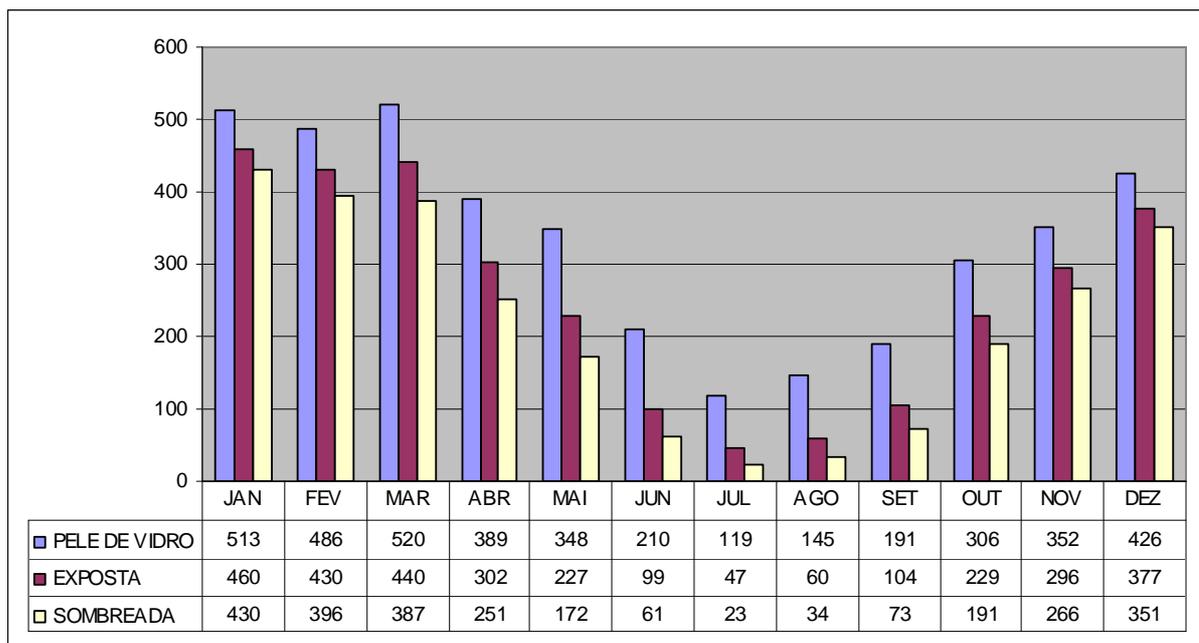
#### 4.2.8 Caso base 2: orientação NOROESTE

**Tabela 31 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação noroeste com esquadria exposta ao sol e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA NOROESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		EXPOSTA	460	430	440	302	227	99	47	60	104	229	296	377	3071
		SOMBREADA	430	396	387	251	172	61	23	34	73	191	266	351	2635
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			6.5%	7.9%	12.0%	16.9%	24.2%	38.4%	51.1%	43.3%	29.8%	16.6%	10.1%	6.9%	14.2%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			30.0	34.0	53.0	51.0	55.0	38.0	24.0	26.0	31.0	38.0	30.0	26.0	436.0

**Tabela 32 – Consumo mensal (KW/h) caso base 2: comparativo para a orientação noroeste com fechamento em pele de vidro e esquadria sombreada por dispositivo de proteção solar.**

CORREDOR CENTRAL	FACHADA NOROESTE	CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h) COM O SISTEMA DE AR CONDICIONADO												CONSUMO ANUAL (Kw/H)	
		JANELA/ FECHAMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV		DEZ
		PELE DE VIDRO	513	486	520	389	348	210	119	145	191	306	352	426	4005
		SOMBREADA	430	396	387	251	172	61	23	34	73	191	266	351	2635
		REDUÇÃO RELATIVA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL												ECONOMIA ANUAL	
			16.2%	18.5%	25.6%	35.5%	50.6%	71.0%	80.7%	76.6%	61.8%	37.6%	24.4%	17.6%	34.2%
		REDUÇÃO ABSOLUTA DE CONSUMO ENERGÉTICO MENSAL (kW/h)												ECONOMIA ANUAL (Kw/H)	
			83.0	90.0	133.0	138.0	176.0	149.0	96.0	111.0	118.0	115.0	86.0	75.0	1370.0

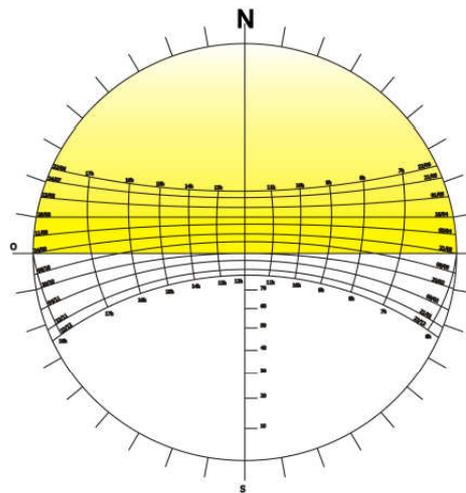


**Gráfico 33 – Cruzamento dos valores de consumo mensal (kW/h) do caso base 2, orientação noroeste.**

### 4.3 ANÁLISES PRELIMINARES<sup>21</sup>

#### 4.3.1 Orientação norte: caso base 1 e caso base 2

A fachada norte é aquela cuja normal aponta para o ponto cardeal norte, tendo azimute de 0°, o plano da fachada norte está na linha leste-oeste, sendo a metade da abóbada celeste visível correspondente à metade superior da carta solar.



**Ilustração 33 – Insolação da fachada norte**

Fonte: O autor (2007)

Com base na carta solar, para as datas dos solstícios e equinócios, apresenta-se a seguir os períodos em que o sol incide na fachada norte:

**Tabela 33 – Períodos de insolação da fachada norte: solstícios e equinócios**

Data	Período de Insolação	tempo de insolação
22/06 - solstício de inverno	de 6:20 até 17:40	11:20
21/03 e 24/09 - equinócios de outono e de primavera	de 6:00 até 18:00	12:00
22/12 - solstício de verão	de - até -	Não bate o sol

Fonte: O autor (2007)

##### 4.3.1.1 Caso base 1: consumo energético anual

O consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado para o caso base 1, com abertura voltada para orientação norte foi de 3567 kW/h para a tipologia com janela exposta, 4080 kW/h para tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e

<sup>21</sup> Neste item os comentários sobre a insolação das fachadas será tratada, ilustrativamente, nas datas correspondentes aos solstícios e equinócios.

para tipologia com janela sombreada de 3373 kW/h. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 5,4% e 17,3% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.1.2 Caso base 1: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstra que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de junho (16,2%), julho (16,9%) e agosto (15,5%). Por outro lado, os menores índices de redução mensal de consumo foram encontrados nos meses de novembro (1,2%), dezembro (1,3%), janeiro (1,1%) e fevereiro (1,3%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de maio (38 kW/h), junho (33 kW/h) e abril (26 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em novembro (4 kW/h), outubro, dezembro, janeiro e fevereiro, todos com 5 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada os índices apresentam valores bem mais elevados que os registrados na situação anterior. Os maiores percentuais de redução de consumo energético mensal registrados correspondem a 43,0%; 39,7% e 38,5% - julho, agosto e junho, e, os menores índices registrados foram 6,7%; 7,0% e 7,1% - janeiro, fevereiro e dezembro.

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de maio (109 kW/h), junho (107 kW/h) e julho (89

kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de fevereiro, novembro e dezembro (30 kW/h) e janeiro, com 32 kW/h de redução.

#### 4.3.1.3 Caso base 2: consumo energético anual

Para o caso base 2 – corredor central, o consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado foi de 2654 kW/h para a tipologia com janela exposta, 3101 kW/h para a tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e 2488 kW/h para a tipologia com janela sombreada. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 6,3% e 19,8% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.1.4 Caso base 2: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstram que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de junho (32,1%), julho (44,4%) e agosto (35,7%), final do outono e parte do inverno. Os menores índices de redução de consumo energético mensal são encontrados nos meses de dezembro (1,4%), janeiro (1,2%) e fevereiro (1,3%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de maio (35 kW/h), abril (27 kW/h) e junho (26 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, todos com 5 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energéticos registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada encontrou-se os maiores índices de economia nos meses de junho (61,8%), julho (71,8%) e agosto (62,5%). Os

menores índices de redução de consumo mensal foram encontrados nos meses de dezembro (8,4%), janeiro (7,6%) e fevereiro (8,0%).

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de maio (115 kW/h), junho (89 kW/h) e abril (80 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de setembro (26 kW/h), outubro e novembro (30 kW/h) e dezembro, com 32 kW/h de redução.

#### 4.3.1.5 Análise preliminar orientação norte caso base 1 e caso base 2: conclusão

O sol incide na fachada norte desde que nasce às 6:20h até o pôr-do-sol às 17:40h no solstício de inverno e de 6:00h até às 18:00h nos equinócios. No solstício de inverno o sol descreve uma trajetória aparente segundo um plano mais distante do plano da fachada (maior valor de intensidade da radiação durante a manhã), enquanto que nos equinócios a trajetória ocorre num plano mais próximo do plano da fachada (menor intensidade de radiação solar se comparada ao solstício de inverno). No solstício de verão a fachada norte não ocorre incidência direta do sol, recebe apenas radiação difusa.

Por conta do período de exposição à insolação direta observou-se que entre os meses de abril até o mês de junho, em todos os casos estudados, ocorreram os maiores índices de redução de consumo energético com o sombreamento das fachadas.

Ainda assim, mesmo sem receber insolação direta no período de novembro até março, observou-se que os índices de consumo energético atingiram seus valores mais elevados.

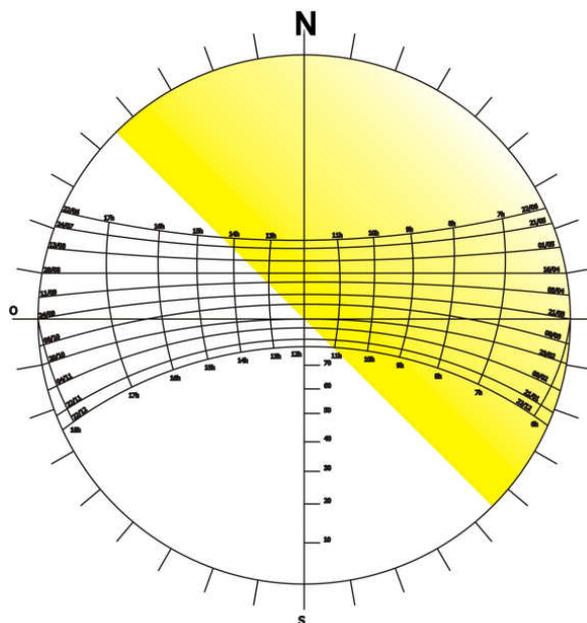
No comparativo entre os dois casos base verificou-se ainda que:

- a) o caso base 1 apresentou maiores índices de consumo energético que o caso base 2 para os mesmo tipos de fechamento de fachada;

- b) o sombreamento proporcionado pela inclusão dos dispositivos de proteção solar no caso base 1 e no caso base 2 resultou em diminuição do consumo energético;
- c) com relação ao tipo de fechamento de fachada observou-se que o fechamento em pele de vidro, dentre os três tipos de fechamento estudados (janela exposta, janela sombreada e pele de vidro), apresentou, tanto no caso base 1 quanto no caso base 2 os maiores índices de consumo energético.
- d) para um mesmo caso base, com o mesmo tipo de fechamento de fachada, foram observadas elevadas diferenças entre os índices mensais de consumo energético. Para a orientação norte a maior diferença entre os índices mensais de consumo energético ocorreu no modelo do caso base 2 com janela sombreada, no qual, o consumo do mês de janeiro (423kW/h) correspondeu aproximadamente a 21 vezes o consumo observado no mês de julho (20kW/h).

#### **4.3.2 Orientação nordeste: caso base 1 e caso base 2**

A fachada nordeste é aquela cuja normal aponta para a orientação geográfica nordeste, tendo azimute de  $45^\circ$ , o plano da fachada nordeste está na linha noroeste-sudeste, sendo sua abóbada celeste visível correspondente a  $\frac{3}{4}$  da metade direita da carta solar e  $\frac{1}{4}$  da metade esquerda da carta solar.



**Ilustração 34 – Insolação da fachada nordeste**

Fonte: O autor (2007)

Com base na carta solar, para as datas dos solstícios e equinócios, apresenta-se a seguir os períodos em que o sol incide na fachada nordeste:

**Tabela 34 – Períodos de insolação da fachada nordeste: solstícios e equinócios**

Data	Período de Insolação	tempo de insolação
22/06 - solstício de inverno	de 6:20 até 14:20	8:00
21/03 e 24/09 - equinócios de outono e de primavera	de 6:00 até 12:42	6:42
22/12 - solstício de verão	de 5:40 até 11:04	5:24

Fonte: O autor (2007)

#### 4.3.2.1 Caso base 1: consumo energético anual

O consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado para o caso base 1 – corredor lateral, com abertura voltada para orientação nordeste foi de 3650 kW/h para a tipologia com janela exposta e 4096 kW/h para tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e para tipologia com janela sombreada de 3489 kW/h. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 4,4% e 14,8% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.2.2 Caso base 1: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstra que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de julho (10,3%), agosto (9,8%) e setembro (8,8%), período de inverno. Os menores índices de redução mensal de consumo foram encontrados nos meses de dezembro (1,9%), janeiro (2,1%) e fevereiro (2,5%), que correspondem ao final da primavera e parte do verão.

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de maio e março (18 kW/h), abril e setembro (16 kW/h), junho e outubro (14 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em dezembro (8 kW/h), novembro e janeiro (10 kW/h) e fevereiro (11 kW/h).

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada os índices apresentam valores mais elevados que os registrados na situação anterior. Os maiores percentuais de redução de consumo energético mensal registrados correspondem a 24,5%; 30,7% e 29,4% - junho, julho e agosto, e, os menores índices registrados foram 9,0%; 8,3% e 9,5% - dezembro, janeiro e fevereiro.

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de março e maio (64 kW/h), abril (57 kW/h), junho e setembro (53 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de novembro e dezembro (40 kW/h), janeiro (42 kW/h) e fevereiro, com 44 kW/h de redução.

#### 4.3.2.3 Caso base 2: consumo energético anual

Para o caso base 2 – corredor central, o consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado foi de 2841 kW/h para a tipologia com janela exposta, 3153 kW/h para a tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e 2705 kW/h para a tipologia com janela sombreada. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 4,8% e 14,2% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.2.4 Caso base 2: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstraram que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de junho (15,0%), julho (26,1%) e agosto (19,4%), final do outono e parte do inverno. Os menores índices de redução de consumo energético mensal são encontrados nos meses de dezembro (2,1%), janeiro (2,1%) e fevereiro (2,6%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de março (20 kW/h), abril (18 kW/h) e maio (17 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em julho (6 kW/h), agosto (7 kW/h) e setembro e dezembro, com 8 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energéticos registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada encontrou-se os maiores índices de economia nos meses de junho (34,6%), julho (43,3%) e agosto (35,6%). Os menores índices de redução de consumo mensal foram encontrados nos meses de dezembro (8,5%), janeiro (7,9%) e fevereiro (9,3%).

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de março (62 kW/h), abril (59 kW/h), maio (57 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de julho (13 kW/h), agosto (16 kW/h) e setembro, com 23 kW/h de redução.

#### 4.3.2.5 Análise preliminar orientação nordeste caso base 1 e caso base 2: conclusão

A fachada nordeste recebe insolação direta durante todas as manhãs do ano e parte da tarde nos períodos próximos ao solstício de inverno. O tempo de insolação na fachada nordeste apresenta sua maior duração no solstício de inverno – do nascer do sol às 6:20h até às 14:20h. Apesar de apresentar um menor tempo de insolação no solstício de verão, por conta da posição relativa do sol estar mais afastada do plano da fachada, a intensidade da radiação solar incidente no período da manhã apresenta maior intensidade neste período.

Acredita-se que, por conta disso, os maiores índices de redução relativa de consumo energético foram observados nos meses de junho, julho e agosto. Mesmo assim, observou-se que os maiores índices de consumo energético ocorrem no período compreendido entre o mês de novembro até março.

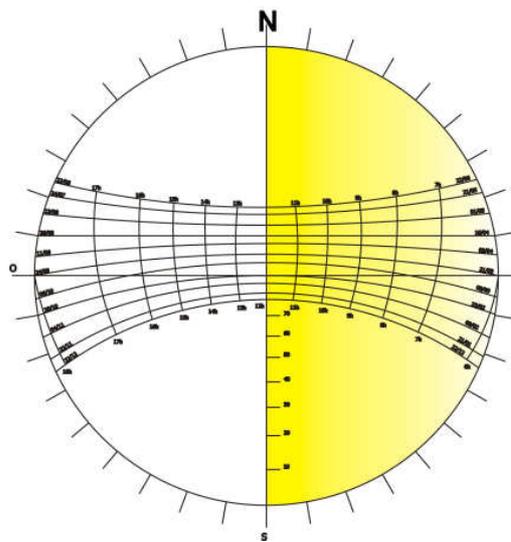
No comparativo entre os dois casos base verificou-se ainda que:

- a) o caso base 1 apresentou maiores índices de consumo energético que o caso base 2 para os mesmo tipos de fechamento de fachada;
- b) o sombreamento proporcionado pela inclusão dos dispositivos de proteção solar no caso base 1 e no caso base 2 resultou em diminuição do consumo energético;
- c) com relação ao tipo de fechamento de fachada observou-se que o fechamento em pele de vidro, dentre os três tipos de fechamento estudados (janela exposta, janela sombreada e pele de vidro), apresentou, tanto no caso base 1 quanto no caso base 2 os maiores índices de consumo energético.

d) para um mesmo caso base, com o mesmo tipo de fechamento de fachada, foram observadas elevadas diferenças entre os índices mensais de consumo energético. Para a orientação nordeste a maior diferença entre os índices mensais de consumo energético ocorreu no modelo do caso base 2 com janela sombreada, no qual, o consumo do mês de janeiro (456kW/h) correspondeu aproximadamente a 26 vezes do consumo observado no mês de julho (17kW/h).

#### 4.3.3 Orientação leste: caso base 1 e caso base 2

É aquela cuja normal aponta para a orientação geográfica leste, tendo, portanto, azimute  $90^\circ$  - azimute da normal à fachada. O plano da fachada leste está na linha norte-sul, que delimita a metade direita da carta como abóbada celeste visível.



**Ilustração 35 – Insolação da fachada leste**

Fonte: O autor (2007)

Com base na carta solar, para as datas dos solstícios e equinócios, apresenta-se a seguir os períodos em que o sol incide na fachada leste:

**Tabela 35 – Períodos de insolação da fachada leste: solstícios e equinócios**

Data	Período de Insolação	tempo de insolação
22/06 - solstício de inverno	de 6:20 até 12:00	5:40
21/03 e 24/09 - equinócios de outono e de primavera	de 6:00 até 12:00	6:00
22/12 - solstício de verão	de 5:40 até 12:00	6:20

Fonte: O autor (2007)

#### 4.3.3.1 Caso base 1: consumo energético anual

O consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado para o caso base 1 – corredor lateral, com abertura voltada para orientação leste foi de 3765 kW/h para a tipologia com janela exposta e 4208 kW/h para tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e para tipologia com janela sombreada de 3535 kW/h. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 6,1% e 16,0% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.3.2 Caso base 1: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstra que o maior impacto de economia energética mensal proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de julho (8,9%), agosto (9,7%) e setembro (10,6%). Por outro lado, os menores índices de redução mensal de consumo foram encontrados nos meses de dezembro (4,9%), janeiro (4,7%) e fevereiro (4,7%) – época do verão.

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de março (27 kW/h), outubro e novembro (24 kW/h), janeiro (23 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em julho (11 kW/h), junho (12 kW/h) e agosto, todos com 13 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada os índices apresentam valores mais elevados que os registrados na situação anterior. Os maiores percentuais de redução de consumo energético mensal registrados correspondem a 23,3%; 25,3% e 24,9% - julho, agosto e setembro, e, os menores índices registrados foram 13,9%; 12,8% e 12,7% - dezembro/abril, janeiro e fevereiro.

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de março (77 kW/h), janeiro (69 kW/h), dezembro (66 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de julho (34 kW/h), junho (38 kW/h) e agosto, com 41 kW/h de redução.

#### 4.3.3.3 Caso base 2: consumo energético anual

Para o caso base 2 – corredor central, o consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado foi de 3026 kW/h para a tipologia com janela exposta, 3358 kW/h para a tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e 2820 kW/h para a tipologia com janela sombreada. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 6,8% e 16,0% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.3.4 Caso base 2: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstram que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de julho (17,9%), agosto (15,9%) e setembro

(12,5%). Os menores índices de redução de consumo energético mensal são encontrados nos meses de dezembro (5,5%), janeiro (5,0%) e fevereiro (4,8%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de março (28 kW/h), janeiro (24 kW/h), novembro e dezembro (22 kW/h) e, as menores reduções mensais ocorreram em julho (5 kW/h), agosto (7 kW/h), e junho, com 8 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada encontrou-se os maiores índices de economia nos meses de junho (24,1%), julho (32,4%) e agosto (28,8%). Os menores índices de redução de consumo mensal foram encontrados nos meses de dezembro (13,8%), janeiro (12,4%) e fevereiro (12,5%).

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de março (73 kW/h), janeiro (65 kW/h), dezembro (61 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de julho (11 kW/h), agosto (15 kW/h) e junho, com 19 kW/h de redução.

#### 4.3.3.5 Análise preliminar orientação leste caso base 1 e caso base 2: conclusão

A fachada leste recebe incidência solar direta do nascer do sol até o meio dia durante todo o ano. Nos equinócios a trajetória aparente do sol ocorre segundo um plano muito próximo da normal à fachada, enquanto que no solstício de inverno esta trajetória encontra-se localizada mais ao norte e, no solstício de verão, a trajetória encontra-se localizada mais ao sul.

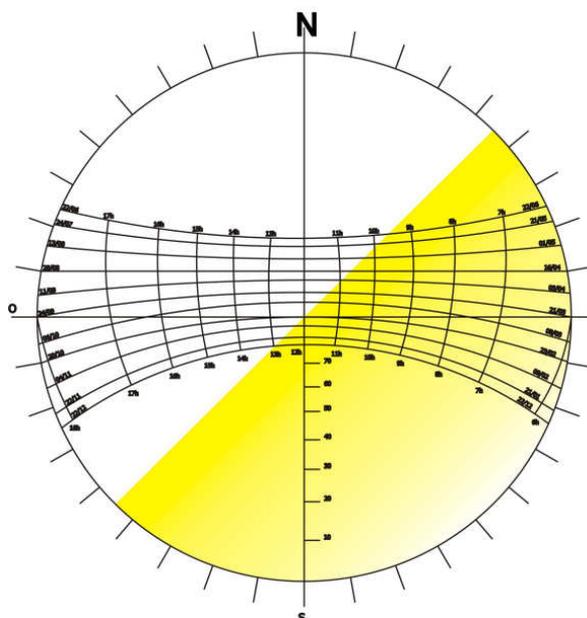
Os maiores índices de consumo energético ocorrem no período compreendido entre o mês de novembro e o mês de março.

No comparativo entre os dois casos base verificou-se ainda que:

- a) o caso base 1 apresentou maiores índices de consumo energético que o caso base 2 para os mesmo tipos de fechamento de fachada;
- b) o sombreamento proporcionado pela inclusão dos dispositivos de proteção solar no caso base 1 e no caso base 2 resultou em diminuição do consumo energético;
- c) com relação ao tipo de fechamento de fachada observou-se que o fechamento em pele de vidro, dentre os três tipos de fechamento estudados (janela exposta, janela sombreada e pele de vidro), apresentou, tanto no caso base 1 quanto no caso base 2 os maiores índices de consumo energético.
- d) para um mesmo caso base, com o mesmo tipo de fechamento de fachada, foram observadas elevadas diferenças entre os índices mensais de consumo energético. Para a orientação leste a maior diferença entre os índices mensais de consumo energético ocorreu no modelo do caso base 2 com janela sombreada, no qual, o consumo do mês de janeiro (460kW/h) correspondeu à 20 vezes do consumo observado no mês de julho (23kW/h).

#### **4.3.4 Orientação sudeste: caso base 1 e caso base 2**

A fachada sudeste é aquela cuja normal aponta para a orientação geográfica sudeste, tendo azimute de  $135^\circ$ , o plano da fachada sudeste está na linha nordeste-sudoeste, sendo sua abóbada celeste visível correspondente à  $\frac{3}{4}$  da metade direita da carta solar e  $\frac{1}{4}$  da metade esquerda da carta solar.



**Ilustração 36 – Insolação da fachada sudeste**

Fonte: O autor (2007)

Com base na carta solar, para as datas dos solstícios e equinócios, apresenta-se a seguir os períodos em que o sol incide na fachada sudeste:

**Tabela 36 – Períodos de insolação da fachada sudeste: solstícios e equinócios**

Data	Período de Insolação	tempo de insolação
22/06 - solstício de inverno	de 6:20 até 9:37	3:17
21/03 e 24/09 - equinócios de outono e de primavera	de 6:00 até 11:19	5:19
22/12 - solstício de verão	de 5:40 até 12:58	7:18

Fonte: O autor (2007)

#### 4.3.4.1 Caso base 1: consumo energético anual

O consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado para o caso base 1 – corredor lateral, com abertura voltada para orientação sudeste foi de 3626 kW/h para a tipologia com janela exposta e 4009 kW/h para tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e para tipologia com janela sombreada de 3472 kW/h. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 4,2% e 13,4% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.4.2 Caso base 1: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstra que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de setembro (5,7%), novembro (5,9%) e dezembro (5,3%). Os menores índices de redução mensal de consumo foram encontrados nos meses de abril (2,7%), maio (2,5%) e junho (2,9%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de janeiro (23 kW/h), dezembro (22 kW/h), novembro (21 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em julho (4 kW/h), junho (5 kW/h) e agosto, com 6 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada os índices apresentam valores mais elevados que os registrados na situação anterior. Os maiores percentuais de redução de consumo energético mensal registrados correspondem a 16,8%; 17,7% e 18,3% - julho, agosto e setembro, e, os menores índices registrados foram 11,1%; 9,5% e 9,7% - março, abril e maio.

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de janeiro (72 kW/h), dezembro (71 kW/h), novembro (61 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de julho (23 kW/h), junho (25 kW/h) e agosto, com 26 kW/h de redução.

#### 4.3.4.3 Caso base 2: consumo energético anual

Para o caso base 2 – corredor central, o consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado foi de 2854 kW/h para a tipologia com janela exposta, 3153 kW/h

para a tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e 2710 kW/h para a tipologia com janela sombreada. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 5,0% e 14,1% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.4.4 Caso base 2: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstram que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de julho (10,0%), agosto (7,1%) e setembro (7,0%). Os menores índices de redução de consumo energético mensal são encontrados nos meses de março (3,9%), abril (3,7%) e maio (2,7%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de janeiro (24 kW/h), dezembro (22 kW/h), novembro (20 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em julho e agosto (3 kW/h), junho (4 kW/h) e maio, com 5 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada encontrou-se os maiores índices de economia nos meses de julho (22,9%), agosto (20,4%) e setembro (17,5%). Os menores índices de redução de consumo mensal foram encontrados nos meses de fevereiro (11,6%), março (11,2%) e abril/maio (12,1%).

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de janeiro (68 kW/h), dezembro (66 kW/h), novembro (56

kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de julho (8 kW/h), agosto (10 kW/h) e junho, com 13 kW/h de redução.

#### 4.3.4.5 Análise preliminar orientação sudeste caso base 1 e caso base 2: conclusão

A fachada sudeste recebe insolação direta em parte da manhã, no solstício de inverno – do nascer do sol às 6:20h até às 9:37. Nos equinócios a insolação ocorre das 6:00h até às 11:19h, enquanto que no solstício de verão, a insolação ocorre das 5:40 até às 12:58h.

Observou-se que os maiores índices de consumo energético ocorrem no período compreendido entre os meses de novembro até março. Além disso, nesse período foram observados os maiores índices relativos de redução de consumo energético.

Apesar de apresentarem os maiores índices relativos de economia energética, o tempo reduzido de insolação direta na fachada sudeste nos períodos próximos ao solstício de inverno justifica a baixa redução absoluta de consumo energética observada nos meses de julho e agosto, por exemplo.

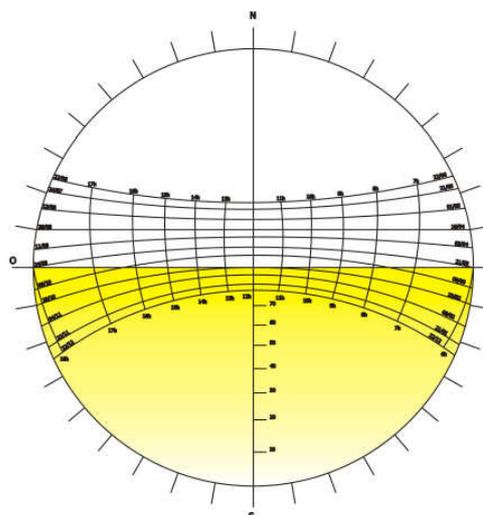
No comparativo entre os dois casos base verificou-se ainda que:

- a) o caso base 1 apresentou maiores índices de consumo energético que o caso base 2 para os mesmo tipos de fechamento de fachada;
- b) o sombreamento proporcionado pela inclusão dos dispositivos de proteção solar no caso base 1 e no caso base 2 resultou em diminuição do consumo energético;
- c) com relação ao tipo de fechamento de fachada observou-se que o fechamento em pele de vidro, dentre os três tipos de fechamento estudados (janela exposta, janela sombreada e pele de vidro), apresentou, tanto no caso base 1 quanto no caso base 2 os maiores índices de consumo energético.

d) para um mesmo caso base, com o mesmo tipo de fechamento de fachada, foram observadas elevadas diferenças entre os índices mensais de consumo energético. Para a orientação sudeste a maior diferença entre os índices mensais de consumo energético ocorreu no modelo do caso base 2 com janela sombreada, no qual, o consumo do mês de janeiro (433kW/h) correspondeu à aproximadamente 16 vezes do consumo observado no mês de julho (27kW/h).

#### 4.3.5 Orientação sul: caso base 1 e caso base 2

A fachada norte é aquela cuja normal aponta para a orientação geográfica norte, tendo azimute de 180°, o plano da fachada sul está na linha leste-oeste, sendo a metade da abóbada celeste visível correspondente à metade inferior da carta solar.



**Ilustração 37 – Insolação da fachada sul**

Fonte: O autor (2007)

Com base na carta solar, para as datas dos solstícios e equinócios, apresenta-se a seguir os períodos em que o sol incide na fachada sul:

**Tabela 37 – Períodos de insolação da fachada sul: solstícios e equinócios**

Data	Período de Insolação	tempo de insolação
22/06 - solstício de inverno	de - até -	Não bate o sol
21/03 e 24/09 - equinócios de outono e de primavera	de - até -	Não bate o sol
22/12 - solstício de verão	de 5:40 até 18:20	12:40

Fonte: O autor (2007)

#### 4.3.5.1 Caso base 1: consumo energético anual

O consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado para o caso base 1 – corredor lateral, com abertura voltada para orientação sul foi de 3496 kW/h para a tipologia com janela exposta e 3862 kW/h para tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e para tipologia com janela sombreada de 3393 kW/h. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 2,9% e 12,1% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.5.2 Caso base 1: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstra que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos novembro (5,2%), dezembro (5,8%) e janeiro (5,2%). Por outro lado, os menores índices de redução mensal de consumo foram encontrados nos meses de março (0,7%), abril (0,9%) e maio (0,8%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de janeiro e dezembro (25 kW/h), novembro (18 kW/h), fevereiro (12 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram nos meses de maio, junho, julho e setembro, todos com 2 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada os índices apresentam valores mais elevados que os registrados na situação anterior. Os maiores percentuais de redução de consumo energético mensal registrados correspondem a 15,6%; 16,9% e 16,8% - julho,

agosto e dezembro, e, os menores índices registrados foram 6,5%; 7,9% e 9,0% - março, abril e maio.

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de dezembro (82 kW/h), janeiro (74 kW/h), novembro (60 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses julho (21 kW/h), junho (23 kW/h) e agosto, com 24 kW/h de redução.

#### 4.3.5.3 Caso base 2: consumo energético anual

Para o caso base 2 – corredor central, o consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado foi de 2632 kW/h para a tipologia com janela exposta, 2951 kW/h para a tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e 2534 kW/h para a tipologia com janela sombreada. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 3,7% e 14,1% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.5.4 Caso base 2: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstram que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de agosto (5,9%), novembro (6,6%) e dezembro (6,6%). Os menores índices de redução de consumo energético mensal são encontrados nos meses de março (0,8%), abril (1,2%) e setembro (1,5%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de janeiro e dezembro (25 kW/h), novembro (18 kW/h), fevereiro (11

kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em julho e setembro (1 kW/h) e junho e agosto, ambos com 2 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada encontrou-se os maiores índices de economia nos meses de julho (22,6%), agosto (22,0%) e novembro (19,4%). Os menores índices de redução de consumo mensal foram encontrados nos meses fevereiro (10,2%), março (7,9%) e abril (11,3%).

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de dezembro (79 kW/h), janeiro (76 kW/h), novembro (61 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de julho (7 kW/h), agosto (9 kW/h), junho e setembro, ambos com 12 kW/h de redução.

#### 4.3.5.5 Análise preliminar orientação sul caso base 1 e caso base 2: conclusão

Na fachada sul não ocorre insolação direta no solstício de inverno e nos equinócios, nestes períodos a fachada recebe apenas radiação solar difusa. Por outro lado, ela recebe radiação solar direta no solstício de verão, durante todo o dia.

Por conta disso, observou-se que os maiores índices de consumo energético ocorrem no período de novembro até março. É interessante notar que no mês de março a redução de consumo mostrou-se bastante reduzida, uma vez que em parte deste mês a fachada já não recebe incidência solar direta.

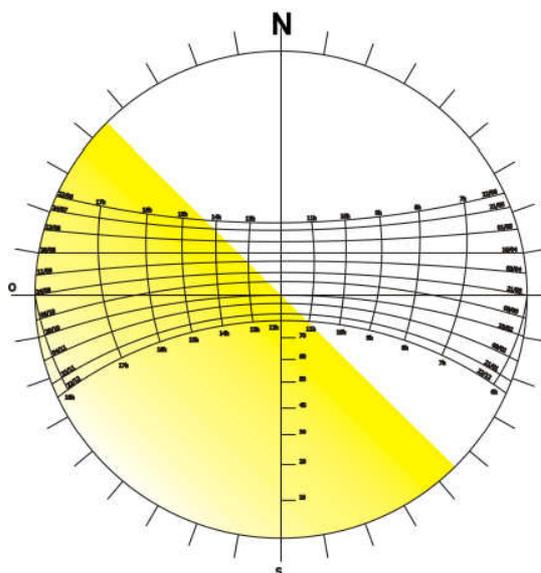
Por conta das características de insolação da fachada identifica-se os baixos índices de redução de consumo energético absoluta nos meses de abril até setembro, se comparados aos meses nos quais ocorre insolação direta.

No comparativo entre os dois casos base verificou-se ainda que:

- a) o caso base 1 apresentou maiores índices de consumo energético que o caso base 2 para os mesmo tipos de fechamento de fachada;
- b) o sombreamento proporcionado pela inclusão dos dispositivos de proteção solar no caso base 1 e no caso base 2 resultou em diminuição do consumo energético;
- c) com relação ao tipo de fechamento de fachada observou-se que o fechamento em pele de vidro, dentre os três tipos de fechamento estudados (janela exposta, janela sombreada e pele de vidro), apresentou, tanto no caso base 1 quanto no caso base 2 os maiores índices de consumo energético.
- d) para um mesmo caso base, com o mesmo tipo de fechamento de fachada, foram observadas elevadas diferenças entre os índices mensais de consumo energético. Para a orientação sul a maior diferença entre os índices mensais de consumo energético ocorreu no modelo do caso base 2 com janela exposta e janela sombreada, nas quais, o consumo do mês de janeiro (447kW/h e 422kW/h, respectivamente) correspondem à aproximadamente 17,5 vezes do consumo observado no mês de julho (25kW/h e 24kW/h, respectivamente).

#### **4.3.6 Orientação sudoeste: caso base 1 e caso base 2**

A fachada sudoeste é aquela cuja normal aponta para a orientação geográfica sudoeste, tendo azimute de  $225^\circ$ , o plano da fachada sudoeste está na linha noroeste-sudeste, sendo sua abóbada celeste visível correspondente à  $\frac{3}{4}$  da metade esquerda da carta solar e  $\frac{1}{4}$  da metade direita da carta solar.



**Ilustração 38 – Insolação da fachada sudoeste**

Fonte: O autor (2007)

Com base na carta solar, para as datas dos solstícios e equinócios, apresenta-se a seguir os períodos em que o sol incide na fachada sudoeste:

**Tabela 38 – Períodos de insolação da fachada sudoeste: solstícios e equinócios**

Data	Período de Insolação	tempo de insolação
22/06 - solstício de inverno	de 14:20 até 17:40	3:20
21/03 e 24/09 - equinócios de outono e de primavera	de 12:42 até 18:00	5:18
22/12 - solstício de verão	de 11:04 até 18:20	7:16

Fonte: O autor (2007)

#### 4.3.6.1 Caso base 1: consumo energético anual

O consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado para o caso base 1 – corredor lateral, com abertura voltada para orientação sudoeste foi de 3954 kW/h para a tipologia com janela exposta e 4703 kW/h para tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e para tipologia com janela sombreada de 3629 kW/h. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 8,2% e 22,8% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.6.2 Caso base 1: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstra que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de agosto/novembro (9,8%), setembro (11,5%) e outubro (10,8%). Os menores índices de redução mensal de consumo foram encontrados nos meses de abril (6,4%), maio (6,0%) e junho (6,9%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de janeiro (43 kW/h), dezembro (41 kW/h), novembro (40 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram julho (9 kW/h), junho (12 kW/h) e agosto, com 13 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada os índices apresentam valores mais elevados que os registrados na situação anterior. Os maiores percentuais de redução de consumo energético mensal registrados correspondem a 27,2%; 32,8% e 27,2% - julho/outubro, agosto e setembro, e, os menores índices registrados foram 18,9%; 18,1% e 17,1% - fevereiro, março e abril.

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de janeiro (135 kW/h), dezembro (134 kW/h), novembro (128 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de julho (41 kW/h), junho (52 kW/h) e agosto, com 58 kW/h de redução.

#### 4.3.6.3 Caso base 2: consumo energético anual

Para o caso base 2 – corredor central, o consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado foi de 3037 kW/h para a tipologia com janela exposta, 3816 kW/h

para a tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e 2739 kW/h para a tipologia com janela sombreada. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 9,8% e 28,2% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.6.4 Caso base 2: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstram que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de julho (21,7%), agosto (25,6%) e setembro (18,7%). Os menores índices de redução de consumo energético mensal são encontrados nos meses de fevereiro (7,6%), março (7,9%) e abril (7,8%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de janeiro (42 kW/h), dezembro (40 kW/h), novembro (38 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em julho (5 kW/h), junho e agosto (10 kW/h), e maio com 16 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada encontrou-se os maiores índices de economia nos meses de julho (59,1%), agosto (62,8%) e setembro (51,9%). Os menores índices de redução de consumo mensal foram encontrados nos meses de fevereiro (20,5%), março (20,2%) e abril (22,7%).

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de janeiro (140 kW/h), dezembro (138 kW/h),

novembro (132 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de julho (26 kW/h), junho (46 kW/h) e agosto, com 49 kW/h de redução.

#### 4.3.6.5 Análise preliminar orientação sudoeste caso base 1 e caso base 2: conclusão

A fachada sudoeste recebe insolação durante todas as tardes do ano e final das manhãs nos equinócios e no solstício de verão. No solstício de inverno a insolação ocorre de 14:20h até às 17:40h, nos equinócios a insolação ocorre de 12:42h até às 18:00h e no solstício de verão a insolação ocorre de 11:04 até às 18:20.

Os maiores índices de consumo energético e de redução absoluta de consumo energético ocorrem no período do mês de novembro ao mês de março, por conta das características de insolação da fachada. Pelo mesmo motivo identifica-se os baixos índices de consumo energético nos meses de junho até setembro.

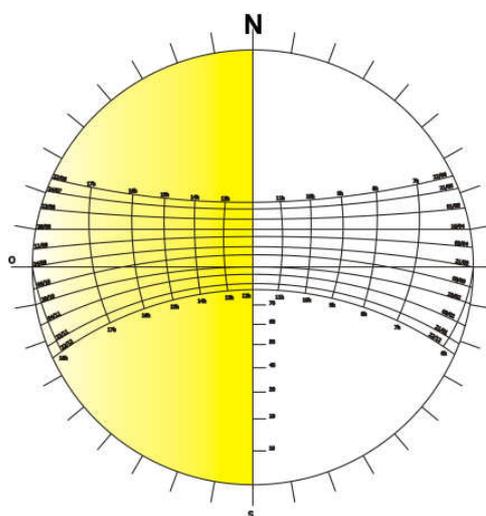
No comparativo entre os dois casos base verificou-se ainda que:

- a) o caso base 1 apresentou maiores índices de consumo energético que o caso base 2 para os mesmo tipos de fechamento de fachada;
- b) o sombreamento proporcionado pela inclusão dos dispositivos de proteção solar no caso base 1 e no caso base 2 resultou em diminuição do consumo energético;
- c) com relação ao tipo de fechamento de fachada observou-se que o fechamento em pele de vidro, dentre os três tipos de fechamento estudados (janela exposta, janela sombreada e pele de vidro), apresentou, tanto no caso base 1 quanto no caso base 2 os maiores índices de consumo energético.
- d) para um mesmo caso base, com o mesmo tipo de fechamento de fachada, foram observadas elevadas diferenças entre os índices mensais de consumo energético. Para a orientação sudoeste a maior diferença entre os índices mensais de consumo

energético ocorreu no modelo do caso base 2 com janela exposta e janela sombreada, nas quais, o consumo do mês de janeiro (464kW/h) corresponde à aproximadamente 26 vezes do consumo observado no mês de julho (18kW/h).

#### 4.3.7 Orientação oeste: caso base 1 e caso base 2

É aquela cuja normal aponta para a orientação geográfica oeste, tendo portando azimute 270°. O plano da fachada leste está na linha norte-sul, que delimita a metade esquerda da carta como abóbada celeste visível.



**Ilustração 39 – Insolação da fachada oeste**

Fonte: O autor (2007)

Com base na carta solar, para as datas dos solstícios e equinócios, apresenta-se a seguir os períodos em que o sol incide na fachada oeste:

**Tabela 39 – Períodos de insolação da fachada oeste: solstícios e equinócios**

Data	Período de Insolação	tempo de insolação
22/06 - solstício de inverno	de 12:00 até 17:40	5:40
21/03 e 24/09 - equinócios de outono e de primavera	de 12:00 até 18:00	6:00
22/12 - solstício de verão	de 12:00 até 18:20	6:20

Fonte: O autor (2007)

##### 4.3.7.1 Caso base 1: consumo energético anual

O consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado para o caso base 1 – corredor lateral, com abertura voltada para orientação oeste foi de 4283 kW/h

para a tipologia com janela exposta e 5331 kW/h para tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e para tipologia com janela sombreada de 3602 kW/h. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 15,9% e 32,4% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.7.2 Caso base 1: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstra que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de junho (20,8%), agosto (23,3%) e setembro (21,9%). Os menores índices de redução mensal de consumo foram encontrados nos meses de janeiro (13,5%), fevereiro (12,9%) e março (13,6%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de janeiro (74 kW/h), março e dezembro (70 kW/h), novembro (67 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em julho (29 kW/h), agosto (37 kW/h) e junho, com 44 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada os índices apresentam valores mais elevados que os registrados na situação anterior. Os maiores percentuais de redução de consumo energético mensal registrados correspondem a 47,2%; 50,4% e 45,7% - julho, agosto e setembro, e, os menores índices registrados foram 26,0%; 25,0% e 26,4% - janeiro, fevereiro e março.

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de janeiro (167 kW/h), novembro e dezembro (161 kW/h), março e outubro (159 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses julho (100 kW/h), agosto (124 kW/h) e junho, com 127 kW/h de redução.

#### 4.3.7.3 Caso base 2: consumo energético anual

Para o caso base 2 – corredor central, o consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado foi de 3334 kW/h para a tipologia com janela exposta, 4464 kW/h para a tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e 2712 kW/h para a tipologia com janela sombreada. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 18,7% e 39,2% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.7.4 Caso base 2: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstram que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de junho (39,3%), julho (52,5%) e agosto (46,7%). Os menores índices de redução de consumo energético mensal são encontrados nos meses de janeiro (13,9%), fevereiro (13,0%) e março (14,5%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de janeiro (72 kW/h), março e dezembro (68 kW/h), novembro (65 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em julho (21 kW/h), agosto (28 kW/h) e junho, com 35 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada encontrou-se os maiores índices de economia nos meses de junho (71,1%), julho (81,9%) e agosto (78,2%). Os menores índices de redução de consumo mensal foram encontrados nos meses de janeiro (27,6%), fevereiro (26,2%) e março (29,0%).

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de janeiro (170 kW/h), outubro e novembro (165 kW/h), março e dezembro (164 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de julho (86 kW/h), agosto (115 kW/h) e junho, com 133 kW/h de redução.

#### 4.3.7.5 Análise preliminar orientação oeste caso base 1 e caso base 2: conclusão

A fachada oeste recebe incidência solar direta do meio dia até o pôr-do-sol durante todo o ano. Nos equinócios – insolação de 12:00h até às 18:00h, a trajetória aparente do sol ocorre segundo num plano muito próximo da normal à fachada, enquanto que no solstício de inverno – insolação de 12:00h até às 17:40h, esta trajetória encontra-se localizada mais ao norte e, no solstício de verão – insolação de 12:00h até às 18:20h, a trajetória encontra-se localizada mais ao sul.

Os meses de maior consumo correspondem a período de novembro a março. Neste período observou-se também os maiores índices absolutos de redução de consumo energético.

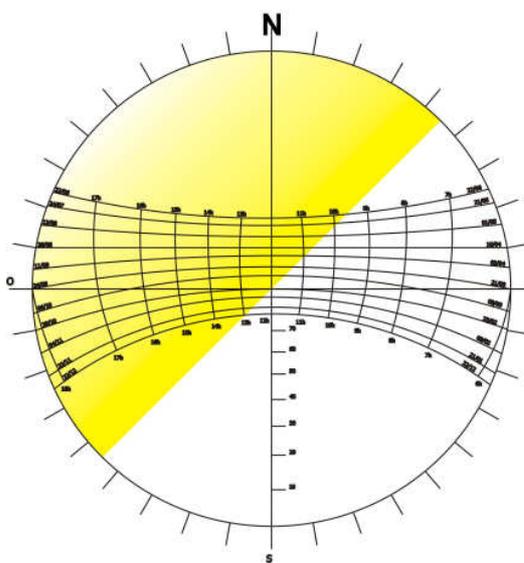
No comparativo entre os dois casos base verificou-se ainda que:

- a) o caso base 1 apresentou maiores índices de consumo energético que o caso base 2 para os mesmo tipos de fechamento de fachada;
- b) o sombreamento proporcionado pela inclusão dos dispositivos de proteção solar no caso base 1 e no caso base 2 resultou em diminuição do consumo energético;

- c) com relação ao tipo de fechamento de fachada observou-se que o fechamento em pele de vidro, dentre os três tipos de fechamento estudados (janela exposta, janela sombreada e pele de vidro), apresentou, tanto no caso base 1 quanto no caso base 2 os maiores índices de consumo energético.
- d) para um mesmo caso base, com o mesmo tipo de fechamento de fachada, foram observadas elevadas diferenças entre os índices mensais de consumo energético. Para a orientação oeste a maior diferença entre os índices mensais de consumo energético ocorreu no modelo do caso base 2 com janela sombreada, no qual, o consumo do mês de janeiro (445kW/h) correspondeu à 23 vezes do consumo observado no mês de julho (19kW/h).

#### 4.3.8 Orientação noroeste: caso base 1 e caso base 2

A fachada noroeste é aquela cuja normal aponta para a orientação geográfica noroeste, tendo azimute de  $315^\circ$ , o plano da fachada noroeste está na linha nordeste-sudoeste, sendo sua abóbada celeste visível correspondente a  $\frac{3}{4}$  da metade esquerda da carta solar e  $\frac{1}{4}$  da metade direita da carta solar.



**Ilustração 40 – Insolação da fachada noroeste**

Fonte: O autor (2007)

Com base na carta solar, para as datas dos solstícios e equinócios, apresenta-se a seguir os períodos em que o sol incide na fachada noroeste:

**Tabela 40 – Períodos de insolação da fachada noroeste: solstícios e equinócios**

Data	Período de Insolação	tempo de insolação
22/06 - solstício de inverno	de 9:37 até 17:40	8:03
21/03 e 24/09 - equinócios de outono e de primavera	de 11:19 até 18:00	6:41
22/12 - solstício de verão	de 12:58 até 18:20	5:22

Fonte: O autor (2007)

#### 4.3.8.1 Caso base 1: consumo energético anual

O consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado para o caso base 1 – corredor lateral, com abertura voltada para orientação noroeste foi de 4027 kW/h para a tipologia com janela exposta e 4913 kW/h para tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e para tipologia com janela sombreada de 3537 kW/h. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 12,2% e 28,0% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.8.2 Caso base 1: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstra que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores percentuais, é registrado nos meses de junho (21,2%), julho (21,2%) e agosto (22,2%). Os menores índices de redução mensal de consumo foram encontrados nos meses de dezembro (6,4%), janeiro (6,1%) e fevereiro (8,1%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de maio (60 kW/h), março (55 kW/h), abril (52 kW/h), e, as menores

reduções mensais ocorreram em dezembro (27 kW/h), janeiro (30 kW/h) e julho, todos com 32 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada os índices apresentam valores mais elevados que os registrados na situação anterior. Os maiores percentuais de redução de consumo energético mensal registrados correspondem a 45,4%; 50,0% e 50,4% - junho, julho e agosto, e, os menores índices registrados foram 15,4%; 14,7% e 17,4% - dezembro, janeiro e fevereiro.

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de maio (162 kW/h), junho (148 kW/h), setembro (130 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de dezembro (72 kW/h), janeiro (79 kW/h) e novembro, com 83 kW/h de redução.

#### 4.3.8.3 Caso base 2: consumo energético anual

Para o caso base 2 – corredor central, o consumo energético anual com os sistemas de ar condicionado registrado foi de 3071 kW/h para a tipologia com janela exposta, 4005 kW/h para a tipologia com fechamento de fachada em pele de vidro e 2635 kW/h para a tipologia com janela sombreada. O sombreamento da janela, com a utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução de consumo energético de 14,2% e 34,2% se comparado o consumo anual registrado para janela sombreada com os modelos de janela exposta e fechamento em pele de vidro, respectivamente.

#### 4.3.8.4 Caso base 2: Redução de consumo mensal

A comparação dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de janela exposta e janela sombreada demonstra que o maior impacto de economia energética proporcionado pela utilização dos dispositivos de proteção solar, em valores

percentuais, é registrado nos meses de junho (38,4%), julho (51,1%) e agosto (43,3%). Os menores índices de redução de consumo energético mensal são encontrados nos meses de dezembro (6,9%), janeiro (6,5%), fevereiro (7,9%).

Em valores absolutos, as maiores reduções de consumo energético mensal foram registradas nos meses de maio (55 kW/h), março (53 kW/h), abril (51 kW/h), e, as menores reduções mensais ocorreram em julho (24 kW/h), agosto e dezembro (26 kW/h), janeiro, outubro e novembro (30 kW/h), todos com 30 kW/h de redução.

No comparativo dos valores mensais de consumo energético registrados para as tipologias de fechamento em pele de vidro e janela sombreada encontrou-se os maiores índices de economia nos meses de junho (71,0%), julho (80,7%) e agosto (76,6%). Os menores índices de redução de consumo mensal foram encontrados nos meses de dezembro (17,6%), janeiro (16,2%), fevereiro (18,5%).

Em valores absolutos, para este caso, as maiores reduções de consumo energético mensal registradas ocorreram nos meses de maio (176 kW/h), junho (149 kW/h), abril (138 kW/h), e, as menores reduções foram registradas nos meses de dezembro (75 kW/h), janeiro (83 kW/h) e novembro, com 86 kW/h de redução.

#### 4.3.8.5 Análise preliminar orientação noroeste caso base 1 e caso base 2: conclusão

A fachada noroeste recebe insolação direta durante todas as tardes do ano e final da manhã, principalmente no solstício de inverno. O tempo de insolação na fachada na fachada noroeste apresenta sua maior duração no solstício de inverno – de 9:37h até as 17:40. Nos equinócios a insolação ocorre de 11:19h até às 18:00h, e, no solstício de verão a insolação ocorre de 12:58h até às 18:20h.

Os maiores índices de consumo energético ocorrem no período compreendido no mês de dezembro ao mês de abril.

No comparativo entre os dois casos base verificou-se ainda que:

- a) o caso base 1 apresentou maiores índices de consumo energético que o caso base 2 para os mesmo tipos de fechamento de fachada;
- b) o sombreamento proporcionado pela inclusão dos dispositivos de proteção solar no caso base 1 e no caso base 2 resultou em diminuição do consumo energético;
- c) com relação ao tipo de fechamento de fachada observou-se que o fechamento em pele de vidro, dentre os três tipos de fechamento estudados (janela exposta, janela sombreada e pele de vidro), apresentou, tanto no caso base 1 quanto no caso base 2 os maiores índices de consumo energético.
- d) para um mesmo caso base, com o mesmo tipo de fechamento de fachada, foram observadas elevadas diferenças entre os índices mensais de consumo energético. Para a orientação noroeste a maior diferença entre os índices mensais de consumo energético ocorreu no modelo do caso base 2 com janela sombreada, no qual, o consumo do mês de janeiro (430kW/h) correspondeu à 19 vezes do consumo observado no mês de julho (23kW/h).

#### 4.4 COMPARATIVO GERAL

É importante ressaltar que os resultados apresentados anteriormente e os comparativos apresentados a seguir referem-se a uma situação na qual cada sala é ocupada por diferentes proprietários/locatários, ou seja, o consumo de cada módulo foi calculado individualmente.

Em todos os casos, as salas de mesma orientação geográfica, com corredor de circulação lateral – caso base 1, apresentaram índices de consumo energético mais elevados que as salas com corredor de circulação central – caso base 2. Acredita-se que isso ocorre por conta de no caso base 2 o módulo de sala de orientação oposta à sala avaliada serve como

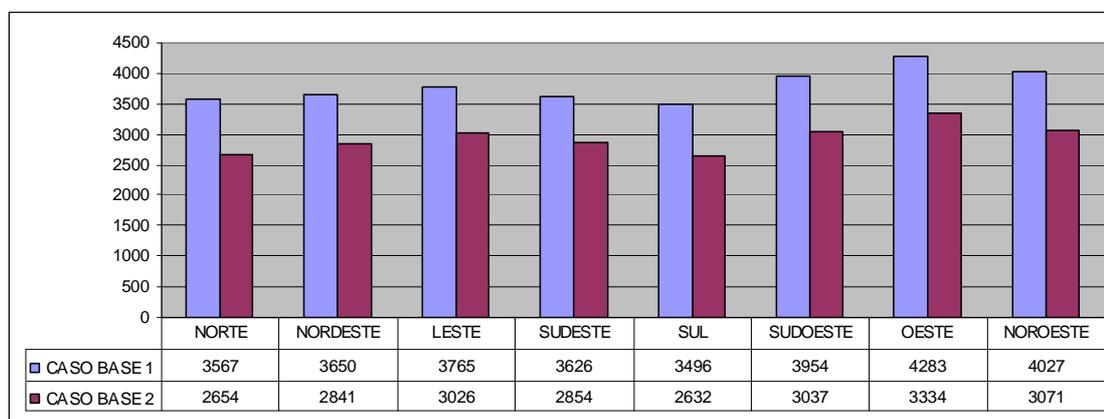
barreira à radiação solar direta e difusa, enquanto que no caso base 1 esta barreira é inexistente.

Os maiores índices de consumo energético foram registrados, em ambos os casos base, nas salas com fachadas de abertura externa voltadas para a) oeste, b) noroeste e c) sudoeste, respectivamente.

Com relação às variações de fechamento de fachada verificou-se que, como esperado, o fechamento em pele de vidro apresentou em todos os casos, os maiores índices de consumo energético se comparado ao fechamento em alvenaria com janela comum. Neste caso, as edificações com janelas sombreadas apresentaram os menores índices de consumo.

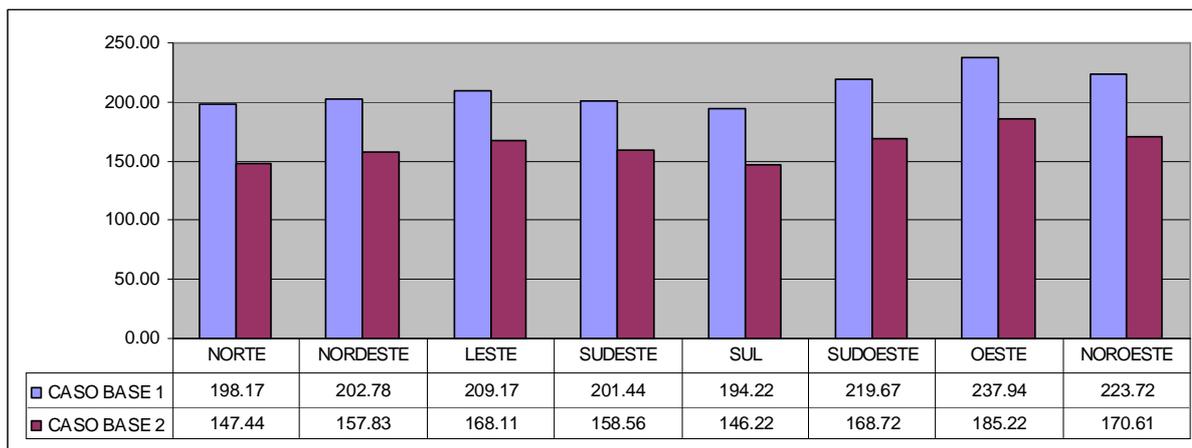
Um melhor entendimento acerca do consumo energético nos diferentes casos estudados, para a situação de ocupação individual das salas, pode ser obtido nos gráficos que seguem a seguir:

#### 4.4.1 Consumo energético: janela exposta



**Gráfico 34 - Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2: janela exposta.**

Fonte: O autor (2007).



**Gráfico 35 - Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2 por m<sup>2</sup>: janela exposta.**

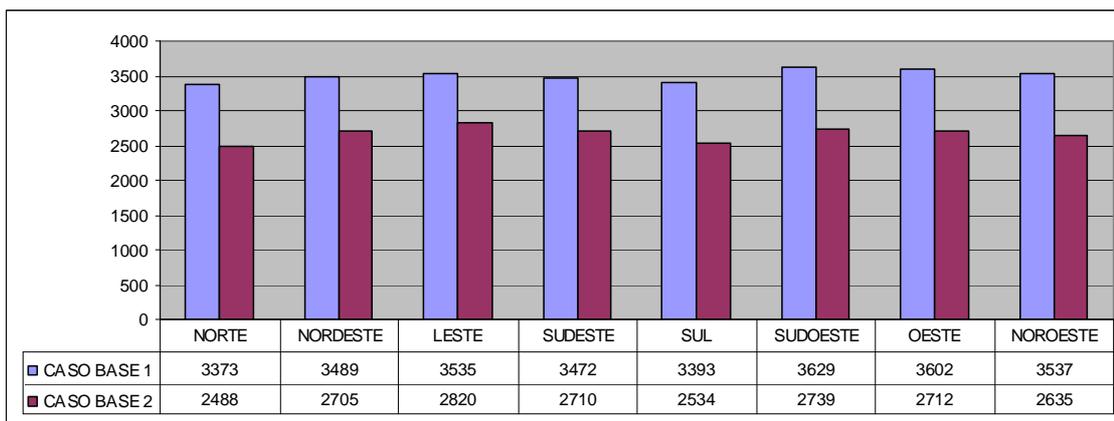
Fonte: O autor (2007).

Para as mesmas orientações geográficas avaliadas, as salas do caso base 1 apresentaram índices de consumo energético superiores aos registrados para as salas do caso base 2.

Comparando as variações de consumo energético por m<sup>2</sup> entre as orientações de maior consumo (orientação oeste) com as de menor consumo (orientação sul), encontrou-se para o caso base 1 uma variação anual de 43,72 kW/h e, para o caso base 2 a variação correspondeu a 39 kW/h ao ano.

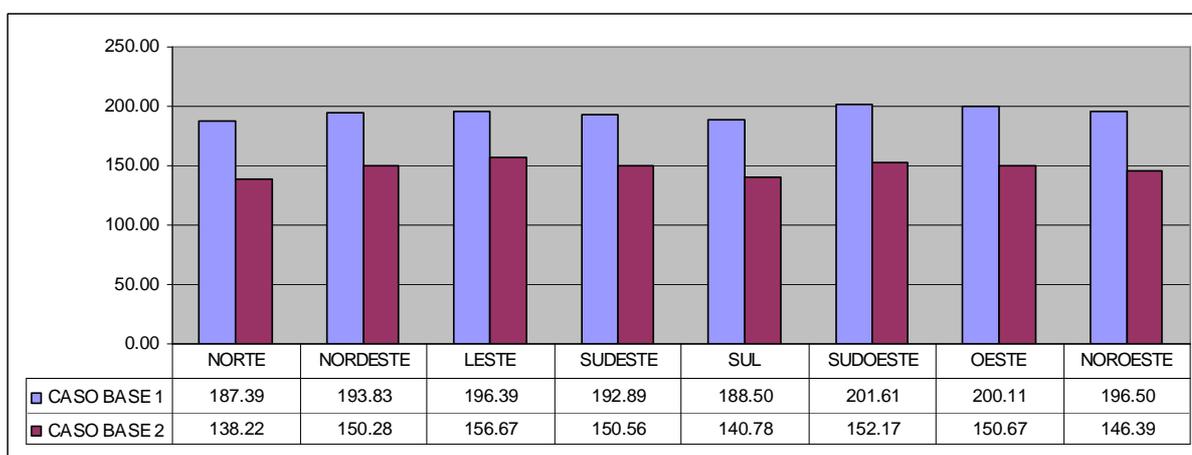
Cabe salientar ainda que o consumo energético por m<sup>2</sup> registrado na sala com janela exposta na orientação oeste (de maior consumo) para o caso base 2 foi inferior ao consumo registrado para orientação de fachada de menor consumo energético do caso base 1 – fachada norte.

#### 4.4.2 Consumo energético: janela sombreada



**Gráfico 36 - Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2: janela sombreada.**

Fonte: O autor (2007).



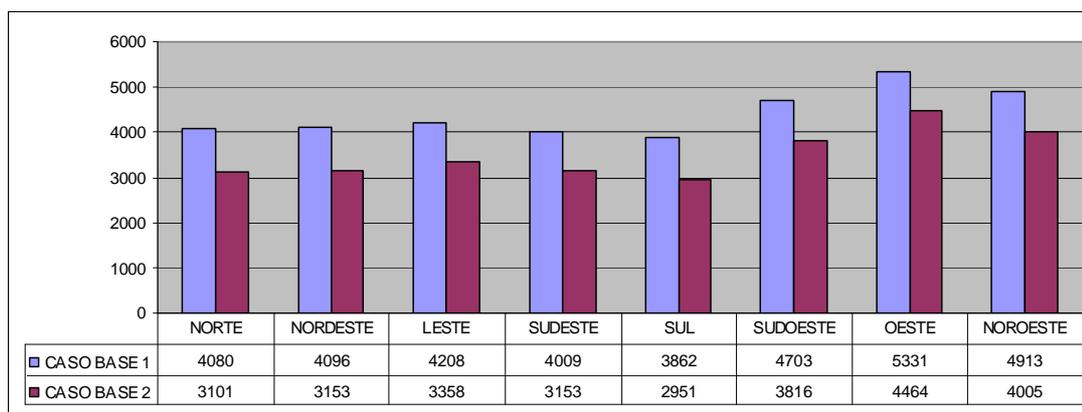
**Gráfico 37 - Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2 por m<sup>2</sup>: esquadria sombreada.**

Fonte: O autor (2007).

Para o fechamento de fachada com janela sombreada, tanto no caso base 1 quanto no caso base 2, a orientação de fachada exposta ao sol com maior consumo energético foi a sudoeste e a orientação de menor consumo foi a norte.

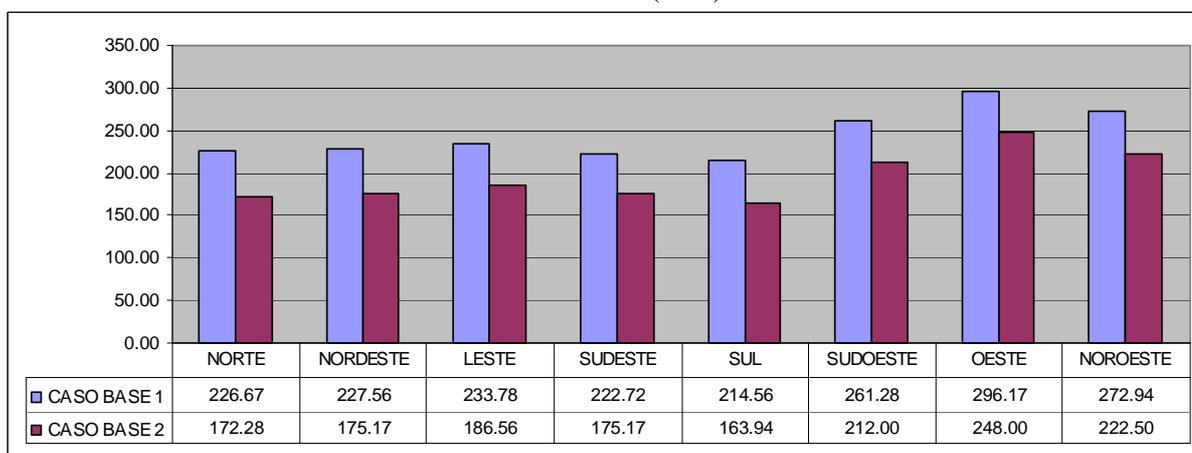
No comparativo entre as variações de consumo energético por m<sup>2</sup> entre as orientações de maior consumo (orientação sudoeste) com as de menor consumo (orientação norte), encontrou-se para o caso base 1 uma variação de consumo anual de 14,22 kW/h e, para o caso base 2 a variação correspondeu a 13,9 kW/h ao ano.

#### 4.4.3 Consumo energético: pele de vidro



**Gráfico 38 - Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2: fechamento em pele de vidro.**

Fonte: O autor (2007).



**Gráfico 39 – Consumo anual da sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2 por m²: fechamento em pele de vidro.**

Fonte: O autor (2007).

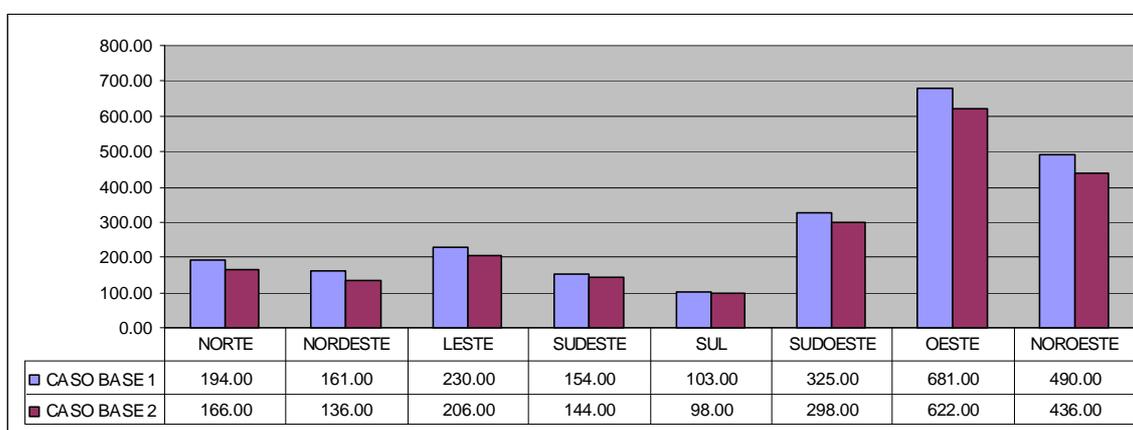
Para o fechamento de fachada em pele de vidro, tanto no caso base 1 quanto no caso base 2 a orientação de fachada exposta ao sol com maior consumo energético foi a oeste e a orientação de menor consumo foi a sul.

No comparativo entre as variações de consumo energético por m<sup>2</sup> entre as orientações de maior consumo (orientação oeste) com as de menor consumo (orientação sul), encontrou-se para o caso base 1 uma variação de consumo anual de 81,61 kW/h e, para o caso base 2 a variação correspondeu a 84,06 kW/h ao ano.

#### 4.5 REDUÇÃO DE CONSUMO ENERGÉTICO POR ORIENTAÇÃO DE FACHADA

Como já explicitado, a utilização dos dispositivos de proteção proporcionou redução no consumo energético das edificações estudadas. Observou-se que, com relação à redução de consumo energético, o sombreamento das janelas mostra-se bastante significativo para as fachadas orientadas: a) oeste, b) noroeste e c) sudoeste, respectivamente. Ver gráfico que segue:

##### 4.5.1 Comparativo entre as reduções de consumo energético por orientação de fachada resultantes do sombreamento das janelas por dispositivos de proteção solar



**Gráfico 40 - Redução de consumo anual por sala (KW/h) caso base 1 e caso base 2.**

Fonte: O autor (2007).

A redução de consumo energético anual obtida com o sombreamento das janelas apresentou valores diferenciados em cada orientação, chegando a representar aproximadamente cerca de 6,5 vezes a diferença de uma orientação geográfica para outra (entre oeste e sul).

#### 4.6 VIABILIDADE ECONÔMICA

Sabe-se que cada orientação geográfica possui necessidades diferenciadas de sombreamento. Além disso, a inclusão dos dispositivos de proteção solar nos projetos arquitetônicos representa um custo adicional ao valor final da obra de construção e/ou reforma.

Desta forma, analisou-se a viabilidade econômica da inclusão dos dispositivos de proteção solar por meio da relação entre: a) *custos de implantação*, b) *economia de consumo energético proporcionado por sua utilização* e c) *tempo de retorno do capital investido* na instalação dos dispositivos de proteção solar. Com base na tarifa de fornecimento energético da Companhia Energética de Alagoas (CEAL) aplicada aos edifícios de escritório e nos valores de mercado cobrados pela execução e instalação dos protetores solares, chegou-se as informações que seguem:

#### 4.6.1 Economia monetária anual por orientação de fachada

De acordo com a tabela disponibilizada pela Companhia Energética de Alagoas (ver ANEXO C) referente ao fornecimento de energia elétrica de baixa tensão aplicada às salas de edifícios de escritórios para cidade de Maceió/AL chegou-se a um valor de R\$ 0,47 (quarenta e sete centavos de Real) por kWh.

**Tabela 41 – Economia monetária anual (R\$) caso base 1 e 2: redução anual na conta de energia proporcionada pelo sombreamento das janelas por dispositivos de proteção solar**

ORIENTAÇÃO	NORTE	NORDESTE	LESTE	SUDESTE	SUL	SUDOESTE	OESTE	NOROESTE
CASO BASE 1	R\$ 91.2	R\$ 75.7	R\$ 108.1	R\$ 72.4	R\$ 48.4	R\$ 152.8	R\$ 320.1	R\$ 230.3
CASO BASE 2	R\$ 78.0	R\$ 63.9	R\$ 96.8	R\$ 67.7	R\$ 46.1	R\$ 140.1	R\$ 292.3	R\$ 204.9

Fonte: O autor (2007).

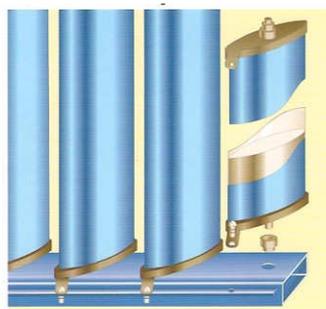
#### 4.6.2 Custo dos dispositivos de proteção solar

Para a realização da estimativa de custos de implantação dos dispositivos de proteção solar, nos casos estudados, foram consideradas duas tipologias:

- a) protetor solar fixo<sup>22</sup> executado em placas e/ou lajes de concreto armado (FCK 15MPA) com 5cm de espessura;

<sup>22</sup> O dimensionamento das placas e/ou lajes foi realizado de acordo com a necessidade de sombreamento de cada fachada.

b) protetores solares móveis, em aluzinc, com 335mm de largura e acionamento manual , sustentados por estrutura em perfis de alumínio. (TERMOBRISE 335, Marca HunterDouglas). Ver ANEXO F.



**Ilustração 41 – TERMOBRISE 335 HunterDouglas.**

Fonte: Catálogo TERMOBRISE 150/335 HunterDouglas, setembro/2005.

Para realização do cálculo dos custos de implantação dos protetores solares acima mencionados tomou-se como base para os *protetores solares do tipo fixo em concreto armado* a *Tabela de Preços Unitários # Custos # da Serveal* (Serviço de Engenharia do Estado de Alagoas) de setembro/2004 com preço unitário corrigido com base no INCC (Índice Nacional de Custo da Construção – FGV) do mês de outubro de 2004 até o mês de setembro de 2007 - de acordo com a tabela mais atualizada até a finalização deste trabalho. O valor da execução de 1,00m<sup>2</sup> deste dispositivo de proteção solar corresponde a R\$ 47,39 (quarenta e sete Reais e trinta e nove centavos), ver ANEXO D e ANEXO E.

O custo de implantação dos protetores solares móveis (TERMOBRISE 335, Marca HunterDouglas) baseou-se em orçamento emitido por uma empresa que representa e instala tais equipamentos na cidade de Maceió/AL. O valor de instalação de 1,00m<sup>2</sup> deste dispositivo de proteção solar corresponde a R\$ 787,17 (setecentos e oitenta e sete reais e dezessete centavos), ver ANEXO G.

Adotou-se o protetor solar fixo executado em concreto armado nas fachadas *norte, nordeste, leste, sudeste, sul*; enquanto que nas fachadas *sudoeste, oeste e noroeste*, adotou-se o protetor solar móvel, em aluzinc.

Apesar da grande diferença observada nos custos de instalação entre os dois tipos de proteção analisados, com base nas necessidades de sombreamento estabelecidas para este estudo, observou-se que nas fachadas sudoeste, oeste e noroeste, a dimensão dos protetores solares fixos seria bastante elevada, inviabilizando, praticamente, a instalação destes dispositivos. Por este motivo foram indicadas, nestas orientações, proteções solares móveis em aluzinc que possibilitam sombreamento adequado para estas fachadas ao longo de todo o ano.

**Tabela 42 – Custo dos dispositivos de proteção solar (R\$) caso base 1 e 2: valores referentes ao custo total de execução e instalação dos dispositivos de proteção solar**

ORIENTAÇÃO	NORTE	NORDESTE	LESTE	SUDESTE	SUL	SUDOESTE	OESTE	NOROESTE
CASO BASE 1 E 2	R\$ 145.7	R\$ 158.3	R\$ 319.7	R\$ 242.6	R\$ 67.1	R\$ 1,180.8	R\$ 1,180.8	R\$ 1,180.8

Fonte: O autor (2007).

O custo total de execução e/ou instalação dos dispositivos de proteção solar apresentou, para as diferentes orientações geográficas de fachadas estudadas, em alguns casos, significativa disparidade de valores. Esta situação ocorre, principalmente, por conta da diferença observada nos custos unitários de execução e/ou instalação das duas tipologias estudadas - protetores solares do tipo fixo em concreto armado e *protetores solares móveis* (TERMOBRISE 335, Marca HunterDouglas).

#### 4.6.3 Retorno do investimento nos dispositivos de proteção solar

**Tabela 43 – Período estimado (em anos) de retorno do investimento (R\$) caso base 1 e 2: valores referentes aos dois casos bases e às oito orientações geográficas estudadas**

ORIENTAÇÃO	NORTE	NORDESTE	LESTE	SUDESTE	SUL	SUDOESTE	OESTE	NOROESTE
CASO BASE 1	1.60	2.09	2.96	3.35	1.39	7.73	3.69	5.13
CASO BASE 2	1.87	2.48	3.30	3.59	1.46	8.43	4.04	5.76

Fonte: O autor (2007).

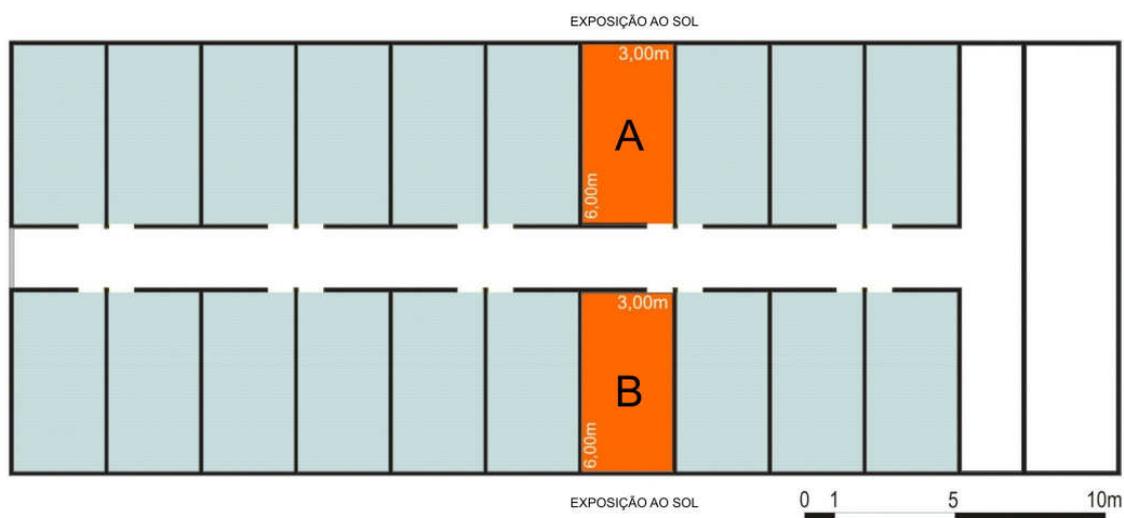
O maior período de retorno do investimento com a instalação dos dispositivos de proteção solar foi observado na orientação sudoeste do caso base 2 – 8,43 anos e o menor foi observado na fachada sul do caso base 1 – apenas 1,39 ano.

A diferença de tempo de retorno das orientações sudoeste, oeste e noroeste em relação às outras orientações se deve aos elevados custos de seus dispositivos de proteção solar. Ainda assim, mesmo para estas orientações, o tempo de retorno do investimento é relativamente pequeno se comparado ao tempo de vida útil de uma edificação.

#### **4.6.4 Comparativo geral: situação 2**

Como já salientado no início do item 4.4, todas as comparações até aqui apresentadas foram realizadas para uma situação na qual cada sala seria ocupada hipoteticamente por proprietários/locatários diferentes, daí a observação individualizada de cada módulo. Porém, para o caso base 2, que possui corredor central, pode ser simulada ainda uma outra situação de ocupação das salas: ocupação de dois módulos em orientações opostas pelo mesmo proprietário/locatário. Nestes casos, a lâmina analisada possui duas fachadas expostas à incidência solar direta. Ver Ilustração 42.

Nesta situação, analisada a seguir, foram somados os índices de consumo energético dos módulos de orientações opostas. A ocupação na lâmina do pavimento é representada por uma área de 32m<sup>2</sup> que corresponde ao somatório das áreas dos dois módulos de sala.



**Ilustração 42 - Planta baixa do caso base 2: indicação dos módulos analisados em conjunto para a situação de ocupação 2.**

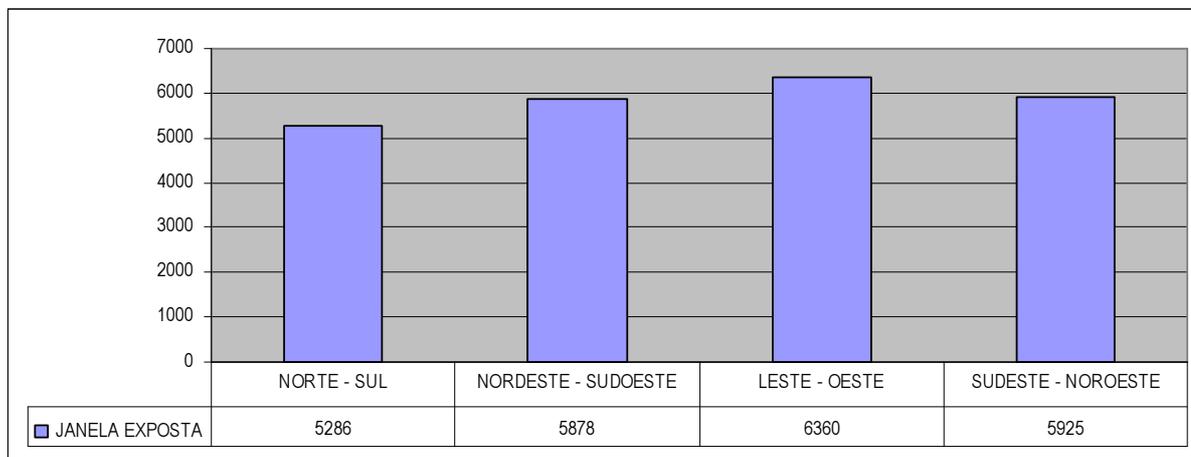
Fonte: O autor (2006).

Por se tratar da avaliação de salas com orientações geográficas opostas, formando pares de salas, serão avaliadas com relação a esta variável - orientação geográfica, quatro situações, a saber:

- O módulo A encontra-se orientado para norte e módulo B orientado para sul;
- o módulo A encontra-se orientado para nordeste e módulo B orientado para sudoeste;
- o módulo A encontra-se orientado para leste e módulo B orientado para oeste;
- o módulo A encontra-se orientado para sudeste e módulo B orientado para nordeste.

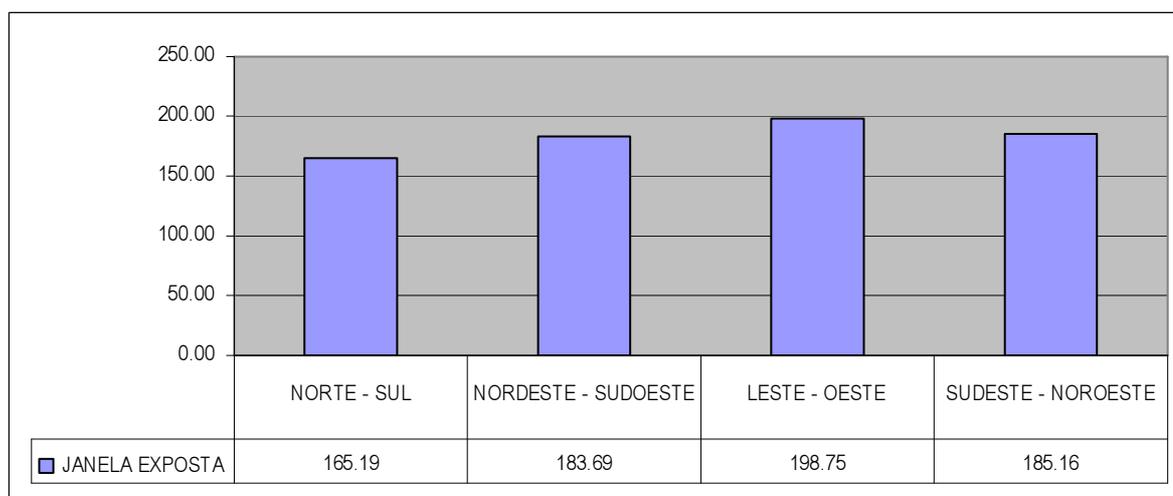
## 4.6.5 Situação 2: consumo energético

### 4.6.5.1 Consumo energético: janela exposta



**Gráfico 41 - Consumo anual (KW/h) dos módulos na situação de utilização 2: janela exposta.**

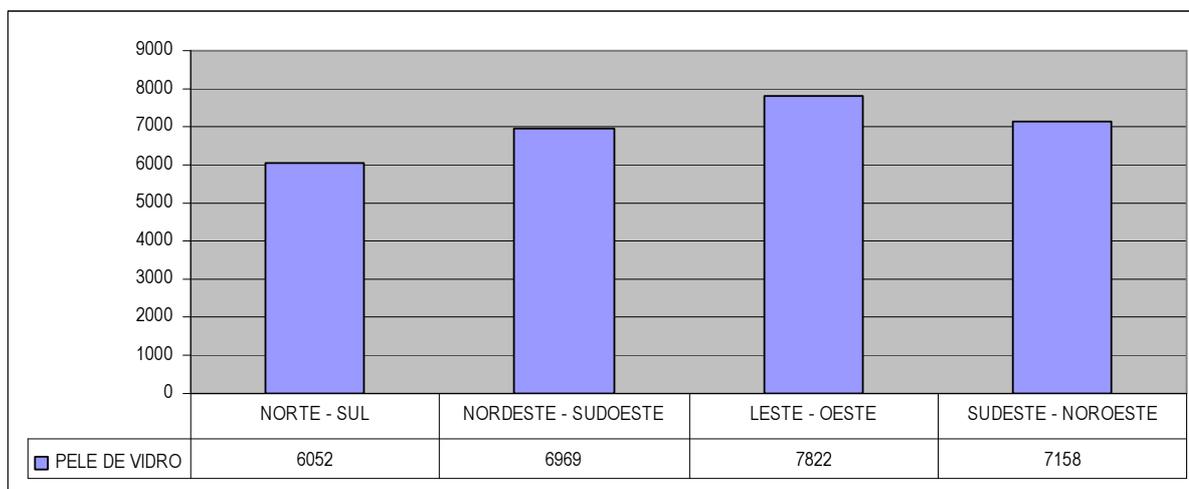
Fonte: O autor (2007).



**Gráfico 42 - Consumo anual (KW/h) por m<sup>2</sup> dos módulos na situação de utilização 2: janela exposta.**

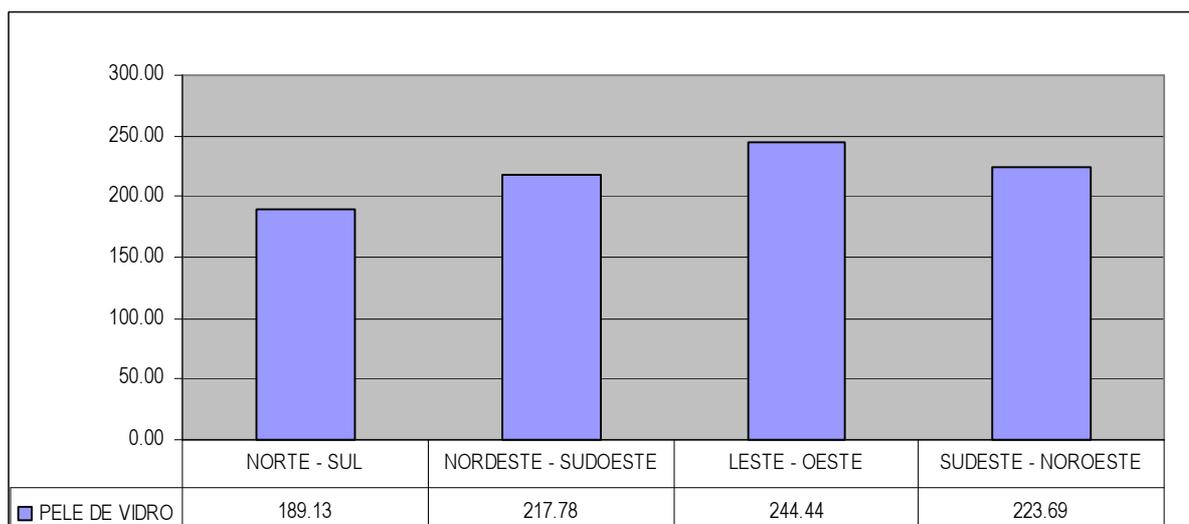
Fonte: O autor (2007).

## 4.6.5.2 Consumo energético: pele de vidro



**Gráfico 43 - Consumo anual (KW/h) dos módulos na situação de utilização 2: pele de vidro.**

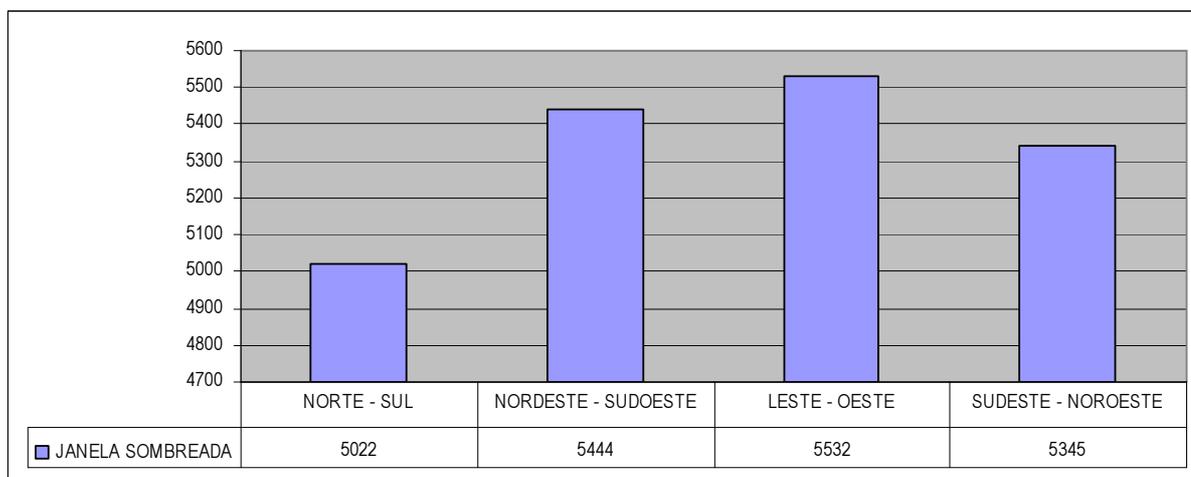
Fonte: O autor (2007).



**Gráfico 44 - Consumo anual (KW/h) por m<sup>2</sup> dos módulos na situação de utilização 2: pele de vidro.**

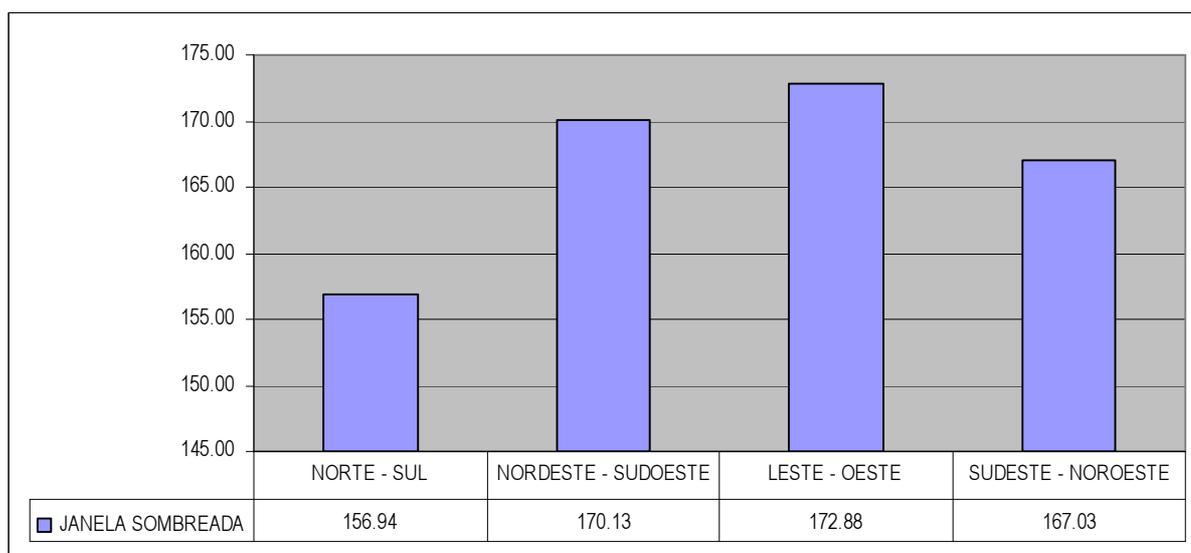
Fonte: O autor (2007).

#### 4.6.5.3 Consumo energético: janela sombreada



**Gráfico 45 - Consumo anual (KW/h) dos módulos na situação de utilização 2: janela sombreada.**

Fonte: O autor (2007).



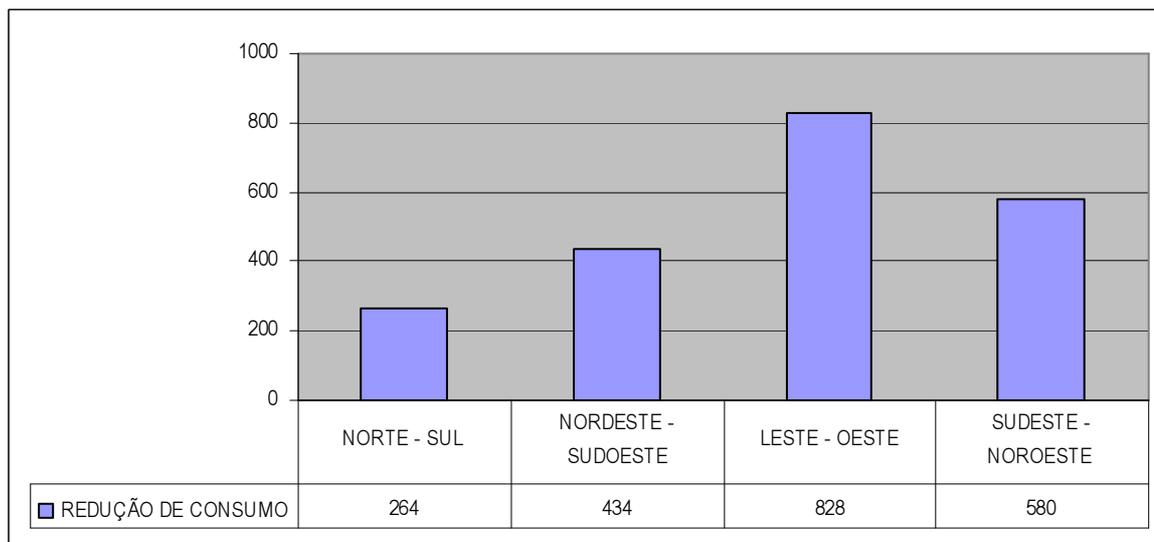
**Gráfico 46 - Consumo anual (KW/h) por m<sup>2</sup> dos módulos na situação de utilização 2: janela sombreada.**

Fonte: O autor (2007).

### 4.6.6 Situação 2: redução de consumo energético por orientação de fachada

#### 4.6.6.1 Reduções de consumo energético por orientação de fachada resultantes do sombreamento das janelas por dispositivos de proteção solar

Os valores de redução no consumo energético relacionado com os sistemas artificiais de condicionamento térmico proporcionada pela inclusão dos dispositivos de proteção solar no caso base 2, na situação de utilização 2, pode ser visualizada no gráfico que segue:



**Gráfico 47 - Redução de consumo anual (KW/h) dos módulos na situação de utilização 2: comparativo do fechamento em janela exposta e janela sombreada.**

Fonte: O autor (2007).

Percebe-se ainda a elevada diferença no potencial de redução de consumo energético dentre as quatro situações de orientação geográfica de fachada. A redução de consumo estimada para a orientação leste-oeste é três vezes maior que a registrada para a orientação norte-sul.

#### 4.6.7 Situação 2: economia monetária por orientação de fachada

A seguir são apresentados os valores de economia monetária anual proporcionada pelo sombreamento das janelas:

**Tabela 44 – Situação de ocupação 2: economia monetária anual na conta de energia (R\$) proporcionada pelo sombreamento das janelas por dispositivos de proteção solar**

ORIENTAÇÃO	NORTE - SUL	NORDESTE - SUDOESTE	LESTE - OESTE	SUDESTE - NOROESTE
REDUÇÃO	R\$ 124.08	R\$ 203.98	R\$ 389.16	R\$ 272.60

Fonte: O autor (2007).

#### 4.6.8 Situação 2: custos dos dispositivos de proteção solar

A seguir são apresentados os custos de instalação dos dispositivos de proteção solar para a situação de ocupação 2:

**Tabela 45 – Situação de ocupação 2: valores referentes ao custo total de execução e/ou instalação dos dispositivos de proteção solar**

ORIENTAÇÃO	NORTE - SUL	NORDESTE - SUDOESTE	LESTE - OESTE	SUDESTE - NOROESTE
CUSTOS	R\$ 212.79	R\$ 1,339.07	R\$ 1,500.47	R\$ 1,423.40

Fonte: O autor (2007).

A diferença observada nos custos apresentados na Tabela 45, entre a orientação norte-sul e a três últimas orientações ocorre porque a orientação norte-sul é o único caso em que não foi indicada a proteção solar móvel, tanto na fachada norte quanto na fachada sul.

#### 4.6.9 Situação 2: retorno do investimento com dispositivos de proteção solar

**Tabela 46 – Situação de ocupação 2: período estimado (em anos) de retorno do investimento (R\$)**

ORIENTAÇÃO	NORTE - SUL	NORDESTE - SUDOESTE	LESTE - OESTE	SUDESTE - NOROESTE
TEMPO (anos)	1.71	6.56	3.86	5.22

Fonte: O autor (2007).

Pela diferença observada entre o tempo de retorno da orientação norte-sul e as outras orientações percebe-se mais uma vez que a tipologia dos dispositivos de proteção solar elevou o tempo de retorno do investimento na instalação. Porém o maior período encontrado 6,56 (na orientação nordeste-sudoeste) é relativamente pequeno se comparado a toda vida útil da edificação.

#### 4.7 RESULTADOS E ANÁLISES: CONCLUSÃO

Em todos os casos analisados o sombreamento das janelas, com utilização dos dispositivos de proteção solar, proporcionou redução nos índices de consumo energético com os sistemas de ar condicionado.

Constatou-se que, nos casos estudados, o período de retorno do investimento com a instalação dos dispositivos de proteção solar é pequeno se comparado ao tempo de vida útil de uma edificação.

O custo de instalação dos dispositivos de proteção solar exerceu, nos casos estudados, influência significativa no tempo de retorno do investimento com a instalação destes dispositivos, principalmente nas orientações de fachada: sudoeste, oeste e noroeste.

O fechamento em pele de vidro mostrou-se, dos três tipos de fechamento avaliados nesse trabalho, como a barreira mais sensível entre o meio externo e interno da edificação. Observou-se nesse caso as maiores variações de consumo energético por metro quadrado ( $m^2$ ) ocupado.

Por outro lado, o fechamento de fachada com janela sombreada apresentou as menores variações de consumo energético em diferentes orientações de fachada por metro quadrado ( $m^2$ ) ocupado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Este trabalho limitou-se a avaliar o impacto da utilização dos dispositivos de proteção solar para eficiência energética em edifícios de escritórios com seus respectivos sistemas artificiais de condicionamento térmico.

A utilização das simulações computacionais mostrou-se bastante satisfatória e possibilitou a realização das avaliações pretendidas. O *software Energyplus* além de fornecer dados bastante confiáveis é capaz de simular um ano inteiro de funcionamento da edificação em um período de tempo reduzido – cada ano de um modelo computacional resultou em média 8 segundos.

A construção e configuração dos modelos computacionais representaram segundo este autor a fase mais complexa do processo de simulação, uma vez que a interface do *software Energyplus* com o usuário não é muito amigável, desta forma, demanda certa experiência por parte de quem o utiliza.

Observou-se neste estudo que altos valores relativos de redução de consumo energético, em alguns casos, relacionavam-se com baixas reduções absolutas de consumo de energia nas edificações. O primeiro índice citado indica o potencial de redução obtido em determinado período, enquanto que o segundo apresenta o valor real de redução de consumo energético das edificações.

Por conta disso, o autor acredita que para a realização de avaliações relacionadas ao impacto ocasionado por alterações construtivas e/ou de orientação geográfica no consumo energético das edificações deve-se correlacionar estes dois indicadores citados acima.

De acordo com os resultados apresentados verificou-se que a inclusão dos dispositivos de proteção solar proporcionou redução de consumo energético nas edificações. A

quantificação dos índices de consumo energético obtidos com o processo de simulação computacional proporcionou uma melhor visualização e entendimento do comportamento do consumo de energia elétrica das edificações estudadas.

Constatou-se também que a utilização de simulações computacionais poderá contribuir com importantes informações de auxílio tanto para realização de novas pesquisas na área de conforto ambiental e eficiência energética como também para o projeto de edificações energeticamente mais eficientes. Poderá também, orientar diretrizes de políticas públicas no sentido de revisar os códigos de edificações para atingir melhores níveis de eficiência energética nas edificações.

Demonstrou-se através do comparativo entre o custo de implantação e o retorno financeiro gerado pela utilização de tais sistemas de proteção que estes elementos de composição arquitetônica poderão ser utilizados como ferramentas de auxílio ao projetista para o alcance de projetos de construção e/ou reforma de edificações energeticamente mais eficientes.

## REFERÊNCIAS

ADAM, Roberto Sabatella. **Princípios do ecoedifício: interação entre ecologia, consciência e edifício**. São Paulo: Aquariana, 2001. 128p.

ALBERNAZ, Maria Paula; LIMA, Cecília Modesto. **Dicionário ilustrado de arquitetura**. 2. ed. São Paulo: ProEditores, 2000. 670 p.

ARAÚJO, M., CARDOSO, S., CABÚS, R., BITTENCOURT, L. Levantamento das tipologias. **1º Relatório do CT-Energ**, Relatório Preliminar de Pesquisa, Maceió, 2005.

BATISTA, Juliana Oliveira; LAMBERTS, Roberto; WESTPHAL, Fernando Simon. Avaliação de desempenho térmico de componentes construtivos utilizando o *Energyplus*. In: ENCAC – ELACAC, 2005, Maceió. **Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 145-154. 1CD-ROM.

BITTENCOURT, Leonardo. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. 3. ed. rev. Maceió: EDUFAL, 2000.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **CENSO 2000**. Brasília, DF.

BRANDÃO, Helena Câmara Lacer. As linguagens do sustentável: meio ambiente e concepção da forma. In: **NUTAU**, 2004. 1CD-ROM

BRASIL. Ministério das Cidades. Eletrobrás/PROCEL. **Cadernos MCidades Parcerias: Eficiência Energética em Habitações de interesse social - 9**. Brasília, DF. 2005.

BROWN, G. Z.; DEKAY, Mark. **Sol, vento & luz: estratégias para o projeto de arquitetura**. trad. Alexandre Ferreira da Silva Salvaterra. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

CABÚS, Ricardo C., **Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil**, PhD (Arquitetura). 2002. University of Sheffield: Sheffield-Inglaterra.

CÂNDIDO, C. et. al. Arquitetura e eficiência energética no espaço construído: um centro de comércio e serviços para Maceió-AL. In.: **NUTAU**, 2004.

CÂNDIDO, Maria Christina. **Ventilação natural e Código de Obras: uma análise das tipologias de aberturas nos edifícios de escritórios em Maceió**. 2006. Dissertação (Mestrado em Dinâmica do Espaço Habitado) –Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma Arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Ed.Revan, 2003. 288p.

DUMKE, E. M. S. et al. Estudo da eficiência energética em edifícios comerciais. In: ENCAC, 1999, Fortaleza. **Anais do II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**. Fortaleza: ANTAC, 1999. 1CD-ROM.

ELETROBRÁS/PROCEL. IBAM – Instituto de Administração Municipal. **Manual de prédios eficientes em energia elétrica**. Rio de Janeiro, RJ, 2002.

FROTA, Anésia Barros. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004. 289p.

GOLDEMBERG, J. Pesquisa e desenvolvimento na área de energia. **São Paulo em Perspectiva**, 14(3), p. 91-97, 2000.

GONÇALVES, Joana C. S. Uma nova geração de edifícios altos: a retomada de valores ambientais na busca de novos paradigmas. In: **NUTAU**, 2004.

GUTIERREZ, Grace Cristina; LABAKI, Lucila Chebel. Avaliação de desempenho térmico de três tipologias de brise-soleil fixo. In: ENCAC – ELACAC, 2005, Maceió. **Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 864-873. 1CD-ROM.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 05 out. 2006.

LABEEE. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**. Florianópolis, 2006. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br>. Acessado em 05 out. 2006.

LAMBERTS, R; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LAMBERTS, R. et. al. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: Prolivros, 2ª ed., 2004.

MARINOSKI, Deivis Luis et al. Aperfeiçoamento de um sistema de medição de ganho de calor solar através de aberturas. In: ENCAC – ELACAC, 2005, Maceió. **Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 1126-1135. 1CD-ROM.

MASCARÓ, Juan Luis (Org.). **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzatto, 1992.

MENDES, Nathan; WESTPHAL, Fernando Simon; LAMBERTS, Roberto; CUNHA NETO, José A. Bellini da. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. In: **Ambiente Construído**, out./dez. 2005, v. 5, n. 4, p. 47-68.

OLGYAY, Aladar; OLGAYAY, Victor. **Solar control and shading devices**. Princeton: Princeton University Press, 1976.

OLGYAY, Victor. **Design with climate: bioclimatic approach to the architectural regionalism**. Princeton: Princeton University Press, 1973.

PROCEL/ELETOBRAS. **Programa nacional de conservação de energia elétrica: áreas de atuação – edificações**. Disponível em <http://www.eletobras.gov.br/procel> acessado em : 10 jul. 2004.

SANTANA, Marina Vasconcelos. **Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis – SC**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TAVARES, Sergio F.; LAMBERTS, Roberto. Consumo de energia para construção, operação e manutenção das edificações residenciais no Brasil. In: ENCAC – ELACAC, 2005, Maceió. **Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 2037-2045. 1CD-ROM.

US. US Department of Energy. **Energyplus Manual: Documentation version 1.3**.2006.

WESTPHAL, Fernando Simon. **Curso: Introdução ao Energyplus**. Florianópolis, 2006.

## BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALUCCI, Márcia Peinado; BUORO, Anarrita Bueno. Aplicação do *software* fachada 2.0 para avaliação do desempenho térmico de fachadas com e sem brise. In: ENCAC – ELACAC, 2005, Maceió. **Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 9-16. 1CD-ROM.

BRANDÃO, Rafael Silva; ALUCCI, Márcia Peinado. Procedimento para a avaliação do impacto de novas edificações no consumo energético do entorno. In: ENCAC – ELACAC, 2005, Maceió. **Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 230-239. 1CD-ROM.

FREITAS, Ruskin. O que é conforto. In: ENCAC – ELACAC, 2005, Maceió. **Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 726-735. 1CD-ROM.

GUTIERREZ, Grace Cristina; LABAKI, Lucila Chebel. Considerações sobre o brise-soleil na arquitetura moderna brasileira. In: ENCAC – ELACAC, 2005, Maceió. **Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 874-881. 1CD-ROM.

KRAUSE, Cláudia Barroso; LOMARDO, Louise Land B.; MAIOR, Frederico Souto. Eficiência energética em habitações de interesse social. In: **Cadernos MCidades 9**, 2005.

MACÊDO FILHO, Antonio; CASTRO NETO, Jayme Spinola. Otimização energética em edifícios de escritórios através da reabilitação tecnológica. In: NUTAU, 1998. 1CD-ROM.

MAIA, José Luiz Pitanga (coord.). **Manual de prédios eficientes em energia elétrica**. Rio de Janeiro: IBAM/ELETROBRÁS/PROCEL, 2002. 228 p.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 2. ed. São Paulo: ProEditores, 2000. 128p.

WESTPHAL, Fernando Simon; LAMBERTS, Roberto. Simulação energética de edificações no programa *Energyplus* utilizando dados das normais climatológicas. In: ENCAC – ELACAC, 2005, Maceió. **Anais do VIII Encontro Nacional e IV Encontro Latino-Americano Sobre Conforto no Ambiente Construído**. Maceió: ANTAC, 2005. p. 2183-2192. 1CD-ROM.

**ANEXOS**

**ANEXO A** – Tabelas informativas com exemplos de edifícios de escritório da cidade de Maceió.

*JANELA EXPOSTA*

**Tabela 47: Ed. Delmiro Gouveia**

<b>Nome:</b>	Delmiro Gouveia (1978)		
<b>Localização:</b>	Praça dos Palmares, 36 – Centro		
<b>Características Gerais:</b>			
Nº total de pavimentos	Nº total de pavimentos-tipo	Salas por pavimento	Proteção solar externa
13	10	09	Ausente
<b>Aberturas (Janelas):</b>			
Área de janela (m <sup>2</sup> )	Área de vidro (m <sup>2</sup> )	Área de ventilação (m <sup>2</sup> )	Tipo de vidro
6.00	4.56	1.82	Comum 6mm
<b>Fotos:</b>			
			

Fonte: 1º relatório CT-ENERG (2005), adaptado pelo autor.

### *JANELA SOMBREADADA*

**Tabela 48: Breda Center**

<b>Nome:</b>	Breda Center		
<b>Localização:</b>	Rua Dr.L. P. Miranda, 42 – Centro		
<b>Características Gerais:</b>			
Nº total de pavimentos	Nº total de pavimentos-tipo	Salas por pavimento	Proteção solar externa
12	10	34	Presente
<b>Aberturas (Janelas):</b>			
Área de janela (m <sup>2</sup> )	Área de vidro (m <sup>2</sup> )	Área de ventilação (m <sup>2</sup> )	Tipo de vidro
6.24	3.07	1.54	Comum 6mm
<b>Fotos:</b>			
			

Fonte: 1º relatório CT-ENERG (2005), adaptado pelo autor.

*PELE DE VIDRO*

**Tabela 49: Avenue Center**

<b>Nome:</b>	Avenue Center (2000)		
<b>Localização:</b>	Avenida da Paz, nº 1388, Jaraguá		
<b>Características Gerais:</b>			
Nº total de pavimentos	Nº total de pavimentos-tipo	Salas por pavimento	Proteção solar externa
07	06	12	Ausente
<b>Aberturas (Janelas):</b>			
Área de janela (m <sup>2</sup> )	Área de vidro (m <sup>2</sup> )	Área de ventilação (m <sup>2</sup> )	Tipo de vidro
2.00	2.00	1.00	Refletivo azul 6mm
<b>Fotos:</b>			
			

Fonte: 1º relatório CT-ENERG (2005), adaptado pelo autor.

**ANEXO B** – Planilhas Resumo - 1º relatório CT-ENERG em Maceió/AL  
Fonte: 1º relatório CT-ENERG, 2005.

	Características Gerais						
	nome	no pav. tipo	no salas	no salas vagas	ano ocupação	área (m2) pav. tipo	área (m2) salas
Ed1	Walmap				1965		
Ed2	Delmiro Gouveia				1978		
Ed3	Emp. Br. de Penedo				1987		
Ed4	Lobão Barreto				Ñ consta		
Ed5	Comer. Trade Center				2001		
Ed6	Business Tower	07	63	10	2003	x	35,00
Ed7	Breda Center				Ñ consta		
Ed8	Emp. Ruy Palmeira	06	48	07	1982	443,50	38,00
Ed9	Work Center	08	100	40	1993	x	30,00
Ed10	Avenue Center	07	76	36	2000	541,20	30,00
Ed11	Ocean Tower	08	60	29	2001	x	45,00

	Sistema Construtivo										
	paredes externas					estrutura		paredes internas		Sist. condicion.	
	material	espes.	revest.	cor	absort.	pilar	laje	espes.	material	tipo	% salas
Ed1											
Ed2											
Ed3											
Ed4											
Ed5											
Ed6	TF	15	RRc	Cinza	0.3	C	C	15	TF	Jan	95,1%
Ed7											
Ed8	TF	15	RT	Preto/cinza	0.6	C	C	15	TF	Jan	80%
Ed9	TF	15	RRC	Marrom/cinza	0.5	C	C	15	TF	Jan	91,4%
Ed10	TF	15	RRC	Azul/cinza	0.3	C	C	15	TF	Jan	100%
Ed11	TF	15	RRC	Azul/cinza	0.7	C	C	25	TF	Jan	100%

ONDE:

C = CONCRETO

TF = TIJOLO CERÂMICO FURADO (BAIANO)

TM = TIJOLO CERÂMICO MACIÇO

TM + D = TIJOLO MACIÇO + DIVISÓRIA DE PAINEL MELAMÍNICO

RT = REBOCO + CAMADA DE TINTA

RRC = REBOCO + REVESTIMENTO CERÂMICO

SCA = SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

(J = JANELA)



Fachadas do Pavimento Tipo													Edifício 5 – Comercial Trade Center	
azim.	m2 total fachada		m2 janelas			esquadria		espes. vidro	proteção solar		Relações			
	A	%	L	E	V	mater	absort	mm	vert.	horiz	L/A	V/A		

Fachadas do Pavimento Tipo													Edifício 6 – Business Tower	
azim.	m2 total fachada		m2 janelas			esquadria		espes. vidro	proteção solar		Relações			
	A	%	L	E	V	mater	absort	mm	vert.	horiz	L/A	V/A		
310,5	366,5	13,28	99,68	16,8	24,92	Alum.	0,2	0,06	Não	Não	0,27	0,068		
220,5	1.014,42	36,72	195,3	32,9	98,7	Alum.	0,2	0,06	Não	Não	0,19	0,097		
130,5	1.014,42	36,72	195,3	32,9	98,7	Alum.	0,2	0,06	Não	Não	0,19	0,094		
40,5	366,85	13,28	99,68	16,8	24,92	Alum.	0,2	0,06	Não	Não	0,27	0,068		

Fachadas do Pavimento Tipo													Edifício 7 – Breda Center	
azim.	m2 total fachada		m2 janelas			esquadria		espes. vidro	proteção solar		Relações			
	A	%	L	E	V	mater	absort	mm	vert.	horiz	L/A	V/A		

Fachadas do Pavimento Tipo													Edifício 8 – Empresarial Ruy Palmeira	
azim.	m2 total fachada		m2 janelas			esquadria		espes. vidro	proteção solar		Relações			
	A	%	L	E	V	mater	absort	mm	vert.	horiz	L/A	V/A		

Fachadas do Pavimento Tipo													Edifício 9 – Work Center	
azim.	m2 total fachada		m2 janelas			esquadria		espes. vidro	proteção solar		Relações			
	A	%	L	E	V	mater	absort	mm	vert.	horiz	L/A	V/A		
134,7	337,5	10,55	123,2	16,8	61,6	Alum.	0,9	0,06	Sim	Sim	0,36	0,18		
224,7	1.260,9	39,44	334,4	45,6	167,2	Alum.	0,9	0,06	Sim	Sim	0,26	0,13		
44,7	1.260,9	39,44	334,4	45,6	167,2	Alum.	0,9	0,06	Sim	Sim	0,26	0,13		
314,7	337,5	10,55	123,2	16,8	61,6	Alum.	0,9	0,06	Sim	Sim	0,36	0,18		

		Fachadas do Pavimento Tipo Edifício 10 – Avenue Center											
		m2 total fachada		m2 janelas			esquadria		espes. vidro	proteção solar		Relações	
azim.	A	%	L	E	V	mater	absort	mm	vert.	horiz	L/A	V/A	
313,4	296,45	13,11	233,45	X	58,36	Alum.	0,2	0,06	Não	Sim	0,78	0,19	
223,4	743,7	32,89	30,07	3,53	15,05	Alum.	0,2	0,06	Não	Sim	0,04	0,02	
43,4	743,7	32,89	30,07	3,53	15,05	Alum.	0,2	0,06	Não	Sim	0,04	0,02	
133,4	477,37	21,11	15,03	1,76	7,51	Alum.	0,2	0,06	Não	Sim	0,03	0,01	

		Fachadas do Pavimento Tipo Edifício 11 – Ocean Tower											
		m2 total fachada		m2 janelas			esquadria		espes. vidro	proteção solar		Relações	
azim.	A	%	L	E	V	mater	absort	mm	vert.	horiz	L/A	V/A	
133,2	245,7	8,67	163,8	X	40,9	Alum.	X	0,06	Não	Não	0,67	0,17	
43,2	1.171,8	41,34	35,2	4,8	17,6	Alum.	0,9	0,06	Não	Não	0,03	0,01	
223,2	1.171,8	41,34	577,8	X	144,45	Alum.	X	0,06	Não	Não	0,49	0,12	
313,2	245,7	8,67	36,00	X	18,0	Alum.	X	0,06	Não	Não	0,14	0,07	

**ANEXO C** – Companhia Energética de Alagoas (CEAL) – Tarifas de fornecimento  
 Fonte: <http://www.ceal.com.br>, acessado em 13/08/2007.

Companhia Energética de Alagoas - Tarifas

<http://www.ceal.com.br/tarifas.br>

TIP: UNILEIÓ

Tarifas

**Tarifas de Fornecimento** • Variação Tarifária**Índice**

Tarifas Baixa Tensão  
 Cobrança dos Serviços  
 Descontos Percentuais %  
 Cobrança de ICMS  
 PIS  
 COFINS  
 Alta Tensão Convencional  
 Horosazonal Azul - Demanda  
 Horosazonal Azul - Consumo  
 Ultrapassagem Horosazonal Azul - Demanda  
 Horosazonal Verde - Demanda  
 Horosazonal Verde - Consumo  
 Ultrapassagem Horosazonal Verde - Demanda  
 ETST (Energia Temporária de Substituição)  
 Emergência Autoprodutor

**Tarifas Convencionais (Resolução ANEEL N°367 de 22/08/2006)**

Aplicação: 28/08/2006

## TARIFAS BAIXA TENSÃO

BAIXA TENSÃO RESIDENCIAL Faixas de Consumo	CONSUMO R\$/kWh	TAXA MÍNIMA RESIDENCIAL Baixa Renda 30 kWh	
B1 - Residencial BAIXA RENDA até 30kWh	0,11276	R\$ 3,38	
B1 - Residencial BAIXA RENDA 31 a 100 kWh	0,19329	<b>TAXA MÍNIMA RESIDENCIAL</b>	
B1 - Residencial BAIXA RENDA 101 a 140 kWh	0,29088	<b>30 kWh</b>	<b>100 kWh</b>
Residencial BAIXA RENDA superior ao limite regional de 140KWh	0,32324	R\$ 9,7	R\$ 38,94
Residencial			
BAIXA TENSÃO OUTRAS CLASSES Consumidores	CONSUMO R\$/kWh		
B2 - Rural	0,20024		
B2 - Cooperativa Eletrificação Rural	0,14885		
B2 - Serviço Público de Irrigação	0,18413		
B3 - Demais classes (Industrial/comercial/P. Público/C. Próprio)	0,31951		
B4a - Iluminação Pública (Rede de Distribuição)	0,16467		

TABELA DE TARIFAS  
 N° 1/2006

B4b - Iluminação Pública (Bulbo da Lâmpada)		0,18064
B4c - Iluminação Pública (Nível de iluminação Pública acima do Padrão)		0,00000
<b>AMPÉRE-HORA</b>		<b>R\$/Ah</b>
<b>Residencial Baixa Renda</b>		
Consumo mensal até 136 Ah		0,024890
Consumo mensal de 137 a 341 Ah		0,029600
<b>TARIFA FISCAL (PORTARIA DANEE N° 002 de 02/01/96)</b>	<b>R\$/kWh</b>	<b>64,48</b>
		<b>APLICAÇÃO 05/01/96</b>
<b>Cobrança dos Serviços</b>	<b>Grupo Baixa Tensão (R\$)</b>	
<b>Cod</b>	<b>Serviços Executados</b>	<b>Monofásico</b>
		<b>Bifásico</b>
		<b>Trifásico</b>
		<b>Grupo Alta Tensão(R\$)</b>
<b>I</b>	Vistoria de Unidade Consumidora	3,48
		4,98
		9,96
		29,90
<b>II</b>	Aferição de medidor	4,48
		7,47
		9,96
		49,85
<b>III</b>	Verificação do nível de tensão	4,48
		7,47
		8,97
		49,85
<b>IV</b>	Religação Normal	3,97
		5,47
		16,43
		49,85
<b>V</b>	Religação de Urgência	19,93
		29,90
		49,85
		99,69
<b>VI</b>	Emissão de 2a.Via de fatura	1,48
		1,48
		1,48
		2,98
<b>DESCONTOS PERCENTUAIS % (OBS: DESCONTOS NA TARIFA CHEIA)</b>		
<b>Unidade Consumidora</b>		
	<b>Demanda</b>	<b>Consumo</b>
Rural - (Alta tensão)	10%	10%
Rural Irrigação - (Alta tensão)	10%	90%
Rural Irrigação - (Baixa tensão)		73%
Cooperativas - (Alta tensão)	50%	50%
Água - Esgoto - Saneamento - (Alta tensão)	15%	15%
Água - Esgoto - Saneamento - (Baixa tensão)		15%
<b>COBRANÇA DE ICMS (ÍNDICE x TARIFA)</b>		
	<b>Percentual</b>	<b>Índice</b>
Residencial baixa renda e residência normal até 30 kWh	0%	ISENTO
Residencial baixa renda e residencial normal de 31 a 150 kWh	17%	1,204819
Residencial acima de 150 kWh	25%	1,333333
Comercial até 150 kWh	17%	1,204819
Comercial acima de 150 kWh	25%	1,333333
Demais Classes (Baixa e Alta Tensão)	17%	1,204819
Poder Público Estadual Classe 05.02	0%	ISENTO
Suprimento	0%	ISENTO

**NOTA: A taxa de iluminação pública é cobrada conforme convênio entre a CEAL e Prefeitura de cada município**

**ÍNDICE DE AUMENTO** Percentual

7,91%			(RTE - Recomposição Tarifária Extraordinária)		
<b>PIS</b>					
Data Inicial	Data Final				Alíquota
01/04/2007	30/04/2007				1,080000
01/03/2007	31/03/2007				1,130000
01/02/2007	28/02/2007				1,090000
01/01/2007	31/01/2007				1,180000
01/12/2006	31/12/2006				1,160000
01/11/2006	30/11/2006				1,140000
01/10/2006	31/10/2006				1,110000
01/09/2006	30/09/2006				1,070000
01/08/2006	31/08/2006				0,860000
01/07/2006	31/07/2006				1,030000
01/06/2006	30/06/2006				1,110000
01/05/2006	31/05/2006				1,120000
01/04/2006	30/04/2006				1,190000
01/03/2006	31/03/2006				1,200000
01/02/2006	28/02/2006				0,950000
01/01/2006	31/01/2006				1,230000
01/12/2005	31/12/2005				1,300000
01/11/2005	30/11/2005				1,020000
01/10/2005	31/10/2005				1,100000
01/01/1957	30/09/2005				0,000000
<b>COFINS</b>					
Data Inicial	Data Final				Alíquota
01/04/2007	30/04/2007				4,960000
01/03/2007	31/03/2007				5,200000
01/02/2007	28/02/2007				5,010000
01/01/2007	31/01/2007				5,450000
01/12/2006	31/12/2006				5,320000
01/11/2006	30/11/2006				5,260000
01/10/2006	31/10/2006				5,120000
01/09/2006	30/09/2006				4,940000
01/08/2006	31/08/2006				3,990000
01/07/2006	31/07/2006				4,760000
01/06/2006	30/06/2006				5,070000
01/05/2006	31/05/2006				5,120000
01/04/2006	30/04/2006				5,500000
01/03/2006	31/03/2006				5,480000
01/02/2006	28/02/2006				4,400000
01/01/2006	31/01/2006				5,680000
01/12/2005	31/12/2005				5,990000
01/11/2005	30/11/2005				4,700000
01/10/2005	31/10/2005				5,070000
01/01/1957	30/09/2005				0,000000
<b>TARIFAS ALTA TENSÃO (Resolução Aneel Nº 367 de 22/08/2006 - Aplicação: 28/08/2006)</b>					
Convencional Subgrupos	Demanda (R\$/kW)	Consumo (R\$/kW)	Convencional Subgrupo	Demanda (R\$/kW)	Consumo (R\$/kW)
A2 - 88 a 138 kV	0,00	0,00000	A3 69 kV	0,00	0,00000

A3a - 30 kV a 44 kV	0,00	0,00000	A4 - 2,3 a 25 kV	<b>41,10</b>	<b>0,11336</b>
AS - Subterrâneo	60,70	0,11860	A4 - Tarifa Suprimento em 13,8 kV		
A3 - Tarifa Suprimento em 69 kV					
<b>Horosazonal Azul - Demanda (R\$/kW)</b>					
<b>Segmentos Horário/Subgrupo</b>	<b>Ponta</b>	<b>Fora Ponta</b>	<b>Segmentos</b>	<b>Ponta</b>	<b>Fora Ponta</b>
A1 - 230 kV ou mais	0,00	0,00	A2 - 88 a 138 kV	0,00	0,00
A3 - 69 kV	<b>27,18</b>	<b>6,78</b>	A3a - 30 a 44 kV	0,00	0,00
A4 - 2,3 a 25 kV	<b>44,24</b>	<b>13,82</b>	AS - Subterrâneo	46,36	21,16
<b>Horosazonal Azul - Consumo (R\$/kWh)</b>					
<b>Segmentos Sazonal/Subgrupos</b>	<b>Ponta Seca</b>	<b>Ponta Úmida</b>	<b>Fora Ponta Seca</b>	<b>Fora Ponta Úmida</b>	
A1 - 230 kV ou mais	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
A2 - 88 a 138 kV	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
A3 - 69 kV	<b>0,15930</b>	<b>0,14371</b>	<b>0,09938</b>	<b>0,09003</b>	
A3a - 30 a 44 kV	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
A4 - 2,3 a 25 kV	<b>0,16682</b>	<b>0,15111</b>	<b>0,10063</b>	<b>0,09130</b>	
AS - Subterrâneo	0,17454	0,15814	0,10530	0,09554	
<b>Ultrapassagem Horo-sazonal Azul - Demanda (R\$/kW)</b>					
<b>Segmento Horo-Sazonal/Subgrupo</b>	<b>Ponta Seca/Úmida</b>	<b>Fora Ponta Seca/Úmida</b>	<b>Subgrupo</b>	<b>Ponta Seca/Úmida</b>	<b>Fora Ponta Seca/Úmida</b>
A1 - 230 kV ou mais	0,00	0,00	A2 - 88 a 138 kV	0,00	0,00
A3 - 69 kV	<b>81,54</b>	<b>20,34</b>	A3a - 30 a 44 kV	0,00	0,00
A4 - 2,3 a 25 kV	<b>132,72</b>	<b>41,46</b>	AS - Subterrâneo	139,08	63,48
<b>Horosazonal Verde - Demanda (R\$/kWh)</b>					
<b>Subgrupos</b>					<b>Demanda</b>
A3a - 30 a 44 kV					0,00
A4 - 2,3 a 25 kV					<b>13,82</b>
AS - Subterrâneo					21,17
<b>Horosazonal Verde - Consumo (R\$/kWh)</b>					
<b>Segmentos Horo-Sazonal/Subgrupo</b>	<b>Ponta Seca</b>	<b>Ponta Úmida</b>	<b>Fora Ponta Seca</b>	<b>Fora Ponta Úmida</b>	
A3a - 30 a 44 kV	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
A4 - 2,3 a 25 kV	<b>0,88236</b>	<b>0,86664</b>	<b>0,10061</b>	<b>0,09126</b>	
AS - Subterrâneo	0,92335	0,90695	0,10527	0,09549	
<b>Ultrapassagem Horosazonal Verde - Demanda (R\$/kW)</b>					
<b>Subgrupo</b>					<b>Demanda Período Seco ou Úmido</b>

A3a - 30 a 44 kV					0,00
A4 - 2,3 a 25 kV					<b>41,46</b>
AS - Subterrâneo					63,51
<b>ETST (Energia Temporária de Substituição)</b>					<b>Consumo R\$/ kWh</b>
A1 - 230 kV ou mais					0,00000
A2 - 88 a 138 kV					0,00000
A3 - 69 kV					0,00000
A3a - 30 a 44 kV					0,00000
A4 - 2,3 a 25 kV					0,00000
AS - Subterrâneo					0,00000
<b>Emergência Autoprodutor</b>					
<b>Subgrupos</b>	<b>Demanda R\$/kW.Ano</b>	<b>Consumo R\$/ kWh</b>	<b>Subgrupo</b>	<b>Demanda R\$/kW.Ano</b>	<b>Consumo R\$/ kWh</b>
A2 - 88 a 138 kV (HS Azul)	0,00	0,00000	A3 - 69 kV (HS Azul)	0,00	0,00000
A3a - 30 a 44 kV (HS Azul)	0,00	0,00000	A3a - 30 a 44 kV (HS Verde)	0,00	0,00000
A4 - 2,3 a 25 kV (HS Azul)	0,00	0,00000	A4 - 2,3 a 25 kV (HS Verde)	0,00	0,00000

[Aviso de Desligamento](#) • [Conheça a Ceal](#) • [Economize Energia](#) • [Editais](#) • [Links](#) • [Normas](#) • [Onde Pagar](#)  
[Ouvidoria](#) • [Pastoral da Criança](#) • [Primeiros Socorros](#) • [Serviços](#) • [Sua Conta](#) • [Tarifas](#) • [Webmail](#)

Esta página é melhor visualizada na resolução 800x600  
 © 2003 Ceal - Companhia Energética de Alagoas.

**ANEXO D** – Preço unitário – custo da superestrutura de concreto armado (FCK 15MPa) – em amarelo.  
 Fonte: Tabela de preços unitários # custos # do Serviço de Engenharia do Estado de Alagoas (SERVEAL),  
 setembro de 2004.

Lajes

\*\*\*\*\*  
 SERVEAL - SERVICOS DE ENGENHARIA DO ESTADO DE ALAGOAS S.A. PAG: 45  
 \*\*\*\*\*

COMPOSICOES DE PREÇOS UNITARIOS

21/09/2004 BDI: 0,0000  
 LS: 124,46  
 \*\*\*\*\*

Codigo	Descricao	Unidade	Total
			0,40
030327	ADENSAMENTO/REGULAR DE CONCR.C/REGUA DUPLA DE 3 A 6M	M2	0,52
030328	ACABAMENTO DE SUPERFICIES C/DESEMPENHADORA MECANICA	M2	0,05
030399			0,00
030400	CONCRETO ESTRUTURAL (PREPARO/LANCAMENTO/ARMACAO/FORMA)		0,00
030401	CONCRETO ARMADO FCK 13.5MPA SUPERESTRUTURA (PREPARO/LANCAMENT M3		748,34
030402	CONCRETO ARMADO FCK 15MPA SUPERESTRUTURA (ARGAMASSA/FORMA/PBR M3		799,72
030403	CONCRETO ARMADO FCK 18MPA SUPER ESTRUTURA (ARGAMASSA/FORMA/AR M3		844,98
030404	CONCRETO ARMADO FCK 20MPA SUPERESTRUTURA (PREPARO/LANCAMENTO/ M3		885,18
030410	CONCRETO ARMADO APARENTE COLUNAS REDONDAS (PREPARO/FORMA/ARMA M3		1.046,89
030411	CONCRETO ARMADO APARENTE FCK 18MPA SUPER ESTRUTURA (ARGAMASSA M3		912,84
030499			0,00
030500	LAJES E PAINÉIS PRE-FABRICADOS		0,00
030501	LAJE PRE-FABRICADA P/PORRO, ESPESSURA 8CM	M2	39,71
030502	LAJE PRE-FABRICADA P/PISOS, ESPESSURA 12CM	M2	42,98
030503	LAJE PRE-FABRICADA P/PISOS, ESPESSURA 16CM	M2	42,54

**TABELA DE PREÇOS UNITÁRIOS - CUSTO**

LST = 124,46 %



ESTADO DE ALAGOAS



**ANEXO E** – Tabela INCC: utilizada para correção de preços unitários de materiais e serviços em construção civil.

Fonte: [http://www.assovesp.org.br/sistema/bin/pg\\_dinamica.php?id\\_pag=45](http://www.assovesp.org.br/sistema/bin/pg_dinamica.php?id_pag=45), acessado em 09/11/2007.

**INCC**  
Associação dos Revendedores de Veículos Automotores no Estado de São Paulo

Institucional Mapa da Página Fale Conosco

**INCC**  
Índice Nacional de Custo da Construção - FGV

Data	2003 %	2004 %	2005 %	2006 %	2007 %
janeiro	1,51	0,33	0,75	0,34	0,45
fevereiro	1,39	1,00	0,44	0,19	0,21
março	1,38	1,16	0,67	0,20	0,27
abril	0,90	0,59	0,72	0,36	0,46
maio	2,84	1,83	2,09	1,32	1,15
junho	1,05	0,70	0,76	0,90	0,92
julho	0,99	1,12	0,11	0,47	0,31
agosto	1,44	0,81	0,02	0,24	0,26
setembro	0,22	0,58	0,24	0,11	0,51
outubro	0,65	1,19	0,19	0,21	
novembro	1,04	0,71	0,28	0,23	
dezembro	0,16	0,51	0,37	0,36	

Fonte: Site Estadão / Agência Estado / Broadcast

Assovesp - Associação dos Revendedores de Veículos Automotores no Estado de São Paulo

links

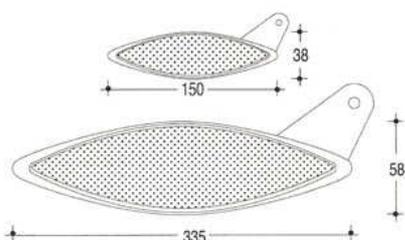
páginas dinâmicas SINDIAUTO

Indicadores

- ▶ CDI
- ▶ CUB
- ▶ Dólar
- ▶ Euro
- ▶ ICV
- ▶ IGP-DI
- ▶ IGP-M
- ▶ INCC
- ▶ INPC
- ▶ IPA-DI
- ▶ IPC-FGV
- ▶ IPC-FIPE
- ▶ IPCA
- ▶ IPCA-E
- ▶ Ouro
- ▶ Poupança
- ▶ Salário Mínimo
- ▶ Selic
- ▶ UFESP
- ▶ UFIR
- ▶ UFM-SP
- ▶ Moedas

**ANEXO F** – Informações técnicas do TERMOBRISE 150/335.

Fonte: Catálogo do Fabricante HunterDouglas, set. 2005.

**TERMOBRISE 150 / 335****HunterDouglas**  
PRODUTOS ARQUITETÔNICOS**CARACTERÍSTICAS**

São produtos desenhados para fachadas de edifícios como protetores de incidência solar.

Podem estar dispostos na forma horizontal ou vertical. Os perfis, tipo asa de avião, em aluzinc, possuem largura de 335 mm e 150 mm. São formados por duas lâminas, tendo no seu interior poliuretano expandido, o que garante as propriedades termoacústicas. Possuem em suas extremidades tampas que são construídas em polímeros especiais.

Sua aplicação permite uma efetiva redução no equipamento de ar condicionado, reduzindo o investimento inicial e o consumo de energia permanentemente.

O sistema **Termobrise** é composto de painéis que podem ser fixos ou móveis. Quando móvel, o acionamento pode ser manual, mecânico ou elétrico.

Sua estrutura de sustentação é composta por perfis de alumínio, fazendo com que o conjunto tenha peso bastante reduzido, cerca de 60% mais leve que os brises tradicionais de alumínio extrudado.

**DESCRIÇÃO DO PRODUTO**

<b>Material</b>	: Aluzinc
<b>Peso</b>	: 335      150
	: 8,0 Kg/m <sup>2</sup> 9,3 Kg/m <sup>2</sup>
<b>Cores</b>	: Disponíveis no catálogo de cores Hunter Douglas®
<b>Comprimentos</b>	: Vãos máximos/tipo      335    150
	Instalação vertical      4,0m    4,0m
	Instalação horizontal    3,0m    2,5m
<b>Consumo</b>	: Conforme projeto
<b>Usos</b>	: Brises e revestimento de fachadas

**MONTAGEM**

De fácil instalação, é aplicável em qualquer fachada, mesmo em edifícios já ocupados.

A estrutura do **Termobrise** utiliza-se de perfis de alumínio extrudado, fixados à fachada através de suportes telescópicos, com afastamento de no máximo 700 mm do eixo do porta-painel, com relação ao ponto de fixação. Os painéis são fixados aos porta-painéis por meio de pinos com buchas e arruelas de náilon auto lubrificante.

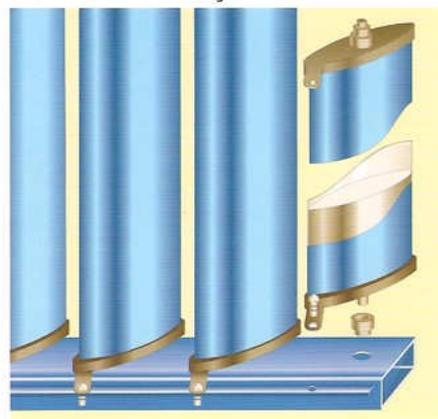
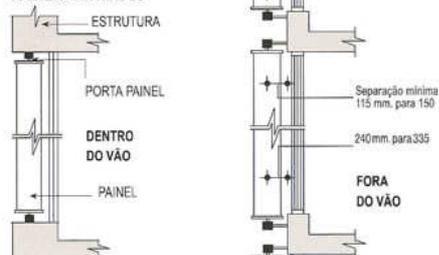
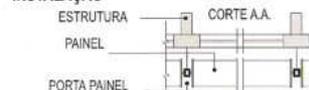
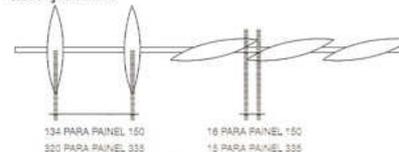
O espaçamento entre painéis é de 320 mm para o modelo 335 e de 134 mm para o modelo 150 (medidas máximas).

Estas medidas poderão ser reduzidas, sob encomenda, para atender os casos especiais onde houver a necessidade de melhor proteção contra o sol nas diversas fases do dia.

**RECOMENDAÇÕES IMPORTANTES**

É importante para garantir a melhor conservação do produto, a limpeza periódica utilizando pano macio e detergente neutro diluído em água.

**Nota:** As informações do produto deste catálogo estão em constante processo de inovação e aperfeiçoamento, sendo assim podem estar propensas a modificações. As medidas estão expressas em mm.

**FORMA DE INSTALAÇÃO****PAINÉIS VERTICAIS****PAINÉIS HORIZONTAIS****INSTALAÇÃO****ESPAÇAMENTO**

**ANEXO G** – Orçamento de instalação do TERMOBRIFE 150/335.  
 Fonte: Loja ART MÓDULO, Maceió/Al - 2007.



Rua Barão de Jaraguá, 348  
 Jaraguá - Maceió - AL  
 CEP: 57025-140  
 Fone/Fax: (82)3326-4020  
 artmodulo@artmodulo.com.br  
 www.artmodulo.com.br

Maceió, 08/10/2007  
 Orçamento N° 919/07

## Artmódulo - Orçamento

Cliente:	<input type="text"/>	Att.:	<input type="text"/>
CGC:	<input type="text"/>	Fone:	<input type="text"/>
Ref.:	<input type="text"/>	Fax:	<input type="text"/>

I.	Q.	Un.	Descrição	Unitário	Total
1	1,00	m <sup>2</sup>	Termobrise 335 móvel em aluzinc com miolo em poliuretano sem estrutura auxiliar	787,17	787,17
Sub-Total				R\$	787,17
<b>Total Geral</b>				<b>R\$</b>	<b>787,17</b>

**Condições da Venda:**

Validade: 22/10/2007  
 Entrega: 20 a 30 dias do pedido  
 Pagamento:

50 % no pedido	R\$	393,59
50 % com 28 dias	R\$	393,59

Atenciosamente,

 Vendas  
 Fone: (82)3326-4020 Email: [artmodulo@artmodulo.com.br](mailto:artmodulo@artmodulo.com.br)

