

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

ANTONIO ALPENDRE DOS SANTOS NETO

AUTOMAÇÃO DO TRAÇADO DE MÁSCARAS DE SOMBRA P/ AVALIAR OS
DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR:
UMA APLICAÇÃO COMPUTACIONAL

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA



0.236.130-1

UFSC-BU

FLORIANÓPOLIS, MARÇO DE 1995

AUTOMAÇÃO DO TRAÇADO DE MÁSCARAS DE SOMBRA P/ AVALIAR OS
DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO SOLAR:
UMA APLICAÇÃO COMPUGRÁFICA

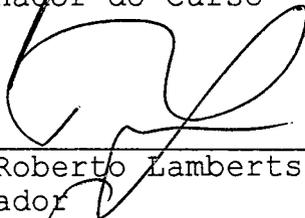
ANTONIO ALPENDRE DOS SANTOS NETO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA", ESPECIALIDADE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.



Prof. Osmar Possamai, Dr. Ing.
Coordenador do Curso

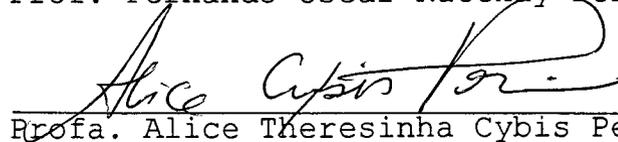
Banca Examinadora



Prof. Roberto Lamberts, Ph.D.
Orientador



Prof. Fernando Oscar Ruttkay Pereira, Ph.D.



Prof. Alice Theresinha Cybis Pereira, Ph.D.

DEDICATÓRIA

À Carminha, que como esposa devota sempre me incentivou nesta longa caminhada, com carinho e compreensão.

Aos meus filhos, Ana Elisa (in memorian) e Francisco Dionísio, que, muitas das vezes, ficaram privados do meu afeto.

AGRADECIMENTOS

Expresso meus agradecimentos:

Ao Prof. Lamberts, pela constante disposição na orientação desta dissertação, tanto como profissional como amigo, mostrando-me sempre o caminho seguro que deveria ser trilhado, com abnegação e gosto pelo que faz.

Ao Prof. Neri, pela oportunidade do ingresso neste programa de pós-graduação.

Ao Prof. Possamai, que como coordenador e amigo compreendeu meus problemas pessoais, que não foram poucos.

Aos meus colegas e amigos do Departamento de Expressão Gráfica, pela sobrecarga das atribuições de ensino gerada pela minha ausência e, acima de tudo, pela compreensão e certeza da vitória.

À Universidade Federal de Santa Catarina, Pro-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, e funcionários que sempre me atenderam com respeito e atenção.

Ao meu amigo Mario Zanchet, pelo auxílio na área de computação gráfica.

À Prof. Alice, pelo respeito e confiança que depositou em mim.

Ao Prof. Fernando, pela pronta aceitação na composição da banca, privando-se de suas tantas atribuições .

Aos meus colegas da Pós-Graduação, que, de alguma maneira, ajudaram nesta conquista.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, que deram a alavanca mestra para elevar meus conhecimentos.

Aos amigos, Arquiteto Luciano Dutra e Formanda Tatiana Voigdlener, que contribuíram para a realização dos testes.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Formulação do Problema.....	1
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Objetivos.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1. Revisão Bibliográfica.....	5
2.1.1. Resumo Histórico da Astronomia.....	5
2.1.2. Conforto Térmico.....	9
2.1.2.1. Limites do Conforto.....	11
2.1.2.2. Metodologia Bioclimática.....	16
2.1.3. Noções de Clima.....	17
2.1.3.1. Carta de Necessidades.....	18
2.1.3.2. Diagrama de Sombras Desejáveis..	20
2.2. Fundamentação Teórica.....	21
2.2.1. Elementos de Astronomia de Posição.....	21

2.2.1.1. Sistemas de Coordenadas	
Astronômicas.....	23
2.2.2. Movimentos Aparentes do Sol.....	29
2.2.3. Métodos Gráficos para Determinação da	
Trajetória Solar.....	35
2.2.3.1. Cartas Solares e Transferidores..	36
2.2.3.2. Projeção Ortográfica Horizontal..	39
2.2.3.3. Projeção Eqüidistante Horizontal.	42
2.2.3.4. Projeção Estereográfica Horizontal	44
2.2.3.5. Projeção Gnomônica Horizontal....	47
2.2.3.6. Transferidor de Coordenadas	
Horizontais.....	50
2.2.3.7. Transferidor de ângulos de Sombra	53
2.2.3.8. Brises (Protetores Solares).....	58
3. METODOLOGIA.....	69
3.1. Estratégia Metodológica.....	69
3.2. Arquitetura do Sistema.....	72
3.2.1. Hardware.....	72
3.2.2. Softwares.....	73
3.3. Concepção do Produto.....	75
3.3.1. O Que se Pode Fazer com o "Insolação".....	84
3.3.2. O ambiente do "Insolação".....	85
3.3.2.1. Operando o Sistema.....	85

4. RESULTADOS.....	88
4.1. Análise Ergonômica do Software "Insolação".....	88
4.2. Método de Diagnóstico.....	89
4.2.1. Diagnóstico do Software "Insolação".....	89
4.2.2. Testes Ergonômicos.....	103
4.2.2.1. Teste 1.....	107
4.2.2.2. Teste 2.....	115
4.2.2.3. Teste 3.....	123
4.3. Resultados Alcançados.....	149
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	151
5.1. CONCLUSÕES.....	151
5.2. LIMITAÇÕES.....	153
5.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	154
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155
BIBLIOGRAFIA.....	157
ANEXOS.....	159

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. - Carta Bioclimática de Koenigsberger.....	13
Figura 2.2. - Carta de Necessidades de Florianópolis....	20
Figura 2.3. - Diagrama Solar de Florianópolis com suas Linhas de Sombras Desejáveis.....	21
Figura 2.4. - A Esfera Celeste.....	24
Figura 2.5. - Eclítica.....	25
Figura 2.6. - Trajetória Aparente do Sol no H. Norte....	32
Figura 2.7. - Trajetória Aparente do Sol no Equador.....	33
Figura 2.8. - Trajetória Aparente do Sol no H. Sul.....	34
Figura 2.9. - Seção do Plano de Projeção (P.Ort.H.).....	40
Figura 2.10.- Carta Solar na Projeção Ort. Horizontal...	41
Figura 2.11.- Seção do Plano de Projeção (P.Eqü.H.).....	42
Figura 2.12.- Carta Solar na Projeção Eqüi. Horizontal..	44
Figura 2.13.- Seção do Plano de Projeção (P.Est.H.).....	45
Figura 2.14.- Carta Solar na Projeção Estereográfica H..	47
Figura 2.15.- Seção do Plano de Projeção (P.G.H.).....	48
Figura 2.16.- Carta Solar na Projeção Gnomônica H.....	49
Figura 2.17.- Transferidor de Coordenadas Horizontais...	50
Figura 2.18.- Circunferência para Traçado do Transferidor	51
Figura 2.19.- Hemisfério Celeste Visível.....	53
Figura 2.20.- Circunferência p/ Traçado do Ângulo Alfa..	55
Figura 2.21.- Transferidor de Sombras de 5 em 5 graus...	57
Figura 2.22.- Placa Horizontal Infinita	62

Figura 2.23.- Máscara da Placa Horizontal Infinita.....	63
Figura 2.24.- Placa Vertical Infinita	64
Figura 2.25.- Máscara da Placa Vertical Infinita.....	64
Figura 2.26.- Máscara da Placa Horizontal Finita.....	65
Figura 2.27.- Máscara da Placa Vertical Finita.....	66
Figura 2.28.- Máscara da Combinação de Placas Hor. e Ver.	67
Figura 3.29.- Tela do Menu Pull-Down do Insolação.....	76
Figura 3.30.- Tela do Menu do Ângulo Alfa.....	76
Figura 3.31.- Tela do Menu do Ângulo Beta E.....	77
Figura 3.32.- Tela do Menu do Ângulo Beta D.....	77
Figura 3.33.- Tela do Menu do Ângulo Gama E.....	78
Figura 3.34.- Tela do Menu do Ângulo Gama D.....	78
Figura 3.35.- Tela c/ Curso p/ Indicação do Norte.....	79
Figura 3.36.- Tela c/ o Diagrama Solar de Florianópolis.	79
Figura 3.37.- Tela c/ Mascaramento e Ângulos de Sombra..	81
Figura 3.38.- Tela com a Máscara de Sombra.....	81
Figura 3.39.- Zoom do Diagrama Solar c/ Mascaramento....	83
Figura 3.40.- Tela c/ Diagrama Solar e Mascaramento.....	83
Figura 4.41.- Encadeamento de Telas.....	100
Figura 4.42.- Geometria do Brise Proposto.....	104
Figura 4.43.- Ângulo Alfa do Brise.....	105
Figura 4.44.- Ângulo Beta do Brise.....	105
Figura 4.45.- Ângulo Gama do Brise.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. - Determinação raio dos Ângulos de Sombra..	56
Tabela 4.2. - Planilha de Análise do Software Insolação	102
Tabela 4.3. - Planilha de Análise entre Telas.....	102
Tabela 4.4. - Planilha do Primeiro Teste - T1.....	131
Tabela 4.5. - Planilha do Primeiro Teste - T2.....	132
Tabela 4.6. - Planilha do Primeiro Teste - T3,T4,T5eT6.	133
Tabela 4.7. - Planilha do Primeiro Teste - T7.....	134
Tabela 4.8. - Planilha do Primeiro Teste - T8.....	135
Tabela 4.9. - Planilha do Primeiro Teste - T9,T10,T11,T12	136
Tabela 4.10.- Planilha do Segundo Teste - T1.....	137
Tabela 4.11.- Planilha do Segundo Teste - T2.....	138
Tabela 4.12.- Planilha do Segundo Teste - T3,T4,T5eT6.	139
Tabela 4.13.- Planilha do Segundo Teste - T7.....	140
Tabela 4.14.- Planilha do Segundo Teste - T8.....	141
Tabela 4.15.- Planilha do Segundo Teste - T9,T10,T11,T12	142
Tabela 4.16.- Planilha do Terceiro Teste - T1.....	143
Tabela 4.17.- Planilha do Terceiro Teste - T2.....	144
Tabela 4.18.- Planilha do Terceiro Teste - T3,T4,T5eT6.	145
Tabela 4.19.- Planilha do Terceiro Teste - T7.....	146
Tabela 4.20.- Planilha do Terceiro Teste - T8.....	147
Tabela 4.21.- Planilha do Terceiro Teste - T9,T10,T11,T12	148

RESUMO

A informática vem sendo usada nos escritórios de Arquitetura, em projetos; e pelas construtoras, em planejamentos, desde os anos 80, como uma forma de melhorar a qualidade das edificações e a produtividade, na elaboração de projetos e execução de metodologias cada vez mais ágeis. Tudo isso passa por uma melhoria da qualidade de vida dos futuros usuários, preocupados com o conforto ofertado pelas novas tecnologias, aliadas à conservação da energia e do meio ambiente.

A pesquisa realizada surge para os profissionais da área de Engenharia e Arquitetura como uma ferramenta útil na análise de proteções solares, automatizando o traçado de ângulos de sombra e mascaramentos, especialmente na cidade de Florianópolis.

Em função deste propósito, foram criados bancos de dados dos ângulos e do diagrama solar com as linhas de sombras desejáveis, tendo como suporte o AutoCAD, surgindo assim, o software "insolação".

Os resultados obtidos pela análise ergonômica confirmam a preocupação constante da pesquisa, na relação amigável homem-

máquina, seguindo sempre as premissas básicas de segurança, aprendizado rápido e fácil, facilidade de utilização, minimização de erros e aumento da produtividade.

ABSTRACT

Informatization has been used, for drawing in Architecture's offices, and, in planing by constructors, since the 80's, as a way of improving the quality and the productivity, of projects. The main goal is to improve the life quality of future users, concerned about facilities offered by new tecnologies, linked to the environment and energy conservation.

In this research an useful tool to analyse solar protection, was developed to be used by Engineers and Architects, especially in Florianopolis.

Therefore, files from the shading angles and from the solar diagrams with the proper shading lines were created, with the help of AutoCAD. The tool was called "insolation".

The results achieved by the ergonomic analysis confirm the main concerns of the research; a friendly man-machine relationship, following always the basic needs of safety, easy and fast learning, case of use, mistakes' minimization and increase of productivity.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Formulação do problema

Na metodologia de projeto de uma edificação, o projetista deveria se preocupar com detalhes, tais como: espaciais, bioclimáticos, acústicos, visuais, psicológicos, olfativos, táteis e antropométricos dos futuros usuários, que influem consideravelmente no conforto ambiental.

Dentre esses detalhes há grande carência de uma análise mais profunda do bioclimatismo, principalmente nos climas tropicais, onde deve ser aplicada uma modalidade de defesa contra a excessiva radiação solar nos solstícios de verão e uma melhor utilização desta energia, nos solstícios de inverno.

Portanto, durante o verão, deve-se evitar que essa radiação direta atinja as edificações e penetre pelas janelas, prejudicando o conforto térmico de seus usuários. A proteção envoltória deve levar em consideração a posição do sol, nas diversas épocas do ano, a fim de que não haja total vedação. Por isso, o problema maior é adequar proteção e geometria para o perfeito funcionamento durante os períodos desejáveis, com maior conforto térmico ambiental.

No campo da Engenharia e Arquitetura, o computador, cada vez mais, toma lugar nos processos rotineiros que absorvem o projetista, deixando assim, a tarefa de processos iterativos a cargo da máquina, liberando, portanto, o projetista para outras atividades de coordenação e análise. Dessa forma, torna-se necessário que se criem novos programas aplicativos que tenham perfeita interface com os existentes, e melhore a qualidade final do produto "projeto", principalmente na área de insolação.

Considerando-se que o Brasil localiza-se quase que inteiramente na faixa inter-tropical e que 2/3 do seu território podem ser considerados como úmidos, as modalidades de controle e defesa devem ter prioridade (PIETROBON 1991) [1].

1.2. Justificativa

Poucos projetos arquitetônicos levam em consideração o controle e defesa dos raios solares na climatização dos ambientes, principalmente com a utilização de brises.

Muitas das vezes essa utilização tem efeito puramente estético.

Assim, há uma necessidade de melhor utilização de instrumentos auxiliares que melhorem a qualidade de conforto térmico nas edificações para seus usuários.

Com a difusão da informática, é mais do que evidente que seja esta uma ferramenta obrigatória para simplificar a tarefa desgastante do projetista na análise da adequação climática, tanto na defesa, como no controle da radiação solar, que contribuirá sobremaneira na estética e, principalmente, na racionalização do uso de energia da futura edificação.

1.3. Objetivos

O escopo desta pesquisa visa o desenvolvimento de um software aplicado ao conforto térmico das edificações, e avaliá-lo ergonomicamente, proporcionando subsídios para os projetistas na área de edificações, no tocante à análise dos protetores solares.

Para isso, é mister que haja :

- a) criação de um banco de dados, utilizando o sistema AutoCAD, com as seguintes bibliotecas:
 - a1) transferidor auxiliar;

a2) diagrama solar de de Florianópolis com as linhas de sombras desejáveis;

a3) ângulos de sombra;

Para que este trabalho se concretize, sua fundamentação na **GEOMETRIA DA INSOLAÇÃO** será baseada nos: - Princípios de manipulação dos instrumentos auxiliares para o controle e defesa das radiações solares e aproveitamento das desejáveis.

Como instrumento final desta dissertação será apresentado um software, incorporado ao sistema AutoCAD, de fácil manipulação dos técnicos da área de Engenharia e Arquitetura, que represente graficamente a trajetória aparente do sol, na cidade de Florianópolis, segundo projeções eqüidistantes, transferidor auxiliar, máscaras de sombra e que possa utilizar todos os benefícios do AutoCad.

Há de se firmar aqui, que o projetista será o criador de todo traçado e análise do processo bioclimático, deixando para a máquina, as etapas de desenho de precisão. Com isso, proporcionará maior rapidez na execução e na análise e um melhor conforto térmico nas futuras edificações, com uma conseqüente racionalização do consumo de energia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Revisão Bibliográfica

2.1.1. Resumo Histórico da Astronomia

Para uma clara interpretação dos fundamentos da geometria da insolação dos edifícios, é necessário remontar ao início das pesquisas astronômicas.

A evolução da Astronomia foi lenta e penosa, pois estava ligada em muito ao significado místico dos astros, e como consequência, sua utilização na prática da agricultura dos primeiros povos primitivos.

Os mais antigos observadores do universo, fundadores da Astronomia, eram humildes agricultores e pastores do Egito e da Assíria que, atraídos pela claridade e serenidade do céu oriental, eram fascinados pela beleza do firmamento estrelado, em cujo seio brilham Vega, Orion, Arcturo e outros astros.

Assim, muitos séculos se passaram e os conhecimentos astronômicos que se limitavam à contemplação do firmamento,

iniciaram os fundamentos da Astronomia, procurando sempre desvendar as leis que regulavam os movimentos dos astros e a explicação de outros fenômenos que, por tanto tempo, constituíram motivos de vaticínios e temor para a humanidade.

Os períodos (TOURINHO 1950) [2] são classificados:

1_o - da Astronomia antiga até a fundação da Escola de Alexandria;

2_o - da Escola de Alexandria até a civilização dos árabes;

3_o - do fim da civilização árabe ao renascimento ocidental;

4_o - da Astronomia nos tempos modernos.

No primeiro período, os sábios da antiga China estudaram a zona zodiacal, formada pelas 12 constelações que assinalam os pontos do nascer e do pôr do Sol, nas diferentes estações do ano, e observaram os movimentos dos planetas Mercúrio, Marte, Júpiter e Saturno.

Conheciam a obliquidade da eclíptica; e quanto aos eclipses, deles serviam-se apenas para anotações cronológicas, na organização das cerimônias religiosas e para a confecção dos calendários.

Depois dos chineses, os observadores mais antigos foram os caldeus. Os sacerdotes da Caldéia, atraídos pelo clima ameno e pela pureza do céu, tentavam vaticinar o futuro, com suas

observações, e, ao mesmo tempo, registravam o levantar e pôr dos astros, as fases da Lua e os eclipses.

No segundo período, quando Ptolomeu Soter reinava no Egito, grande número de sábios fundaram a célebre Escola de Alexandria, notável centro científico que muitos séculos iluminou o oriente, irradiando seus ensinamentos.

Foi então que apareceu um sistema combinado de observações astronômicas, obtidas com instrumento de medida angular, bem como os cálculos efetuados às expensas de uma trigonometria rudimentar, concorrendo para que a ciência astronômica assumisse uma forma nova, que os séculos posteriores aperfeiçoaram. A posição das estrelas, as desigualdades dos movimentos do Sol e da Lua e os movimentos dos planetas foram estudados com mais precisão.

No ano 25 da nossa era, nasce, no Egito, Ptolomeo que iniciou o terceiro período e contribuiu para os estudos dos movimentos do planetas.

Os ensinamentos da Escola de Alexandria foram conservados pelos árabes que conservaram a "Síntese" de Ptolomeu.

A mais antiga obra de Astronomia da Europa, que se tem conhecimento, deve-se ao monge inglês Sacrobosco, nascido em 1220. Nesta época, se faziam severas críticas ao sistema de Ptolomeo.

O quarto período foi iniciado com Copérnico, nascido em 1427.

O sistema de Copérnico baseia-se no duplo movimento da Terra e dos planetas, ao redor do Sol.

O sistema de Copérnico, quando surgiu, atentava contra as idéias religiosas, encontrando grande resistência em sua aceitação. Publicado no ano da sua morte, sob o título "**DAS REVOLUÇÕES CELESTES**", apresentava contra sua adoção, as aparências sensíveis do firmamento e o prejuízo finalístico da época, que repousava na autoridade religiosa dos papas.

Durante o Renascimento muitos contribuíram com a Astronomia, tais como Galileo Galilei, Joahn Kepler, que foi o fundador da Geometria Celeste, Isaac Newton, que descobriu as leis geométricas dos planetas e editou sua grande obra: "**PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA NATURAL**", onde expôs o célebre princípio da lei geral da atração.

Iniciam-se as medidas dos arcos meridianos e de paralelos terrestres. Picard, Clairaut, D'Alembert, Lagrange, Laplace, Euler e Leverrier contribuíram muito para a Mecânica Celeste, com isso o Cosmo foi desvendado (TOURINHO 1950).[2]

Assim, a Astronomia que era uma ciência de "bruxos e videntes", apesar de todos os conhecimentos adquiridos, baseia-se, ainda hoje, nos princípios de Copérnico e Kepler, que muita

luz irradiou na Humanidade, principalmente nas trevas da Idade Média.

2.1.2. Conforto Térmico

Segundo RIVERO (1986) [3], o homem pertence ao grupo dos animais, cujo corpo deve manter uma temperatura interna constante.

Diferencia-se assim de outros, como os peixes, cuja temperatura se adapta à do meio em que habitam. No homem, a temperatura do sangue é de 37°C; ela diminui em direção à superfície do corpo onde varia entre 34°C na cabeça e 27°C nos pés, dando uma temperatura média superficial de 33°C. O sangue não deve ultrapassar os 42°C nem ser menor de 32°C, pois isso acarretaria consequências fatais. Estes limites tão estreitos fazem com que o organismo seja suficientemente sensível para alertar-nos, quando as condições do meio são termicamente desfavoráveis.

Disso se deduz que o problema do homem é eliminar exatamente o calor que está gerando. Se perde uma quantidade

maior, experimentará uma sensação de frio, e, se menor, de calor.

O homem, como qualquer corpo, intercambia calor com o meio que o circunda por condução, convecção e radiação, sempre que se cumpra o princípio da diferença de temperaturas. Mas sua constituição biológica lhe permite perder calor por evaporação, e com isso, resolver seu problema térmico.

O equilíbrio térmico entre o homem e o meio não admite interrupções; deve ser resolvido em qualquer espaço habitado, seja interior ou exterior, devendo merecer a preocupação do projetista, tanto no projeto de edifícios, como no planejamento de unidades de vizinhança, bairros e cidades [3].

Os intercâmbios térmicos entre o homem e o meio estão governados por múltiplas variáveis. Uma depende do próprio homem, como a idade, o sexo e o grau de aclimatação, mas as principais são a atividade que realiza e as roupas que usa. As outras variáveis que intervêm no problema são aquelas que regulam os intercâmbios térmicos e pertencem ao espaço habitado: a temperatura média radiante e a temperatura; velocidade e umidade do ar. Assim, o projetista tem em suas mãos as possibilidades de intervir sobre as variáveis do meio para melhorar a habitabilidade térmica dos espaços: a forma e orientação dos volumes, conjuntamente com os dispositivos que controlam a radiação solar; a seleção adequada de materiais e procedimentos construtivos e a previsão de uma ventilação perfeitamente

controlada são todos elementos que muitas vezes definem uma composição e também a arquitetura de uma região. Também, devem levar em consideração a relação térmica entre a função e a envolvente, ou entre a atividade e as condições térmicas do meio.

2.1.2.1. Limites do Conforto

RIVERO (1986) [3] estabelece para limites de conforto térmico as seguintes premissas:

- a temperatura média radiante e a do ar são iguais;
- a velocidade do ar , igual ou menor que 0,2m/s;
- as roupas têm uma resistência que na escala convencional foi adotada , de 0,8 clo (1 clo = 0.155m² °C/W);
- a umidade relativa está compreendida entre 30% e 60%;
- o conforto ótimo se alcança quando a temperatura do meio estão compreendidas entre 23°C e 25°C;
- o meio será levemente quente dos 25°C aos 28°C, momento em que começará a manifestar-se um certo desconforto térmico;

- o ambiente será quente entre 28°C e os 31°C; este último valor assinala o início do desconforto;

- a classificação é muito quente quando a temperatura se situa entre 31°C e 35°C, limite este no qual o meio, já muito desconfortável;

- quando a temperatura está abaixo do nível de conforto seguimos um procedimento similar, definindo assim os limites de 20°C, 17°C e 13°C para cada uma das qualificações usadas.

Apesar disso, não está provado que um meio mantido permanentemente em condições de conforto ótimo se traduza em benefício para a saúde. As variações dentro dos limites de aceitabilidade de 20°C e 28°C indicados na fig.2.1. Carta Bioclimática de Olgyay, adaptada por Koenigsberger[4] provocam certas reações orgânicas que, inclusive, alguns pesquisadores consideram convenientes (RIVERO, 1986) [3].

O que está provado é a conseqüência prejudicial dos meios desconfortáveis, que produzem fadiga, extenuação física e nervosa, diminuição do rendimento, aumento dos erros e riscos de acidentes no trabalho, além de expor o organismo a adquirir diversas doenças, conforme pesquisa feita por Missenard (1955) [5]. Também, ficou provado que, na medida em que o meio é termicamente mais hostil, aumenta a preocupação do indivíduo sobre esse problema, afastando sua atenção da atividade

específica que está realizando, favorecendo a distração e a conseqüente perda de eficiência e segurança no trabalho (RIVERO, 1985) [3].

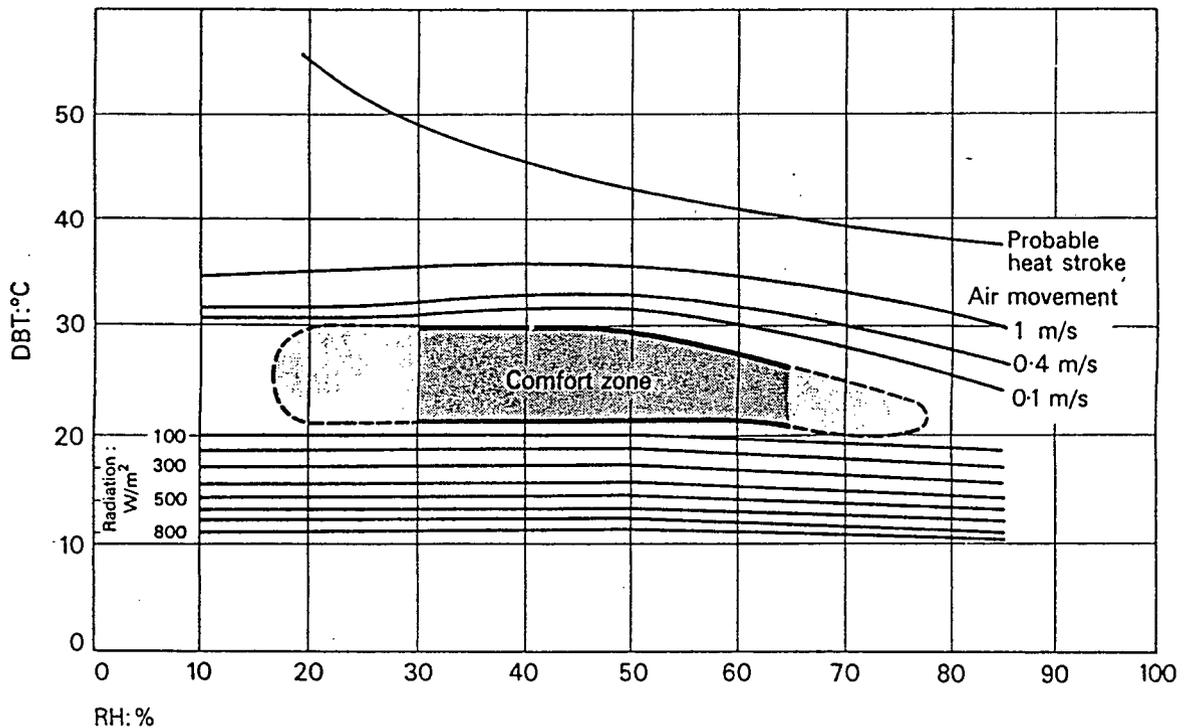


Figura 2.1 Carta Bioclimática de Olgay adaptada p/ Koenigsberger

Se for levada em conta unicamente a função de descanso que se realiza na habitação, veremos que o conforto térmico tem uma importância singular. O homem pode passar mais tempo sem comer do que sem dormir. O descanso é uma necessidade fisiológica imprescindível; é onde o organismo recompõe os efeitos do gasto realizado durante o período de atividade. O processo de reconstrução das células e a eliminação dos detritos gerados não é instantâneo. Esta é, por outro lado, a razão pela qual não podemos realizar certas tarefas pesadas sem descansos periódicos.

A recuperação fisiológica para que realmente seja efetiva, deve realizar-se com a menor tensão possível, tanto térmica, como luminosa, acústica, muscular ou nervosa. Do contrário, a recuperação será insuficiente e o problema se irá agravando progressivamente. Este aspecto se converte, assim, numa das funções mais importantes da habitação.

Centra-se, com toda lógica, a importância do tema em suas repercussões sobre a saúde do homem e em sua eficiência no trabalho. Porém, isto não quer dizer que não haja outras implicações. Um edifício ou um bairro, termicamente bem projetados, darão lugar a significativas economias no consumo de combustíveis pelos equipamentos térmicos, fato que, em momentos de grave crise energética como o atual, deve constituir uma preocupação essencial.

Outro fato de suma importância, a ser considerado, é que a maioria das habitações e dos edifícios do país não têm equipamentos de aquecimento adequados e praticamente nenhuma instalação de ar condicionado. Isso leva a uma real necessidade, nos edifícios, de uma especial atenção dos projetistas para que o projeto, a orientação, os materiais e dispositivos tenham condições de defender os usuários da agressividade térmica do meio ambiente.

No entanto, salienta Rivero[3], as cidades estão cheias de erros e despreocupações nesse campo. É certo que o conhecimento desta técnica, ainda não muito divulgada, é

fundamental para que o projetista tenha presente estes problemas. Mas também é certo que é necessário criar uma consciência sobre a importância da análise bioclimática para que os profissionais não sepultem seus conhecimentos, levados pela necessidade de aliviar a pressão que exerce a enorme quantidade de exigências de toda ordem que devem ser consideradas na elaboração do projeto.

2.1.2.2. Metodologia Bioclimática

Os efeitos dos elementos climáticos sobre o ser humano pode ser plotado graficamente. Na figura 2.1. está uma representação da carta bioclimática de Koenigsberger [4], onde as condições estão indicadas para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 "clo" e experimentando a sensação de conforto.

A mesma carta mostra a necessidade de radiação solar e de movimento do ar e umidade, que podem ser usados para corrigir condições desfavoráveis e limites.

A carta foi construída tendo como ordenada a temperatura de bulbo seco e, como abscissa; a umidade relativa do ar. Uma zona de conforto está delimitada na região central da carta para as condições de inverno e verão. Para temperaturas com umidades relativas mais altas do que as da zona de conforto, será necessário recorrer-se ao efeito do movimento do ar, através de ventilação para restaurar a situação de conforto.

Para temperaturas mais baixas que as do conforto, as linhas representam a radiação necessária para se restaurar o conforto.

A carta tem suas limitações, tais como: roupas, atividades fixas.

2.1.3. Noções de Clima

Clima é o conjunto de fenômenos meteorológicos que definem a atmosfera de um determinado lugar. Por simplificação, Rivero (1986) [3] classifica-os em :

- clima tropical úmido;
- clima tropical seco;
- clima subtropical; e
- clima temperado. Essas denominações indicam as características mais notáveis de cada região.

Para efeito de análise de projeto, é conveniente que se estude o microclima particular da região em pauta, pois os parâmetros coletados no centro de uma cidade não são iguais aos de sua periferia, devido a vários fatores, que não fazem parte do clima, mas influenciam nele, tais como os diversos materiais utilizados nas construções, árvores, pavimentação, etc..

Dentre os parâmetros climáticos que caracterizam o clima de uma região, podemos enumerar aqueles que mais interferem no desempenho térmico dos espaços construídos:

- a oscilação diária e anual da temperatura;
- a oscilação diária e anual da umidade relativa;
- a quantidade de radiação solar incidente;
- o grau de nebulosidade do céu;
- a predominância de época e sentido dos ventos; e
- os índices pluviométricos.

Os valores dessas variáveis se alteram para os distintos locais da Terra em função da influência de alguns fatores como: circulação atmosférica, distribuição entre terras e mares, relevo do solo, revestimento do solo, latitude e altitude [6].

Os agentes térmicos são, em geral, apresentados separadamente pelos seus valores médios, ou por frequências determinadas. A tendência atual é organizá-los dentro do chamado dia típico de projeto ou de cálculo, mediante estudos estatísticos com que se analisam as variações simultâneas, e não separadas de todos os parâmetros, chegando inclusive a apresentar uma série de três ou mais dias consecutivos (seqüência típica).

2.1.3.1. Carta de Necessidades

A análise bioclimática de uma região específica pode gerar uma carta chamada de carta de necessidades.

Esta carta constitui-se num resumo de dados meteorológicos que são: temperatura, umidade relativa, radiação solar, velocidade e direção dos ventos, que irão caracterizar o clima da região a ser estudada. Esses dados são coletados num período mínimo de dez anos, com uma frequência de horários para que cheguem a um modelo mais próximo do real. Depois dessas coletas, são feitos resumos mensais que contribuem para representar um ano típico, e assim, através de uma metodologia (OLGYAY, 1963) [7], constrói-se a carta de necessidades, constituída de dois eixos: o das abscissas representado pelos meses do ano; e o das ordenadas, pelas horas do dia.

No cruzamento deste par ordenado teremos pontos que correspondem ao conforto, à necessidade de ventilação ou de aquecimento. Para isso, devemos dispor das temperaturas e das umidades relativas destes dias típicos e termos analisado a carta bioclimática desta região.

Na ausência de dados climatológicos horários, Casagrande [8] aplicou a metodologia de Olgay em dados de normais publicados pelo Instituto Nacional de Meteorologia. A metodologia de Olgay utiliza a média das máximas como máxima e média das mínimas como mínima, resulta num dia amortecido. Casagrande [8] propõe uma correção no método, fazendo uma interpolação entre temperatura média das máximas e temperatura máxima absoluta para os meses de verão; e temperatura média das mínimas e temperatura mínima absoluta para os meses de inverno,

resultando, assim, em dias mais críticos para o projeto bioclimático. A carta de necessidades de Florianópolis, prevista por Casagrande [8], está representada na figura 2.2.

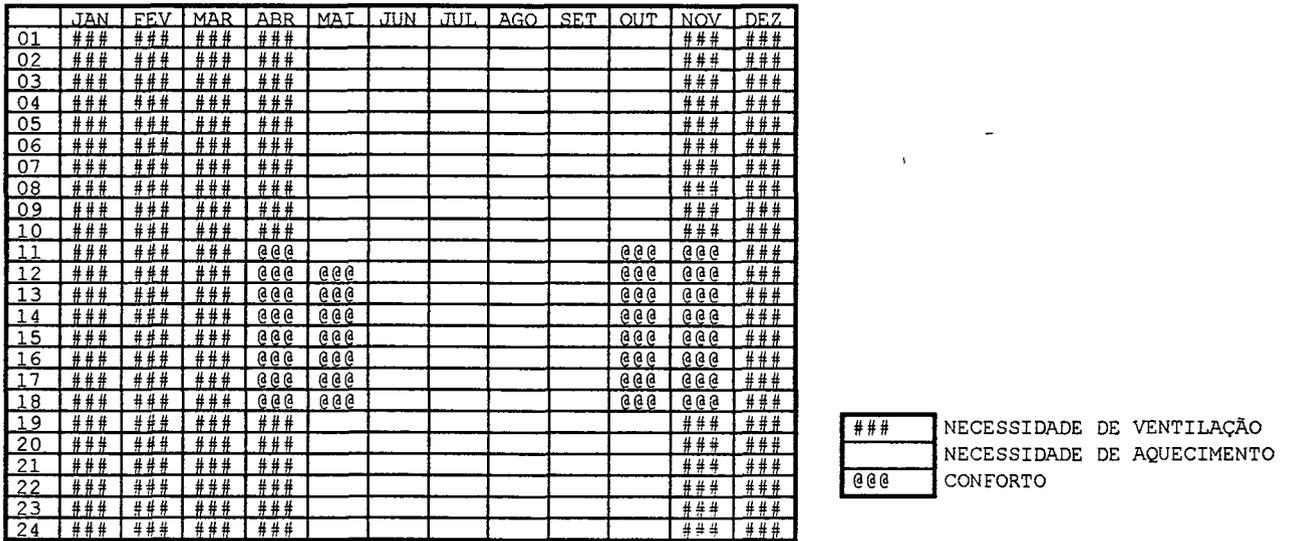


Figura 2.2. Carta de Necessidades para Florianópolis de Casagrande

2.1.3.2. Diagrama de Sombras Desejáveis

De posse da carta de necessidade e com a carta solar da região, podemos construir sobre esta, as linhas de sombras desejáveis, que definem as regiões onde há necessidade de sombreamento. Este novo diagrama solar irá ajudar o projetista a elaborar seus projetos, adaptados ao clima local, com a melhor escolha de protetores solares, contribuindo, assim, para uma

melhor proteção de sua abertura nos meses de sombras desejáveis, sem prejudicar sua iluminação e ventilação durante todo o ano.

A figura 2.3. representa o diagrama solar de Florianópolis, com suas linhas de sombras desejáveis.

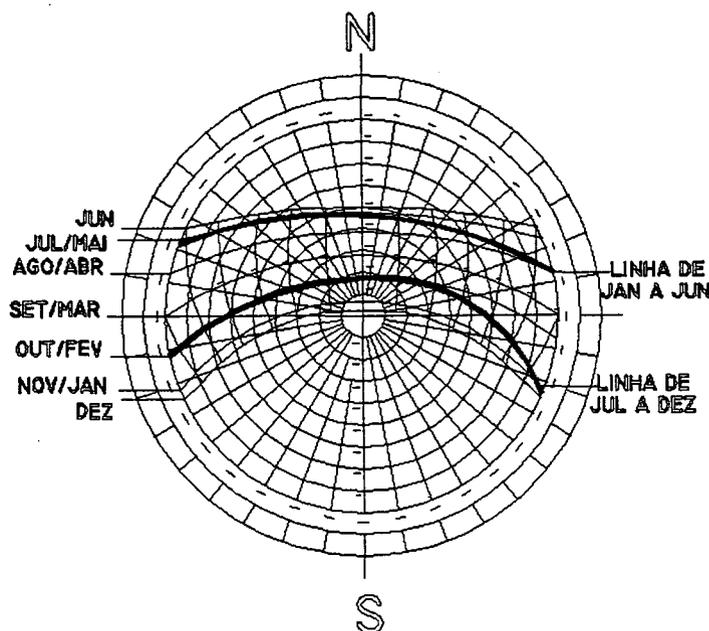


Figura 2.3. Diagrama Solar com Linhas de Sombras Desejáveis por Casagrande

2.2. Fundamentação Teórica

2.2.1. Elementos de Astronomia de Posição

Para alcançar os objetivos propostos neste trabalho, que se referem à Geometria da Insolação, devem-se fundamentar nos elementos básicos da Astronomia de Posição (MÉDICE, 1989) [9], relatados a seguir, tais como:

a) sistemas de coordenadas utilizados para definir a posição de pontos na esfera celeste;

b) variações diurna e anual da posição do Sol, acima do horizonte de um lugar e sua dependência da latitude;

c) relações entre o tempo solar verdadeiro, associado aos movimentos aparentes do Sol e o tempo legal pelo qual se regulam as atividades humanas.

Também foi baseando-se nas três leis de Kepler que sedimentaram-se os estudos dos movimentos dos astros (SILVA & MALATO) [10].

Como é de conhecimento geral, os movimentos dos planetas do sistema solar são caracterizados por translação e rotação.

No movimento de translação, os planetas descrevem órbitas elípticas, quase circulares, em torno do Sol que ocupa um dos focos, comum a todas essas elipses, obedecendo às três Leis de Kepler, a saber:

1ª Lei - Os planetas movem-se em órbitas elípticas das quais o sol ocupa um dos focos;

2ª Lei - Os planetas movem-se de tal modo que o segmento da reta que os une ao sol (raio vetor) varre áreas iguais em intervalo de tempos iguais, portanto a velocidade de translação não é uniforme;

3ª Lei - Os quadrados dos tempos de revolução dos planetas estão entre si, como o cubo de suas distâncias médias ao Sol.

2.2.1.1. Sistemas de Coordenadas Astronômicas

Para se definir a posição dos corpos celestes e descrever os movimentos aparentes, convencionou-se que todos eles se situam, por projeção radial a partir do lugar de observação, sobre uma superfície imaginária, denominada firmamento ou esfera celeste.

Então, essa esfera é o ente geométrico, no qual se situam os objetos de nosso estudo. As estrelas, como o sol, aparecem aí firmemente engastadas. Os antigos as chamavam de **estrelas fixas**.

O sol e todos os astros a ele vinculados, ao contrário, deslizam por sua superfície [9].

Como a Terra realiza um movimento de rotação em torno de seu eixo, no sentido de oeste para leste, vemos essa esfera girar em torno desse mesmo eixo, em sentido contrário, isto é, de leste para oeste. Essa rotação leva o nome de **movimento aparente**

da esfera celeste e o eixo de rotação recebe agora o nome de **eixo da esfera celeste**, ou **Eixo do Universo**. Por causa desse movimento aparente que, se olharmos o céu com a face voltada para o sul, vemos todos os astros, embora mantendo suas posições relativas descreverem arcos de circunferências no sentido horário. Se voltarmos a face para o norte, o sentido será o anti-horário.

Todo plano perpendicular ao eixo do Universo define um **paralelo celeste**. Todo plano que contém esse eixo define um **meridiano celeste**. Em particular, o paralelo que passa pelo centro da Terra é o equador celeste. Os pontos nos quais o eixo do Universo encontra a esfera celeste são os **pólos celestes**, que, correspondentes aos da Terra, são pólos **Norte** e **Sul** celestes (Figura 2.4).

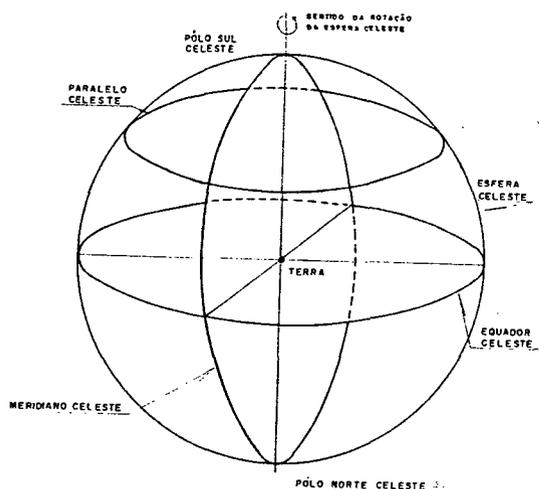


Figura 2.4. A Esfera Celeste

Além da rotação, a Terra cumpre um movimento de translação em torno do Sol.

Do mesmo modo que o movimento de rotação da Terra traduz-se por um movimento de rotação aparente da esfera celeste, a translação de nosso planeta em torno do Sol apresenta-se a nós como um movimento do Sol ao redor da Terra. Se o astro-rei não tivesse o brilho que tem e fosse tão somente uma estrela de primeira grandeza, nós o veríamos deslocando-se por entre as estrelas, dia após dia, e gastando um ano para percorrer a circunferência que ele desenha na esfera celeste, circunferência essa que leva o nome de **eclíptica** (Fig.2.5).

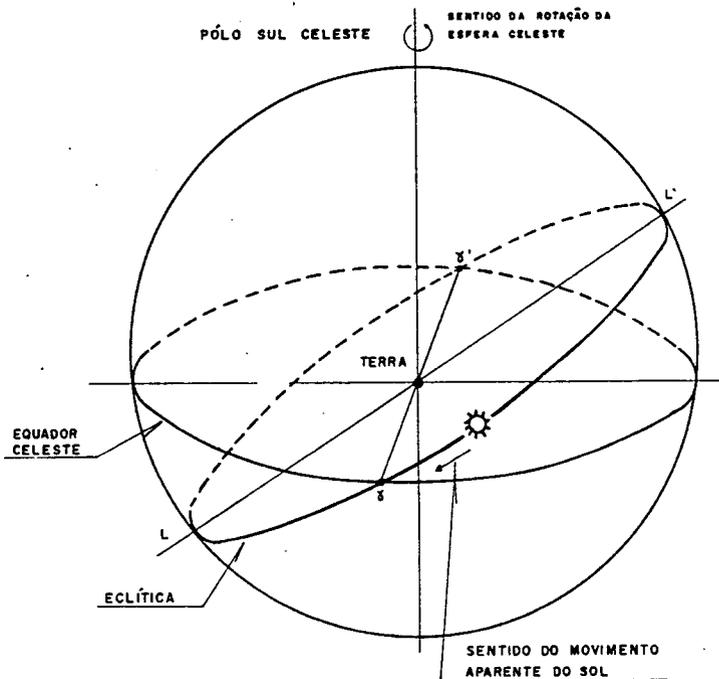


Figura 2.5 Eclíptica

Como o eixo do movimento de rotação, eixo do Universo, paralelo ao eixo do movimento de translação, a eclíptica não é coincidente com o equador celeste. O ângulo entre os planos dessas duas curvas é a obliquidade da eclíptica e é aproximadamente $23^{\circ}27'$ ou $23^{\circ}30'$ (FROTA & SCHIFFER, 1988) [6].

As constelações atravessadas pelo Sol, em sua caminhada anual pelo céu, são as do zodíaco. Como ele ofusca todas as estrelas do firmamento, só podemos perceber seu movimento e saber sua posição, observando a esfera celeste, quando de seu ocaso ou nascer. Assim se, por exemplo, é a constelação de Aquário que surge no lugar em que o Sol se põe, dizemos que ele está em Aquário. O ponto de interseção do equador com a eclíptica, e que é o ponto no qual o Sol passa, quando vem do hemisfério Sul para o Norte, é chamado **ponto vernal** ou **ponto de Áries** e, como essa travessia ocorre a 21 de março, que é o início da primavera no hemisfério Norte, chama-se também de **equinócio da primavera** (**outono** no Sul). O outro ponto de interseção que o Sol encontra no dia 23 de setembro, quando retorna ao hemisfério Sul, chama-se **equinócio de outono**. Ao traçarmos uma reta perpendicular à reta que une os pontos de equinócios, essa reta irá interceptar a eclíptica em dois pontos, que marcam os maiores afastamentos do Sol do equador celeste. São os solstícios de junho (verão no hemisfério Norte e inverno no Sul).

O ponto vernal, embora não seja visível, visto que não existe qualquer estrela a marcar a sua posição, tem sua localização perfeitamente definida, pois, como já vimos, é o ponto de passagem do Sol na travessia do sul para o norte. O meridiano celeste que por ele passa, à semelhança do Meridiano de Greenwich no que se refere ao nosso planeta, é tomado como meridiano de origem de uma das coordenadas equatoriais.

Como os corpos celestes estão muito afastados uns dos outros e todos à grande distância da Terra, compreende-se que o raio da esfera celeste seja tão grande quanto se queira para abarcar todo o Universo e, conseqüentemente, que o centro da esfera se possa situar, indiferentemente, no lugar de observação, no centro da Terra, ou mesmo no centro do Sol. Acrescenta-se, ainda, que não tendo a esfera celeste dimensões definidas, a distância entre pontos nela situados e a área delimitada por contornos na sua superfície se traduzem, respectivamente, por ângulos planos e por ângulos sólidos, com vértice no centro da esfera (SILVA & MALATO, 1969) [10].

A esfera celeste está animada de um movimento aparente de rotação do qual participam todos os corpos celestes que, como foi dito anteriormente, por convenção, se situam na superfície. Esse movimento - manifestação aparente para o observador terrestre - do movimento de rotação da Terra, efetua-se em torno do eixo, com a direção do eixo da Terra, que passa pelos pólos

celestes, e processa-se no sentido leste-oeste, com o período de 24 horas siderais (1 dia sideral).

A posição de um astro, ou ponto da esfera celeste fica perfeitamente determinada pelas suas coordenadas astronômicas. Dos sistemas de coordenadas conhecidos referem-se, apenas, o sistema horizontal, por ser apropriado para definir a posição do Sol acima do horizonte do lugar; e o sistema equatorial horário, por ser o mais cômodo para descrever os movimentos aparentes do Sol.

Todos os sistemas de coordenadas astronômicas são definidos por um eixo de referência e por um círculo de referência. O eixo de referência é uma reta que passa pelo centro da esfera celeste e define, sobre ela, a posição dos pólos do sistema.

Denomina-se círculo primário o círculo máximo da esfera celeste cujo plano é normal ao eixo de referência, e denominam-se círculos secundários os semicírculos máximos da esfera celeste com extremos nos pólos do sistema. O círculo secundário que corta o círculo primário no ponto que se toma para origem do sistema de coordenadas denomina-se círculo de referência.

2.2.2. Movimentos Aparentes do Sol

O sol, como qualquer estrela, participa do movimento aparente de rotação da esfera celeste, que, como se acentuou, resulta do movimento de rotação da Terra em torno do seu eixo (SILVA & MALATO, 1969) [10]. Este movimento aparente impõe, logicamente, uma variação contínua e periódica do ângulo horário do Sol, sendo o período de variação de 360° (ou 24 h) por dia solar verdadeiro.

Ao contrário do que acontece com as estrelas, cujas posições relativas na esfera se afiguram imutáveis, o Sol desloca-se aparentemente entre as estrelas, percorrendo um círculo máximo da esfera, denominado eclíptica, cujo plano faz um ângulo de, aproximadamente, $23,5^\circ$ com o plano do equador celeste. Este movimento, manifestação aparente para o observador terrestre, do movimento de translação da Terra em redor do Sol, processa-se no sentido oeste-este e em período de 366,24 dias siderais (1 ano trópico).

O movimento aparente do sol sobre a eclíptica impõe, logicamente, uma variação contínua e periódica da declinação solar.

Assim, entre 20 e 22 de Março, o Sol passa no equador celeste - no Ponto Vernal - em trânsito do hemisfério sul para o hemisfério norte e a sua declinação é $\delta = 0^\circ$ (equinócio de Março, também designado por equinócio da Primavera, para latitudes norte, ou equinócio do Outono, para latitudes sul). A partir dessa data, a declinação do Sol vai crescendo até que, por volta de 20 ou 21 de Junho, atinge o valor máximo $\delta = +23,5^\circ$ (solstício de Junho, também designado por solstício do Verão, para latitudes norte, ou solstício de Inverno, para latitudes sul).

Em seguida, a declinação solar vai decrescendo até que, por volta de 22 ou 23 de Setembro, retoma o valor $\delta = 0^\circ$, quando o Sol passa no equador celeste - no sentido descendente - em trânsito do hemisfério norte para o hemisfério sul (equinócio de Setembro, também designado por equinócio do Outono, para latitudes norte, ou equinócio da Primavera, para latitudes sul). A partir dessa data, a declinação do Sol é negativa e vai decrescendo até que, entre 20 e 22 de dezembro, atinge o valor mínimo = $-23,5^\circ$ (solstício de Dezembro, também designado por solstício do Inverno para latitudes norte, ou solstício do Verão para latitudes sul). Em seguida, a declinação do Sol, embora negativa, vai crescendo até retomar o valor $\delta = 0$, quando o Sol regressa ao Ponto Vernal. Com isto, a variação da declinação solar é, aproximadamente, 47° em meio ano trópico.

Em consequência destes dois movimentos aparentes, a trajetória descrita pelo Sol na esfera celeste é, durante 1 ano trópico, como uma hélice dupla, fechada sobre si mesma, com um passo muito apertado devido à pequena variação diária da declinação solar. No entanto, simplificando a realidade, podem substituir-se as espiras da hélice por circunferências e, assim, em cada dia solar verdadeiro, o Sol percorrer o equador celeste, durante os equinócios, os paralelos celestes de declinação igual a $+ 23,5^\circ$ ou $23,5^\circ$, durante os solstícios, e, nos outros dias do ano, paralelos celestes cuja declinação está compreendida entre $+23,5^\circ$ e $- 23,5^\circ$.

A seguir, pode-se observar nas figuras 2.6., 2.7 e 2.8, casos em que a trajetória aparente do Sol é representada em três lugares diferentes da Terra: a primeira, no Norte; a segunda sobre o equador; e a terceira no Sul.

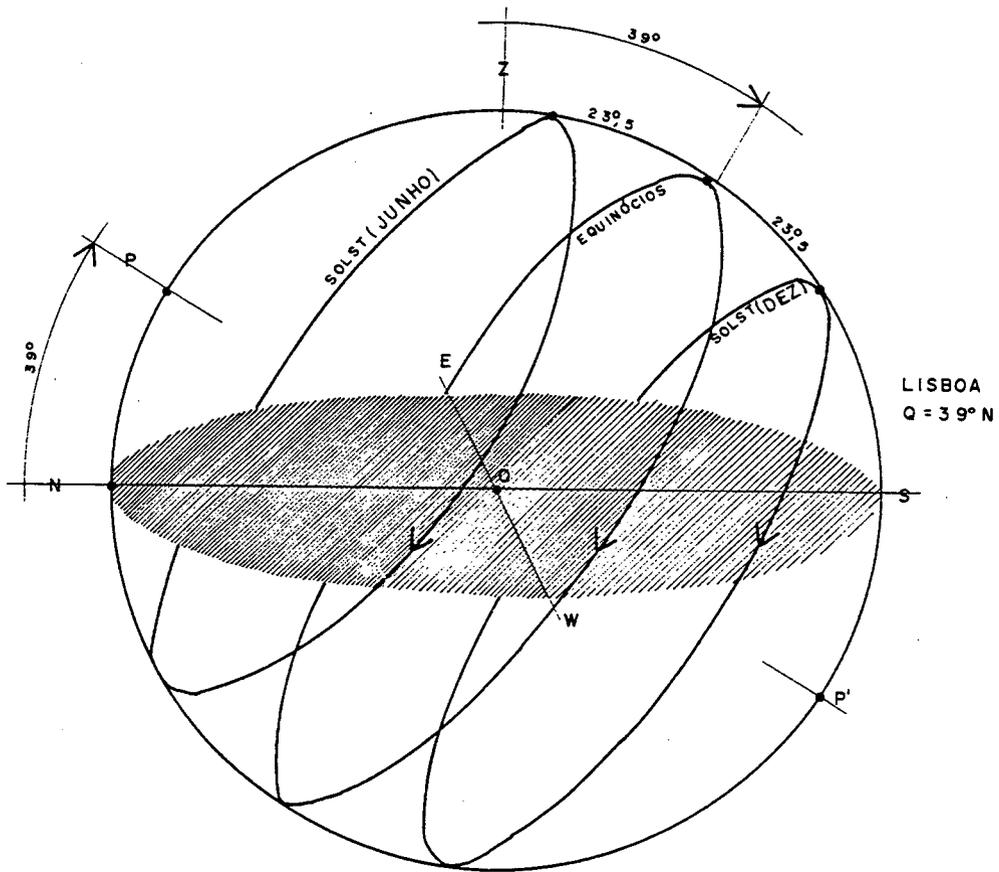


Figura 2.6. Trajetória Aparente do Sol no Hemisfério Norte

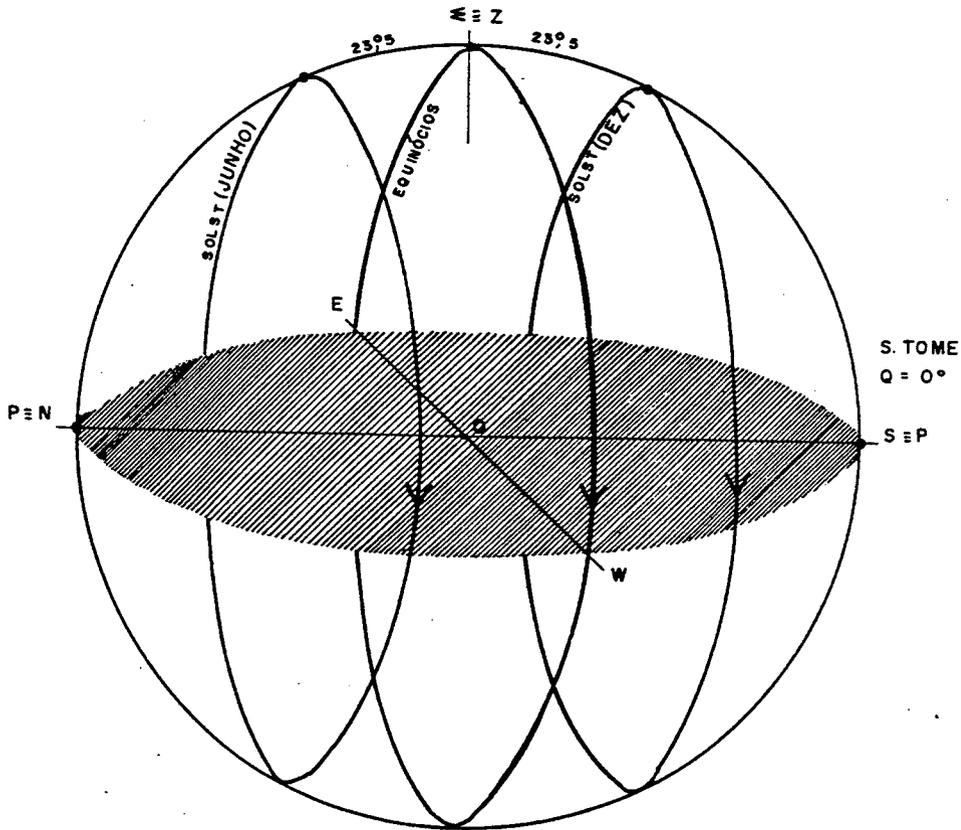


Figura 2.7 Trajetória Aparente do Sol no Equador

2.2.3. Métodos Gráficos para Determinação da Trajetória Solar

Existem vários métodos para determinar a posição do Sol em relação à Terra. Muitos deles são baseados em cálculos numéricos, ou tabulares; outros em métodos gráficos.

Segundo OLGYAY [7], algum método de cálculo, entretanto, é preferível quando uma precisão mais acentuada é importante, como na navegação espacial, o que é impraticável para uso corrente na Arquitetura. Na maioria dos casos, quando não só a posição do Sol é interessante, mas também sua posição relativa numa elevação combinada com os efeitos de uma projeção, os cálculos tornam-se extremamente complicados e portanto, os métodos gráficos são os preferidos. Sendo assim, as descrições a seguir serão referentes aos diagramas gráficos.

Algumas simplificações dos valores numéricos dos diagramas são usadas para uma melhor representação.

2.2.3.1. Cartas Solares e Transferidores

A posição do Sol mudando de hora em hora e de dia a dia é facilmente visualizada, se o ponto de observação for imaginado e posicionado sobre uma superfície tangencial à Terra e circulado por uma esfera celeste, na qual o sol move-se em trajetórias circulares. É como se o sol fizesse parte da superfície terrestre, movendo-se em num arco sobre o céu. A superfície tangencial, o horizonte, e sua interseção imaginária com a esfera celeste é chamada de linha do horizonte. O ponto no céu, verticalmente sobre o observador é o Zênite e sua posição oposta, Nadir. Sobre a esfera celeste, o movimento do sol descreve círculos, que são as interseções dos raios solares cônicos com a mesma esfera.

As linhas de interseção serão circulares na superfície da esfera, com o ponto central no eixo do cone. Estas são chamadas de trajetórias solares. A trajetória solar mudará sua posição em círculos paralelos entre os solstícios de inverno e verão, de acordo com a data e sua declinação.

As linhas das horas de um mesmo período de dia na superfície da esfera celeste são grandes círculos, unindo sem interrupção, o ponto de interseção sobre os eixos dos cones com a esfera, que representa o pólo do céu. Os fusos horários são

separados de 15 graus cada um, na esfera e a linha do meio-dia, ou 12 horas, posiciona a direção Norte-Sul.

A resolução de problemas de geometria da insolação de edifícios isolados, ou integrados em arranjos urbanísticos, pode realizar-se a partir de desenhos de anteprojeto (plantas e cortes) desde que se conheçam, para o lugar de implantação, as coordenadas horizontais do Sol a diversas horas de diferentes dias do ano (SILVA & MALATO, 1969) [10].

As coordenadas horizontais da posição do Sol acima do horizonte de um lugar de latitude ϕ no instante t do dia do ano de declinação solar δ podem calcular-se por expressões , tendo em conta a relação, a seguir apresentada, e entre o ângulo horário H do Sol, expresso em graus, e o tempo t , expresso em horas solares verdadeiras

$$H = 15 * (t-12) \quad (1).$$

Os valores das coordenadas horizontais do Sol, determinados por esta via, podem organizar-se em tabelas ou sob forma gráfica.

As tabelas e panorâmicas solares, para dada latitude, podem ser substituídas, com vantagem operacional na resolução de problemas de insolação, por cartas solares e transferidores de coordenadas horizontais.

SILVA & MALATO(1969)[10] constataram que as cartas solares são projeções, sobre um plano, dos pontos cardeais e das

trajetórias aparentes do sol acima do horizonte do lugar, assinalando-se, em cada trajetória projetada, as posições do Sol e instantes, igualmente espaçados, anteriores e posteriores ao meio-dia solar verdadeiro. Semelhantemente, os transferidores de coordenadas horizontais são projeções, sobre o mesmo plano, de círculos verticais, igualmente espaçados em azimute, e paralelos horizontais, igualmente espaçados em altura, tendo assinaladas as posições dos pontos cardeais. Compreende-se, portanto, que, sobrepondo o transferidor na carta solar, com os pontos cardeais em concordância, se possam determinar, por leitura direta ou interpolando, as coordenadas horizontais do Sol a qualquer hora de qualquer dia do ano. Além do transferidor de coordenadas horizontais, outros transferidores podem ser utilizados com as cartas solares para recolher informações interessantes, nomeadamente, os ângulos das projeções da direção dos raios solares num sistema de planos ortogonais, os ângulos de incidência solar sobre superfícies expostas etc..

Para a construção das cartas solares e dos transferidores auxiliares pode-se, em princípio, recorrer a qualquer método de projeção cartográfica, mas, no caso corrente, os mais apropriados são a projeção ortográfica, a projeção eqüidistante, a projeção estereográfica e a projeção gnomônica, em geral, sobre um plano paralelo ao horizonte do lugar, passando pelo Zênite. A utilização destes métodos de projeção implica a fixação prévia, via do comprimento R_b do raio da esfera celeste

que será condicionado pelas dimensões desejáveis das cartas e dos transferidores. A aceitação de uma esfera celeste de raio finito, que contraria o conceito de que as dimensões da esfera celeste são tão grandes quanto se queira, não conduz a resultados menos verdadeiros, uma vez que as indicações que as cartas e os transferidores fornecem são distâncias angulares cujos valores não dependem do valor escolhido para comprimento do raio da esfera. O valor R_b , arbitrado para comprimento do raio da esfera celeste, denomina-se distância da base.

2.2.3.2. Projeção Ortográfica Horizontal

SILVA & MALATO(1969)[10] descrevem que a projeção ortográfica horizontal, utilizada por Neufert, executa-se do seguinte modo:

Considere-se a fig.2.9 na qual se representam a seção do hemisfério celeste visível do lugar O e a seção do plano de projeção, feitas pelo plano do círculo vertical do ponto A que se deseja projetar. A projeção ortográfica horizontal do ponto A, de azimute a e altura h , é o ponto A_1 , pé da perpendicular tirada do ponto A para o plano de projeção. Se for N_1 a projeção ortográfica fica horizontal do ponto cardeal norte, observando,

de cima, o plano de projeção, conclui-se que as coordenadas polares de A_1 , referidas ao semi-eixo ZN_1 , são

$$\alpha = a$$

$$\rho = R_b \cdot \cos h \quad (2)$$

e que a projeção do horizonte do lugar, que delimita a carta solar e os transferidores, é a circunferência do centro Z e raio $R_c = R_b$.

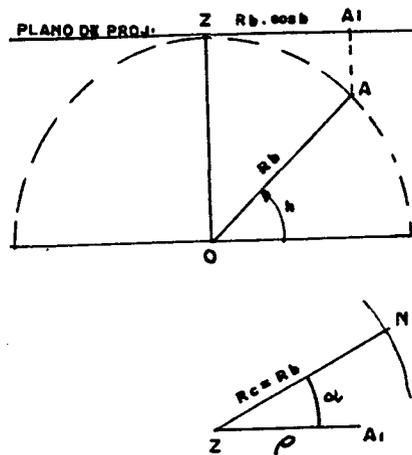


Figura 2.9. Seção do Plano de Projeção (Proj. Ortográfica Horiz.)

Embora se trate de um método de projeção muito divulgado entre nós, a projeção ortográfica tem o inconveniente das seções planas da esfera celeste se projetarem, em geral, como elipses, do que resulta uma definição pouco precisa, no início e fim de cada dia, das projeções das trajetórias aparentes do Sol (SILVA & MALATO, 1969) [10].

Como exemplo, apresentam-se, na fig.2.10, uma carta solar, onde figuram, apenas, as trajetórias aparentes do sol nos equinócios e nos solstícios, e o transferidor de coordenadas

horizontais correspondente, com graduações espaçadas de 15° em 15° em azimute e em altura.

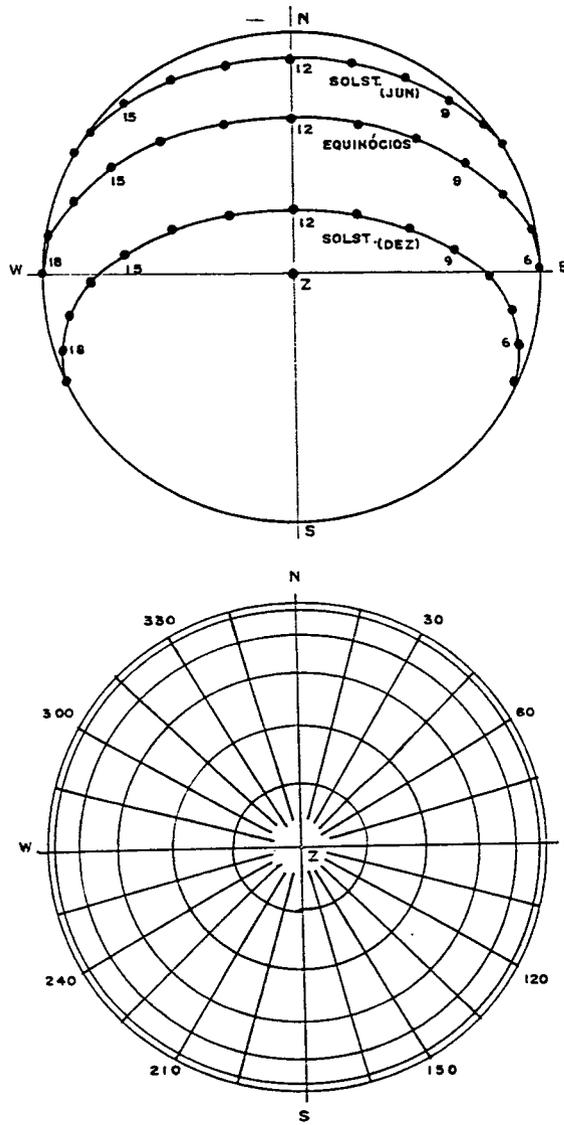


Figura 2.10. Carta Solar na Projeção Ort. Horizontal

2.2.3.3. Projeção Eqüidistante Horizontal

Segundo OLGYAY (1957) [11], a projeção eqüidistante horizontal, executa-se do seguinte modo:

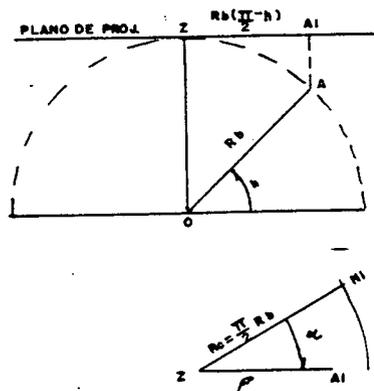


Figura 2.11. Seção do Plano de Projeção (Proj.Eqü.Horiz.)

Considere-se a fig.2.11 na qual se representam a seção do hemisfério celeste visível do lugar O e a seção do plano de projeção feitas pelo plano do círculo vertical do ponto A que se deseja projetar. A projeção eqüidistante horizontal do ponto A, de azimute a e altura h , , o ponto A_1 da seção feita no plano de projeção, cuja distância ao ponto Z , igual ao comprimento do arco ZA. Se for N_1 a projeção eqüidistante horizontal do ponto cardeal norte, observando, de cima, o plano de projeção, conclui-se que as coordenadas polares de A_1 , referidas ao semi-eixo ZN_1 , são:

$$\alpha = a$$

$$\rho = R_b * (\pi / 2 - h) \quad (3)$$

e a projeção do horizonte do lugar, que delimita a carta solar e os transferidores, é a circunferência de centro Z e raio

$$R_c = (\pi / 2) * R_b$$

Esse método de projeção, muito divulgado nos Estados Unidos, tem a vantagem de permitir a construção de cartas que, combinadas com fotografias obtidas com a câmara de Robin-Hill, constituem um documento de estudo da insolação rigoroso e particularmente sugestivo.

A título de exemplo, apresentam-se na fig.2.12, a carta solar, onde se figuram, apenas, as trajetórias aparentes do Sol nos equinócios e nos solstícios, e o transferidor de coordenadas horizontais correspondente, com graduações espaçadas de 15° em azimute e em altura.

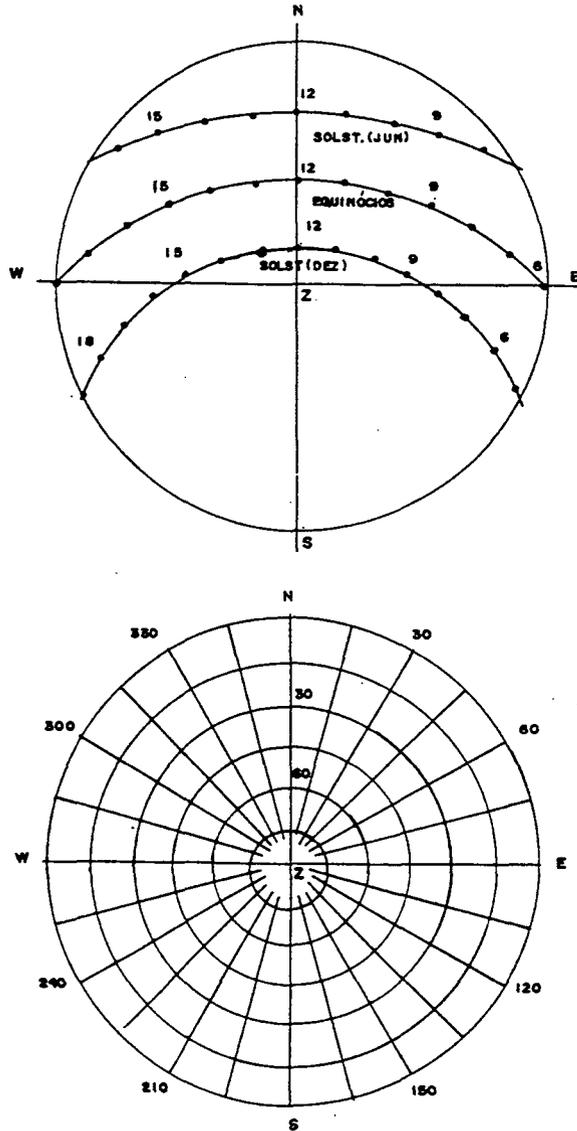


Figura 2.12. Carta Solar na Projeção Eqüidistante Horizontal

2.2.3.4. Projeção Estereográfica Horizontal

A projeção estereográfica horizontal, segundo SILVA & MALATO[10], executa-se do seguinte modo:

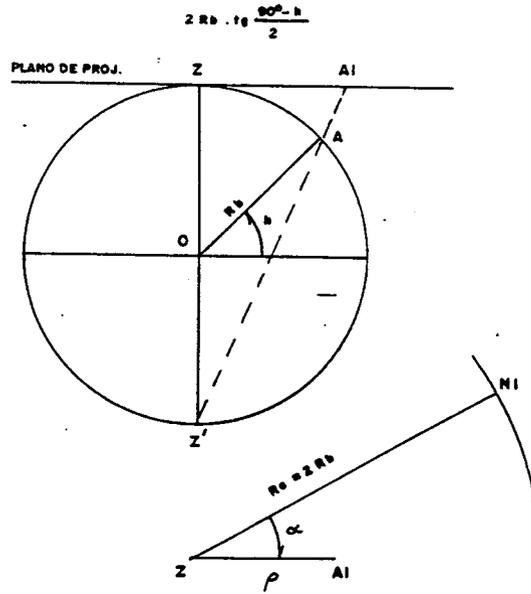


Figura 2.13. Seção do Plano de Projeção (P.Est.H.)

Considere-se a fig.2.13 na qual se representam a seção do hemisfério celeste visível do lugar O e a seção do plano de projeção, feitas pelo plano do círculo vertical do ponto A que se deseja projetar. A projeção estereográfica horizontal do ponto A, de azimute a e altura h , é o ponto A_1 do plano de projeção que se encontra no prolongamento da corda $Z'A$ onde Z' representa o Nadir do lugar. Se for N_1 , a projeção estereográfica fica horizontal do ponto cardinal norte, observando, de cima, o plano de projeção, conclui-se que as coordenadas polares de A_1 , referidas ao semi-eixo ZN_1 , são:

$$\alpha = a$$

$$\rho = 2 R_b * \operatorname{tg}((90^\circ - h)/2) \quad (4)$$

e que a projeção do horizonte do lugar, que delimita a carta solar e os transferidores, é a circunferência de centro Z raio $R_c = 2 R_b$.

Esse método de projeção, muito divulgado na Inglaterra e nos países da Comunidade Britânica, segundo Silva & Malato[10], tem a vantagem das seções planas da esfera celeste se projetarem com retas, circunferências ou arcos de circunferências cujo centro e raio são fáceis de definir por via analítica ou por métodos gráficos. Além disso, como o "globoscópio" de Pleijel permite obter fotografias em projeções estereográficas, a conjugação das fotografias com as cartas e os transferidores fornecem informações interessantes e sugestivas sobre problemas de insolação de edifícios.

A título de ilustração, apresentam-se, na fig.2.14, a carta solar, onde figuram, apenas, as trajetórias aparentes do Sol nos equinócios e nos solstícios, e o transferidor de coordenadas horizontais correspondente, com graduações espaçadas de 15° , em azimute e em altura.

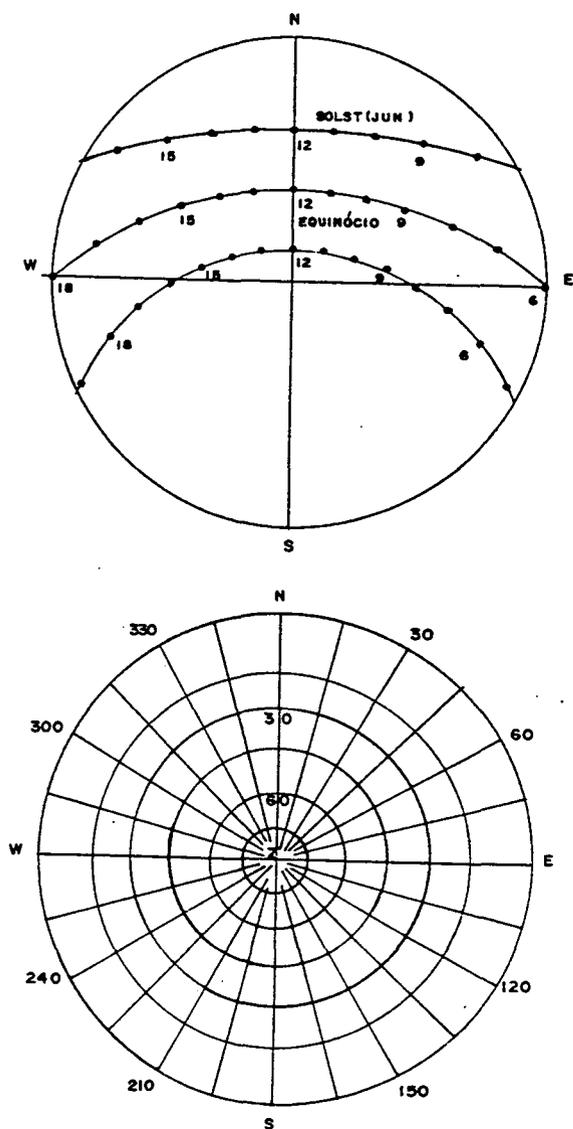


Figura 2.14. Carta Solar na Projeção Estereográfica Horizontal

2.2.3.5. Projeção Gnomônica Horizontal

A projeção gnomônica horizontal, recomendada pelo Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, segundo SILVA & MALATO [10], executa-se do seguinte modo:

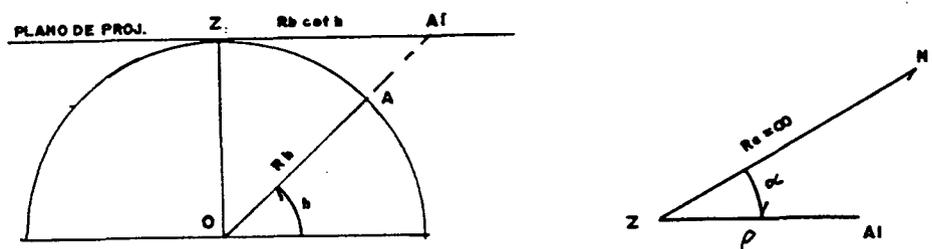


Figura 2.15. Seção do Plano de Projeção (Proj. Gnomônica Hor.)

Considere-se a fig.2.15 , na qual se representam a seção do hemisfério celeste visível do lugar O e a seção do plano de projeção, feitas pelo plano do círculo vertical do ponto A que se deseja projetar. A projeção gnomônica horizontal do ponto A, de azimute a e altura h, é o ponto A_1 do plano de projeção que se situa no prolongamento do raio OA da esfera celeste. Se for ZN_1 a projeção gnomônica horizontal do arco ZN, observando de cima, é o plano de projeção, conclui-se que as coordenadas polares de A_1 , referidas ao semi-eixo ZN_1 , são:

$$\alpha = a$$

$$\rho = R_b * \cot h$$

e que projeção do horizonte do lugar se situa no infinito, que impossibilita a representação de todo o hemisfério celeste visível do lugar.

Este método de projeção apresenta, ainda, o inconveniente, de as seções planas da esfera celeste se

projetarem, em geral, com cônicas de execução trabalhosa. No entanto, as cartas solares em projeção gnomônica podem combinar-se com traçados, em perspectiva, de edifícios, dando, com grande economia de trabalho, informações rigorosas e muito claras sobre condições de insolação das fachadas.

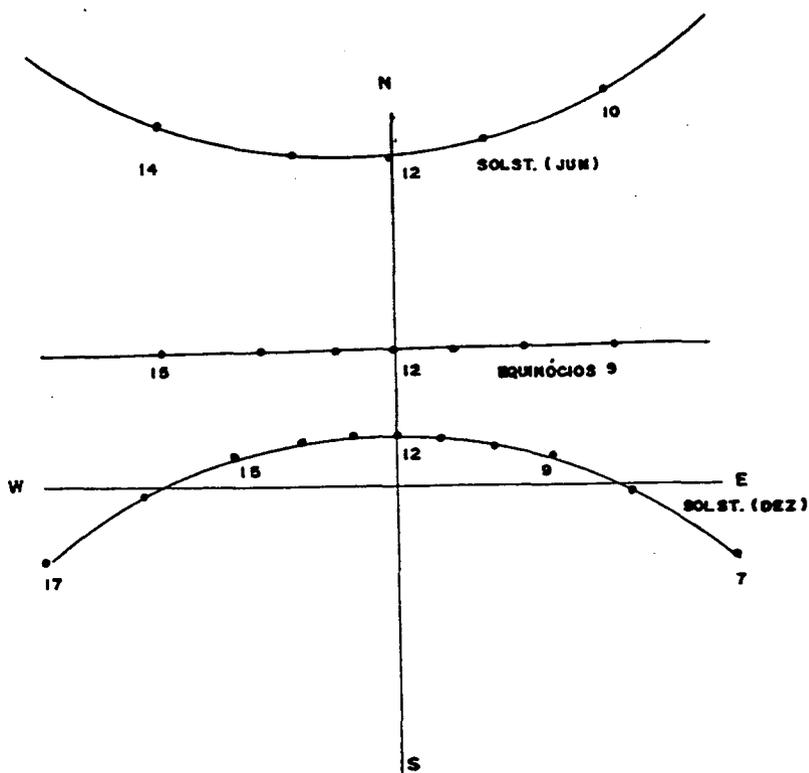


Figura 2.16. Carta Solar na Projeção Gnomônica Horizontal

A título de exemplo, apresentam-se, na fig.2.16 , a carta solar, onde figuram, apenas, as trajetórias aparentes do Sol nos equinócios e nos solstícios, e o transferidor de coordenadas horizontais correspondente, com graduações espaçadas de 15° , em azimute e em altura, esta partindo do valor $h = 30^\circ$.

2.2.3.6. Transferidor de Coordenadas Horizontais

Nesta pesquisa optou-se por trabalhar com projeções eqüidistantes. Portanto, apresenta-se a seguir o transferidor de coordenadas horizontais, apenas nesta projeção.

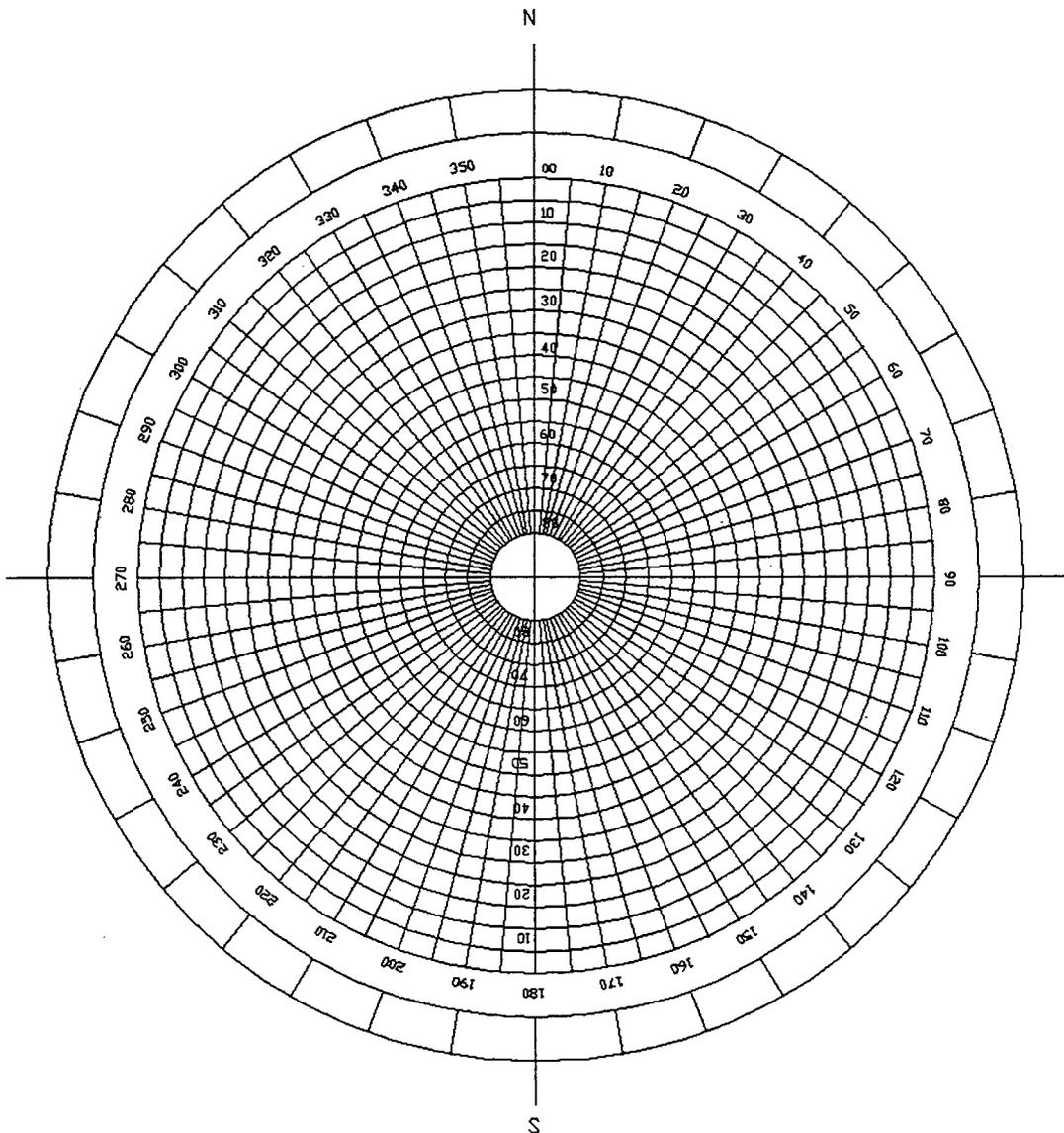


Figura 2.17. Transferidor de Coordenadas Horizontais c/ Proj. Eq.

O transferidor que se apresenta na fig.2.17 permite determinar as coordenadas horizontais do Sol nas horas e dias do ano assinaladas nas cartas solares executadas em projeção eqüidistante horizontal. Dessa forma, basta sobrepor o transferidor na carta solar, orientando-o de modo a haver concordância das direções dos pontos cardeais, e ler, diretamente ou por interpolação, os valores do azimuth e da altura do Sol correspondentes ao ponto representativo da sua posição na carta solar, no dia e hora considerados.

Segundo SILVA & MALATO [10], o traçado do transferidor pode ser executado por processos inteiramente gráfico ou pelo método descrito a seguir:

- Traça-se uma circunferência de centro O e raio R_c igual ao das cartas solares, conforme a fig.2.18.

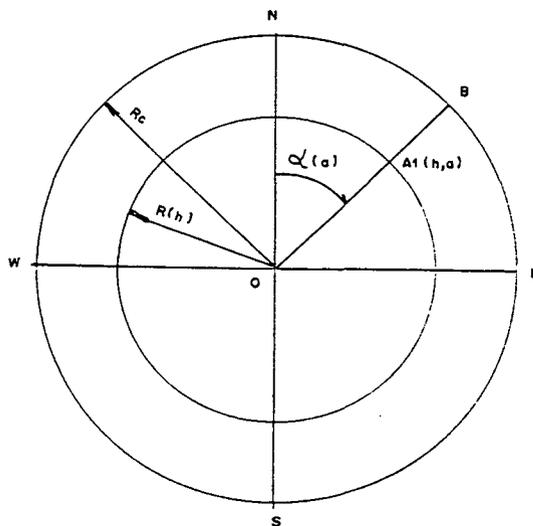


Figura 2.18. Circunferência para Traçado do Transferidor

Esta circunferência representa o horizonte do lugar (pontos de altura $h = 0^\circ$) e o ponto O representa a projeção do zênite do lugar.

- Traçam-se os diâmetros conjugados N.S. e WE. Os raios ON, OS, OE e OW representam, respectivamente, as direções dos pontos cardeais norte, sul, leste e oeste (lugares de altura $h = 0^\circ$ e azimutes $a = 0^\circ$, $a = 180^\circ$, $a = 90^\circ$ e $a = 270^\circ$, respectivamente).

- A projeção do círculo vertical de azimute a é raio OB da circunferência representativa do horizonte do lugar que faz com ON um ângulo $(a) = a$, contando, positivamente, a partir de N no sentido horário.

- A projeção do paralelo horizontal de altura h , constante, é a circunferência de centro O e raio $R(h)$ dado pela expressão

$$R(h) = R_c * \operatorname{tg}((90^\circ - h)/2) \quad (5).$$

Nestas condições, coordenadas horizontais do ponto da esfera cuja projeção estereográfica se situa em A, cruzamento do raio OB com a circunferência de raio $R(h)$ são, respectivamente, azimute a e altura h .

2.2.3.7. Transferidor de Ângulos de Sombra Eqüidistantes

Para o traçado do transferidor de ângulos de sombra deve-se considerar a fig.2.19, que representa o hemisfério celeste visível de um lugar O, um ponto A e dois círculos verticais, diametralmente opostos, passando pelos pontos L e T do horizonte.

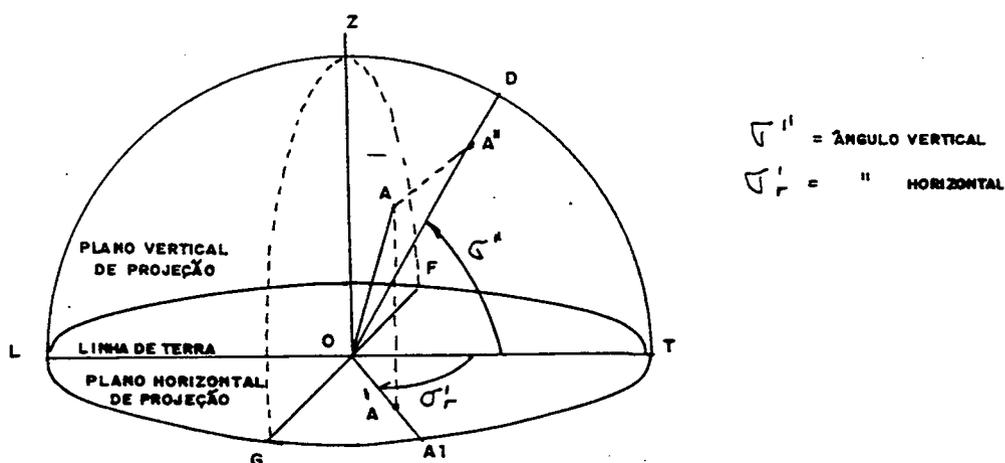


Figura 2.19. Hemisfério Celeste Visível

Imaginemos dois planos ortogonais de projeção, um horizontal que contém o horizonte do lugar e outro vertical passando pela reta LT considerada como linha de terra do sistema.

Se A' e A'' forem, respectivamente, a projeção horizontal e a projeção vertical do ponto A, quando o Sol se situar no ponto A, a direção dos raios luminosos no lugar O, AO e as projeções horizontal e vertical desta direção são, respectivamente, $A'O$ e $A''O$.

Considerando-se, sobre a linha de terra, o semi-eixo OT, ou com OL, conforme o ponto A se situe à direita ou à esquerda do plano de perfil, passando por O, cujo traço no plano horizontal é a reta FG.

Seja qual for a posição do ponto A, a projeção horizontal A'O dos raios solares faz com OT um ângulo σ'_r , no sentido horário, que é o ângulo de sombra horizontal, cujo valor está compreendido entre 0° e 90° .

Do mesmo modo, a projeção vertical A''O dos raios solares faz com OT um ângulo σ'' , denominado ângulo de sombra vertical, cujo valor está compreendido entre 0° e 90° .

Observando-se a fig.2.19 conclui-se que, quando o Sol se situa entre qualquer ponto do círculo vertical de A, as projeções horizontais da direção dos raios solares coincidem na semi-reta OA₁ e o ângulo de sombra horizontal correspondente, σ'_r , neste caso, tem um valor constante. Da mesma forma, quando o Sol se situa em qualquer ponto do círculo máximo pertencente ao plano que passa por A, as projeções verticais dos raios solares coincidem na semi-reta OD e o ângulo de sombra vertical correspondente, σ'' , tem um valor constante.

O transferidor de ângulos de sombra em dois planos ortogonais de projeção definidos pela posição da linha de terra integra as projeções dos círculos verticais, em azimute, a

partir do círculo vertical do ponto T e as projeções equidistantes de círculos máximos do hemisfério visível, passando pela reta FG, igualmente espaçados em altura medida sobre o círculo vertical do ponto T.

A confecção do transferidor pode ser feita por processos inteiramente gráficos. O processo mais simples consiste em utilizar-se de três pontos: dois deles serão os pontos G e F, da figura 2.20., e o terceiro obtido pela divisão do semi-eixo OT em 9 partes iguais. Cada parte representa 10° (um grau) do ângulo de sombra.

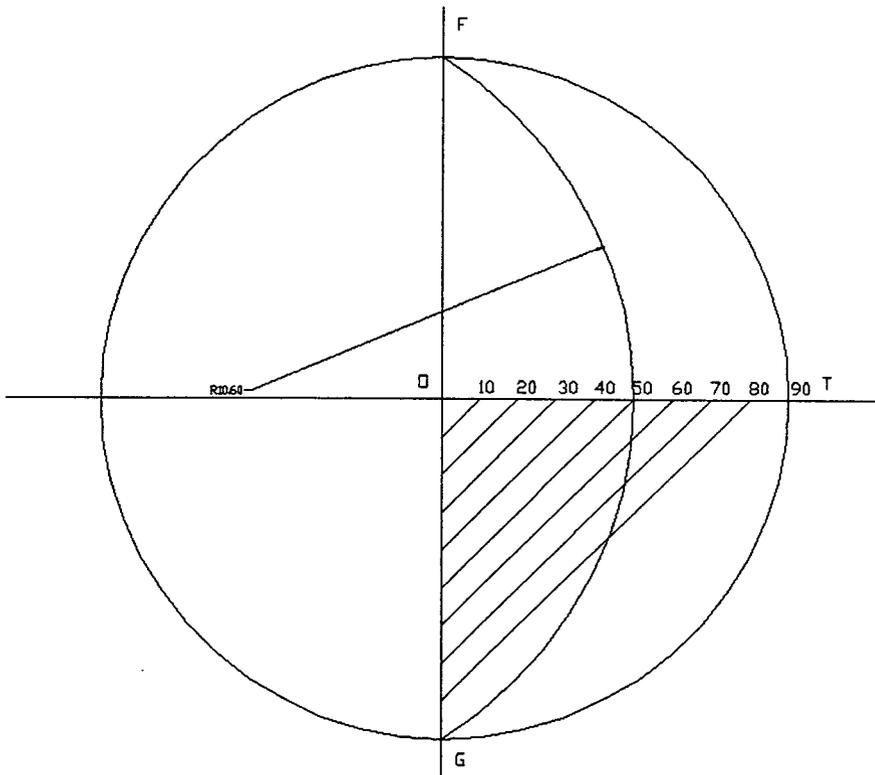


Figura 2.20. Circunferência p/ Traçado do Ângulo Alfa

Utilizando-se desse método gráfico, foi montada a tabela 2.1., que contribuiu para a confecção do transferidor de sombras da fig.2.21.

Tabela 2.1. Determinação do raio dos ângulos de sombra

σ''	R(σ'')	X		σ''	R(σ'')	X
05	81,25	72,25		50	10,60	01,60
10	41,00	32,00		55	10,11	01,11
15	27,75	18,75		60	09,75	00,75
20	21,25	12,25		65	09,48	00,48
25	17,45	08,45		70	09,29	00,29
30	15,00	06,00		75	09,15	00,15
35	13,32	04,32		80	09,06	00,06
40	12,13	03,13		85	09,01	00,01
45	11,25	02,25		90	09,00	00,00

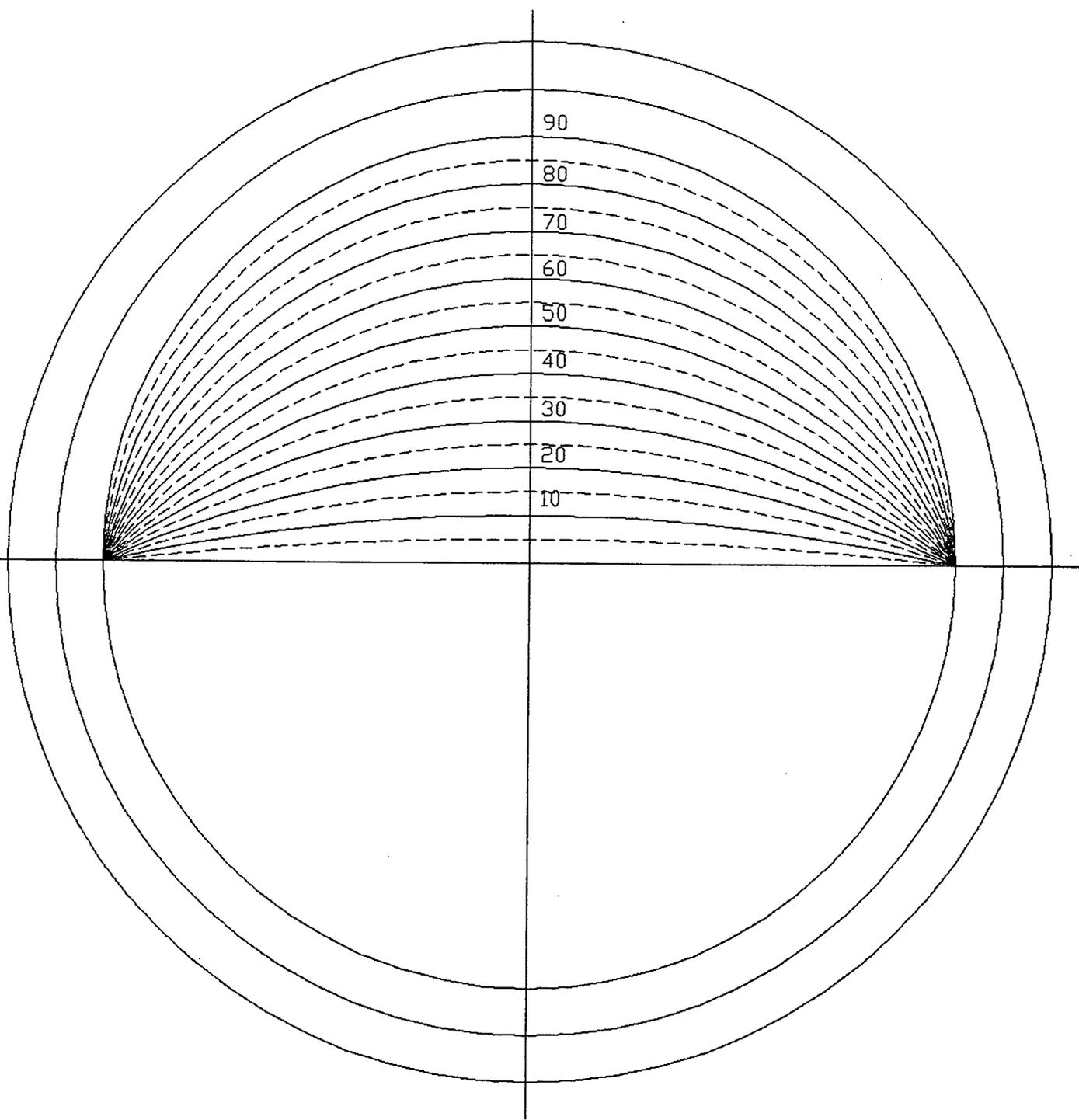


Figura 2.21. Transferidor de Sombras de 5 em 5 Graus Obtido pelo
Processo Gráfico

2.2.3.8. Brises (Protetores Solares)

A entrada dos raios solares através das janelas de uma edificação tem, como consequência, a alteração das condições de iluminação natural e um acréscimo da temperatura do ar, no interior do edifício.

Quanto à luminosidade, a proteção da penetração dos raios solares, através das esquadrias, torna-se indispensável sempre que estes comprometam as exigências de um conforto visual. Nesta situação, por se tratar de impedir ou reduzir a iluminação das referidas superfícies, a limitação pode fazer-se do lado de dentro das esquadrias, recorrendo-se a cortinas ou persianas.

Do ponto de vista térmico, a proteção da entrada direta dos raios solares é recomendável, sempre que o acréscimo de temperatura do ar corresponder a um prejuízo ao conforto térmico. Neste caso, por tratar-se de reduzir a quantidade de radiação solar direta que, passando através da esquadria, vai aquecer as superfícies iluminadas e, conseqüentemente, promover o acréscimo da temperatura do ar, a limitação da entrada dos raios solares deve ser feito pelo lado de fora das esquadrias,

recorrendo-se a protetores solares conhecidos por "brises", integrados na composição das fachadas.

Segundo OLGYAY [11]: "O protetor solar tem sido, na face externa da edificação, um elemento de fachada, um elemento de Arquitetura. E, porque este protetor é tão importante, uma parte de nossa Arquitetura atual pode desenvolver uma característica de forma, como a coluna dórica".

Na análise dos protetores solares, devemos atentar para o conforto térmico nas edificações durante todo o ano. Assim sendo, levamos em consideração a necessidade do calor solar no inverno, e a exclusão da entrada excessiva da irradiação solar no verão, (sombra desejável). Felizmente, nesta situação aparentemente oposta, o próprio sol nos ajuda a escolher o caminho das diferentes trajetórias nas duas estações do ano. Essa circunstância do mecanismo solar convida a um grau de controle sazonal automático.

A Arquitetura deve utilizar estas vantagens para a construção da forma e orientação das edificações.

O estudo do tratamento das fachadas de um edifício, com o objetivo de minimizar as condições de desconforto térmico, motivado pela penetração da irradiação solar através das esquadrias, quando a temperatura do ar interior é elevada, compreende, em linhas gerais, sucessivas fases.

Primeiramente, é indispensável definir, com base nas informações meteorológicas disponíveis ou na vivência do clima

local, os meses do ano e, para cada mês, os intervalos de horas, durante os quais se deve impedir ou limitar a irradiação solar através dos vãos das esquadrias.

Em seguida, de posse da carta solar do local e com a sombra desejável, obtida da carta de necessidades, podemos tomar uma posição sobre a necessidade do tratamento das fachadas, analisando a insolação e os eventuais sombreamentos durante os intervalos necessários.

Finalmente, é indispensável conhecer as características de eficiência geométrica dos diversos tipos de protetores, usados para proteção de esquadrias contra a irradiação solar excessiva para podermos selecionar e dimensionar aqueles que melhor se adaptam à orientação das esquadrias utilizadas.

A escolha do tipo e as dimensões de um protetor solar será feita de acordo com a eficiência desejada. Um protetor solar será eficaz quando for capaz de proteger uma janela, num período previamente escolhido, da irradiação solar indesejável.

Para o dimensionamento dos protetores solares aplica-se um método gráfico denominado **traçado de máscaras**. Para o traçado de máscaras de sombras dos protetores solares é necessário analisar o ângulo de incidência solar num determinado período.

Considerando-se uma abertura retangular, integrada numa parede, sua espessura será desprezada em relação às dimensões largura e altura.

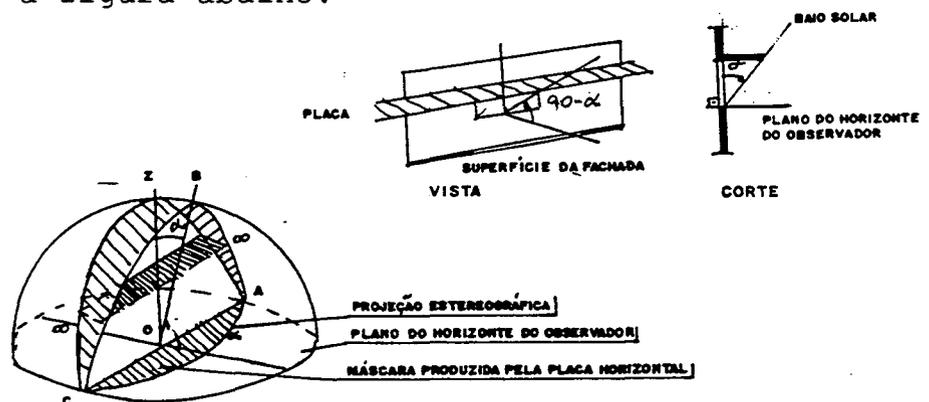
Ajustando, em planta, esta esquadria não protegida, sobre a carta solar do local e fazendo variar a direção do plano da fachada, rodando o semicírculo da carta em torno do seu centro, constata-se que este semicírculo constitui o conjunto de pontos representativos dos raios solares ao redor da abertura considerada.

Quando se protege o vão com um protetor destinado a limitar a entrada dos raios solares e se despreza a espessura dos elementos que o constituem, podemos definir, neste semicírculo associado ao vão, o conjunto de pontos representativos de possíveis posições do Sol para as quais não haverá entrada dos raios solares no vão, denominado superfícies de eficiência total do protetor solar.

Como a gama de disposições construtivas é enorme, escolhemos as mais frequentes para exemplificar o traçado das sombras características.

Máscara produzida por placa horizontal infinita:

Considerando-se uma esquadria (fig.2.22) na superfície vertical de uma edificação, sobre ela coloca-se um plano horizontal de comprimento infinitamente grande. Estando um observador no peitoril desta esquadria, a partir do ângulo de sombra vertical (α), não enxergará uma parte da esfera celeste sobre sua cabeça. Esta região, por meio de sua projeção eqüidistante, é representada por um arco e o diâmetro da projeção da esfera celeste, conforme a figura 2.22. Segundo SILVA & MALATO[10], o ângulo Alfa é o ângulo formado entre o plano paralelo ao plano da superfície vertical da esquadria e o plano que passa pela extremidade do plano horizontal do protetor solar, conforme a figura abaixo.



PLACA HORIZONTAL INFINITA SOBRE ABERTURA EM SUPERFÍCIE VERTICAL

FONTE FROTA & SCHIFFER

Figura 2.22. Placa Horizontal Infinita

Na prática, obtendo-se o ângulo alfa, lê-se no transferidor auxiliar a sua projeção eqüidistante, obtendo-se diretamente a máscara produzida pelo protetor solar horizontal, conforme a figura 2.23.

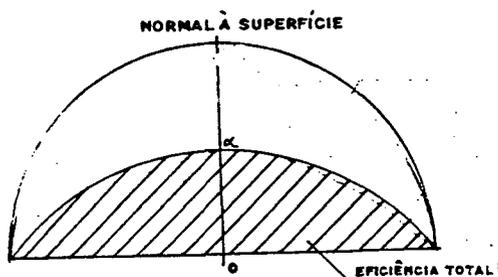


Figura 2.23. Máscara da Placa Horizontal Infinita

Máscara produzida por placa vertical infinita:

Considerando-se uma esquadria (fig.2.24) na superfície vertical de uma edificação e tendo uma placa vertical de comprimento infinito, colocada a sua extremidade esquerda. Estando um observador no peitoril desta esquadria, a partir do ângulo de sombra horizontal (β) até o limite da fachada, não enxergará uma parte da esfera celeste a sua esquerda. Esse ângulo

será denominado de beta da esquerda ou da direita, conforme sua localização em relação à normal ao observador.

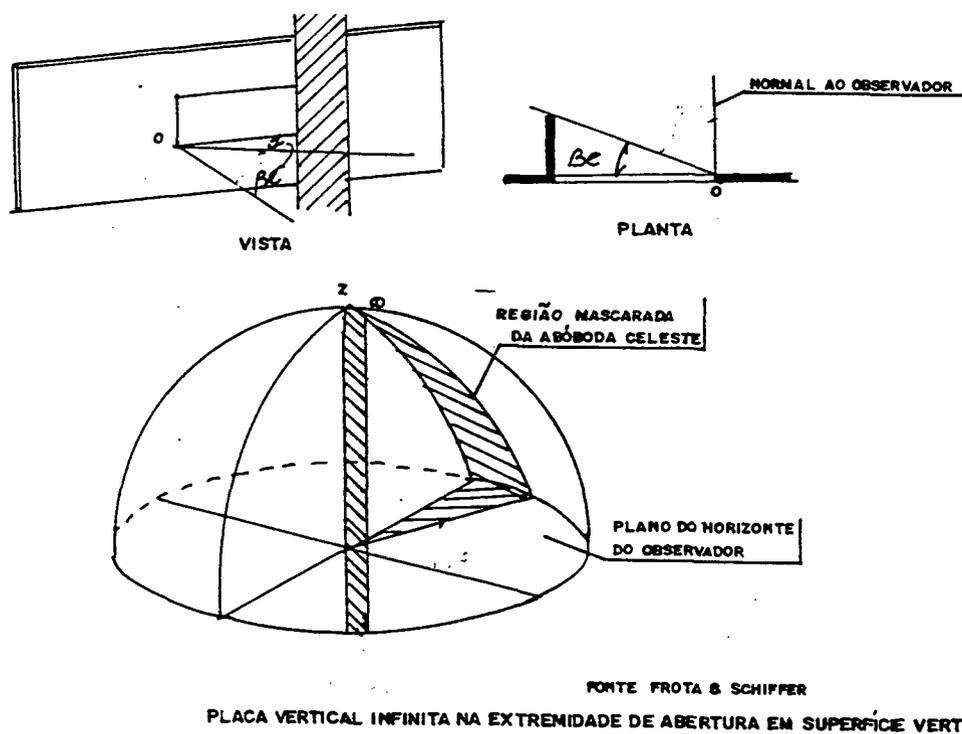


Figura 2.24. Placa Vertical Infinita

Na prática, obtendo-se o ângulo beta, lê-se no transferidor auxiliar a sua projeção, obtendo-se diretamente a máscara produzida pelo protetor solar vertical, conforme a fig.2.25.

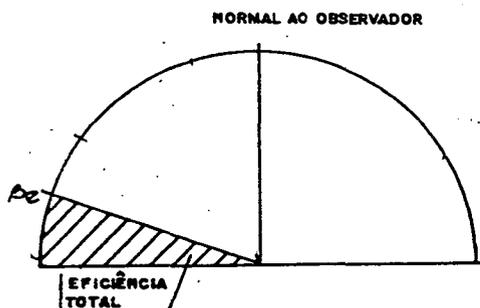


Figura 2.25. Máscara da Placa Vertical Infinita

Placas Horizontais Finitas :

Nas edificações de uso corrente, os protetores solares que utilizam placas horizontais na sua composição, são placas de comprimento finito. Com isto, teremos mais um ângulo de sombra, denominado gama (γ), formado pela linha que passa pelo peitoril da abertura e o raio solar que tange a extremidade lateral da placa horizontal finita, conforme podemos verificar na fig.2.26.

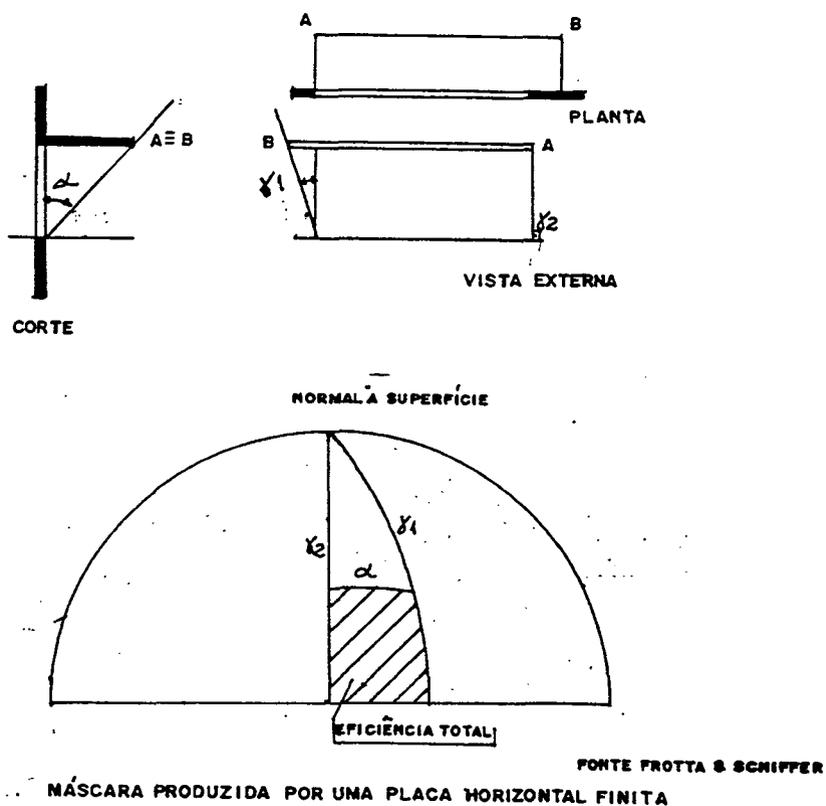


Figura 2.26. Máscara da Placa Horizontal Finita

Placas Verticais Finitas:

No caso das placas verticais de comprimento finito, seu mascaramento é determinado pelo ângulo de sombra horizontal (β) com relação a um observador localizado no lado oposto da abertura e poderá aparecer o ângulo gama, caso os limites superiores das placas não coincidam com o da abertura. Para o caso coincidente podemos observar a fig. 2.27.

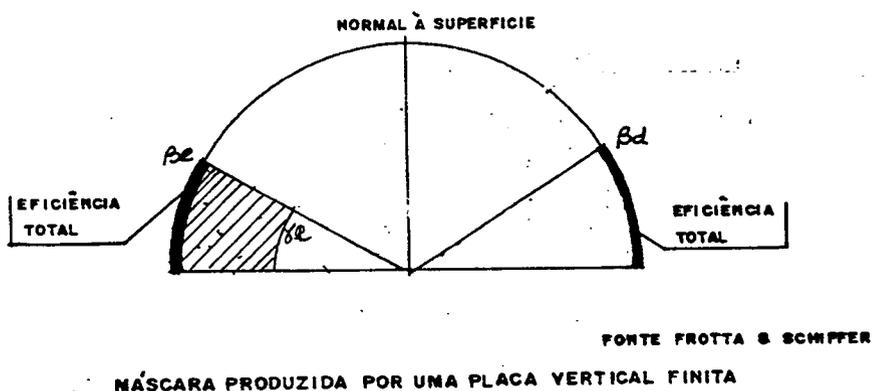


Figura 2.27. Máscara da Placa Vertical Finita

Combinação de Placas Horizontais e Verticais

Muitas das vezes, para melhor proteção de uma abertura, combinamos placas horizontais e verticais para a composição de um protetor solar; neste caso, para se determinar a máscara produzida por este dispositivo, deve-se marcar o mascaramento de cada placa individualmente, observando-se sempre as possíveis características finitas ou infinitas que cada placa pode ter. A fig.2.28 representa bem esta situação.

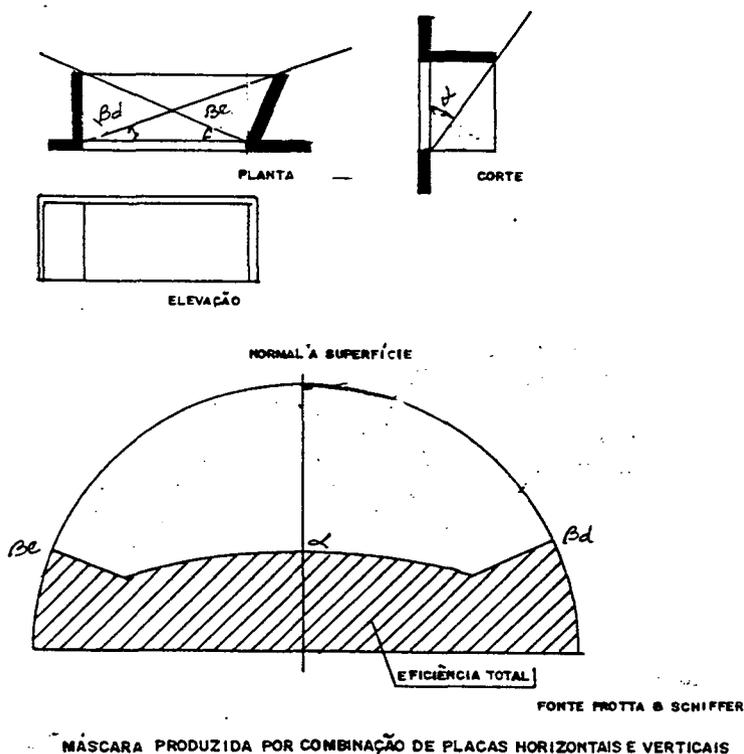


Figura 2.28. Máscara da Combinação de Placas Hor. e Ver.

Vocabulário de protetores solares:

Segundo OLGAY [11], os tipos básicos de protetores são divididos em três categorias: horizontal, vertical e caixa de ovos ou engradados.

Seria um trabalho infinito tentar tabular todas as formas possíveis, porém, OLGAY [7] ilustrou as várias características de protetores típicos em seu livro "Design with climate". Muitas outras combinações de protetores são possíveis, resultando em máscaras combinadas, como pode ser visto nos exemplos arquitetônicos, ilustrados no compêndio "Solar Control & Shading Devices" [11].

Essas elevações, plantas e seções são mostradas com suas linhas esquemáticas angulares, com as quais a máscara pode ser determinada pelo uso do transferidor auxiliar.

3. METODOLOGIA

3.1. Estratégia Metodológica

A metodologia empregada é a de concepção do software "INSOLAÇÃO", aplicativo do AutoCAD, de forma iterativa para análise e elaboração de mascaramento em aberturas e protetores solares, na cidade de Florianópolis.

O software foi estruturado em linguagem AutoLisp, tendo, como suporte, o software AutoCAD, versão 12.

A metodologia de trabalho busca implantar o software Insolação no AutoCAD, possibilitando, assim, a análise de proteções solares com o novo instrumento implantado.

Cabe salientar que o software desenvolvido apenas automatiza o processo manual de geração de máscara sobre o diagrama solar, ficando as questões de dimensionamento e avaliação por conta e responsabilidade do usuário.

Foi utilizado o programa gráfico do AutoCAD como suporte, por ser o aplicativo gráfico mais utilizado por profissionais da área de Engenharia e Arquitetura, e também por ser um programa aberto para outras aplicações gráficas.

AutoCAD é um programa de desenho auxiliado por computador (Computer Aided Drafting - CAD), da Autodesk Inc. Ele foi escrito na linguagem de programação C, que é independente de máquina, e é composto de um conjunto complexo de capacidades de desenho e edição [16].

Em 1989, o AutoCAD tinha mais de 60.000 usuários licenciados, e tornou-se o padrão "de fato" em programas CAD para microcomputadores nas indústrias e nos institutos educacionais [16].

Segundo Obermeyer (1990) [15], as razões para a popularidade do uso do CAD nas empresas de Arquitetura são:

1. existe uma quantidade considerável de trabalhos repetitivos para montar um desenho ou planta em Arquitetura. Um desenho elaborado por CAD pode ser reproduzido, editado e copiado em qualquer escala;

2. o desenho feito por CAD é bem mais preciso que os obtidos por meios convencionais;

3. informações denominadas "atributos" podem ser designadas a cada elemento de um desenho CAD, e esses atributos podem ser usados para conter anotações adicionais, como, por exemplo, código ou tipo de porta, número da janela etc.;

4. o custo de uma estação gráfica CAD tem diminuído consideravelmente, tornando-se acessível também a pequenos escritórios de desenhos e projetos.

Segundo Obermeyer (1990) [15], em estudo recente, realizado entre arquitetos que nunca tinham usado um sistema CAD, indicou que, para chegar a uma produtividade 1:1, gastavam-se, em média, 74 horas; isto é, após cerca de 74 horas, esses profissionais adquiriam a mesma rapidez para traçar um desenho com CAD equivalente ao meio convencional, com lápis, régua, e papel. O estudo também revelou que, embora a média seja de 74 horas, a amplitude desse aprendizado variou de um valor mínimo de vinte horas a um máximo de 120 horas. O aumento na velocidade de produção de desenhos pode ser conseguido não só pela habilidade de manipular objetos do desenho (como copiar, alterar, deslocar etc.), mas também pela facilidade de rever diversos aspectos do desenho [15]. A maioria dos arquitetos que usam CAD concorda que seu uso é vantajoso em virtude da facilidade em se obter cópias a partir de um desenho arquivado e efetuar as revisões necessárias [15].

3.2. Arquitetura do Sistema

3.2.1. Hardware

Para execução do presente aplicativo é necessário ter a seguinte configuração mínima:

A - Uma CPU contendo:

- unidade central de processamento (CPU) com chip 80386SX - 16 Mhz;
- um co-processador matemático;
- uma unidade de disco rígido de 80 MB;
- uma unidade de disco flexível de 1,2 MB;
- placa de vídeo; e
- placa controladora.

B - Interfaces:

B.1. Entrada de dados alfanuméricos:

- um teclado (QWERTY);

B.2. Interface do tipo mouse.

B.3. Saída de dados:

- um monitor VGA;
- uma impressora;
- um disco flexível de 3,5".

3.2.2. Softwares

Para a execução do programa "insolação", são necessários os seguintes programas:

- sistema operacional MS-DOS 3.0 ou mais recente;
- programa básico: AutoCAD - Release 12;
- programa "insolação", contendo um banco de dados com os seguintes conteúdos:
 - ângulos de sombra alfa, com variações de 5° em 5°, contendo 20 arquivos;
 - ângulos de sombra beta à esquerda, com variações de 5° em 5°, contendo 20 arquivos;

- ângulos de sombra beta à direita, com variações de 5° em 5°, contendo 20 arquivos;

- ângulos de sombra gama à esquerda, com variações de 5° em 5°, contendo 20 arquivos;

- ângulos de sombra gama à direita, com variações de 5° em 5°, contendo 20 arquivos;

- diagrama solar da cidade de Florianópolis, com linhas de sombras desejáveis, contendo 1 arquivo;

Os arquivos são armazenados em slides, em forma de ícones para uma melhor visualização por parte do usuário.

O sistema todo é gerido pela iteração de blocos, usando a linguagem AutoLisp na sua manipulação.

Os arquivos dos ângulos de sombra foram gerados pelo sistema gráfico do AutoCAD, utilizando-se dos conceitos da Fundamentação Teórica do Capítulo 2. Quanto ao diagrama solar da cidade de Florianópolis, com as linhas de sombras desejáveis, o mesmo foi digitalizado.

3.3. Concepção do Produto

O software "insolação" foi criado para profissionais da área de projeto arquitetônico, que já tenham informatizado seus escritórios, pensando-se que um produto de software deve respeitar as seguintes premissas:

- segurança;
- aprendizado rápido e fácil;
- facilidade de usar;
- minimizar erros; e
- aumentar a produtividade.

Para melhor visualização do produto em si, foi feita uma tomada de 12 telas básicas que serão explanadas a seguir:

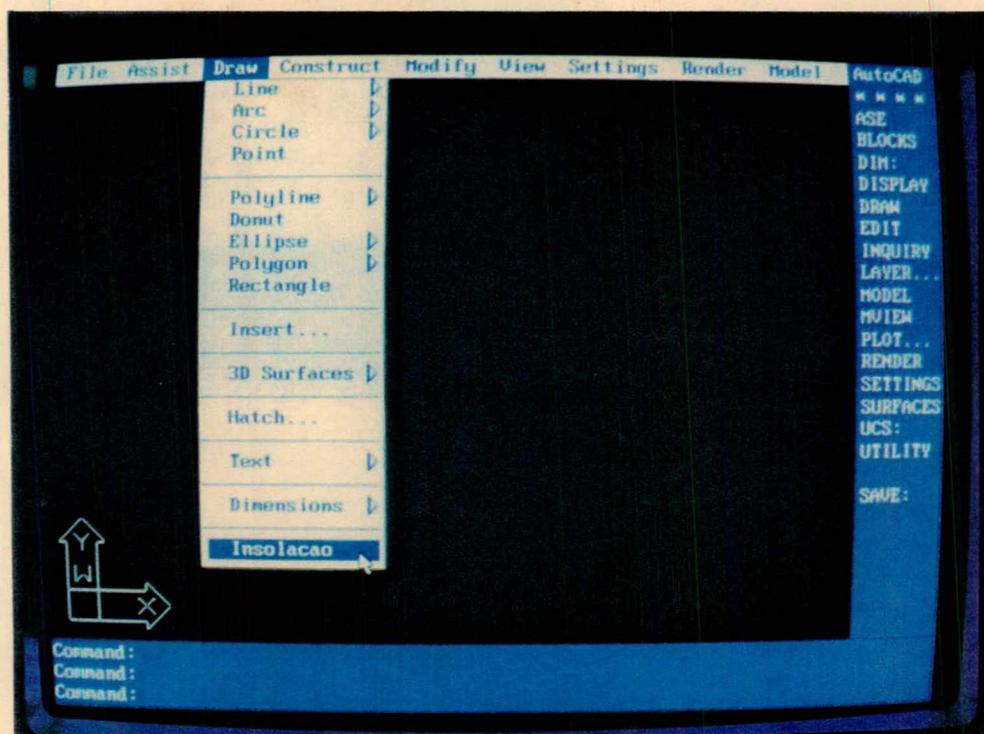


Figura 3.29. - Tela do Menu Pull-Down do "Insolacao".



Figura 3.30. Tela do Menu com Ícones do Ângulo Alfa.



Figura 3.31. - Tela do Menu com Ícones do Ângulo Beta E.



Figura 3.32. Tela do Menu com Ícones do Ângulo Beta D.



Figura 3.33. - Tela do Menu com Ícones do Ângulo Gama E.



Figura 3.34. Tela do Menu com Ícones do Ângulo Gama D.

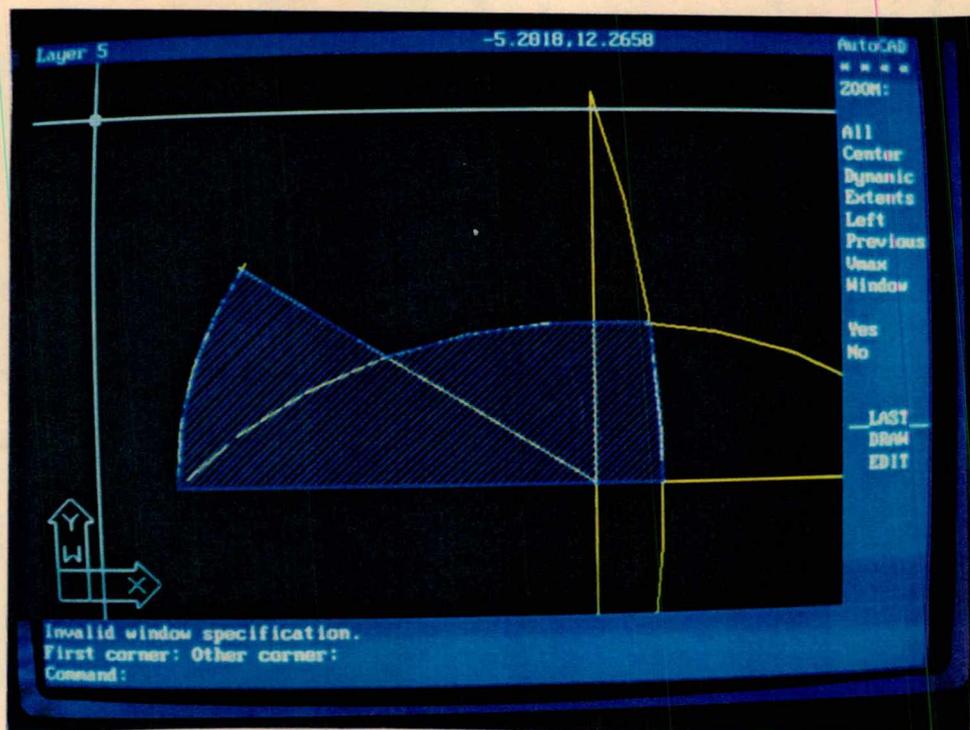


Figura 3.37 Tela c/ Mascaramento Traçado Ângulos Sombra.

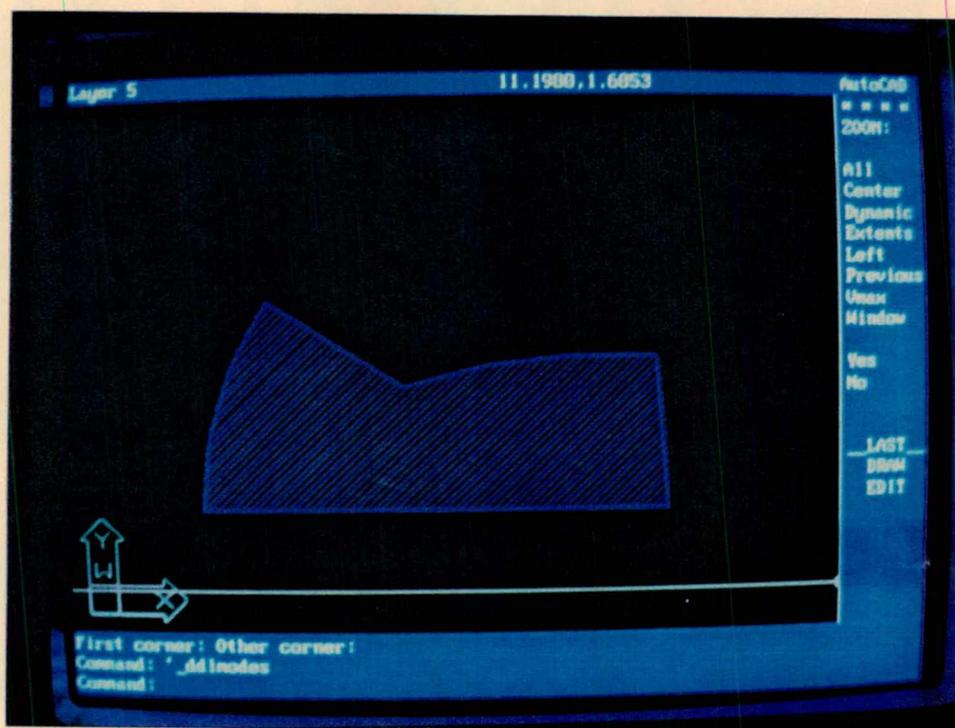


Figura 3.38. Tela com a Máscara de Sombra.

Através das camadas, alguns dados podem ser separados de outros, no mesmo desenho. As camadas também foram usadas para diferenciar ou agrupar entidades por visibilidades, tipo de linha e cor. As cores podem ser mapeadas para as canetas plotadoras, o que permite o controle da espessura das linhas na impressão.

As camadas podem ser ativadas ou desativadas conforme a necessidade da análise, com os comandos ON ou OFF, respectivamente, tornando-as visíveis ou invisíveis na tela de trabalho. Esses comandos são úteis, principalmente no traçado da máscara de sombra, como pode ser observado na figura 3.37..

A partir do momento que aparece os ponteiros de coordenadas "crosshairs", todos os comandos do AutoCAD ficam disponíveis para o projetista: é uma prancheta eletrônica à sua disposição para desenhar, editar, plotar etc..

Figura 3.37. - Nesta tela foram desativadas algumas camadas e desenhadas hachuras com o auxílio do comando "Hatch", disponível no AutoCAD.

Figura 3.38. Nesta tela somente a camada 5 está ativada, tendo-se, com isso, uma melhor análise do mascaramento.

Figura 3.39. Nesta tela todas as camadas foram ativadas, apresentando assim todos os detalhes para análise final.

Figura 3.40. Esta tela apresenta o trabalho final, que poderá ser arquivado ou plotado.

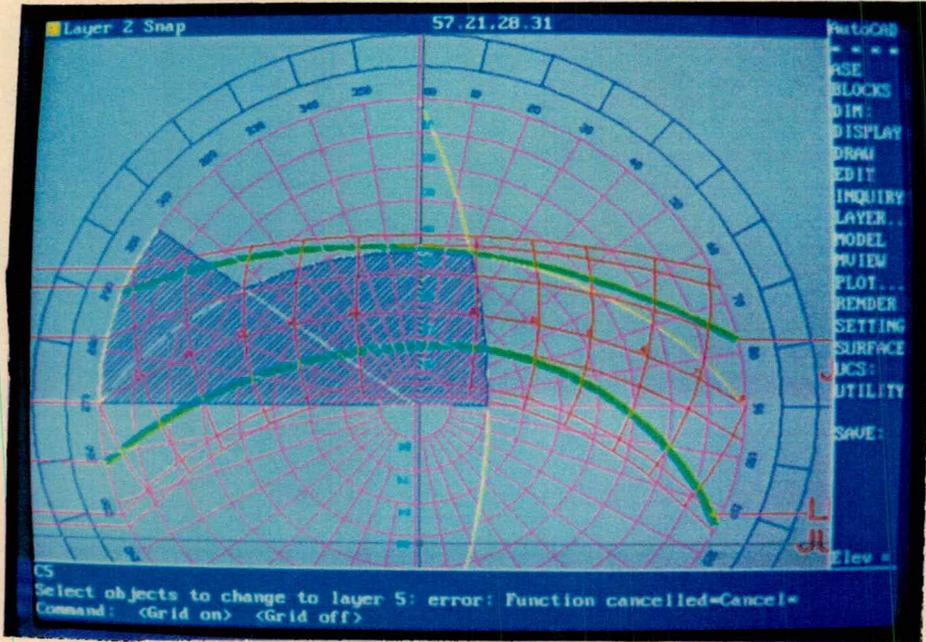


Figura 3.39.- Zoom do Diagrama Solar c/ a Máscara de Sombra.

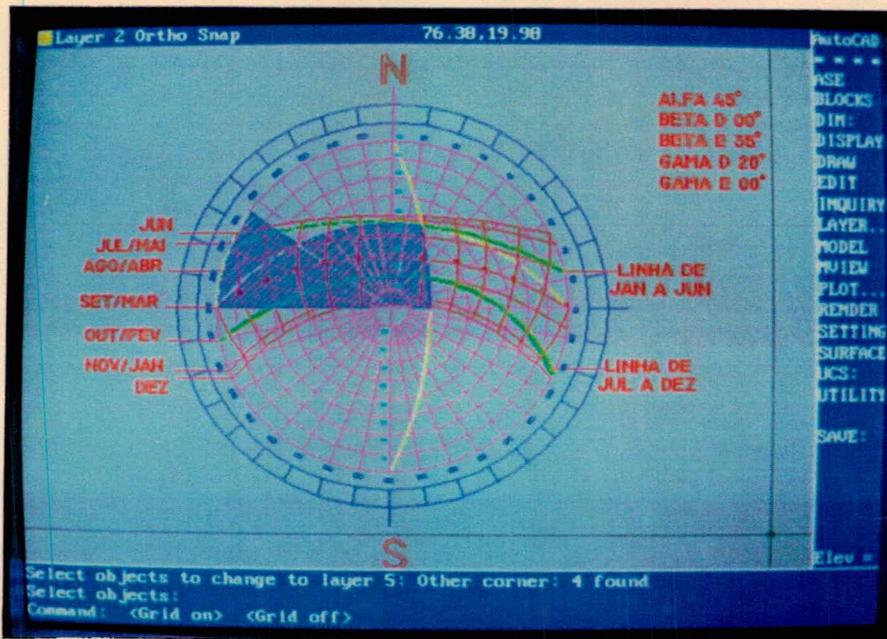


Figura 3.40. Tela c/o Diagrama Solar e a Máscara de Sombra.

3.3.1. O que se Pode Fazer com o "Insolação"

O aplicativo "insolação" pode:

- desenhar, via AutoCAD, a máscara de sombra sobre o diagrama solar com as linhas de sombras desejáveis, com precisão milimétrica, automatizando assim o processo manual utilizado pelos projetistas;

- analisar, sobre a tela, as diversas fachadas da edificação, pois todo processo pode ser executado quantas vezes o usuário necessite, sem sair do programa.

- usar todos os comandos do Autocad, tais como:

- busca e atualização;

- visualização;

- auxílio ao desenho;

- construção;

- edição;

- manipulação de textos etc..

Enfim, ter uma prancheta eletrônica à disposição.

3.3.2. O Ambiente do "Insolação"

O ambiente do "insolação" é um sistema integrado multi-janela. Dentro deste ambiente pode-se entrar, editar, calcular, capturar ângulos de sombra, desenhar a máscara, e, por fim, guardar em arquivo ou imprimir. Para melhor compreensão, seguem abaixo todos os passos destas operações.

3.3.2.1. Operando o Sistema

1 - Depois de instalado o programa "insolação" e carregado o Autocad, deve-se mover o cursor, através do mouse, até a linha de status, e clicar sobre o menu "DRAW". Feito isso, aparecerá o menu "pull-down", figura 3.29., sobre a área de desenho;

2 - Deslôcando o cursor até o comando de "insolação", clica-se. Automaticamente aparecerá uma janela, com menu em forma de ícones, dos ângulos alfa, com variação de 5 em 5 graus, figura 3.30.;

3 - Escolhe-se o ângulo alfa calculado, através do cursor, clicando 2 vezes sobre a escolha. Automaticamente aparecerá uma janela, com menu em forma de ícones, dos ângulos beta E, com variação de 5 em 5 graus, figura 3.31.;

4 - Repete-se a operação (3) e, automaticamente, aparecerá uma janela dos ângulos beta D, com variação de 5 em 5 graus, figura 3.32.;

5 - Repete-se a operação (3) e, automaticamente, aparecerá uma janela dos ângulos Gama E, com variação de 5 em 5 graus, figura 3.33.;

6 - Repete-se a operação (3) e, automaticamente, aparecerá uma janela dos ângulos Gama D, com variação de 5 em 5 graus, figura 3.34.;

7 - Repete-se a operação (3) e aparecerá uma tela com a seguinte ordem "digite o ponto de inserção". Assim, com o mouse, escolhe-se o ponto de inserção do centro do diagrama solar, e clica-se. Aparecerá uma tela com a seguinte ordem "Indique a direção do NORTE", figura 3.35.;

8 - Nesta etapa existem duas opções: uma seria digitar o ângulo que se deseja e depois apertar <ENTER>; outra seria, com o mouse, direcionar a posição do NORTE, e, depois, clicar. Feito isso, aparecerá automaticamente uma tela com o diagrama solar de Florianópolis, com as linhas de sombras desejáveis e os ângulos de sombras, figura 3.36., escolhidos nas operações anteriores;

9 - Daí por diante, podem-se utilizar todos os comandos do AutoCAD para análise e construção da máscara de sombra desejada.

4. RESULTADOS

4.1. Análise Ergonômica do Software "Insolação"

Segundo VALENTIN (1993) [13], para que se realize o estudo ergonômico do software (demarche), necessita-se reunir vários elementos:

- o programa em si;
- a documentação correspondente;
- uma estação de trabalho equipada de tal maneira que represente ou simule a situação estudada;
- a disponibilidade de um dos analistas que criaram o software;
- a participação de usuários experientes nas tarefas alvos.

Para complementar, SANTOS (1990) [14] estabelece que para análise ergonômica do software deve-se utilizar o método de diagnóstico, que será explanado a seguir.

4.2. Método de Diagnóstico

Este método compreende 3 partes:

- diagnóstico de um software existente;
- elaboração de um caderno de encargos de recomendações ergonômicas e
- estudo do caso.

4.2.1. Diagnóstico do Software "Insolação"

- Demarche

No demarche utilizamos o próprio software que corresponde, essencialmente, à representação externa, mesmo que possamos ver elementos da representação conceitual traduzida em representação externa e, um elemento da representação interna, o tempo de resposta.

O diagnóstico é possível mesmo se dispomos, apenas, do software, sem os manuais, porque é possível recompor os elementos dos manuais de análise e de programação que nos interessam,

examinando o software realizado, mesmo se este procedimento torna-se mais demorado (SANTOS, 1990) [14].

O método mais eficaz consiste em proceder em duas etapas:

1- em primeiro lugar, testa-se pessoalmente o software sobre critérios abordados nas planilhas de análise a seguir.

Esse teste permite elaborar uma planilha de observação;

2- em seguida, efetuam-se observações sobre usuários do software, a partir da planilha de observação elaborada anteriormente.

Nos dois casos, devem-se realizar, de forma sistemática, cópias de telas que são testadas, para poder recompor, posteriormente, as seqüências seguidas e assegurar que o conjunto do software foi testado.

- Planilha de Análise

Esta planilha de análise baseia-se em grande parte, sobre parâmetros da interface, vistos anteriormente.

Esta abordagem permite efetivamente testar as possibilidades de comunicação com o software, do ponto de vista exterior a sua concepção.

Para cada tela, observam-se os seguintes parâmetros:

VOCABULÁRIO:

A primeira questão que se coloca é de saber se o vocabulário utilizado, quer seja para designar os comandos e os dados, quer seja para as mensagens de serviços ou de erros, é ambíguo para o usuário.

Estas ambigüidades se traduzem seja por erros sistemáticos dos usuários, seja pela subutilização das possibilidades do software.

Em todo caso, o usuário tem dificuldades para memorizar este vocabulário.

A segunda questão que se apresenta, refere-se às abreviações que devem ser mnemônicas: o usuário deve poder encontrar uma regra simples que lhe permita passar da palavra completa a sua abreviatura. Aqui também, a homogeneidade da aplicação desta regra é essencial.

SINTAXE:

O primeiro elemento a testar é a homogeneidade: ações idênticas da parte do usuário (quando elas são autorizadas) tem efeitos idênticos sobre o programa.

Inversamente, uma mesma ação do computador é ativada pelo mesmo comando. Isto deve ser verificado sobre o conjunto de telas.

O segundo elemento é a simplicidade do ponto de vista do usuário.

Se estes dois elementos não são respeitados, o usuário não poderá desenvolver automatismo, que se traduzirá por uma maior lentidão de execução e, até mesmo, por erros de manipulação.

DISPOSITIVOS DE ENTRADA

As observações de erros, ligadas estritamente ao dispositivo de entrada são bastante raras, porque os dispositivos de entrada em informática são em poucos números (teclado, mouse etc.) e, de certa forma, normalizados.

Todavia, outros elementos do teclado (teclas-funções) não são normalizados, o que pode ser uma fonte de erros facilmente observável.

DISPOSITIVOS DE SAÍDA

O primeiro aspecto a ser observado é a visibilidade geral que se traduz por uma tela que não seja sobrecarregada de informações, com zonas distintas para objetos informacionais distintos, de maneira que a estrutura da tela apareça claramente, quando de uma olhada rápida.

O segundo aspecto a ser observado é a homogeneidade da apresentação entre as diferentes telas do mesmo tipo

(telas de menus, telas de introdução de dados, telas de explicação..).

Por exemplo, o nome da operação que estamos em vias de executar deve sempre aparecer no mesmo lugar da tela e com o mesmo grafismo.

Uma apresentação geral sobrecarregada e/ou homogênea, provoca uma demora na leitura e até mesmo fadiga.

Em seguida, deve-se examinar mais detalhadamente cada zona da tela para saber se elas são ou não pertinentes para o usuário. Inversamente, deve-se observar se todos os dados, pertinentes ao nível desta tela, estão figurados.

A pertinência das zonas pode ser longa ao ser testada e exige um conhecimento aprofundado do trabalho ou das observações.

TEMPO DE RESPOSTA

As observações dos tempos de resposta é simples e sua aceitabilidade obedece às seguintes regras:[14]

- menos de 2 segundos: tempo de resposta ideal;
- 2 a 4 segundos: impressão de espera, pouco incômodo para a memória de curto termo;

-mais de 4 segundos: tempo muito longo se o diálogo necessita de uma memorização de curto termo e se não existirem mensagens afixadas na tela.

É preciso observar que, para tempos de resposta superior a quatro segundos, uma mensagem de informação deverá aparecer.

No caso em que o software é desconectado, ao final de certo tempo sem utilização, é preciso verificar se este lapso de tempo é compatível com a natureza da tarefa realizada.

LÓGICA DE UTILIZAÇÃO

Para as telas de menu, pode-se verificar se o conjunto dos comandos apresentados sobre uma tela segue uma lógica de utilização, isto é, se o usuário encontra aí um conjunto coerente do ponto de vista da realização de sua tarefa.

Este critério é retomado a um nível mais global com o encadeamento das telas.

TRATAMENTO DOS ERROS

O primeiro elemento a ser testado é a capacidade do software de perceber os erros do usuário.

Para isso, é preciso, num primeiro momento, imaginar um conjunto de possíveis erros, em seguida completá-lo, se necessário, por observações.

O segundo teste, trata sobre as possibilidades e as facilidades oferecidas para retificar os erros.

O conjunto dos testes sobre os erros constitui um importante trabalho da parte do analista e dos usuários, mas é crucial para a qualidade do software.

APOIO

É preciso identificar os diferentes tipos de apoio oferecidos ao usuário (explicação dos comandos, explicação dos procedimentos, inferências) e, para cada tipo de apoio, proceder as seguintes verificações:

- a primeira verificação diz respeito à possibilidade de ser guiado a todo momento da utilização do software;

- a segunda verificação diz respeito à coerência das explicações com os fatos: é preciso verificar se as explicações de caráter geral, sobre os comandos, correspondem bem a realidade do comportamento do software, em todos os casos.

Para os encadeamentos de tela é preciso testar os seguintes elementos:

A ARBORESCÊNCIA DO MENU:

É preciso verificar se o conjunto da arborescência do menu corresponde bem a uma lógica de utilização, isto é, se os comandos reagrupados, num certo nível, correspondem bem a um conjunto de comandos que tem uma relação entre eles, do ponto de vista do trabalho do usuário.

Se os encadeamentos de tela são automáticos, é preciso garantir que este fato se constitua um apoio para o usuário, e não, um incômodo. Inversamente, é preciso procurar detectar se certos encadeamentos de tela não deveriam tornar-se automáticos.

Se as interrupções de operações não são permitidas pelo sistema, é preciso verificar se podemos navegar, facilmente,

entre as operações que temos necessidade de utilizar em paralelo, como exemplo, "consultar" antes ou após "gravar".

Os testes sobre esses elementos podem ser simulados pelos analistas, mas é indispensável que eles sejam realizados com os usuários.

OS COMANDOS STANDARD DE ENCADEAMENTO:

É preciso verificar se os comandos standard de encadeamento entre telas , como "saída", "help" etc..., são disponíveis a todo instante e produzem sempre os mesmos efeitos.

Se certos comandos não são executáveis, em certas partes do programa, eles devem ser assinalados aos usuários. Inversamente, devem-se indicar os comandos standard disponíveis a cada momento.

HOMOGENEIDADE ENTRE TELAS:

Deve-se verificar se a sintaxe, os dispositivos de entrada e a apresentação da tela (dispositivo de saída) são homogêneos no conjunto do software e, mesmo no conjunto dos softwares manipulados pelos diferentes postos de trabalho.

Para permitir um diagnóstico mais fácil no encadeamento das telas, podem-se representar estes encadeamentos sob a forma de um autômato de estados finitos, com as seguintes convenções:

- Os estados (visualizados por círculos) representam as telas, janelas ou as linhas, segundo o modo de interação mínimo entre o homem e a máquina.

As transações (visualizadas por flechas) representam as ações do usuário que permitem bascular de um estado a outro.

Apesar deste tipo de esquema ser legível, na maioria dos casos é impossível figurar, sobre um mesmo esquema, o conjunto das transações possíveis.

Assim, na prática, realiza-se um primeiro esquema "descendente", onde visualizam-se os encadeamentos, partindo-se da primeira até a última tela. Em seguida, realiza-se um ou vários esquemas para representar todas as outras transações possíveis.

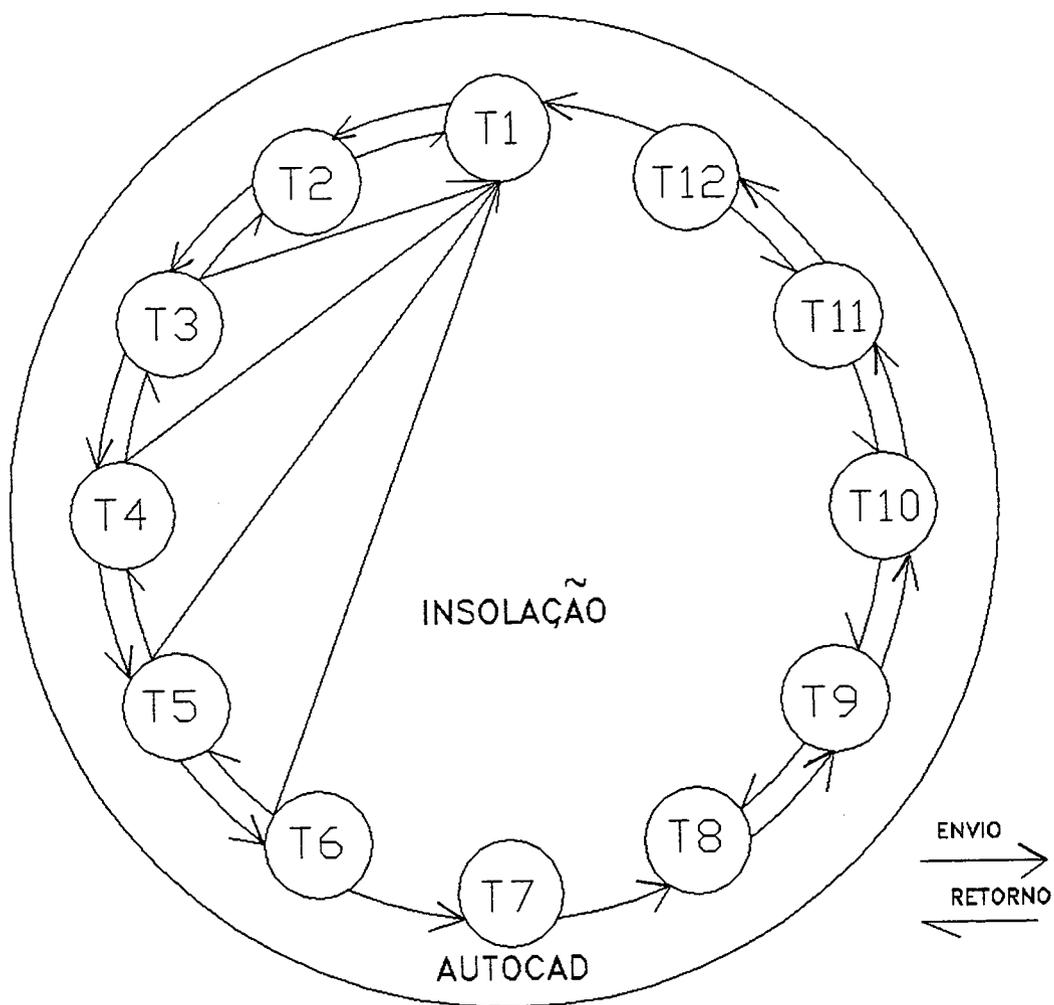


Figura 4.41. Encadeamento de Telas

A figura 4.41. representa o encadeamento de telas do software "insolação".

Para melhor análise do software "insolação" as telas estão numeradas na seguinte seqüência:

- T1 = Figura 3.29. (Tela do Menu Pull-Down do Insolação);
- T2 = Figura 3.30. (Tela do Menu do Ângulo Alfa);
- T3 = Figura 3.31. (Tela do Menu do Ângulo Beta E);
- T4 = Figura 3.32. (Tela do Menu do Ângulo Beta D);
- T5 = Figura 3.33. (Tela do Menu do Ângulo Gama E);
- T6 = Figura 3.34. (Tela do Menu do Ângulo Gama D);
- T7 = Figura 3.35. (Tela com Curso p/ indicar o NORTE);
- T8 = Figura 3.36. (Tela c/ o Diagrama Solar de Fpolis);
- T9 = Figura 3.37. (Mascaramento com Ângulos de Sombra);
- T10= Figura 3.38. (Tela c/ Máscara de Sombra);
- T11= Figura 3.39. (Tela zoom do Diagrama Solar);
- T12= Figura 3.40. (Tela c/ Diagrama Solar e máscara de Sombra).

O quadro da planilha, a seguir, lembra o conjunto dos elementos a serem testados, quando do diagnóstico de um software e, para cada um deles, nos indica quais tipos de testes devem ser praticados com os usuários, além de uma experimentação direta pelo analista.

Tabela 4.2. PLANILHA DE ANÁLISE DO SOFTWARE INSOLAÇÃO

PARÂMETROS TELA NR.	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIÇÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS	
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZAGEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO

Tabela 4.3. ANÁLISE DO SOFTWARE INSOLAÇÃO ENTRE TELAS

HOMOGENEIDADE	-SINTAXE -DISPOSITIVO DE ENTR. -APRESENTAÇÃO DA TELA	MEMORIZAÇÃO DESENVOLVIMENTO DE AUTOMATISMO
ARBORESCÊNCIA DO MENU	LOGICA DE UTILIZAÇÃO	-DIFICULDADE DE UTILIZAÇÃO -DEMORA
COMANDOS DE ENCADEA- MENTO	-ACESSO A TOD INSTAN. AOS COMANDOS STANDARD -EFEITOS HOMOGÊNEOS	-DEMORA DE EXECUÇÃO -DIFICULDADES DE MEMORIZAÇÃO

4.2.2. Testes Ergonômicos

Baseando-se no Método de Diagnóstico [14], foram feitos testes com três tipos de profissionais:

- com o projetista do software;
- com uma formanda de Arquitetura, Tatiana Voigdlener, décima fase de Arquitetura e Urbanismo da UFSC, que domina e utiliza o programa AutoCAD na sua vida profissional e conhece as noções básicas de Geometria da Insolação;
- com um Professor de Higiene das Habitações, Arquiteto Luciano Dutra, M. Eng., com experiência em Geometria da Insolação, embora nunca tenha trabalhado com o AutoCAD.

Para que os testes fossem realizados, foi criada uma tarefa que consistia em calcular um brise, baseado na sua geometria e traçar a máscara de sombra, sobre o diagrama solar de Florianópolis, desprezando-se os ângulos Alfa e Beta da janela.

Exercício Proposto:

Calcule o brise da figura 4.42. abaixo, e trace sua máscara de sombra.

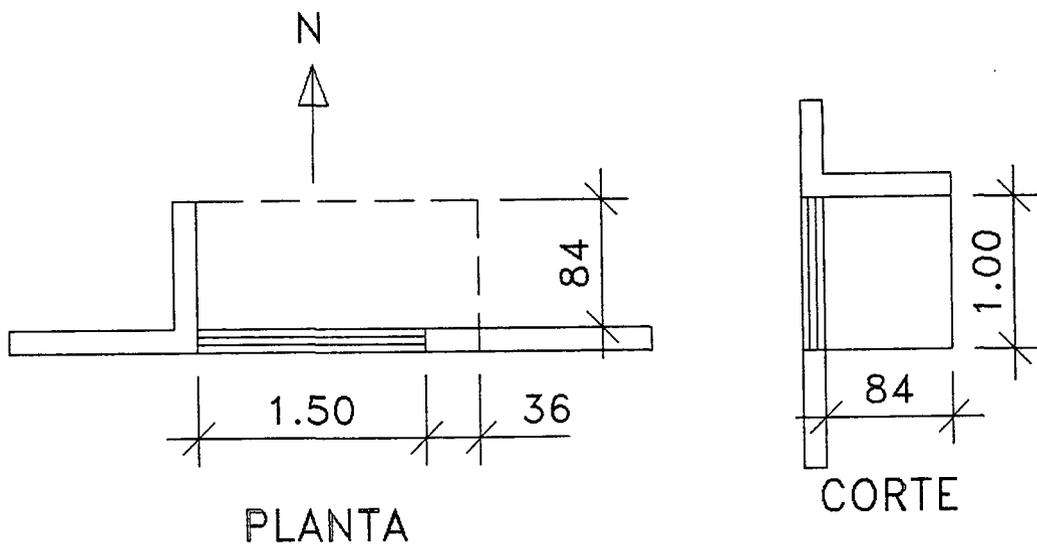


Figura 4.42. Geometria do Brise Proposto

Solução do Exercício:

Como os ângulos Alfa e Beta do brise são maiores do que a janela, podemos já partir para a análise com os ângulos do brise:

1) Cálculo do ângulo Alfa:

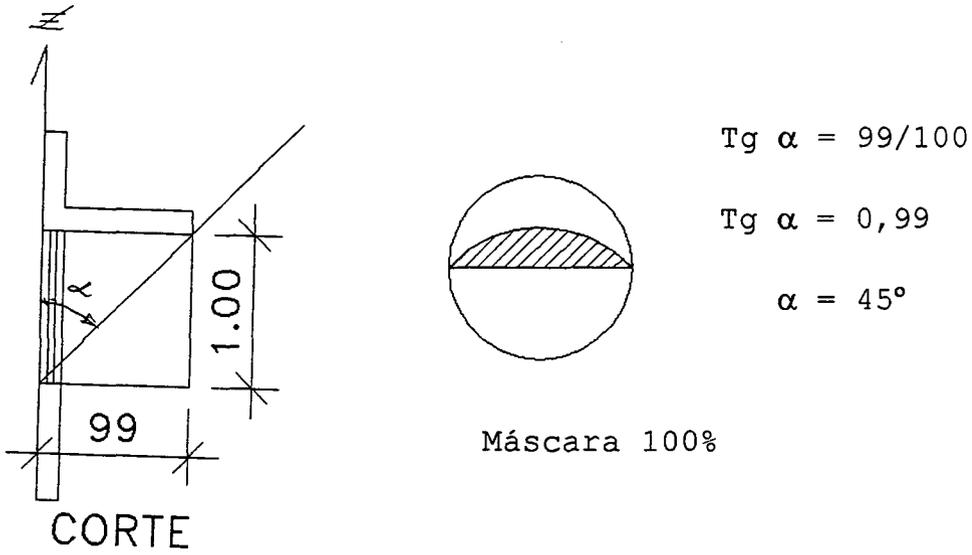


Figura 4.43. Ângulo Alfa do Brise

2) Cálculo do ângulo Beta:

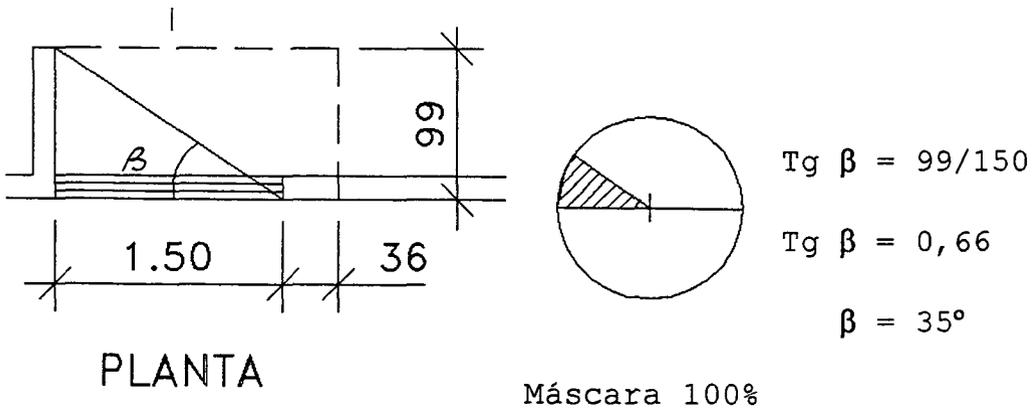


Figura 4.44. Ângulo Beta do Brise

3) Cálculo do ângulo Gama:

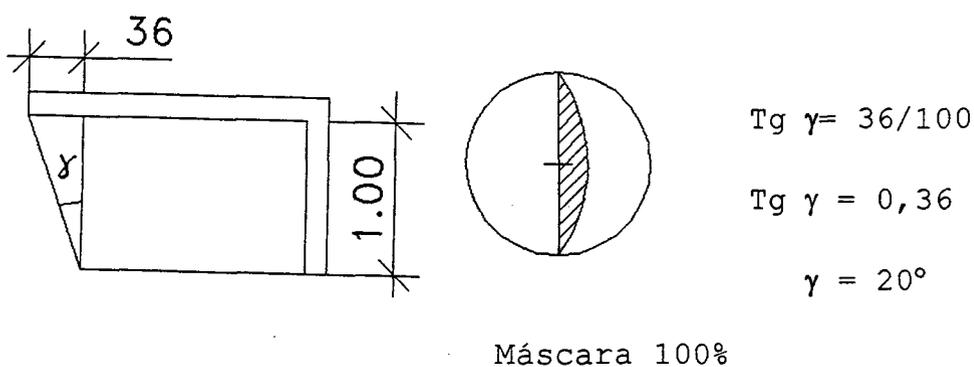


Figura 4.45. Ângulo Gama do Brise

Com o exercício resolvido numericamente, foram analisadas telas após telas do software em questão, obedecendo-se sempre à metodologia do método de diagnóstico, na aplicação da Planilha de Análise do Software "Insolação".

4.2.2.1. Teste 1 (com o projetista do software)

Foram analisadas as doze telas básicas do software "insolação" e feitas as seguintes análises:

a) T1 = figura 3.29. (Menu-Pull-Down)

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo e não apresenta dificuldade de memorização, porque está escrito por extenso.

SINTAXE

Análise: Como o menu sobressai na tela, há rapidez na execução e a memorização é instantânea.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não ocorrem erros de entrada, porque o teclado e o mouse são padronizados. Com relação às teclas-funções são de utilização do AutoCAD.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: A visibilidade geral é boa e a tela não está sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadigabilidade.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: O tempo de resposta é ideal, pois é menor de 2 segundos, e não há espera.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Os erros detectáveis são apresentados na linha de comando. Para retificá-los, basta teclar ESC.

APOIO

Análise: Ocorre facilidade de aprendizagem porque há um encadeamento de mensagem. É de fácil utilização para todos os usuários do AutoCAD.

b) T2 = figura 3.30. (Alfa)

VOCABULÁRIO

Análise: Não há erro porque o alfa escolhido está escrito no quadro de diálogo, em coluna. A memorização é imediata, pois alfa está escrito de forma bem legível.

SINTAXE

Análise: O quadro de diálogo possui simplicidade e há rapidez na execução. A memorização é instantânea.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber qualquer erro de entrada. Para retificar o erro, basta clicar "CANCELAR" e repetir a operação.

APOIO

Análise: O quadro de diálogo é auto-explicativo, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

c) T3 = figura 3.31. (Beta E)

T4 = figura 3.32. (Beta D)

T5 = figura 3.33. (Gama E)

T6 = figura 3.34. (Gama D)

Como estas telas são semelhantes, mudando apenas seus ângulos; foi feita uma só análise para elas.

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo, é de fácil memorização. A única abreviatura que existe refere-se ao sentido do ângulo (à esquerda, à direita).

SINTAXE

Análise: O quadro de diálogo é de fácil execução e memorização, pois o usuário, automaticamente, escolhe a sua opção.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal, menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber qualquer erro de entrada. Para retificar o erro, basta clicar "VOLTAR" e repetir a operação.

APOIO

Análise: o quadro de diálogo é auto-explicativo, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

d) T7 = figura 3.35. (Indicação do Norte)

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo, é de fácil memorização. Não há abreviações.

SINTAXE

Análise: A linha de comando do AutoCAD é de fácil execução e memorização, pois o usuário segue o que é pedido.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros, pois o usuário pode verificar o grau escolhido, via teclado pela linha de comando, ou via mouse pela linha de status.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal, menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber qualquer erro de entrada. Para retificar o erro, basta usar os comandos "setting" e "rotate" do AutoCAD.

APOIO

Análise: A linha de comando é auto-explicativa, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

e) T8 = figura 3.36. (Diagrama Solar com Ângulos de Sombra)

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo, é de fácil memorização. As abreviações existentes são do AutoCAD, que são de fácil entendimento pelo usuário .

SINTAXE

Análise: Não houve erros. A visualização é total. Todos os comandos do AutoCAD estão acessíveis, sendo que os necessários para a Análise dos protetores solares são de fácil execução e memorização.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros, pois o usuário pode realizar qualquer comando via mouse ou via teclado e sempre a linha de status, a linha de comando e o menu da tela estarão indicando os comandos escolhidos.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal, menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber quaisquer erros de

entrada. Para retificar o erro, basta usar o comando "Undo" e o AutoCAD irá proceder a retificação.

APOIO

Análise: A linha de comando, a linha de status e o menu da tela são auto-explicativos, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

f) T9 = figura 3.37. (Mascaramento Traçado e Ângulos de Sombra)

T10= figura 3.38. (Máscara de Sombra)

T11= figura 3.39. (Zoom do Diagrama Solar)

T12= figura 3.40. (Diagrama Solar com Máscara de Sombra)

Como estas telas são resultados dos comandos de edição do AutoCAD, foi feita uma só análise para elas.

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo e de fácil memorização. As abreviações existentes são do AutoCAD, que são de fácil entendimento pelo usuário.

SINTAXE

Análise: Não houve erros. A visualização é total. Há rapidez na execução. Todos os comandos do AutoCAD estão acessíveis, de fácil execução e memorização.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros, pois o usuário pode realizar qualquer comando via mouse ou via teclado e, sempre, a linha de status, a linha de comando e o menu da tela estarão indicando os comandos escolhidos.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal, menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber quaisquer erros de entrada. Para retificar o erro, basta usar o comando "undo" e o AutoCAD irá proceder a retificação.

APOIO

Análise: A linha de comando, a linha de status e o menu da tela são auto-explicativos, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

4.2.2.2. Teste 2 (com a Formanda Tatiana Voigdlener)

Para iniciarmos o Teste 2, foi feita uma revisão sobre ângulos de sombra, mascaramento e diagrama solar, com duração de aproximadamente 20 min. Depois dessa etapa, Tatiana teve acesso ao software "insolação" para resolver o exercício proposto na figura 4.42., sem nenhum auxílio externo.

Foram analisadas as doze telas básicas do software "insolação" e feitas as seguintes análises:

a) T1 = figura 3.29. (Menu-Pull-Down)

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo e não apresenta dificuldade de memorização, porque está escrito por extenso.

SINTAXE

Análise: Como o menu sobressai na tela, há rapidez na execução, e a memorização é instantânea.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não ocorrem erros de entrada, porque o teclado e o mouse são padronizados. Com relação às teclas-funções, são de utilização do AutoCAD.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: A visibilidade geral é boa e a tela não está sobrecarregada de informações. Não há demora de execução nem fadigabilidade.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: O tempo de resposta é ideal, pois é menor de 2 segundos, e não há espera.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Os erros detectáveis são apresentados na linha de comando. Para retificá-los basta teclar ESC.

APOIO

Análise: Ocorre facilidade de aprendizagem, porque o menu está destacado. É de fácil utilização para todos os usuários do AutoCAD.

b) T2 = figura 3.30. (Alfa)

VOCABULÁRIO

Análise: Não há erro, porque o alfa escolhido está escrito no quadro de diálogo, em coluna. A memorização é imediata, pois alfa está escrito bem legível.

SINTAXE

Análise: O quadro de diálogo possui simplicidade, e há rapidez na execução. A memorização é instantânea.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa, porém as palavras nos ícones estão em vermelho sobre fundo preto, dificultando a leitura. Poderia o fundo ser de outra cor. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber qualquer erro de entrada. Para retificar o erro, basta clicar "CANCELAR" e repetir a operação.

APOIO

Análise: o quadro de diálogo é auto-explicativo, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

c) T3 = figura 3.31. (Beta E)

T4 = figura 3.32. (Beta D)

T5 = figura 3.33. (Gama E)

T6 = figura 3.34. (Gama D)

Como estas telas são semelhantes, mudando, apenas, seus ângulos, foi feita uma só análise para elas.

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo, é de fácil memorização. A única abreviatura que existe refere-se ao sentido do ângulo (à esquerda ou à direita).

SINTAXE

Análise: O quadro de diálogo é de fácil execução e memorização, pois o usuário automaticamente escolhe a sua opção.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa, porém as palavras em vermelho devem ter um fundo mais claro. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal, menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber quaisquer erros de entrada. Para retificar o erro, basta clicar "VOLTAR" e repetir a operação.

APOIO

Análise: o quadro de diálogo é auto-explicativo, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

d) T7 = figura 3.35. (Indicação do Norte)

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo; é de fácil memorização. Não há abreviações.

SINTAXE

Análise: A linha de comando do AutoCAD é de fácil execução e memorização, pois o usuário segue o que é pedido.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros, pois o usuário pode verificar o grau escolhido via teclado pela linha de comando, ou via mouse pela linha de status.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal, menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber quaisquer erros de entrada. Para retificar o erro, basta usar os comandos "setting" e "rotate" do AutoCAD.

APOIO

Análise: A linha de comando é auto-explicativa, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

e) T8 = figura 3.36. (Diagrama Solar com Ângulos de Sombra)

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo, é de fácil memorização. As abreviações existentes são do AutoCAD, que são de fácil entendimento pelo usuário.

SINTAXE

Análise: Não houve erros. A visualização é total. Todos os comandos do AutoCAD estão acessíveis, sendo que os comandos necessários para a Análise dos protetores solares são de fácil execução e memorização.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros, pois o usuário pode realizar qualquer comando via mouse ou via teclado e, sempre, a linha de status, a linha de comando e o menu da tela estarão indicando os comandos escolhidos.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal é menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber qualquer erro de entrada. Para retificar o erro, basta usar o comando "undo" e o AutoCAD ^{irá} e proceder a retificação.

APOIO

Análise: A linha de comando, a linha de status e o menu da tela são auto-explicativos, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

f) T9 = figura 3.37. (Mascaramento Traçado e Ângulos de Sombra)

T10= figura 3.38. (Máscara de Sombra)

T11= figura 3.39. (Zoom do Diagrama Solar)

T12= figura 3.40. (Diagrama Solar com Máscara de Sombra)

Como estas telas são resultados dos comandos de edição do AutoCAD, foi feita uma só análise para elas.

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo, é de fácil memorização. As abreviaturas existentes são do AutoCAD, que são de fácil entendimento pelo usuário.

SINTAXE

Análise: Não houve erros. A visualização é total. Há rapidez na execução. Todos os comandos do AutoCAD estão acessíveis, de fácil execução e memorização.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros, pois o usuário pode realizar qualquer comando via mouse ou via teclado e, sempre, a linha de status, a linha de comando e o menu da tela estarão indicando os comandos escolhidos.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal é menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber qualquer erro de entrada. Para retificar o erro, basta usar o comando "undo" e o AutoCAD irá proceder a retificação.

APOIO

Análise: A linha de comando, a linha de status e o menu da tela são auto-explicativos, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

4.2.2.3. Teste 3 (c/o Arquiteto Luciano Dutra, M. Eng.)

Para iniciarmos o Teste 3, foi explicado ao Arquiteto Luciano os comandos básicos do AutoCAD, tais como: utilização da tela de desenho, ter acesso à linha de comando, linha de status, ao menu da tela, comandos de precisão, desenho e edição. Essa explicação durou 20 min. Depois dessa etapa, Luciano teve acesso ao software "insolação" para resolver o exercício proposto da figura 4.42., sem nenhum auxílio externo.

Foram analisadas as doze telas básicas do software "insolação" e feitas as seguintes análises:

a) T1 = figura 3.29. (Menu-Pull-Down)

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo e não apresenta dificuldade de memorização, porque está escrito por extenso.

SINTAXE

Análise: Como o menu sobressai na tela, há rapidez na execução e a memorização é instantânea.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não ocorrem erros de entrada, porque o teclado e o mouse são padronizados.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: A visibilidade geral é boa e a tela não está sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadigabilidade.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: O tempo de resposta é ideal, pois é menor de 2 segundos e não há espera.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Os erros detectáveis são apresentados na linha de comando. Para retificá-los, basta teclar ESC.

APOIO

Análise: Ocorre facilidade de aprendizagem, porque há um encadeamento de mensagem. É de fácil utilização.

b) T2 = figura 3.30. (Alfa)

VOCABULÁRIO

Análise: Não há erro, porque o alfa escolhido está escrito no quadro de diálogo, em coluna. A memorização é imediata, pois alfa está escrito bem legível.

SINTAXE

Análise: O quadro de diálogo possui simplicidade e há rapidez na execução. A memorização é instantânea.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa, porém as palavras em vermelho devem ter fundo mais claro para sua leitura. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber quaisquer erros de entrada. Para retificar o erro, basta clicar "CANCELAR" e repetir a operação.

APOIO

Análise: o quadro de diálogo é auto-explicativo, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

c) T3 = figura 3.31. (Beta E)

T4 = figura 3.32. (Beta D)

T5 = figura 3.33. (Gama E)

T6 = figura 3.34. (Gama D)

Como estas telas são semelhantes, mudando, apenas, seus ângulos, foi feita uma só análise para elas.

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo, é de fácil memorização. A única abreviatura que existe refere-se ao sentido do ângulo (à esquerda ou à direita).

SINTAXE

Análise: O quadro de diálogo é de fácil execução e memorização, pois o usuário automaticamente escolhe a sua opção.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa, porém as palavras em vermelho devem ter fundo claro para melhor leitura. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal, é menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber quaisquer erros de entrada. Para retificar o erro basta, clicar "VOLTAR" e repetir a operação.

APOIO

Análise: O quadro de diálogo é auto-explicativo, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

d) T7 = figura 3.35. (Indicação do Norte)

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo, é de fácil memorização. Não há abreviaturas.

SINTAXE

Análise: A linha de comando do AutoCAD é de fácil execução e memorização, pois o usuário segue o que é pedido.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros, pois o usuário pode verificar o grau escolhido via teclado pela linha de comando, ou via mouse pela linha de status.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal, menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber quaisquer erros de entrada.

APOIO

A linha de comando é auto-explicativa, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

e) T8 = figura 3.36. (Diagrama Solar com ângulos de Sombra)

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo; é de fácil memorização. As abreviaturas existentes são do AutoCAD, que são de fácil entendimento pelo usuário.

SINTAXE

Análise: Não houve erros. A visualização é total. Todos os comandos do AutoCAD estão acessíveis, sendo que os comandos necessários para a análise dos protetores solares são de fácil execução e memorização.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros, pois o usuário pode realizar qualquer comando via mouse ou via teclado e, sempre, a linha de status, a linha de comando e o menu da tela estarão indicando os comandos escolhidos.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal, menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber quaisquer erros de entrada.

APOIO

Análise: A linha de comando, a linha de status e o menu da tela são auto-explicativos, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

f) T9 = figura 3.37. (Mascaramento Traçado e Ângulos de Sombra)

T10= figura 3.38. (Máscara de Sombra)

T11= figura 3.39. (Zoom do Diagrama Solar)

T12= figura 3.40. (Diagrama Solar com Máscara de Sombra)

Como estas telas são resultados dos comandos de edição do AutoCAD, foi feita uma só análise para elas.

VOCABULÁRIO

Análise: Não é ambíguo, é de fácil memorização. As abreviaturas existentes são do AutoCAD, que são de fácil entendimento pelo usuário.

SINTAXE

Análise: Não houve erros. A visualização é total. Há rapidez na execução. Todos os comandos do AutoCAD estão acessíveis, de fácil execução e memorização.

DISPOSITIVO DE ENTRADA

Análise: Não há erros, pois o usuário pode realizar qualquer comando via mouse ou via teclado e, sempre, a linha de status, a linha de comando e o menu da tela estarão indicando os comandos escolhidos.

DISPOSITIVO DE SAÍDA

Análise: Visibilidade geral boa. Tela não sobrecarregada de informações. Não há demora de execução, nem fadiga.

TEMPO DE RESPOSTA

Análise: Tempo de resposta ideal, menor que 2 segundos. Não há incômodos.

TRATAMENTO DE ERROS

Análise: Todo comando executado aparece na linha de comando do AutoCAD, podendo-se perceber quaisquer erros de entrada.

APOIO

Análise: A linha de comando, a linha de status e o menu da tela são auto-explicativos, facilitando a aprendizagem, contribuindo para que o usuário seja guiado a todo momento. Há facilidade de utilização.

A seguir, serão apresentadas as planilhas de análises dos testes, de forma simplificada.

Tabela 4.4. PLANILHA DE ANÁLISE DO PRIMEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.1	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambiguo -Fácil memorização
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Sem erros -Rapidez -Memorização instantânea
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar com ESC
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização

Tabela 4.5. PLANILHA DE ANÁLISE DO PRIMEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.2	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIÇÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não há erro -Fácil memorização
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Sem erros -Rapidez -Memorização instantânea
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar com CANCELAR
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização

Tabela 4.6. PLANILHA DE ANÁLISE DO PRIMEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.3, 4, 5 E 6	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar com VOLTAR
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização

Tabela 4.7. PLANILHA DE ANÁLISE DO PRIMEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.7	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIÇÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambiguo -Fácil memorização
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILI- DADE	-Não há demora -Não há fadiga
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODO	-Tempo ideal -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar C/ SETTING E ROTATE
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização

Tabela 4.8. PLANILHA DE ANÁLISE DO PRIMEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.8	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar C/ UNDO
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização

Tabela 4.9. PLANILHA DE ANÁLISE DO PRIMEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.9, 10, 11 E 12	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILI- DADE	-Não há demora -Não há fadiga
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar C/ UNDO
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização

Tabela 4.10. PLANILHA DE ANÁLISE DO SEGUNDO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.1	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambiguo -Fácil memorização
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Rapidez de execução -Memorização instantânea
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros -Teclado padronizado
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -visibilidade boa
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODO	-Tempo ideal <2seg -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar com ESC
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Menu destacado

Tabela 4.11. PLANILHA DE ANÁLISE DO SEGUNDO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.2	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIÇÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não há erro -Fácil memorização -Alfa legível
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Sem erros -simplicidade -Rapidez -Memorização instantânea
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -Visibilidade boa -Melhorar cor tela
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar com CANCELAR
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Quadro auto- explicativo

Tabela 4.12. PLANILHA DE ANÁLISE DO SEGUNDO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.3, 4, 5 E 6	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambiguo -Fácil memorização
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização -Escolha automática
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -Melhorar cor tela
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODO	-Tempo ideal < 2seg -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar com VOLTAR
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Quadro auto- explicativo

Tabela 4.13. PLANILHA DE ANÁLISE DO SEGUNDO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.7	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização -Não há abreviação
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização -Segue o que é pedido
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -Visibilidade boa
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal < 2seg -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar C/ SETTING E ROTATE
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Linha auto- explicativa

Tabela 4.14. PLANILHA DE ANÁLISE DO SEGUNDO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.8	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização -Abreviações do AutoCAD
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização -AutoCAD acessível
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros -Menu indica comandos
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -Visibilidade boa
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal < 2seg -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFICAR ERROS		-Não houve erro -Retificar C/ UNDO
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTANTE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZAGEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Menu auto- explicativo

Tabela 4.15. PLANILHA DE ANÁLISE DO SEGUNDO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.9, 10, 11 E 12	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização -Abreviatura do AutoCAD
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização -AutoCAD acessível
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros -Menu indica comandos
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -Visibilidade boa
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal < 2seg -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar C/ UNDO
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Menu auto- explicativo

Tabela 4.16. PLANILHA DE ANÁLISE DO TERCEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.1	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização -Escrito por extenso
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Rapidez de execução -Memorização instantânea
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros -Teclado padronizado
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -visibilidade boa
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal <2seg -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar com ESC
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Há encadeamento de mensagem

Tabela 4.17. PLANILHA DE ANÁLISE DO TERCEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.2	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não há erro -Fácil memorização -Alfa legível
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Sem erros -simplicidade -Rapidez -Memorização instantânea
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -Visibilidade boa -Melhorar cor tela
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar com CANCELAR
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Quadro auto- explicativo

Tabela 4.18. PLANILHA DE ANÁLISE DO TERCEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.3, 4, 5 E 6	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIÇÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização -Abreviatura fácil
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização -Escolha automática
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -Melhorar cor tela -Visibilidade boa
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal < 2seg -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Retificar com VOLTAR
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Quadro auto- explicativo

Tabela 4.19. PLANILHA DE ANÁLISE DO TERCEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.7	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIÇÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização -Não há abreviação
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização -Segue o que é pedido
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -Visibilidade boa
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODO	-Tempo ideal < 2seg -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Linha de comando destaca entrada
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Linha auto- explicativa

Tabela 4.20. PLANILHA DE ANÁLISE DO TERCEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.8	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIÇÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização -Abreviações do AutoCAD
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização -Visualização total
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros -Menu indica comandos
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -Visibilidade boa
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODOS	-Tempo ideal < 2seg -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Comando aparece na linha
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Menu auto- explicativo

Tabela 4.21. PLANILHA DE ANÁLISE DO TERCEIRO TESTE

PARÂMETROS TELA NR.9, 10, 11 E 12	ELEMENTOS DE TESTE	TESTE C/ USUÁRIO	ANÁLISE
VOCABULÁRIO	AMBIGÜIDADE REGRAS DE ABREVIACÃO	MEMORIZAÇÃO ERRO	-Não é ambíguo -Fácil memorização -Abreviatura do AutoCAD
SINTAXE	HOMOGENEIDADE SIMPLICIDADE	ERROS RAPIDEZ DE EXECUÇÃO MEMORIZAÇÃO	-Fácil execução -Fácil memorização -AutoCAD acessível
DISPOSITIVO DE ENTRADA	HOMOGENEIDADE EM RELAÇÃO AOS OUTROS MATERIAIS USADOS	ERROS	-Sem erros -Menu indica comandos
DISPOSITIVO DE SAÍDA	VISIBILIDADE GERAL HOMOGENEIDADE DA APRESENTAÇÃO PERTINÊNCIA DAS ZONAS	DEMORA DE EXECUÇÃO FADIGABILIDADE	-Não há demora -Não há fadiga -Visibilidade boa
TEMPO DE RESPOSTA	PRAZO MENSAGEM DE ESPERA	INCÔMODO	-Tempo ideal < 2seg -Não há incômodo
TRATAMENTO DE ERROS	ERROS DETECTÁVEIS VISIBILIDADE DAS MENSAGENS POSSIBILIDADE RETIFI- CAR ERROS		-Não houve erro -Dados na linha de comando
APOIO	TIPO DE AJUDA ACESSO A TODO INSTAN- TE COERÊNCIA DO SOFTWARE	FACILIDADE DE APRENDIZA- GEM FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO	-Fácil aprendizagem -Fácil utilização -Menu auto- explicativo

4.3. Resultados Alcançados

Segundo o Arquiteto Luciano, pelo método acadêmico, ensinado nas universidades, o exercício proposto iria consumir aproximadamente 20 min de trabalho. O mesmo exercício foi realizado pela Formanda Tatiana em 2 min e 10 seg e, pelo Arquiteto Luciano, em 4 min e 20 seg. Esta diferença de tempo deve-se ao desconhecimento do AutoCAD. Porém, pelos resultados do Teste 3, pode-se concluir que, com um domínio maior do AutoCAD, este tempo tende a reduzir.

Nos Testes 2 e 3 pode-se observar que a automatização ocorreu como era esperado e que o software insolação é uma ferramenta útil, com propósito de auxílio à análise e ao projeto de protetores solares simples.

Também há de se ressaltar as observações dos entrevistados, quanto à boa precisão do software no traçado da máscara e disposição do desenho final na tela e na impressora.

Quanto à visualização dos ícones dos ângulos de sombra, recomenda-se que se usem telas claras, de preferência branca para melhor visibilidade das palavras em vermelho.

Pode-se observar que o encadeamento das telas leva a um automatismo, constituindo um auxílio ao usuário, podendo este navegar facilmente pelo sistema, figura 4.41., e observar a homogeneidade na apresentação das telas com seus comandos de entrada, dados e ângulos de sombra.

Enfim, houve um saldo positivo no resultado final da análise ergonômica do software, quanto aos parâmetros analisados: vocabulário, sintaxe, dispositivo de entrada, dispositivo de saída, tempo de resposta, tratamento de erros e, por fim, apoio.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. CONCLUSÕES

A indústria da construção civil está buscando, cada vez mais, melhorar a qualidade das edificações e a produtividade, nos processos de planejamento e execução, requisitando, mais freqüentemente, os serviços dos escritórios de projeto.

Para melhorar esta qualidade torna-se necessário e fundamental que os profissionais de projeto observem, também, o conforto térmico das habitações que, obrigatoriamente passa por um estudo mais detalhado de uma análise dos protetores solares, principalmente na área da geometria da insolação.

Com o advento dos sistemas CAD para o desenho de projetos na década de 80, os escritórios de projetos de Arquitetura e as construtoras, paulatinamente, foram utilizando o AutoCAD, ou similares, disseminando-o de tal modo, que tornou-

se necessário o ensino deste software, nos currículos universitários.

Para auxiliar esta informatização crescente, o software "insolação" surgiu como uma ferramenta útil que os profissionais poderão contar, tendo como suporte o AutoCAD.

Mesmo para quem está começando a usar o microcomputador em substituição à "velha e boa prancheta", o software "insolação" é bastante amigável na relação homem-máquina e pode surpreender pela facilidade de operação. Seus comandos são intuitivos e simples, seguindo sempre as premissas básicas de segurança, aprendizado rápido e fácil, facilidade de utilização, minimização de erros e aumento da produtividade. Sem falar no suporte técnico do AutoCAD, que possui um sem números de recursos, conforme pode ser observado nos testes ergonômicos.

Como todo produto, apareceu de uma necessidade dos escritórios de projetos de Arquitetura e Engenharia, que muitas das vezes não realizam análises, por não possuírem elementos mais ágeis, especialmente nos casos de elementos de defesa e controle solar, como forma de conforto térmico, e de racionalizar o consumo energético.

A importância do controle solar pode ser resumida nas palavras iluminadas de Corbusier: "... o problema do sol - como sabemos - é que ele passa de um extremo a outro de acordo com as estações. Neste trajeto muitos problemas aparecerão, que esperam soluções adequadas. É neste ponto que um regionalismo autêntico

tem seu lugar confirmado. As técnicas são universais... O sol diverge ao longo da curvatura do meridiano e sua intensidade varia sobre a crosta terrestre, de acordo com sua incidência. Neste detalhe, o Criador tem nos dados beleza e prodigiosa diversidade. Convém a nós buscar a solução que mais se adapte ao trabalho da natureza."

Concluindo, esta pesquisa abre um caminho para a concepção de programas simples e de grande utilização, tendo como interface programas complexos que poderiam ser melhor explorados, levando-se em consideração seu potencial subutilizado, tendo como objetivo auxiliar os profissionais da área de projeto, nos processos rotineiros. Além disso, apresentar um produto final de qualidade com precisão gráfica total, deixando livre as decisões do projetista, pois nada substitui a genialidade humana.

5.2. LIMITAÇÕES

Como limitações deste trabalho, podemos citar:

- para projetos mais complexos, o presente estudo não se aplica, pois isto é uma limitação do método das máscaras;
- a utilização do software, por poucas pessoas, durante os testes realizados; e

- ter, no banco de dados, somente o Diagrama Solar com Linhas de Sombras para a Cidade de Florianópolis.

5.3. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros sugere-se:

- automatizar o cálculo dos ângulos de sombra, no programa AutoCAD;

- automatizar o traçado do mascaramento dos ângulos de sombra, após a entrada de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - PIETROBON, Cláudio Emanuel. **Projeções da Trajetória Solar Aparente na Escala de Tempo Universal: uma Aplicação Compugráfica**. Maringá: FUEM, 1991.
- 2 - TOURINHO, Plínio Alves Monteiro. **Tratado de Astronomia**. Curitiba: Gráfica Mundial Ltda, 1950.
- 3 - RIVERO, Roberto. **Arquitetura e Clima: Acondicionamento Térmico Natural**. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1986.
- 4 - KOENIGSBERGER, O. et alli. **Vivendas y Edificios en Zonas Calidas e Tropicales**. Trad. Emilio Romero Ros. Madrid: Paraninfo, 1977.
- 5 - MISSEARD, A. **La Chaleur Animale**. Paris: Universitaires de France, 1955.
- 6 - FROTA, Anésia Barros & SHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1988.
- 7 - OLGAY, Victor. **Design with Climate**. New Jersey: Princeton University, 1963.
- 8 - CASAGRANDE, Maurice Ane. **Elaboração de uma Carta de Necessidades para a Cidade de Florianópolis**. Florianópolis: UFSC, 1991.
- 9 - MEDICI, Roberto Nogueira. **Astronomia de Posição**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1989.
- 10- SILVA, Armando Cavaleiro & MALATO, João José. **Geometria da Insolação de Edifícios**. Lisboa: M.O.O., 1969.
- 11- OLGAY, Victor. **Solar Control & Shading Devices**. New Jersey: Princeton University, 1957.
- 12- PLEIJEL, G.. **The Computation of Natural Radiation in Architecture and Town Planning**. Meddeland, Statens Namnd for Byggnadsforskning, 1954.
- 13- VALENTIN, Annette et alli.. **L'Evolution Ergonomique des Logiciels. Une Demarche Iterative de Conception**. Paris: Editions de I'ANACT, 1993.

- 14- SANTOS, Neri dos. **Ergonomia das Interfaces Homem-Computador**. Florianópolis: UFSC, 1990.
- 15- OBERMEYER, Thomas L.. **Manual AutoCAD para Desenho de Arquitetura**. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1990.
- 16 - HOOD, John D.. **AutoCAD, Guia do Usuário**. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1989.

BIBLIOGRAFIA

- PIETROBON, Cláudio Emanuel. **Projeções da Trajetória Solar Aparente na Escala de Tempo Universal: uma Aplicação Compugráfica**. Maringá: FUEM, 1991.
- TOURINHO, Plínio Alves Monteiro. **Tratado de Astronomia**. Curitiba: Gráfica Mundial Ltda, 1950.
- RIVERO, Roberto. **Arquitetura e Clima: Acondicionamento Térmico Natural**. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1986.
- KOENIGSBERGER, O. et alli. **Vivendas y Edificios en Zonas Calidas e Tropicales**. Trad. Emilio Romero Ros. Madrid: Paraninfo, 1977.
- MISSENARD, A. **La Chaleur Animale**. Paris: Universitaires de France, 1955.
- FROTA, Anésia Barros & SHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1988.
- OLGYAY, Victor. **Design with Climate**. New Jersey: Princeton University, 1963.
- CASAGRANDE, Maurice Ane. **Elaboração de uma Carta de Necessidades para a Cidade de Florianópolis**. Florianópolis: UFSC, 1991.
- MEDICI, Roberto Nogueira. **Astronomia de Posição**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1989.
- SILVA, Armando Cavaleiro & MALATO, João José. **Geometria da Insolação de Edifícios**. Lisboa: M.O.O., 1969.
- OLGYAY, Victor. **Solar Control & Shading Devices**. New Jersey: Princeton University, 1957.
- PLEIJEL, G.. **The Computation of Natural Radiation in Architecture and Town Planning**. Meddeland, Statens Namnd for Byggnadsforskning, 1954.
- VALENTIN, Annette et alli.. **L'Evolution Ergonomique des Logiciels. Une Demarche Iterative de Conception**. Paris: Editions de I'ANACT, 1993.

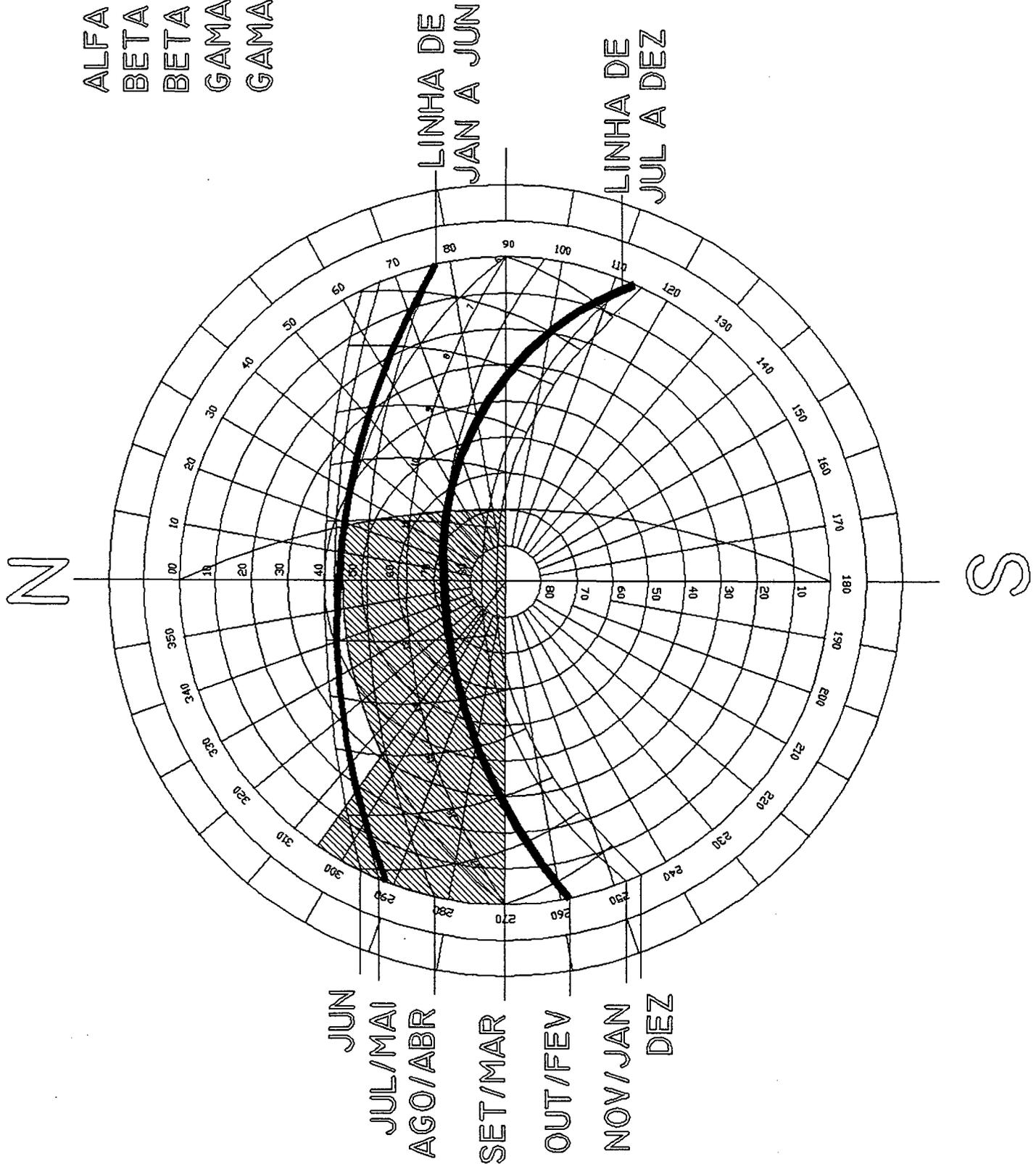
SANTOS, Neri dos. **Ergonomia das Interfaces Homem-Computador**. Florianópolis: UFSC, 1990.

OBERMEYER, Thomas L.. **Manual AutoCAD para Desenho de Arquitetura**. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1990.

HOOD, John D.. **AutoCAD, Guia do Usuário**. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1989.

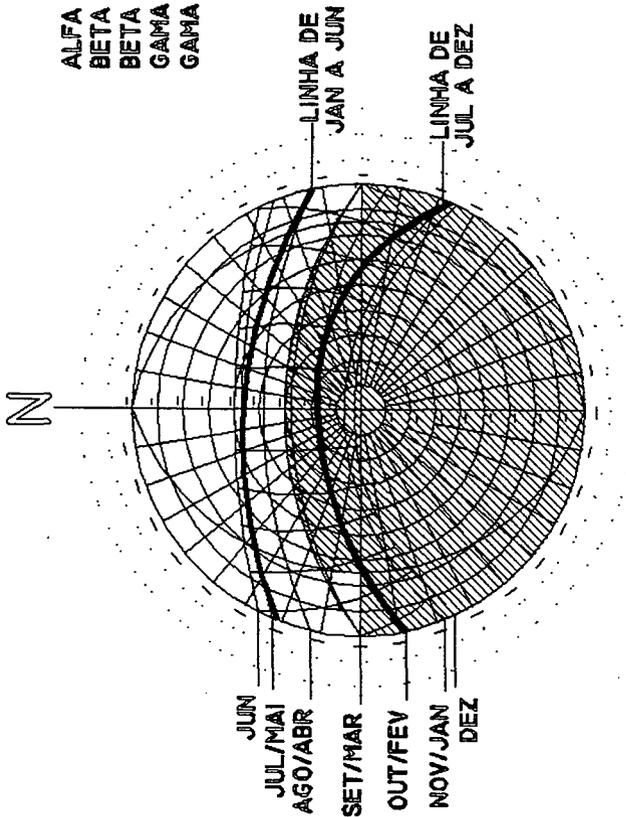
ANEXO I

ALFA 45°
BETA D 00°
BETA E 35°
GAMA D 20°
GAMA E 00°

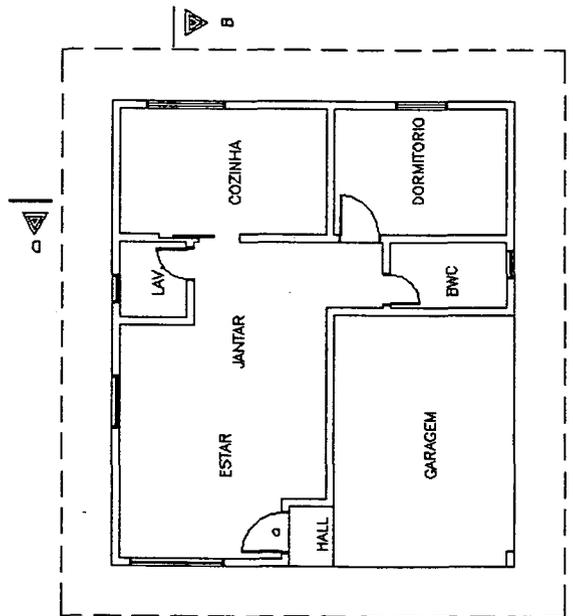
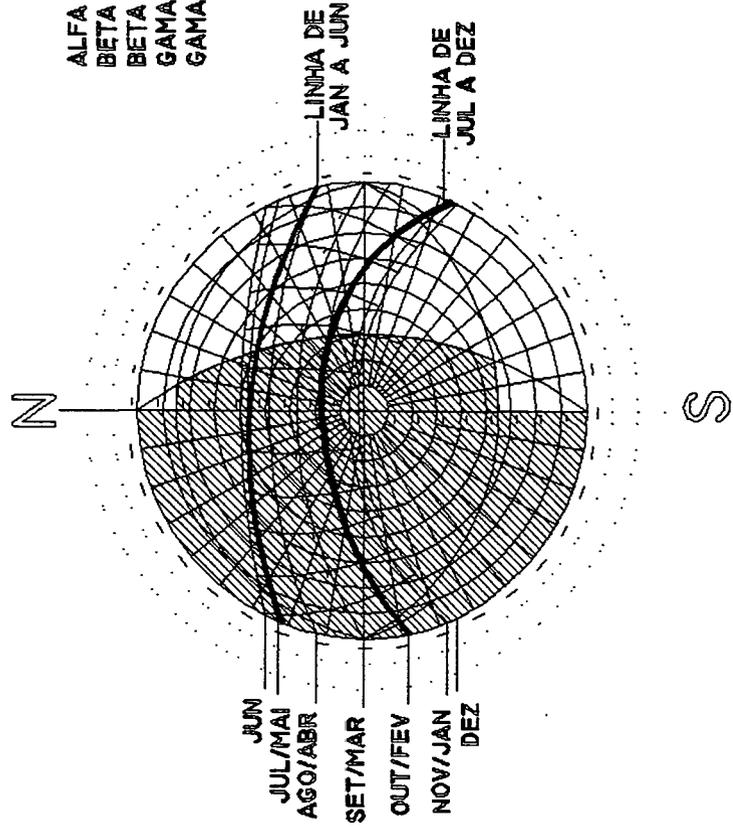


ANEXO II

ALFA 30°
BETA D 00°
BETA E 00°
GAMA D 75°
GAMA E 65°



ALFA 30°
BETA D 00°
BETA E 00°
GAMA D 55°
GAMA E 75°



TERREO
ESC. 1/150