

## **SOL-AR – UMA FERRAMENTA DE SUPORTE AO PROJETO DE EDIFICAÇÕES AMBIENTALMENTE INTEGRADAS**

**Alexandra A. Maciel (1); Edson Ono (2), Roberto Lamberts (3)**

(1) (2) (3) Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário Trindade, NPC –  
LabEEE, caixa postal 476, cep-88040-900, Florianópolis-SC

e-mail: (1) [xanda@labeee.ufsc.br](mailto:xanda@labeee.ufsc.br)

(2) [edson@labeee.ufsc.br](mailto:edson@labeee.ufsc.br)

(3) [lamberts@labeee.ufsc.br](mailto:lamberts@labeee.ufsc.br)

### **RESUMO**

O presente artigo apresenta o processo de pesquisa e desenvolvimento do programa SOL-AR. Este programa permite obter a carta solar da latitude especificada, assim como auxilia o projeto de proteções solares através da visualização gráfica dos ângulos de proteção desejados sobre transferidor de ângulos. O diferencial deste programa, em relação a outros programas semelhantes existentes, se deve a possibilidade de plotar dados horários de temperatura e radiação solar, das cidades disponíveis na base de dados, sobre a carta solar. Isto permite a visualização de intervalos de temperatura e radiação solar anuais, correspondentes às trajetórias solares ao longo do dia e do ano, o que facilita a definição das proteções solares necessárias. Além disso, para as cidades com dados climáticos horários disponíveis na base de dados, o programa também permite a obtenção da rosa dos ventos de frequência de ocorrência e de velocidades médias predominantes do ar, para cada estação do ano, para diferentes orientações. Dados estes recursos, o programa se apresenta como potencial ferramenta para suporte ao projeto de edificações integradas às características climáticas locais, onde as estratégias de sombreamento, iluminação e ventilação natural podem ser avaliadas em relação à real disponibilidade e comportamento das variáveis climáticas referentes.

### **ABSTRACT**

The article presents the process of research and development of the software SOL-AR. This software allows acquiring the sun-path diagram to different latitudes, as well as supports the design of sun shadings through the graphic visualization of the desired angles of shading on the shade mask. The difference of this software to similar ones is because it allows plotting hourly data of temperature and solar radiation on the sun-path diagram, of the cities available in the database. It allows the visualization of temperature and solar radiation data related to the particular sun path of the day and year. Therefore, it allows the definition of solar shading devices accordingly. Furthermore, the software allows acquiring the wind rose for wind frequency and mean air velocities, to each season of the year and different orientations, regarding the available database. Due to the referred resources, the software is a potential tool to support the design of environmentally integrated buildings, in which the strategies of shading, daylighting and natural ventilation can be evaluated according to the real availability of the related climatic variables.

### **1. INTRODUÇÃO**

Os sistemas artificiais para iluminação e condicionamento de ar e a disponibilidade de energia barata fizeram com que os arquitetos muitas vezes ignorassem as características climáticas de cada região, tendo por resultado a dependência e o uso indiscriminado de tais sistemas. É necessário integrar o projeto de arquitetura às questões ambientais para minimizar a necessidade de equipamento auxiliar e reduzir, conseqüentemente, o consumo de energia.

Em climas quentes a tarefa primordial do projetista é normalmente a exclusão da radiação solar para evitar superaquecimento. Em climas moderados é desejável a admissão de parte dessa radiação nos cômodos habitados, por razões térmicas e de iluminação. Dessa forma, a primeira tarefa do projetista é prever a posição solar em relação ao edifício e a janela considerada. A carta solar é uma ferramenta que permite uma identificação imediata, de acordo com a orientação do volume ou edifício estudado, dos períodos de possível insolação, o que resulta em uma ferramenta bastante prática na obtenção das informações necessárias para avaliar a penetração solar, sombras projetadas pelo entorno e proteções necessárias às aberturas. Em pesquisa realizada com renomados arquitetos brasileiros e europeus, identifica-se que, o conhecimento consolidado da carta solar como ferramenta de projeto proporciona uma maior capacidade de abstração e satisfaz a sua compreensão do fenômeno da geometria solar e sua relação com o edifício (MACIEL et al, 2006).

De acordo com MARSH (1997) o termo ferramenta de projeto é geralmente aplicado a uma grande quantidade de técnicas, variando de dados tabulados em planilhas e métodos manuais de cálculo a programas sofisticados de análise computacional. Entretanto, pode-se observar que embora sejam classificados por pesquisadores como ferramentas de projeto, a maioria focaliza mais a análise do projeto consolidado do que a tomada de decisão durante o projeto. No diretório de ferramentas de projeto relacionado ao desempenho energético de edificações<sup>1</sup> é possível verificar quais são as principais ferramentas disponíveis aos profissionais e pesquisadores de projeto. Em pesquisa realizada por MACIEL (2006) observou-se que nenhum dos programas de análise climática e proteção solar relaciona estratégias de projeto recomendadas ao real comportamento climático do respectivo período. A possibilidade de verificar a aplicabilidade das estratégias para os períodos em que estas são recomendadas não é oferecida.

Dessa forma, observam-se a importância de ferramentas que facilitem a consideração do problema ambiental em projeto através da compreensão da geometria solar e de sua relação com outras variáveis climáticas, como ventos, sobre a geometria da edificação. A partir destas considerações, buscou-se o desenvolvimento do programa SOL-AR como ferramenta de suporte à definição do problema arquitetônico e à compreensão fundamental das condições climáticas locais, utilizando diagramas simples como a carta solar e rosa dos ventos.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Carta Solar**

As cartas solares são projeções, sobre um plano, das trajetórias aparentes do sol acima do horizonte do lugar, assinalando-se, em cada trajetória projetada, as posições do sol em instantes igualmente espaçados, anteriores e posteriores ao meio dia solar (MALATO e SILVA, 1969). A representação destas trajetórias é geralmente feita sobre o plano do horizonte, permitindo a leitura gráfica do azimute (linhas radiais) e da altitude solar (círculos concêntricos). O traçado destas trajetórias é alterado para cada latitude, considerando o plano do horizonte de um lugar. O Norte é tido com o azimute  $0^\circ$ , o horizonte representa a altitude solar  $0^\circ$  e o ponto central do diagrama representa o zênite, altitude solar  $90^\circ$ .

Existem vários métodos para a construção da carta solar, como os métodos de projeção gnomônica, equidistante, ortográfica e estereográfica. No Brasil o método mais utilizado, principalmente entre profissionais de arquitetura, é o estereográfico. A vantagem da projeção estereográfica é que seções planas da esfera celeste se projetam como retas, circunferências ou arcos de circunferência, cujo centro é de fácil definição por via analítica ou métodos gráficos. No caso da projeção estereográfica, os ângulos dos círculos são levemente mais afastados.

Dessa forma, na elaboração do programa SOL-AR optou-se pela construção do diagrama solar em projeção estereográfica. Para o traçado dos círculos de altitude na projeção estereográfica considera-se que o raio referente a cada altitude especificada ( $\rho$ ) é igual a (ver Figura 1) (MALATO e SILVA, 1969);

---

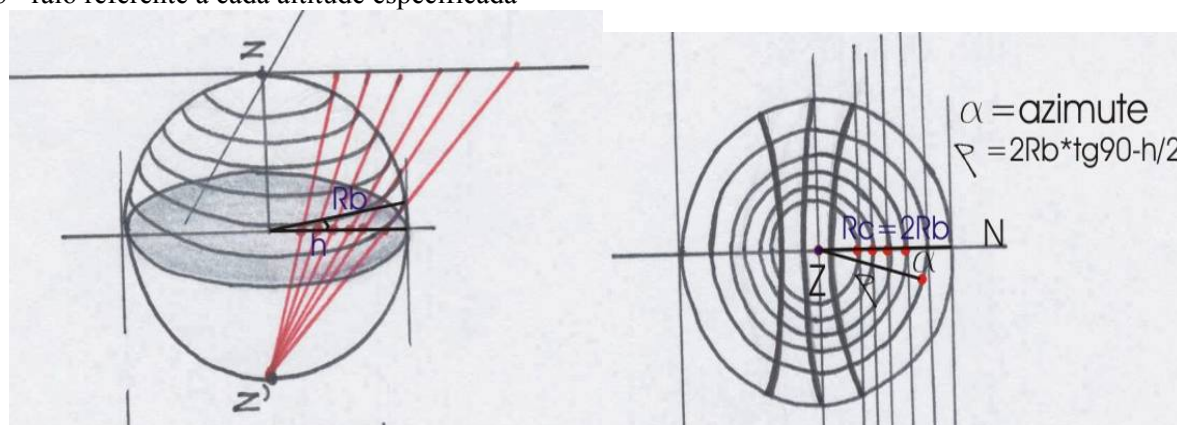
<sup>1</sup> [www.eere.energy.gov/buildings/tools\\_directory/](http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/)

$$\rho = R_c \cdot \tan 90 - h/2 \text{ [Eq. 01]}$$

h= altitude solar

Rc= raio da circunferência

$\rho$ = raio referente a cada altitude especificada



**Figura 1- Desenho esquemático do método de projeção estereográfica.**

Os círculos de altitude, na carta solar apresentada no programa, aparecem em linha tracejada e foram definidos de 10 em 10 °. Para elaboração do programa, o programador Edson T. Ono utilizou a linguagem C++. Os algoritmos utilizados foram dessa forma, adaptados à linguagem de programação aplicada, muitas vezes com a transformação dos ângulos em graus para radianos e buscando a identificação das coordenadas cartesianas necessárias para o traçado das curvas, a partir dos pontos x e y do centro da carta. Devido às características da base utilizada, as medidas eram relacionadas a pixels. Na elaboração da carta foi definido o raio (Rc) de valor 8.

Para o traçado das trajetórias solares acima da linha do horizonte foi necessário então localizar as coordenadas x e y correspondentes a sete períodos distintos do ano, entre os solstícios. A variação das trajetórias solares entre os solstícios e equinócios se dá devido à declinação solar em relação ao norte magnético. Nos solstícios a declinação solar é máxima, +23,45° no solstício de inverno (entre 20 e 21 de junho no hemisfério sul) e -23,45° no solstício de verão (entre 20 e 22 de dezembro no hemisfério sul). Nos equinócios a declinação é 0° (entre 20 e 22 de março e 22 e 23 de set). Devido à variação anual do norte magnético existe a variação dos dias de ocorrência do solstício e equinócio. Para o cálculo do ângulo de declinação solar utiliza-se o seguinte cálculo (MALATO e SILVA, 1969 e SZOKOLAY, 1980):

$$\text{Dec} = 23.45 \sin (0.986 * (284+n)) \text{ [Eq. 02]}$$

Dec= declinação

n= numero do dia do ano a partir de 1° de janeiro.

Foram selecionadas as trajetórias dos seguintes dias (Tabela 1);

**Tabela 1- Dias das trajetórias selecionadas e respectivas declinações magnéticas.**

| Dia                       | Declinação |
|---------------------------|------------|
| 22 de jun. (solstício)    | 23,5       |
| 24 jul/21mai              | 20,1       |
| 28ago/16abr               | 10,1       |
| 23set./21mar (equinócios) | 0          |
| 20out/23fev               | -10,1      |
| 22nov./21jan              | -20,1      |
| 22 de dez. (solstício)    | -23,5      |

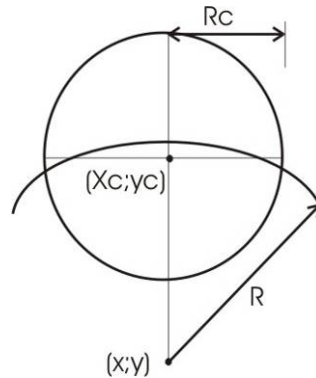
Dessa forma, para o traçado das trajetórias solares correspondentes a estes dias específicos foram utilizados os seguintes cálculos (ver Figura 2), adaptados a partir dos algoritmos utilizados por Maurício Roriz (UFSCAR- Universidade Federal de São Carlos) no programa Luz do Sol ([www.labeee.ufsc.br/software](http://www.labeee.ufsc.br/software));

$$y=Rc* \text{abs}(\cos(\text{lat})/\text{sen}(\text{lat})+\text{sen}(\text{dec})) \text{ [Eq. 03]}$$

$$R=Rc*\text{abs}(\cos(\text{dec})/\text{sen}(\text{lat})+\text{sen}(\text{dec})) \text{ [Eq. 04]}$$

Rc=raio da circunferência da linha do horizonte do lugar.

x= Xc



**Figura 2- Desenho esquemático para o traçado das trajetórias diárias.**

O traçado das trajetórias solares se limita às latitudes até 65°, uma vez que se observou que acima desta latitude acontecem deformações nas curvas com a aplicação das equações utilizadas.

A determinação das curvas correspondentes às horas do dia é relacionada ao ângulo horário do sol (H) (SZOKOLAY, 1980);

$$H=15*(t-12) \text{ [Eq. 05]}$$

H= ângulo horário do sol

t= TSV (tempo solar verdadeiro)

Para a localização dos pontos para o traçado das curvas horárias também é necessário identificar as coordenadas x e y e o raio correspondente, de acordo com as seguintes fórmulas, também adaptadas a partir dos algoritmos utilizados por Maurício Roriz no programa Luz do Sol;

$$X=Rc*(1/\cos(\text{lat}))*\text{Cotan}(H) \text{ [Eq. 06]}$$

$$Y=-Rc*\tan(\text{lat}) \text{ [Eq. 07]}$$

$$R= Rc*\text{abs}(1/\cos(\text{lat}))* (1/\text{sen}(H)) \text{ [Eq. 08]}$$

X= coordenada X

Y= coordenada Y

R= Raio da curva

Após o traçado das curvas das sete trajetórias diárias e das curvas horárias foi sobreposta máscara na interface do programa para esconder as linhas fora da linha do horizonte do lugar.

Dessa forma, foi construída a carta solar disponível no programa, que é disponibilizada a partir dos dados de entrada da latitude do lugar ou da seleção das cidades disponíveis na base de dados, cujas respectivas latitudes estão integradas.

Os dados do Ano Climático de Referência (TRY) das cidades disponíveis na base de dados do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) foram integrados a base de dados do programa. São elas, Belém, Brasília, Curitiba, Florianópolis, Fortaleza, Maceió, Natal, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador, São Luiz, São Paulo e Vitória. Estes arquivos, utilizados em formato csv, contêm dados climáticos horários de um ano completo não bissexto, ou seja, 8760 horas. Os dados horários de temperatura (°C) e radiação solar (W/m<sup>2</sup>) destas cidades são então relacionados aos respectivos azimutes e altitudes solares dos dias e horas correspondentes. A altitude solar (h), quando diferente de 0, é identificada através do seguinte cálculo;

$$h= \arcsen((\text{sen}(\text{lat})*\text{sen}(\text{dec}))+(\cos(\text{lat})*\cos(\text{dec})*\cos(H)) \text{ [Eq. 09]}$$

$$H= \arcsen((\text{sen}(h)-(\text{sen}(\text{lat})*\text{sen}(\text{dec}))/(\cos(\text{lat})* \cos(\text{dec}))) \text{ [Eq. 10]}$$

h= altitude solar

H= ângulo horário do sol

O azimute é identificado aplicando;

$$a = \arcsen(-((\cos(\text{dec})) * \sin(H)) / \cos(h)) \text{ [Eq. 11]}$$

H=ângulo horário (15° para cada hora a partir de 12:00, de manhã negativo (SZOKOLAY, 1980))

Para correta plotagem dos pontos sobre a carta, foi necessário fazer uma correção das horas correspondentes a cada ponto de acordo com o Tempo Solar Verdadeiro (TSV) (DUFFIE e BECKMAN, 1991);

$$\text{TSV} = \text{TI} - \text{ET} - (\lambda_1 - \lambda_2) \text{ horas [Eq. 12]}$$

$$\text{ET} = 229.2(0.000075 + 0.001868 \cos B - 0.032077 \sin B - 0.014615 \cos 2B - 0.04089 \sin 2B) \text{ [Eq. 13]}$$

$$B = (n-1) \cdot 360 / 365 \text{ [Eq. 14]}$$

$\lambda_1$  = correção de longitude, considerando cada 15° de longitude como 1 hora e cada grau adicional como 4 minutos, positivo a leste e negativo a oeste do meridiano de Greenwich (BITTENCOURT, 1988).

$\lambda_2$  = diferença de fuso horário em relação a Greenwich.

ET= Equação do Tempo

TI=Tempo legal (hora oficial)

Como as declinações solares variam de +23,5° à -23,5°, as trajetórias solares se sobrepõem ao longo do ano, passando pelos equinócios. Dessa forma, foi determinada a opção de plotar os pontos sobre a carta das temperaturas ou radiações solares do período até 21 de junho ou após 21 de junho. Para o preenchimento dos intervalos das horas sobre a carta, os dados horários das variáveis utilizadas foram interpolados de 5 em 5 min. Para identificação das variações de temperatura ou radiação solar foram determinados intervalos relacionados a diferentes cores.

Para a definição da máscara de sombra e identificação dos ângulos de sombra horizontal e vertical sobre a superfície estudada é possível sobrepor à carta um transferidor de ângulos voltado para a orientação da referida superfície em relação ao Norte. Foram desenhados os ângulos horizontais ( $\alpha$ ) auxiliares de 5 em 5°, utilizando as mesmas fórmulas da coordenada Y e do raio R utilizadas para o traçado das curvas horárias mas fixando o  $x = X_c$ . O transferidor gira sobre a carta de acordo com o ângulo de orientação definido pelo usuário. Para o desenho da máscara de sombra, o usuário pode definir diferentes ângulos horizontais ( $\alpha$ ), verticais ( $\beta$ ) e frontais ( $\gamma$ ) que são marcados no transferidor e com o preenchimento da máscara é possível identificar os períodos de sombreamento. É possível distinguir o sombreamento parcial (nesse caso, 50% da área da superfície considerada) do sombreamento total (100%) com diferentes cores de preenchimento.

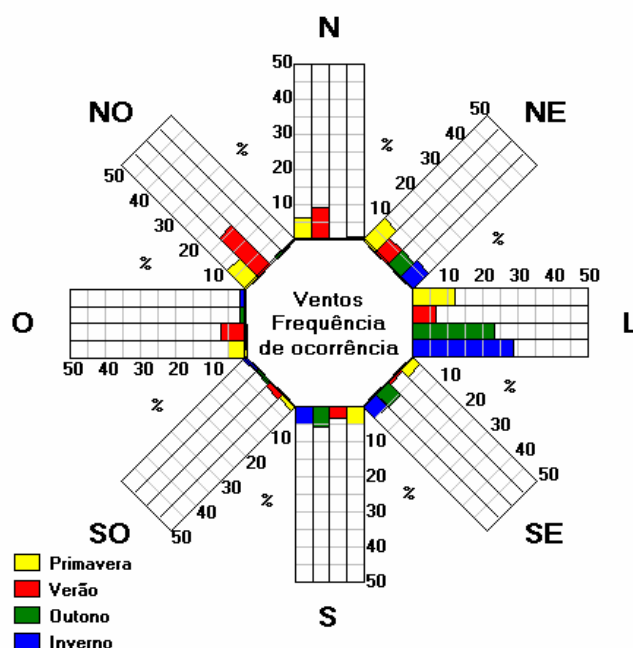
## 2.2 Rosa dos Ventos

Para as cidades disponíveis na base de dados, o programa SOL-AR também oferece a possibilidade de obtenção da rosa dos ventos para frequência de ocorrência dos ventos e a rosa dos ventos das velocidades médias do ar predominantes para cada estação do ano em oito orientações (N, NE, L, SE, S, SO, O, NO). Estes dados podem ser visualizados juntamente com a carta solar do local, o que também oferece ao usuário a oportunidade de relacionar as variáveis climáticas de vento e temperatura. Dessa forma, o usuário pode definir a orientação do edifício e aberturas, barreiras e proteções solares em concordância com a ocorrência de ventos em períodos de muito frio ou calor.

A partir da delimitação dos períodos das estações do ano e dos intervalos em graus das oito orientações citadas foi determinada função para obtenção das frequências de ocorrência dos ventos diferentes de 0, por estação do ano e direção a partir dos dados horários de ventos disponíveis no arquivo TRY de cada cidade. Além desta, também foi determinada função para obtenção das velocidades predominantes do ar por direção e estação do ano. Os períodos delimitados das estações do ano para o hemisfério sul foram: Primavera, de 23 de setembro à 21 de dezembro; Verão, de 22 de dezembro a 21 de março; Outono, de 22 de março à 21 de junho e Inverno, de 22 de junho à 22 de

setembro. Os intervalos em graus das oito orientações consideradas foram: Norte de 337,6 à 22,5°; Nordeste, de 22,6 à 67,5°; Leste, de 67,6 à 112,5°; Sudeste, de 112,6 à 157,5°; Sul, de 157,6 à 202,5°; Sudoeste, de 202,6 à 247,5°; Oeste, de 247,6 à 292,5° e Noroeste, de 292,6 à 337,5°. No caso da orientação Norte, o intervalo de 0 a 0,1° foi retirado pois verificou-se que referia-se não à orientação mas à ausência de vento, coincidindo com a coluna das velocidades dos ventos iguais à zero nos arquivos TRY das cidades. Desta forma a partir dos arquivos TRY de cada cidade da base de dados foi elaborado um novo arquivo tipo csv para os dados de ventos, onde as colunas apresentam as estações do ano na ordem primavera, verão, outono e inverno e as linhas apresentam a orientação, velocidade por orientação (em m/s) e calma (ventos iguais a 0). Desta forma, são apresentadas duas Rosas dos Ventos distintas, que o usuário visualiza a partir da seleção das opções; frequência de ocorrência ou velocidades predominantes.

A Rosa dos Ventos foi desenhada sobre a interface do programa através da localização das coordenadas cartesianas necessárias à demarcação, em pixels, do seu desenho na mesma área de apresentação da Carta Solar. Esta inclui a apresentação de um gráfico de barras em cada “braço” da rosa, onde as estações do ano são diferenciadas por cores (Figura 3). Os dados expostos nos gráficos da Rosa dos Ventos também podem ser visualizados em tabela.



**Figura 3- Rosa da frequência de ocorrência dos ventos por direção e estação do ano, apresentada no programa SOL-AR.**

Os dados de calma ou ventos ausentes, quando a velocidade do ar é igual a 0, são apresentados em tabela. Dessa forma, foi determinada função para identificação das velocidades do ar iguais a 0 dos intervalos referentes a cada estação do ano, por período do dia (madrugada 0-6h, manhã 6-12h, tarde 12-18h, noite 18-0h) e então determinada a frequência de ocorrência das velocidades iguais a 0 destes intervalos.

### 3. RESULTADOS (INTERFACE E APLICAÇÃO)

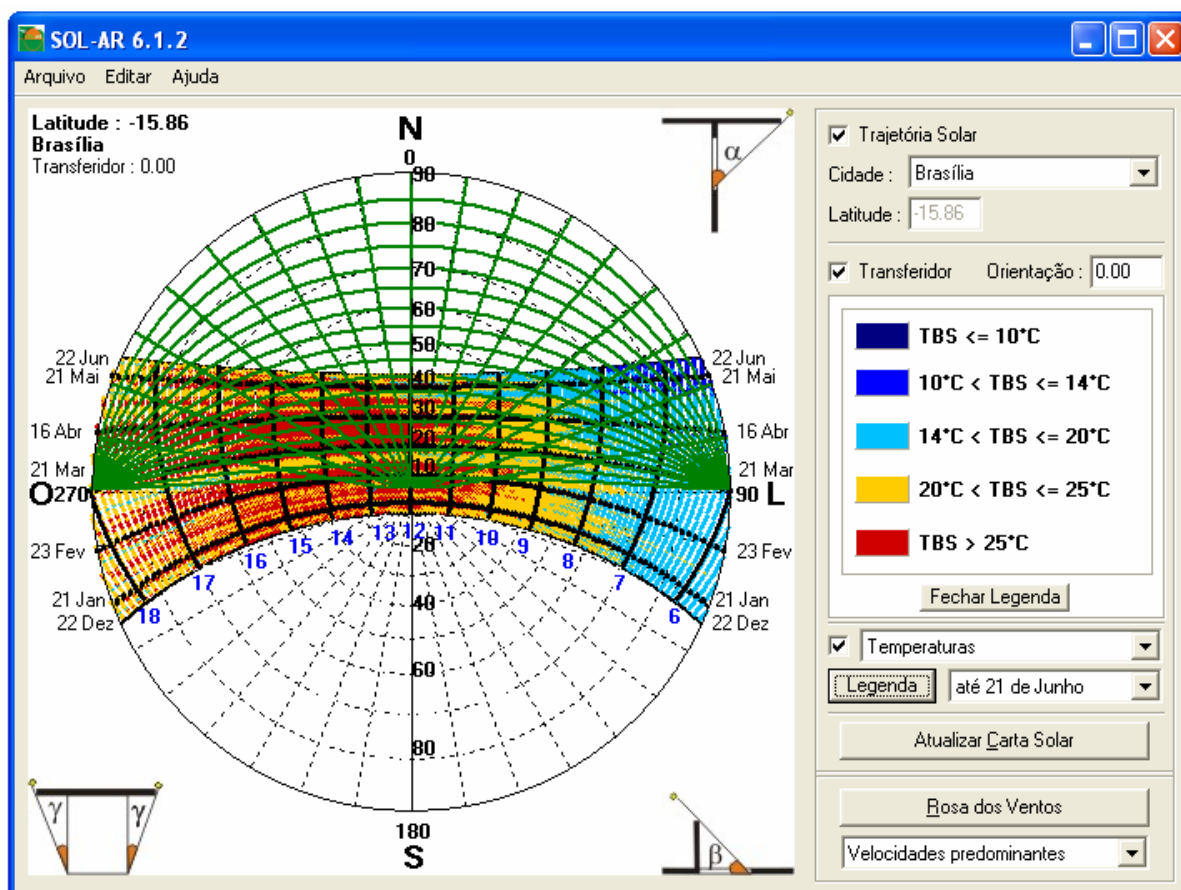
A utilização do programa SOL-AR é bastante simples, com poucos dados de entrada. São disponibilizadas duas janelas principais, a janela que apresenta a Carta Solar e a janela que apresenta as Rosas dos Ventos. O programa oferece a opção de impressão dos diagramas apresentados utilizando a impressora padrão do computador utilizado. Na opção de impressão o usuário pode determinar o tamanho da carta solar a ser impressa através de definição do raio em cm.

Na janela da Carta Solar (Figura 4) o usuário determina a latitude desejada ou seleciona uma das cidades da base e também pode visualizar separadamente a carta solar com as trajetórias solares ou o



transferidor de ângulos, além de ambos sobrepostos. Sendo possível fazer a impressão destas ferramentas para sua utilização manual na definição de máscaras de sombra. Na visualização do transferidor de ângulos sobreposto à carta, o usuário pode definir sua orientação de acordo com a orientação da superfície a ser estudada em relação ao Norte do local.

Como mencionado anteriormente o uso da carta solar auxilia na identificação da penetração solar no edifício, das sombras do entorno e dessa forma, no projeto das proteções solares necessárias e de dispositivos para ganho de luz natural. Com o objetivo de maximizar o potencial do uso da ferramenta para estes fins, o usuário também pode optar pela visualização dos dados de temperatura, radiação solar global horizontal ou radiação direta normal plotados sobre a carta, no caso das cidades disponíveis na base de dados. Dessa forma, com a identificação dos períodos de maior desconforto devido temperaturas e radiação solar extremas, o projetista pode definir a proteção solar de acordo com sua real necessidade.

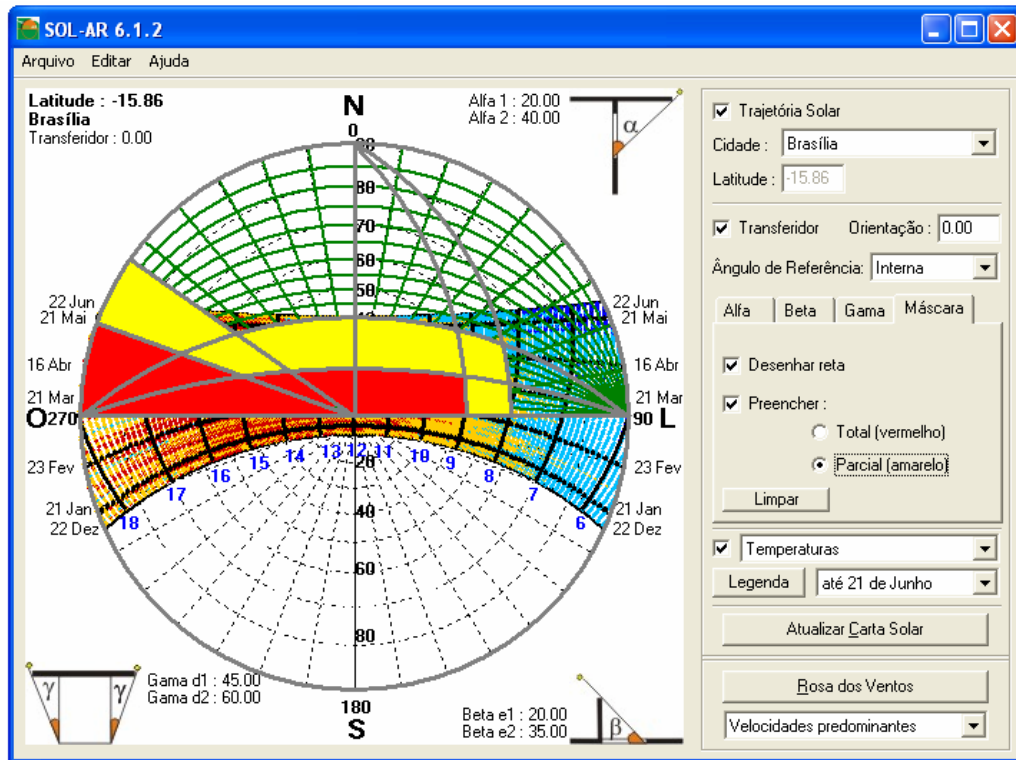


**Figura 4 - Interface do programa Sol-Ar, demonstração da plotagem de dados de temperatura.**

O usuário pode visualizar a legenda das variáveis plotadas para os intervalos relacionados a diferentes cores. Os intervalos e respectivas cores para variável de temperatura do ar (TBS- temperatura de bulbo seco) são apresentados na Figura 4. Para radiação global horizontal os intervalos são  $I \leq 250 \text{ W/m}^2$  (bege),  $250 \text{ W/m}^2 < I \leq 500 \text{ W/m}^2$  (amarelo claro),  $500 \text{ W/m}^2 < I \leq 850 \text{ W/m}^2$  (amarelo escuro),  $850 \text{ W/m}^2 < I \leq 1000 \text{ W/m}^2$  (laranja),  $1000 \text{ W/m}^2 < I \leq 1300 \text{ W/m}^2$  (vermelho). Graduação semelhante de cores é utilizada para os dados de radiação direta normal.

Para a definição de máscaras de sombra com o uso do transferidor de ângulos, o usuário pode optar por visualizar a legenda dos ângulos com referencia interna ou externa, ou seja, considerando a linha do horizonte igual a  $90^\circ$  ou  $0^\circ$  respectivamente. Para orientação didática no uso destes ângulos, o programa apresenta, nas laterais da carta, as figuras de referência dos ângulos  $\alpha$  (visto em corte),  $\beta$  (visto em planta baixa) e  $\gamma$  (vista frontal). Quando o ângulo de referência é interno, o ângulo demonstrado no transferidor é o ângulo entre a posição solar e superfície considerada, como apresentado na Figura 5.

Com a definição dos ângulos de sombra da obstrução ou necessários ao projeto da proteção solar, o usuário insere os valores dos respectivos ângulos,  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , que são indicados ao lado das figuras de referência. O programa está disponível à comunidade acadêmica e profissional para download na página do LabEEE ([www.labeee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm](http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm)). A partir da experiência dos usuários o programa tem sido discutido, e sofreu alterações e aprimoramentos principalmente na parte da máscara de sombra. Após a definição dos ângulos de sombra, incluiu-se a possibilidade do usuário fazer o preenchimento das áreas de sombra, podendo fazer distinção entre os períodos de sombreamento total e parcial da superfície ou abertura considerada, como apresentado na Figura 5.



**Figura 5- Interface do programa Sol-Ar, demonstração da construção da máscara de sombra.**

Na janela da Rosa dos Ventos (Figura 6), o usuário pode optar pela visualização dos dados de frequência de ocorrência (%) ou velocidades predominantes (m/s). Se o usuário tiver começado pelo estudo da carta solar da cidade selecionada, ao abrir a janela da Rosa dos Ventos, esta apresentará automaticamente os dados da cidade. Os dados apresentados na rosa dos ventos são apresentados em valores exatos em tabela lateral.



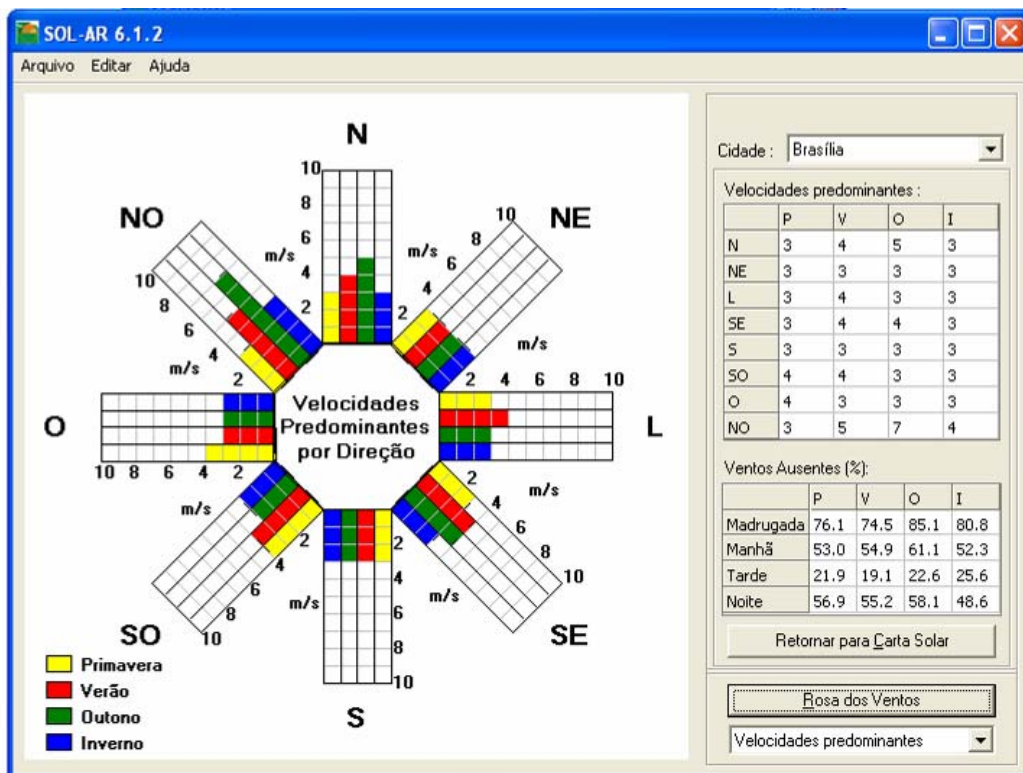


Figura 6- Interface do programa Sol-Ar, demonstração da Rosa dos Ventos.

Os dados de ventos ausentes, para velocidades do ar igual a 0, são também apresentados em segunda tabela, divida por estação do ano e período do dia. Os dados de ventos ausentes são de grande importância na definição das soluções de projeto quando relacionados aos intervalos de temperatura e radiação solar, através da leitura em conjunto com a carta solar do programa. A Rosa dos Ventos pode ser visualizada em paralelo à carta solar através da opção Comparar, no menu Arquivo, que abre janela secundária (Figura 7). No menu Editar também está disponível opção para copiar o diagrama apresentado, que fica disponível como figura na área de transferência.

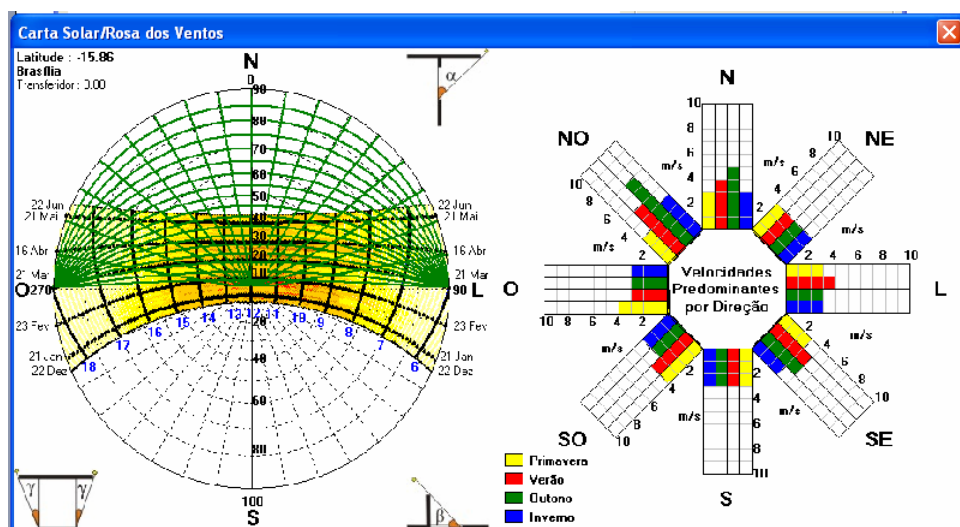


Figura 7 – Janela do programa Sol-Ar, comparativo carta solar e rosa dos ventos.

Ainda não há uma rotina dentro da interface do programa para inserção de dados de novas cidades na base de dados. Mas é possível gerar os arquivos climáticos necessários para inserção no diretório do programa a partir de dados climáticos horários de um ano completo disponível da cidade desejada. O arquivo com os dados climáticos da cidade deve seguir a ordem de colunas de um arquivo em formato TRY, não pode conter cabeçalho, deve ser salvo com extensão csv e deve ser nomeado como no exemplo, rio\_de\_janeiro.csv. O Arquivo Latitudes.csv contém o nome da cidade que aparece na

interface, não podendo conter espaços em branco, ex. Rio\_de\_Janeiro. Também deve ser gerado um arquivo separado para os dados de ventos seguindo o tratamento de dados apresentado no item 2.2. Este arquivo deve ser nomeado como no exemplo, rio\_de\_janeiro.ventos.csv e também não deve ter cabeçalho. A ordem das colunas fica Primavera, Verão, Outono e Inverno e as linhas contém na ordem, direção, direção por velocidade e calmaria. Os arquivos referentes à cidade devem ser colocados na pasta cidades existente dentro do diretório onde o SolAr foi instalado.

#### **4. CONCLUSÕES**

No caso dos arquitetos que buscam a consideração de questões bioclimáticas nas decisões iniciais de projeto, esta consideração está relacionada primeiramente à compreensão fundamental da relação do edifício com as condições climáticas locais, que são basicamente relacionadas ao efeito da insolação e do vento no edifício. E o conhecimento de algumas ferramentas simples, tais como a carta solar pode estimular a percepção espacial e a compreensão do problema (MACIEL, 2006).

Através da possibilidade de avaliar a geometria solar para qualquer latitude, juntamente com as temperaturas locais ou de radiação solar e o comportamento dos ventos, o programa SOL-AR oferece a possibilidade de agrupar e de avaliar as referidas variáveis climáticas em conjunto. Neste sentido, o programa demonstra coerência com o processo de projeto, em que diretrizes e suposições são considerados, geralmente, ao mesmo tempo e as decisões são feitas de acordo com a importância atribuída a cada aspecto individualmente, em um estágio analítico da definição do problema.

A facilidade de acesso às informações básicas para compreensão do comportamento climático e de insolação local torna mais fácil o desenvolvimento de estudos estratégicos. Dessa forma, o uso do programa ajuda em termos de uma agenda de integração ambiental porque é mais fácil incluí-la no problema. A aplicação do programa por parte da comunidade acadêmica e profissional também tem contribuído para o seu aprimoramento no que diz respeito à leitura das informações e utilização prática.

A partir destas considerações o programa SOL-AR se apresenta como potencial ferramenta de apoio ao projeto arquitetônico, oferecendo suporte ao projeto de edificações integradas às características climáticas locais, onde as estratégias de sombreamento, iluminação e ventilação natural podem ser avaliadas em relação a real disponibilidade e comportamento das variáveis climáticas referentes.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Sinceros agradecimentos a ELETROBRÁS pelo suporte financeiro através de bolsas de pesquisa que possibilitaram o desenvolvimento do programa.

#### **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BITTENCOURT, L. S. (1988) *Uso das Cartas Solares: diretrizes para arquitetos*, EDUFAL, Maceió.
- DUFFIE, John A. e BECKMAN, William A. (1991) *Solar engineering of thermal process*. New York: John Wiley & Sons.
- MACIEL, A.A., FORD, B. e LAMBERTS, R.(2006) *Main influences on the design philosophy and knowledge basis to bioclimatic integration into architectural design—The example of best practices*. In Building and Environment, em impressão, disponível online 6 December 2006.
- MACIEL, A.A. (2006) *Integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico*. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal de Santa Catarina, Setembro de 2006.
- MALATO, J.J. e SILVA, A. C. (1969) *Geometria da insolação dos edifícios. Vol.5, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*, Lisboa, Dezembro.
- MARSH, A. (1997) Performance Analysis and conceptual design. (Doctor of Philosophy). School of Architecture and Fine Arts, The University of Western Australia.
- SZOKOLAY, S.V. (1980) *Environmental science handbook for architects and builders*. The construction press, Nova York.