



FAUUSP

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Universidade de São Paulo

Departamento de Tecnologia da Arquitetura
AUT0284 – Conforto Ambiental 2 – Iluminação
2º Semestre de 2023

Docentes:

Prof.ª Dr.ª Alessandra R. Prata Shimomura

Prof.ª Dr.ª Michele Marta Rossi

Colaboradora Pós-Doc:

Arq.ª Dr.ª Cristiane M. Sato Furuyama

Monitores:

Arq. MSc. Eduardo Gasparelo

Arq.ª MSc. Laís Coutinho (PAE)

Fontes de luz e percepção

Tipos de céu

Relógio solar





- 1. Devolutiva do Exercício 02**
- 2. Fontes de luz e percepção**
- 3. Tipos de céu**
- 4. Relógio solar**
- 5. Apresentação do Exercício 03 – Formas e latitudes**

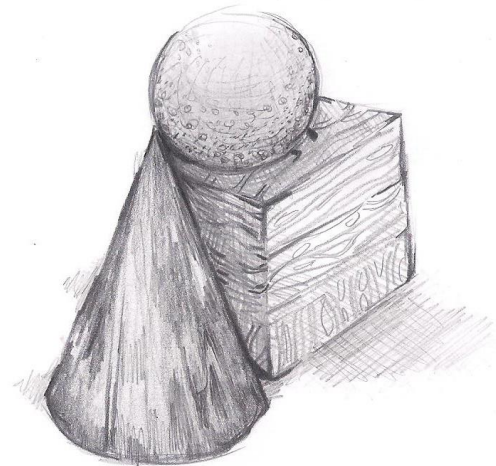


1. Devolutiva do Exercício 02



- ☐ Como foi observar a composição por 5 minutos?
- ☐ Qual foi a ESCALA TONAL mais difícil de delimitar?
- ☐ O que mais gostaram?
- ☐ Qual a maior dificuldade do exercício?
- ☐ Como foi desenhar sem contorno? Somente representando a LUZ e a SOMBRA?
- ☐ Quanto os desenhos de MEMÓRIA e de OBSERVAÇÃO se aproximam ou diferem?



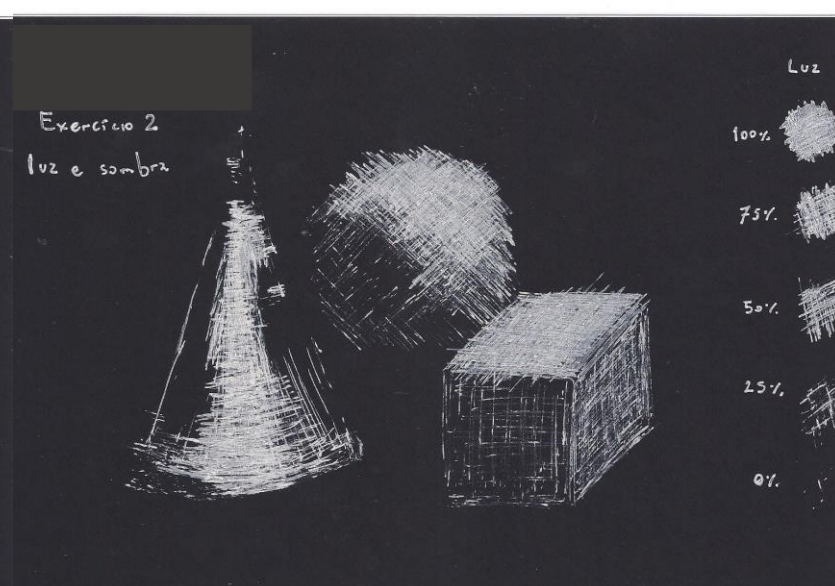
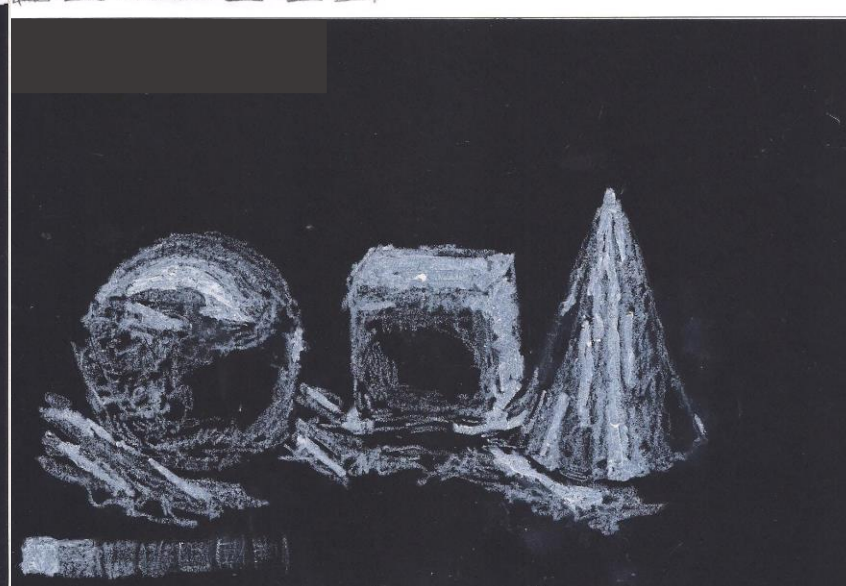
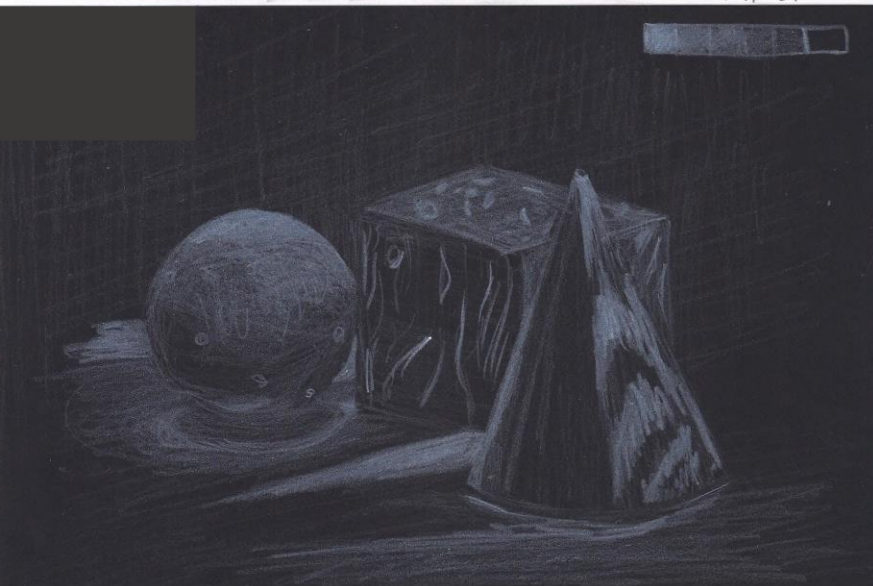
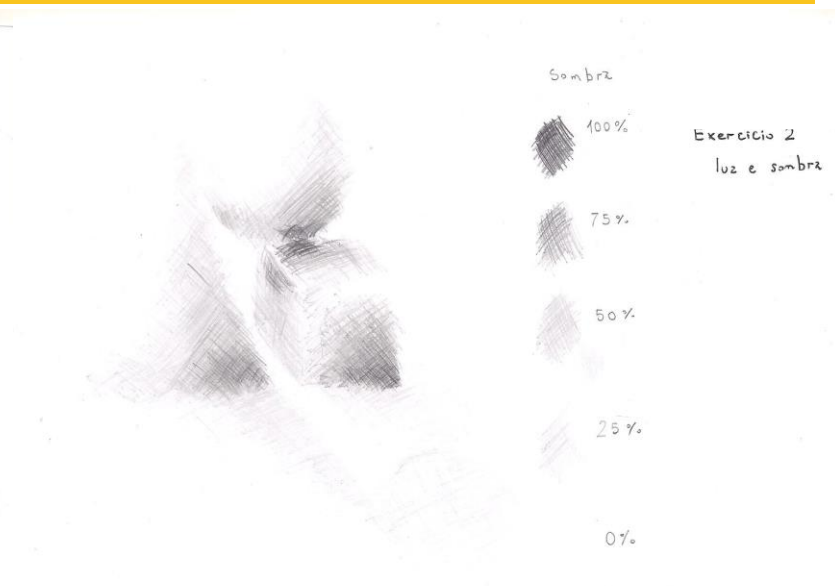
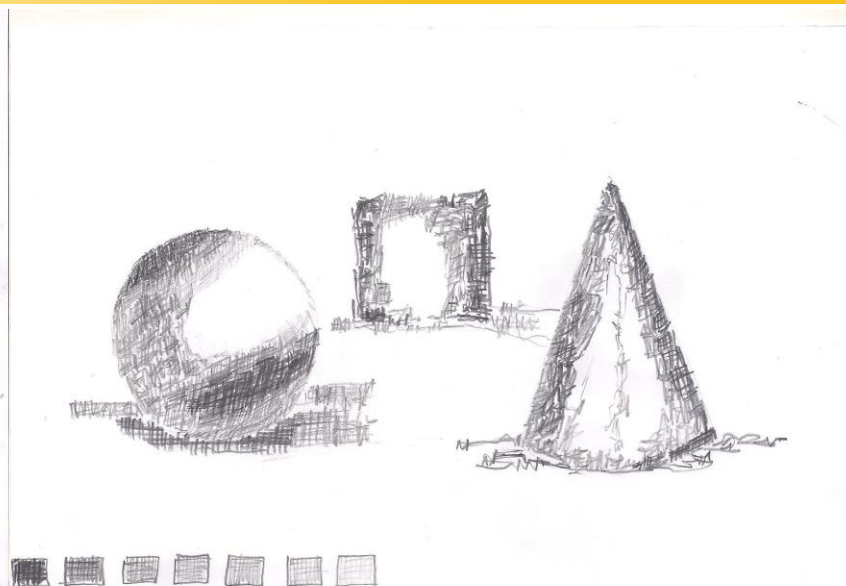
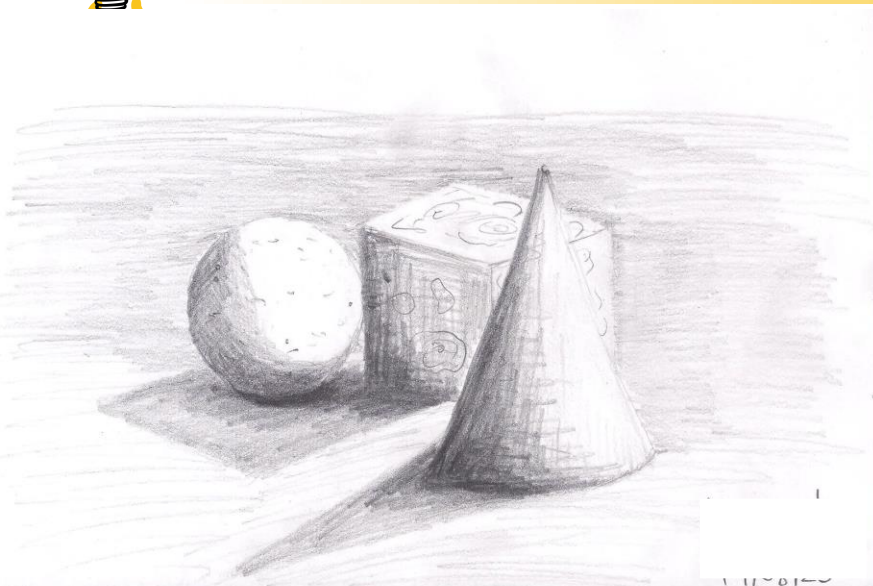


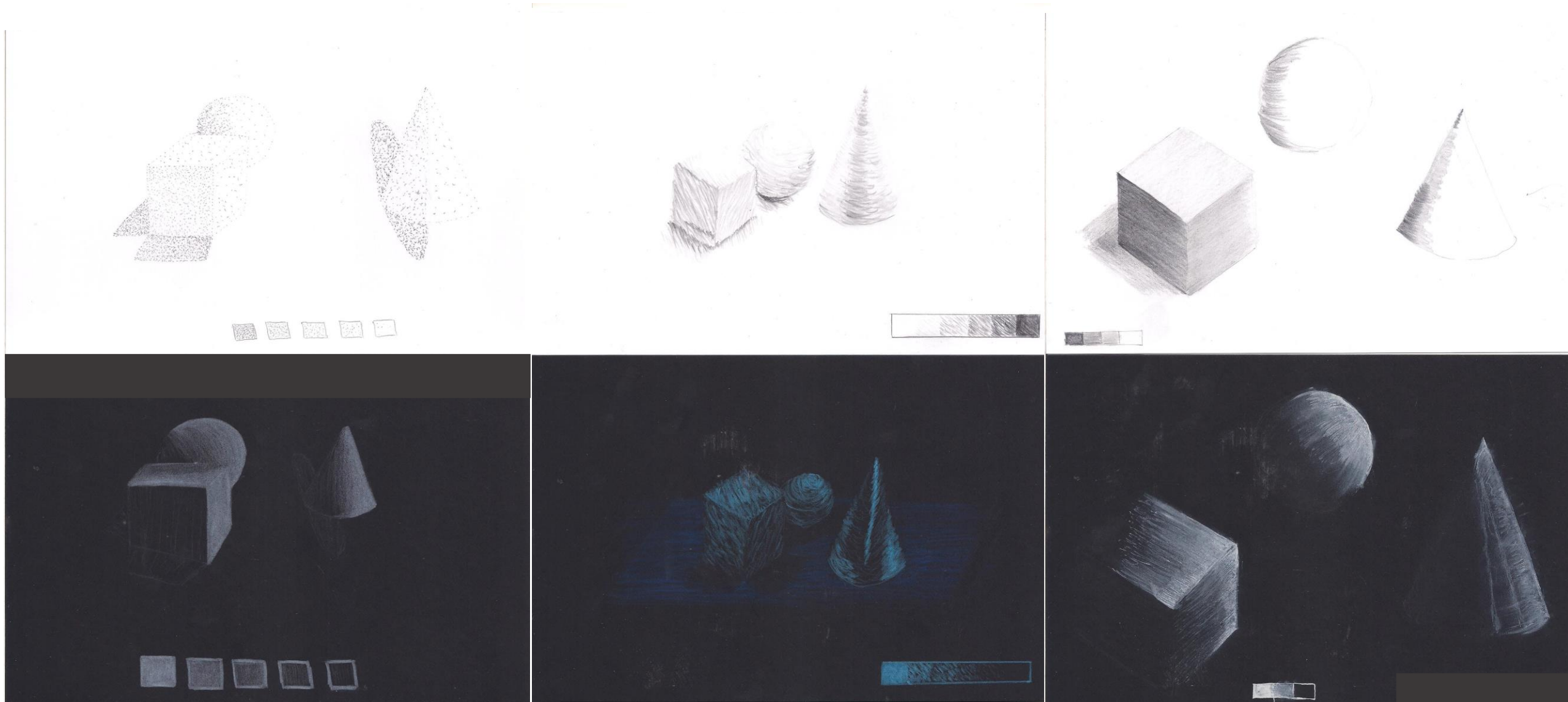
escala tonal



escala tonal

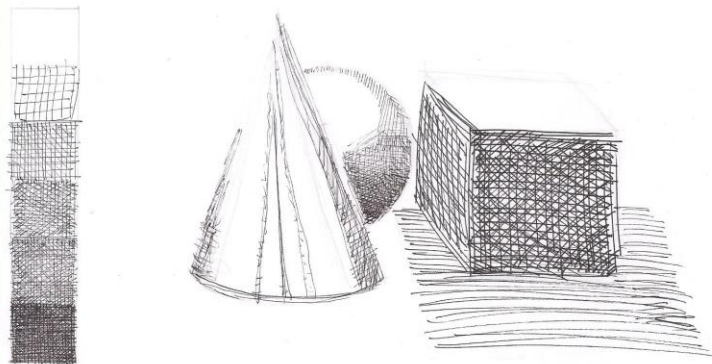




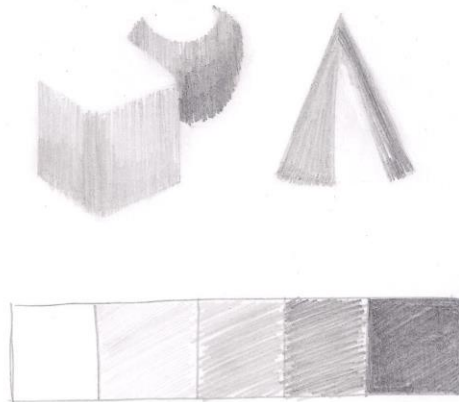




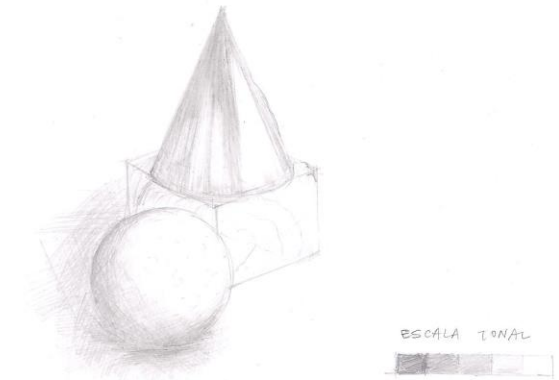
Desenho de memória



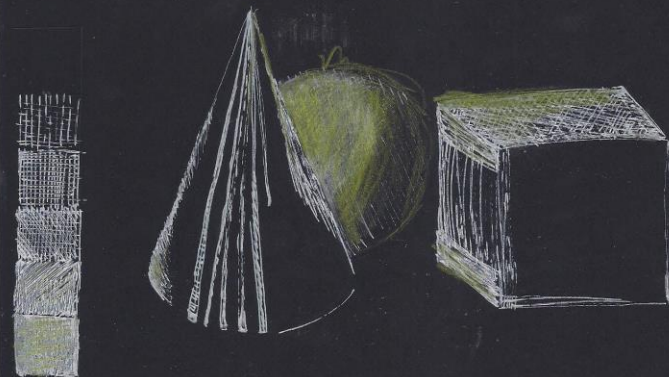
MEMÓRIA -



AUT0284 - CONFORTO AMBIENTAL 2 ILUMINAÇÃO : EXERCÍCIO 02



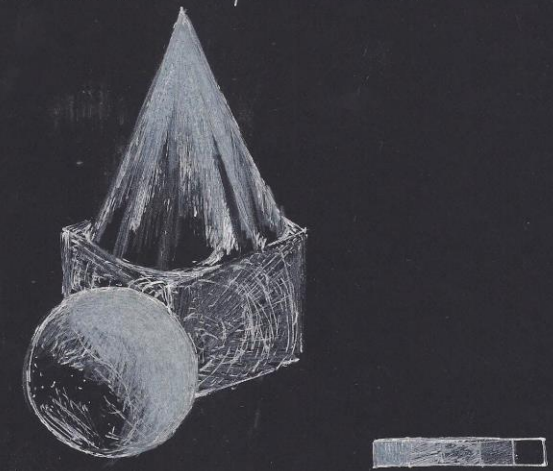
Desenho de observação

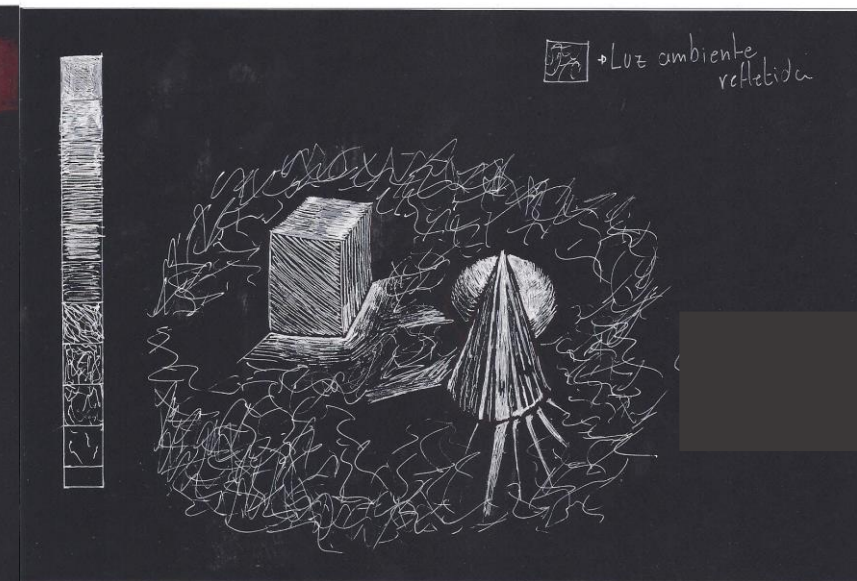
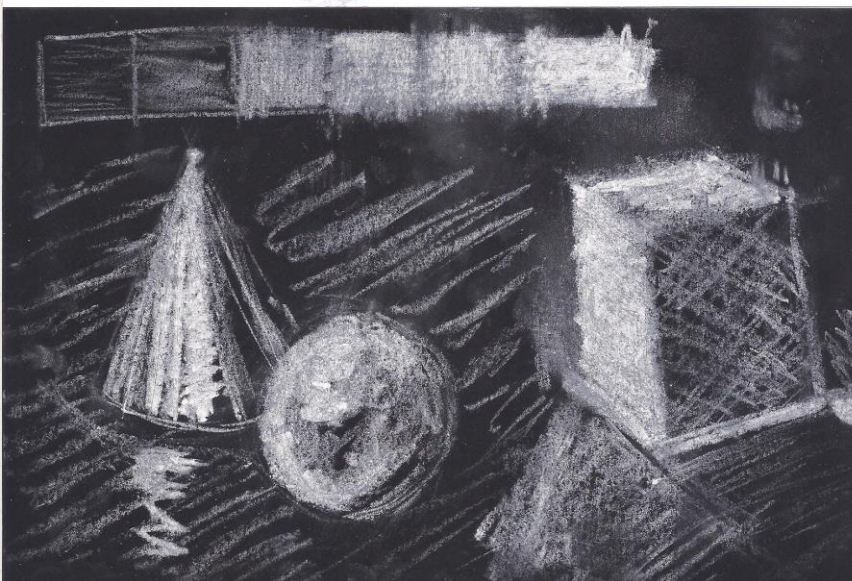
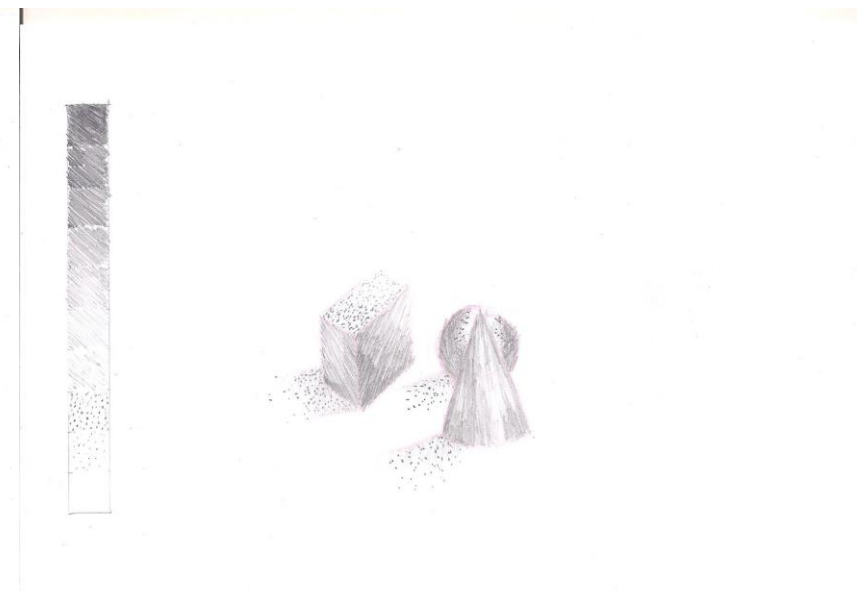
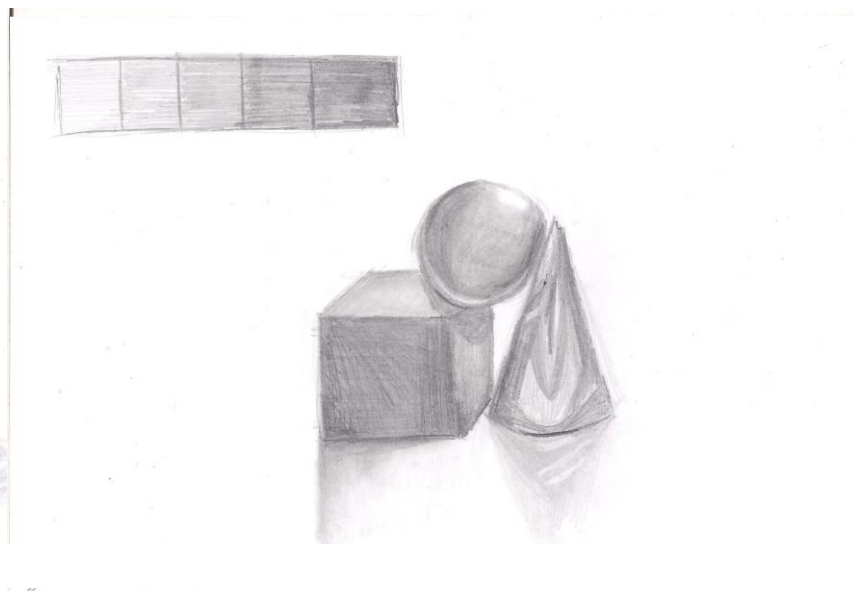
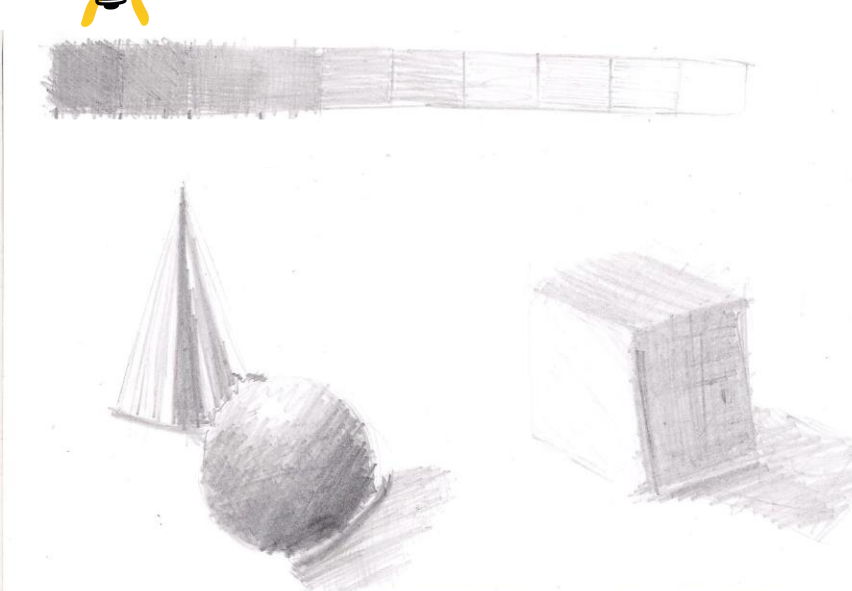


OBSE R V A Ç Ã O



AUT0284 - CONFORTO AMBIENTAL 2 ILUMINAÇÃO : EXERCÍCIO 02







2. Fontes de luz e percepção



cidade	necessidade de sombreamento (% das horas do ano no período diurno)	necessidade de sol (% das horas do ano no período diurno)
--------	--	---

idades com grande necessidade de sombreamento durante todo o ano

Belém	100,0	0,0
Fortaleza	100,0	0,0
São Luís	100,0	0,0
Recife	100,0	0,0

idades com necessidade de insolação no inverno e de sombreamento no verão

Brasília	73,8	22,6
Florianópolis	69,9	25,6
Maceió	98,2	1,8
Natal	99,7	0,3
Rio de Janeiro	89,5	10,5
Salvador	98,6	1,4
Vitória	89,8	9,1

idades onde as necessidades de sombreamento e de insolação são parecidas

Curitiba	37,3	48,1
Porto Alegre	56,3	35,0
São Paulo	51,1	42,8



Eficiência Energética na Arquitetura
(LAMBERTS et al., 2011)

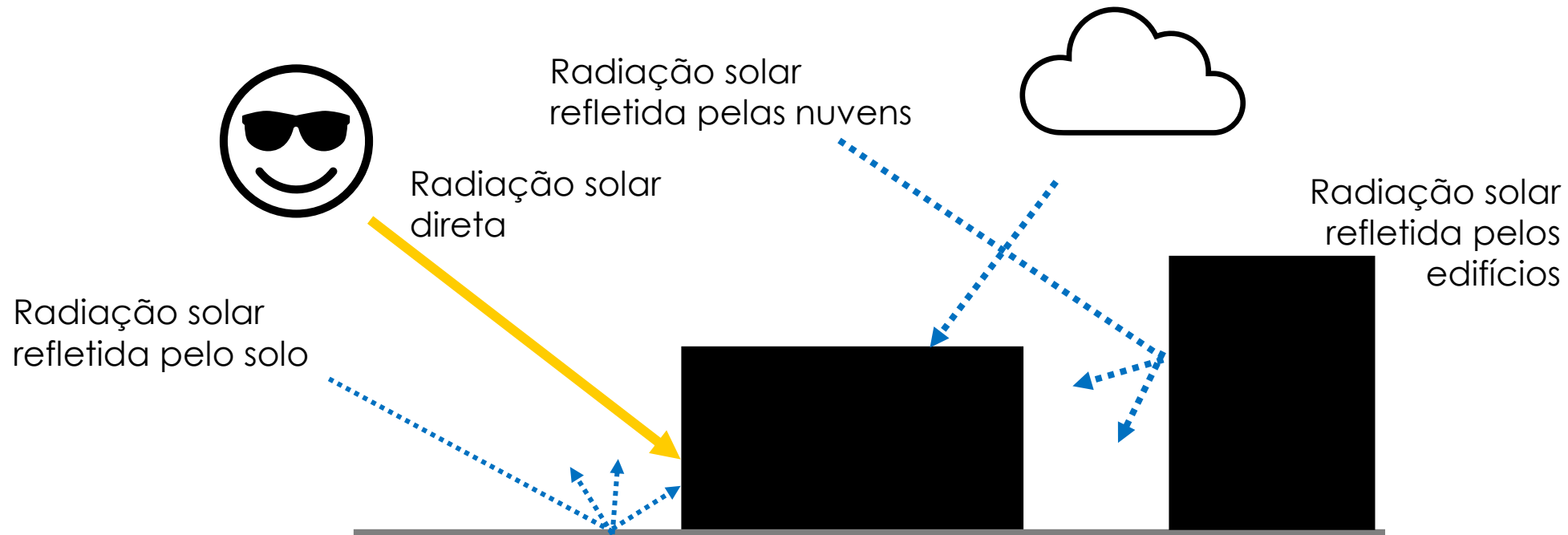


Radiação Solar

(Principal fonte de energia: LUZ+CALOR)

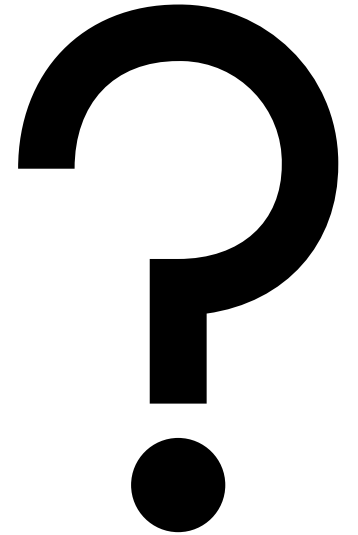
DIRETA

INDIRETA



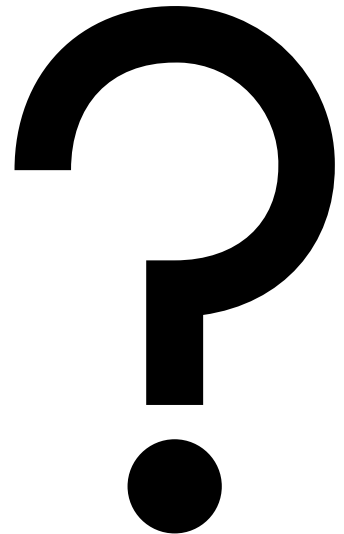


Qual a importância de considerarmos a LUZ NATURAL

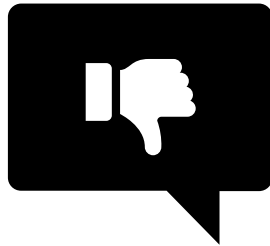




- ☐ **Estabelece a visão**
- ☐ **Dinamismo**
- ☐ **Importância vital para a vida dos usuários**
- ☐ **Conforto, desempenho e segurança na realização de tarefas**
- ☐ **Economia de energia**







ILUMINAÇÃO INADEQUADA

- Fadiga Visual
- Desconforto
- Dor de Cabeça
- Ofuscamento
- Redução da Eficiência Visual
- Acidentes

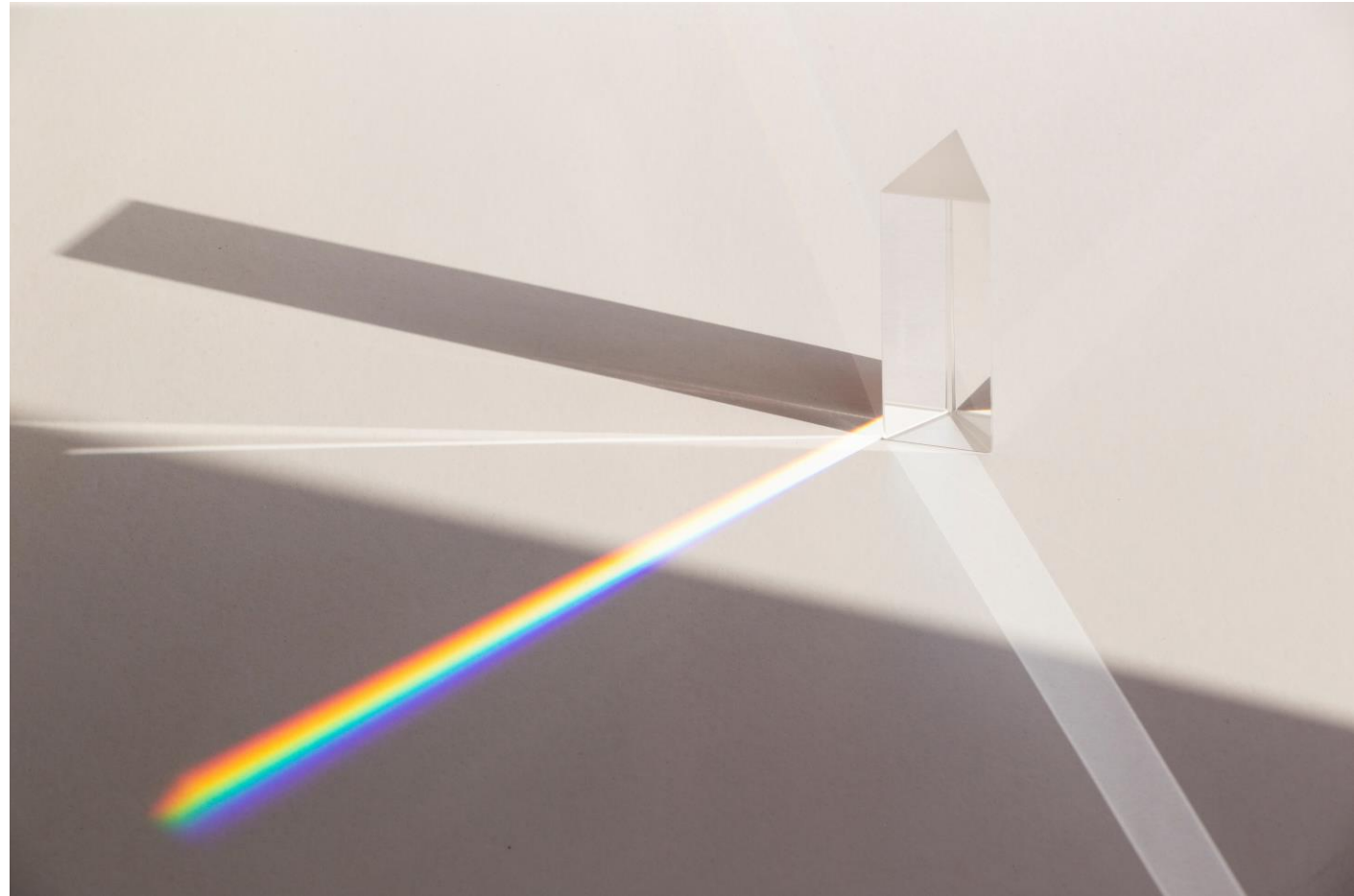


BOA ILUMINAÇÃO

- Aumenta a produtividade
- Gera um ambiente agradável
- Saúde e bem-estar dos usuários

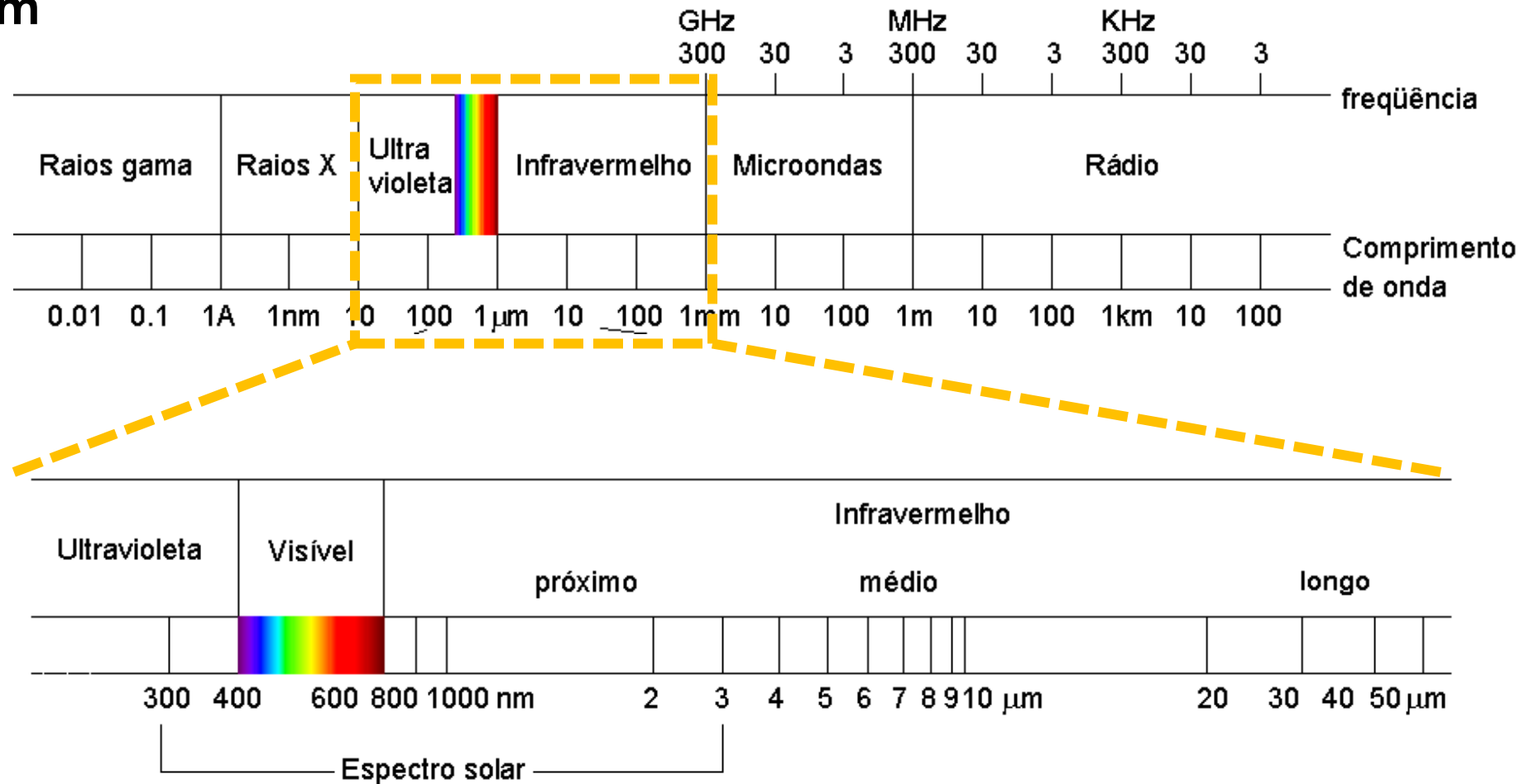


“O sol emite radiações eletromagnéticas. As radiações eletromagnéticas são aquelas constituídas de campos elétricos e magnéticos oscilantes, e se propagam com uma velocidade constante no vácuo. As radiações solares vão do infravermelho passando pela luz visual até o ultravioleta” (BITTENCOURT, 2004).





A **LUZ** é uma manifestação visual de energia, percebida pelo olho humano na faixa de radiação eletromagnética com **comprimento de onda entre 380 a 780nm**

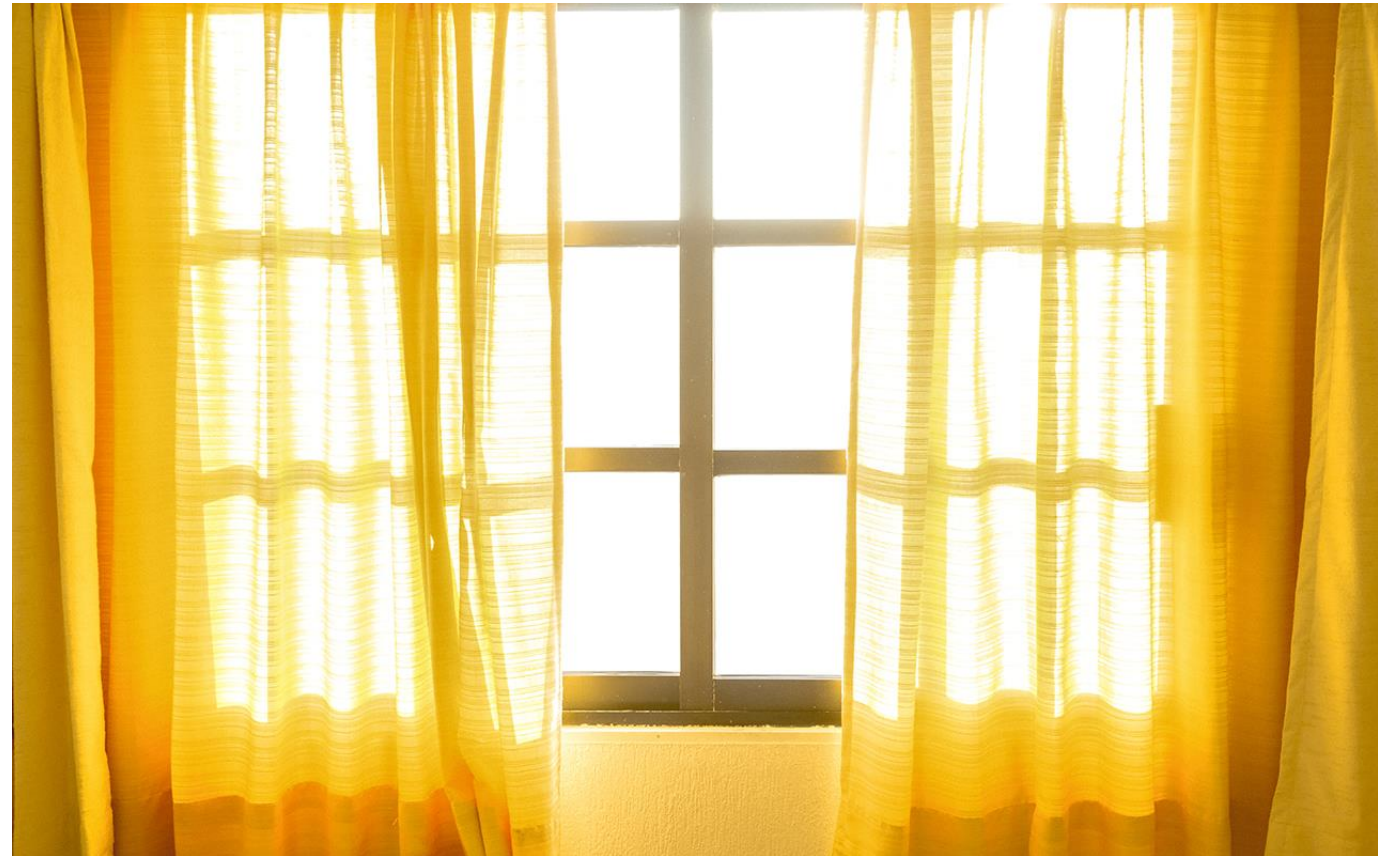




ARQUITETURA DA LUZ

- ☐ Atividade que está sendo exercida
- ☐ Desempenho esperado
- ☐ Produção de calor
- ☐ Beleza
- ☐ Consumo de energia
- ☐ Satisfação dos usuários

Problema complexo: **ANÁLISE INTEGRADA**





3. Tipos de céu



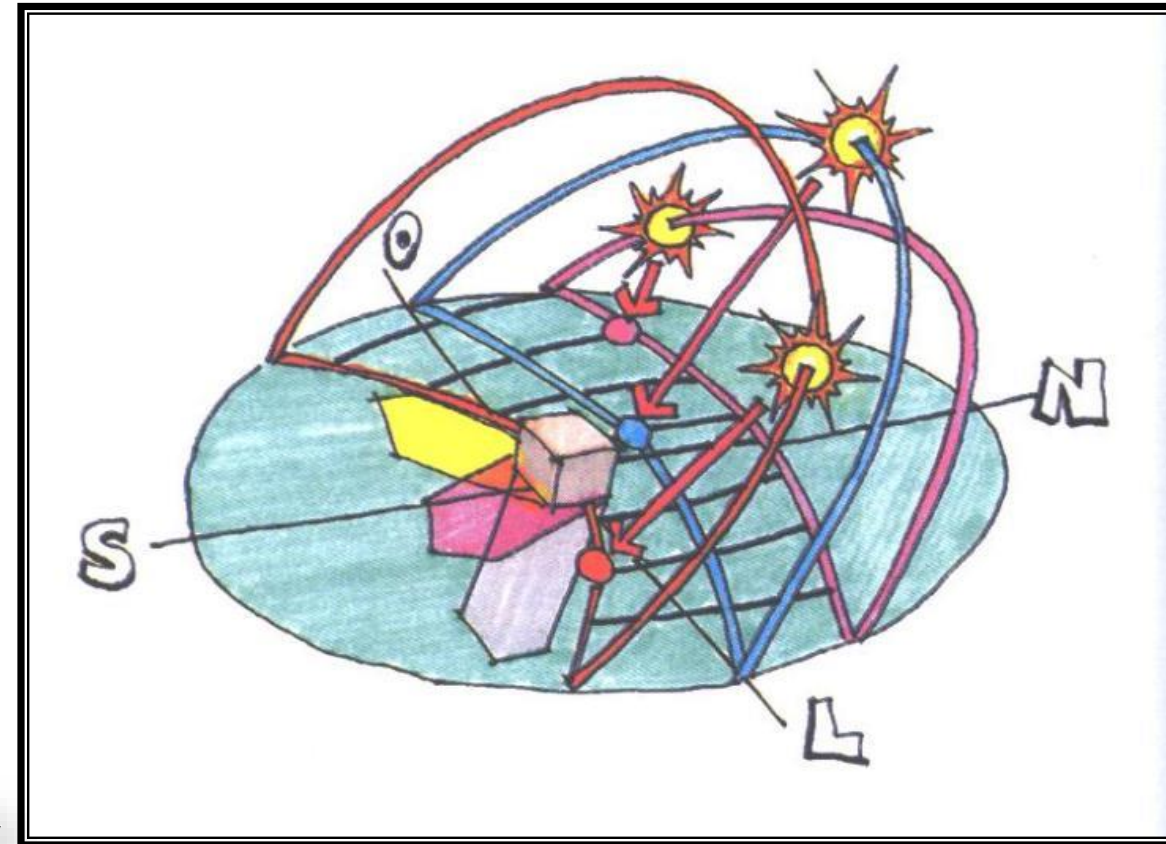
DISPONIBILIDADE DE LUZ

- SAZONALIDADE
- CLIMA
- QUALIDADE DO AR
- CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO



Sazonalidade

Latitude de um local
Estação do ano





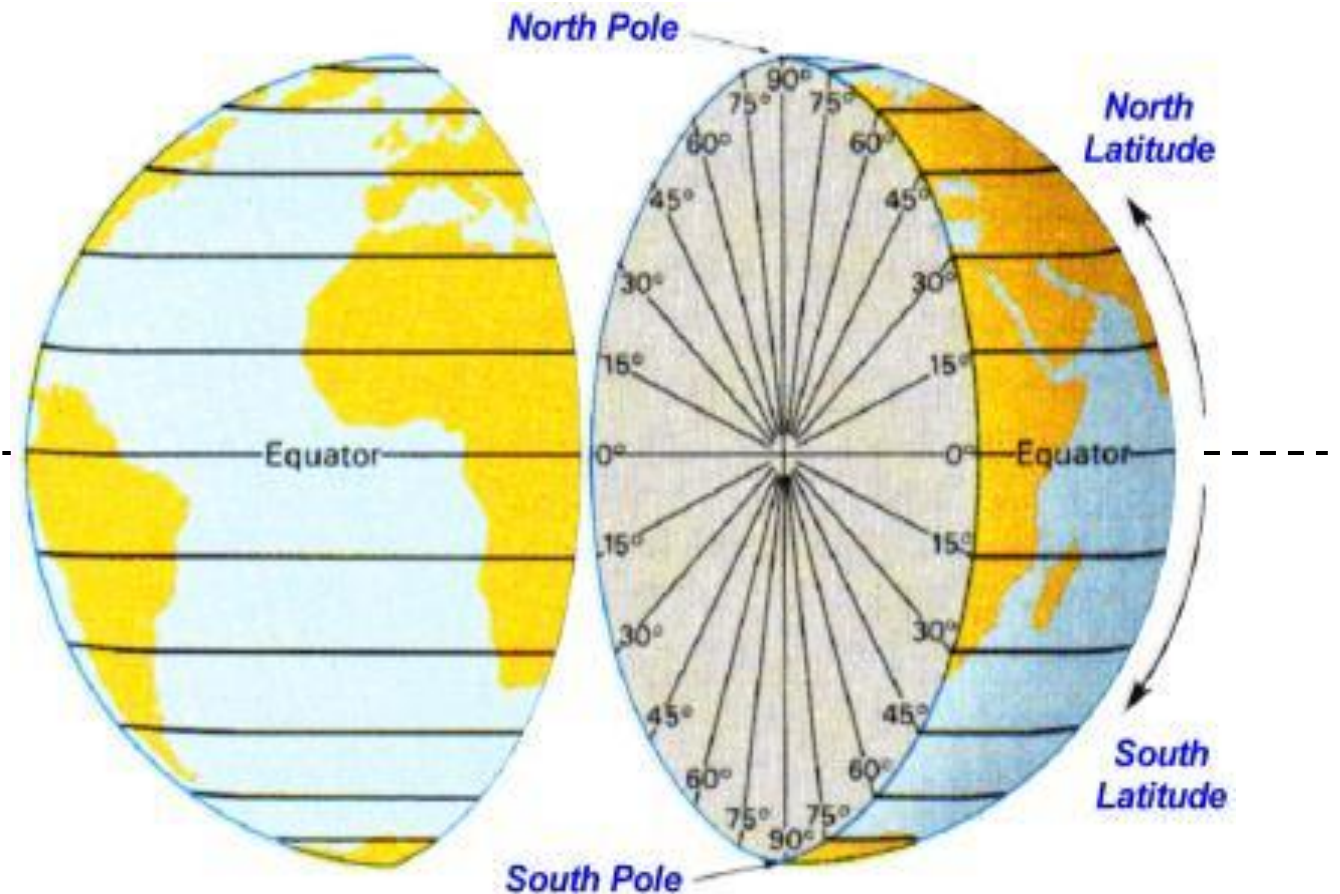
Sazonalidade

Latitude de um local

- Ângulo de 0° a 90° Sul e Norte

Hemisfério Norte

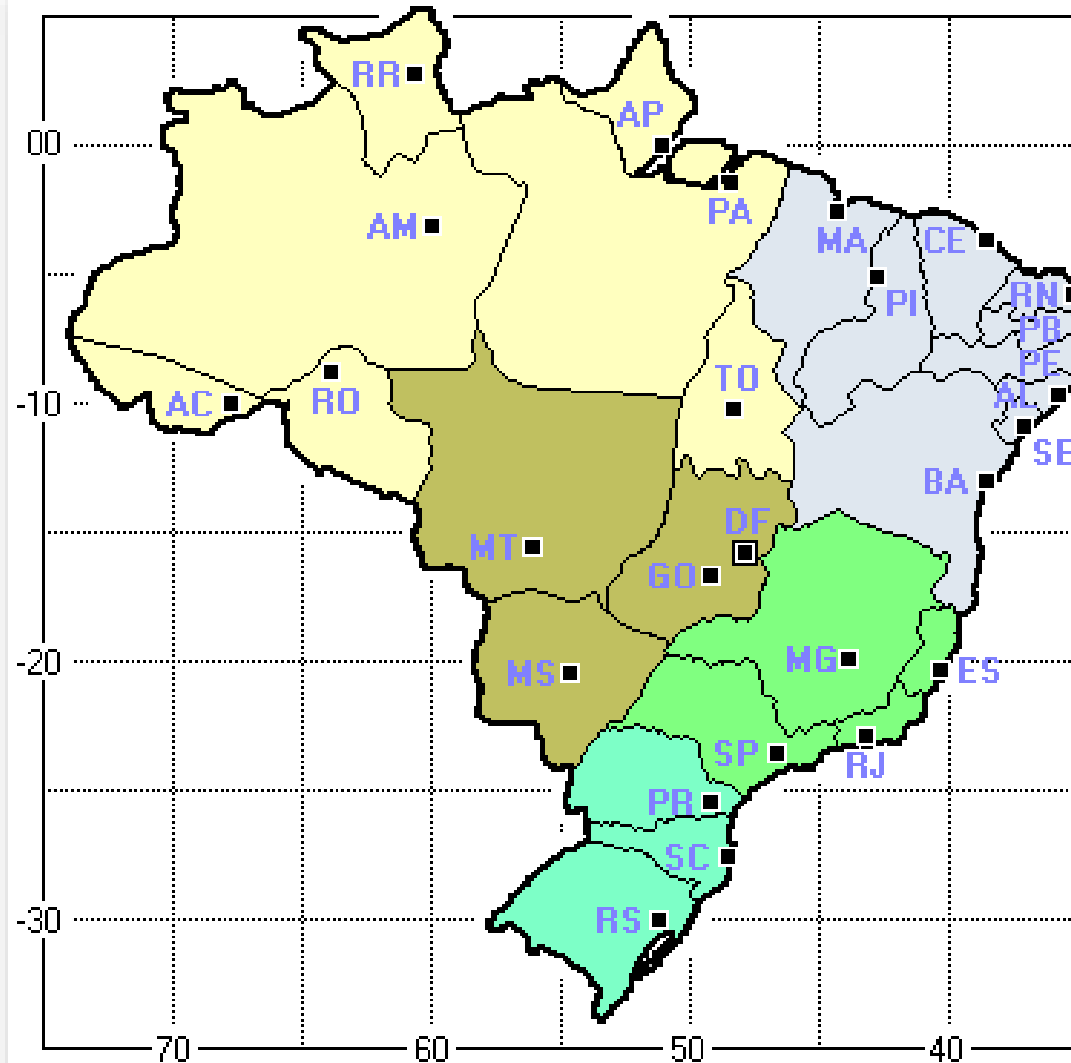
Hemisfério Sul





Latitudes

- Latitudes do Brasil:
 - Uiramutã (RR): $+04,59^\circ$ ($4,60^\circ\text{N}$);
 - Chuí (RS): $-33,69^\circ$ ($33,69^\circ\text{S}$)
- Outros exemplos:
 - Oiapoque (AP): $+03^\circ,85$;
 - Macapá (AP): $0,00^\circ$;
 - Petrolina (PE): $-09,39^\circ$;
 - Vitória da Conquista (BA): $-14,86^\circ$;
 - Campo Grande (MS): $-20,44^\circ$;
 - São Carlos (SP): $-22,02^\circ$;
 - São Paulo (SP): $-23,30^\circ$ (24°S);
 - Curitiba (PR): $-25,42^\circ$;
 - Santa Maria (RS): $-29,68^\circ$.



Trópico de Capricórnio



Clima

Tipos de céu

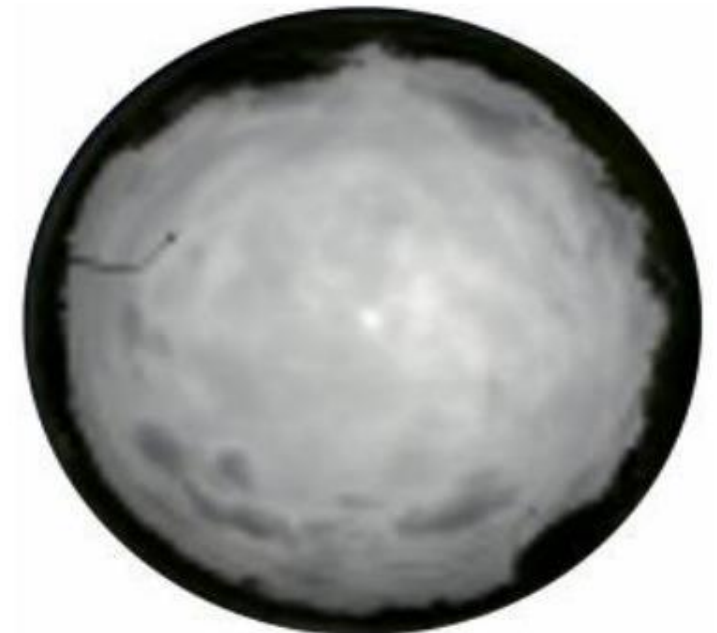
- Céu Claro - nuvens 0% a 25%
- Céu Parcialmente Encoberto - nuvens 25% a 75%
- Céu Encoberto – nuvens 75% a 100%



Céu Claro



Céu Parcialmente Encoberto



Céu Encoberto



Qualidade do ar





Características do entorno





Características do entorno

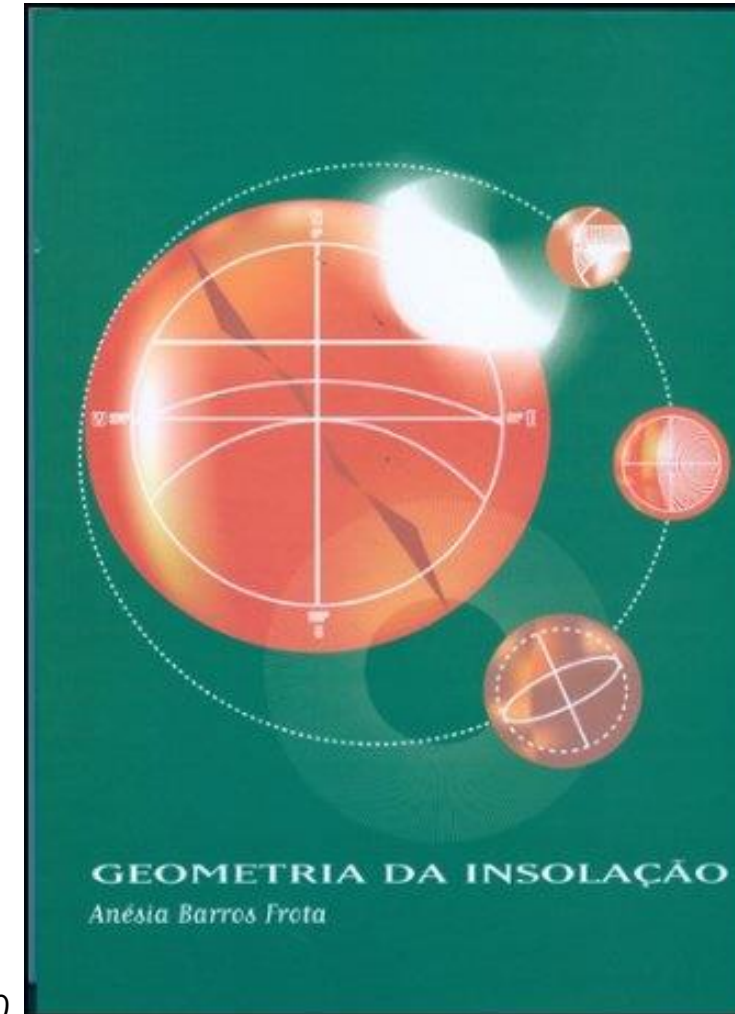




RECAPITULANDO ...

UTILIZAÇÃO DAS CARTAS SOLARES

- Determinação de períodos de insolação de fachadas (orientação dos cômodos e das aberturas);
- Determinação da posição do sol (penetração de sol pelas aberturas e traçado de sombras);
- Mascaramento – impacto do entorno em projetos
- Desenho das proteções solares – dimensionamento



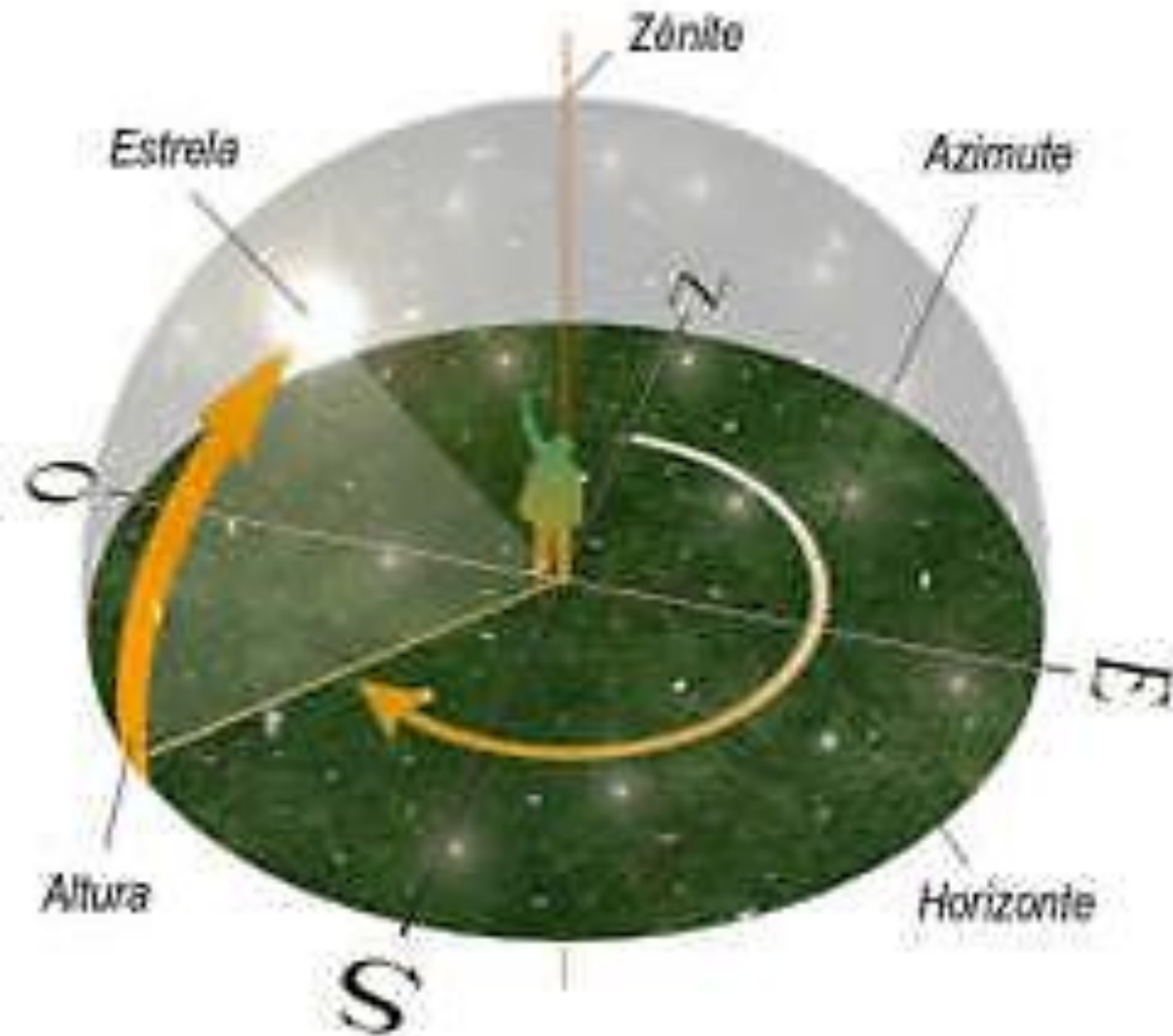
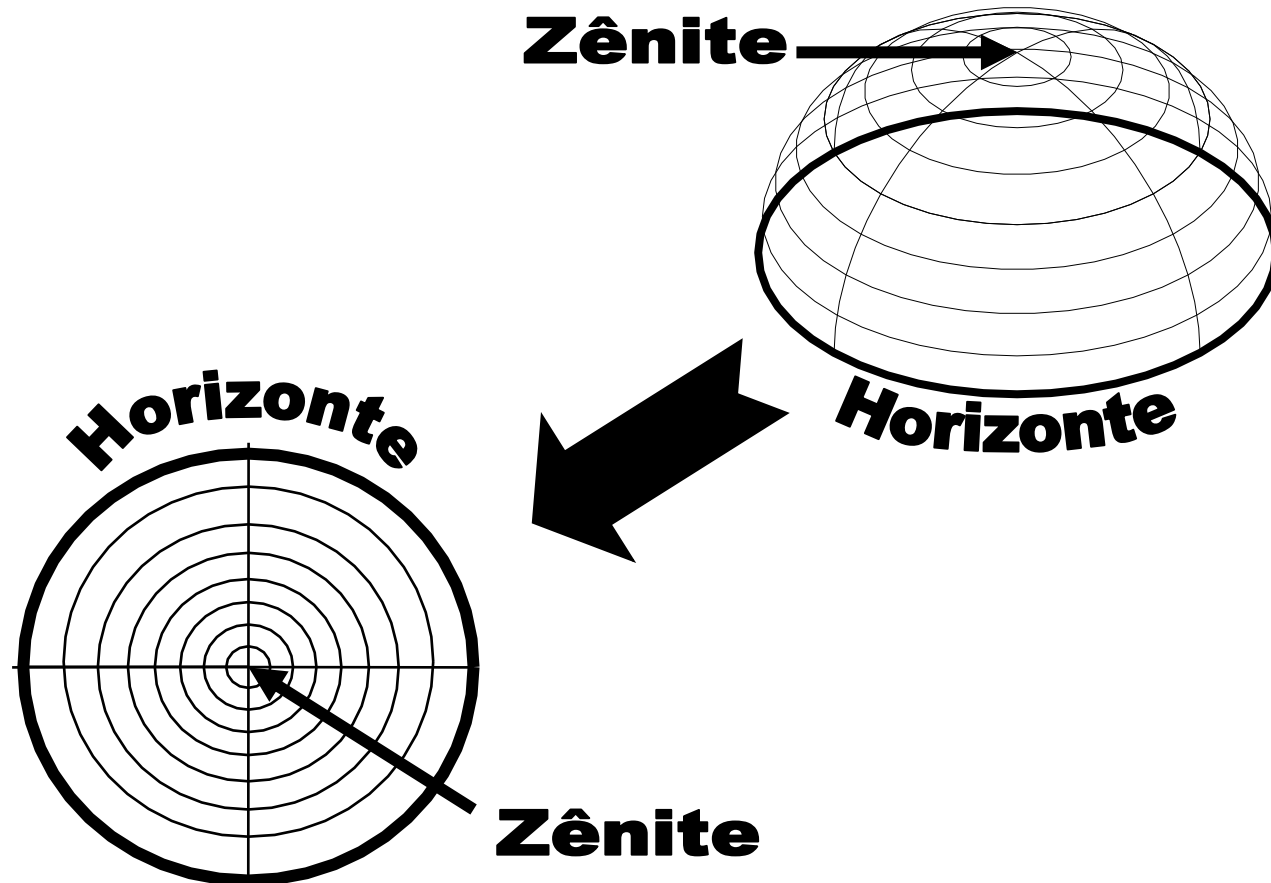
BITTENCOURT, Leonardo. **Uso das cartas solares. Diretrizes para Arquitetos.** Maceió: EDUFAL, 1990.

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

FROTA, Anésia, SCHIFFER, Sueli. **Manual de Conforto Térmico.** São Paulo: Nobel, 1987.



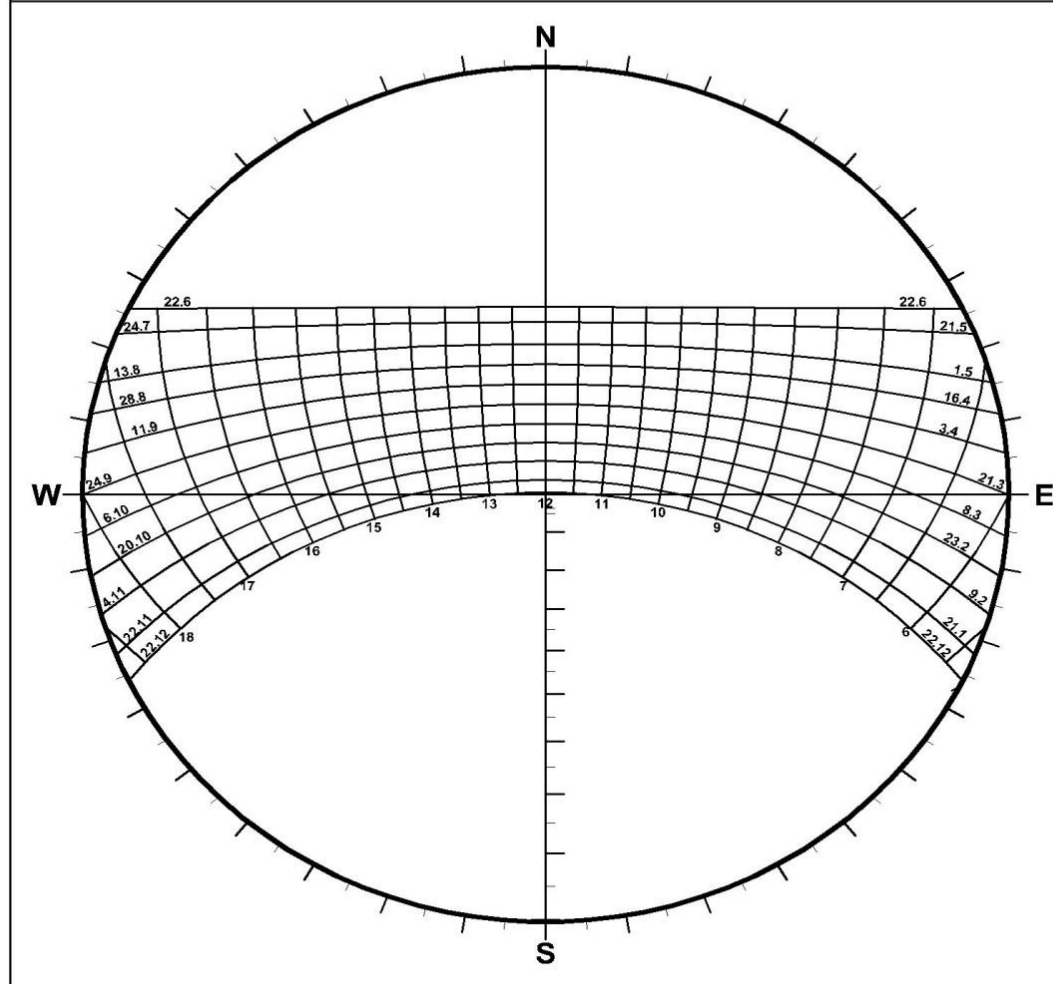
PROJEÇÃO ESTEREOGRÁFICA



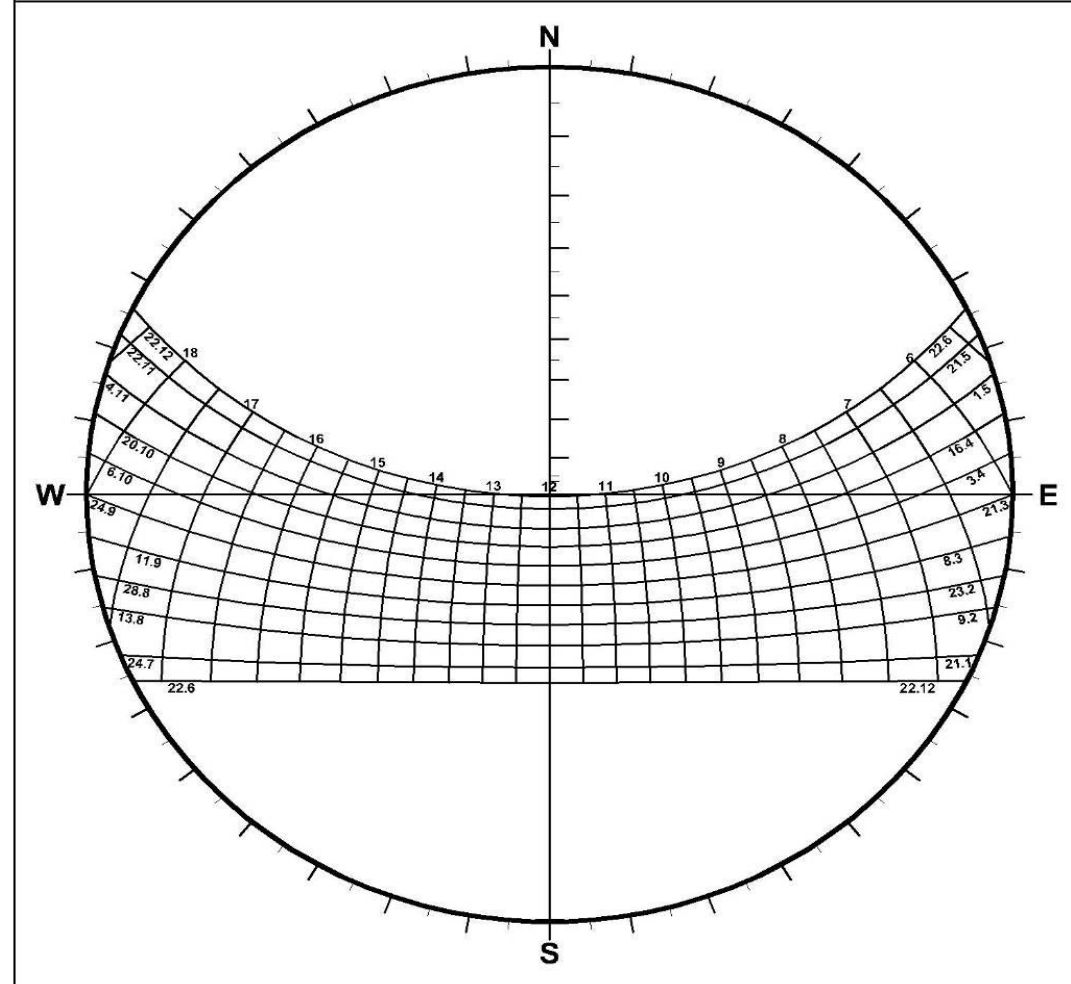


Carta solar

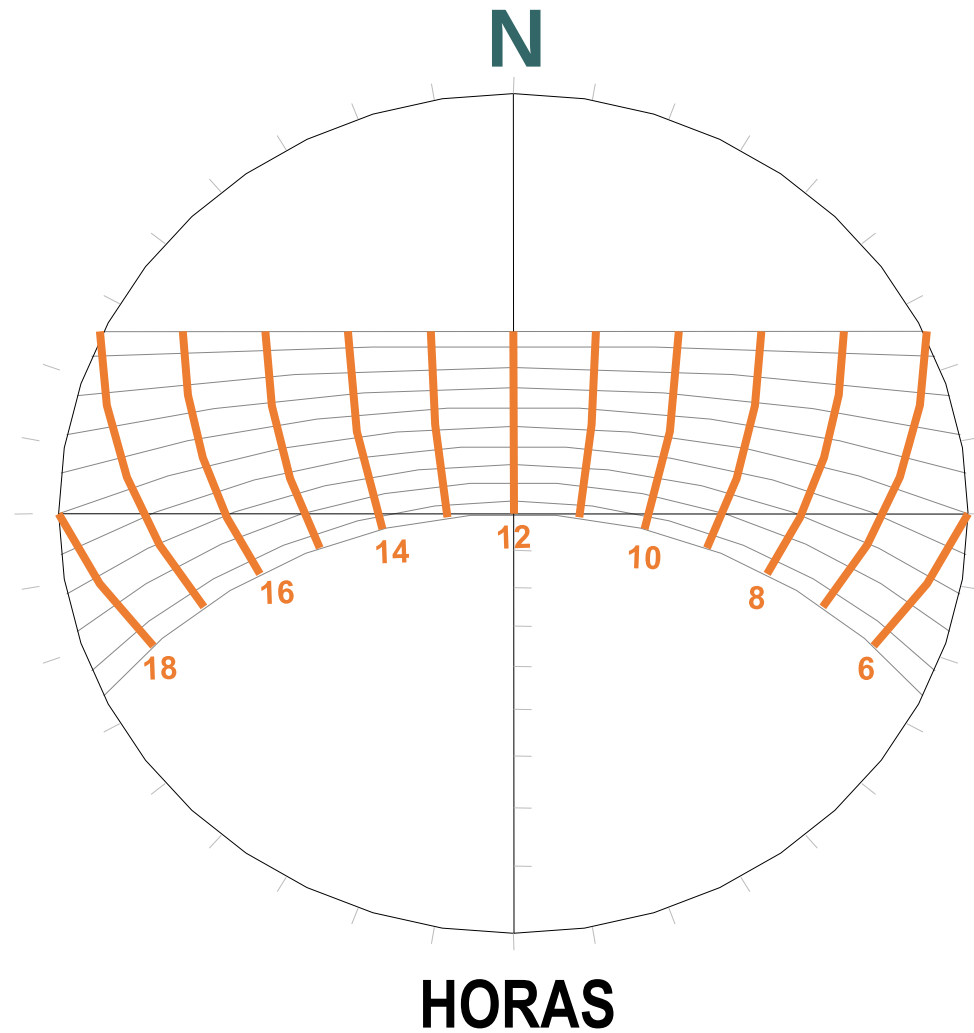
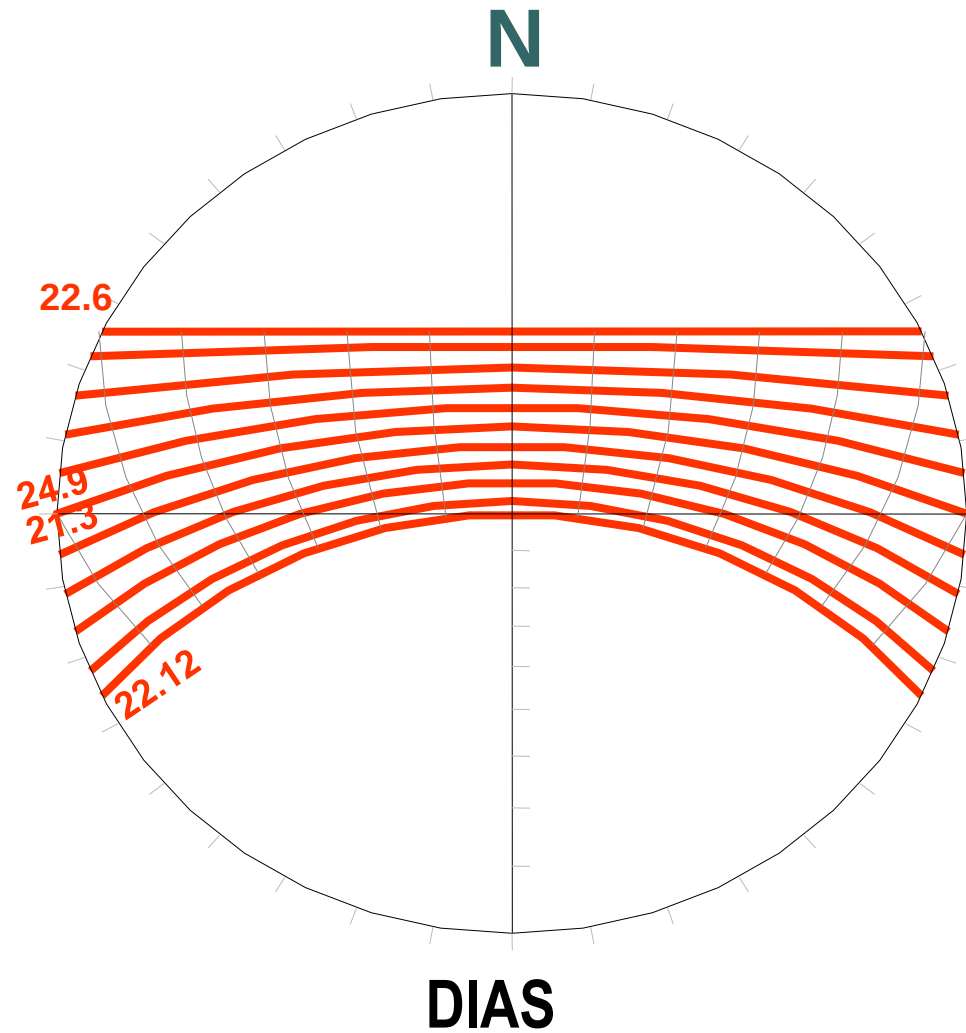
Latitude 24° Sul

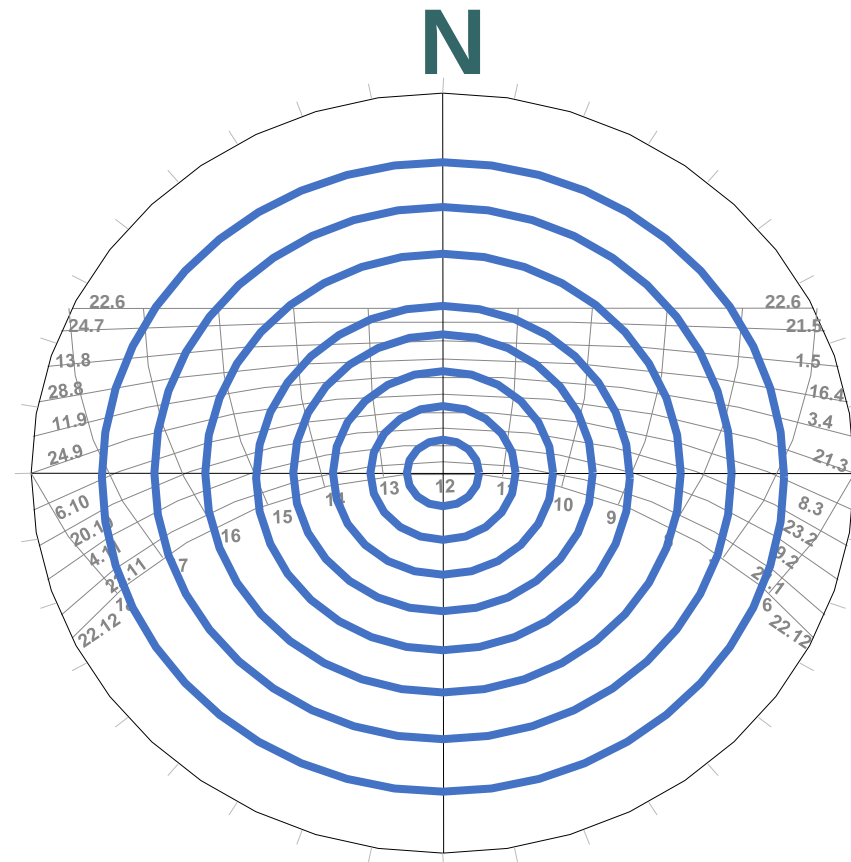
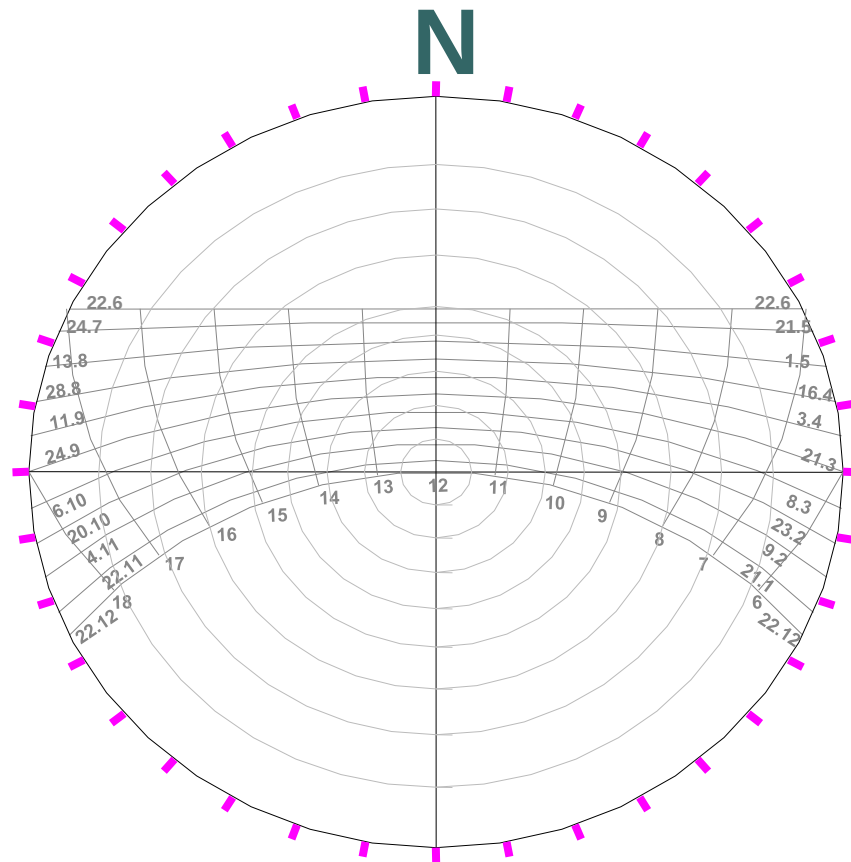


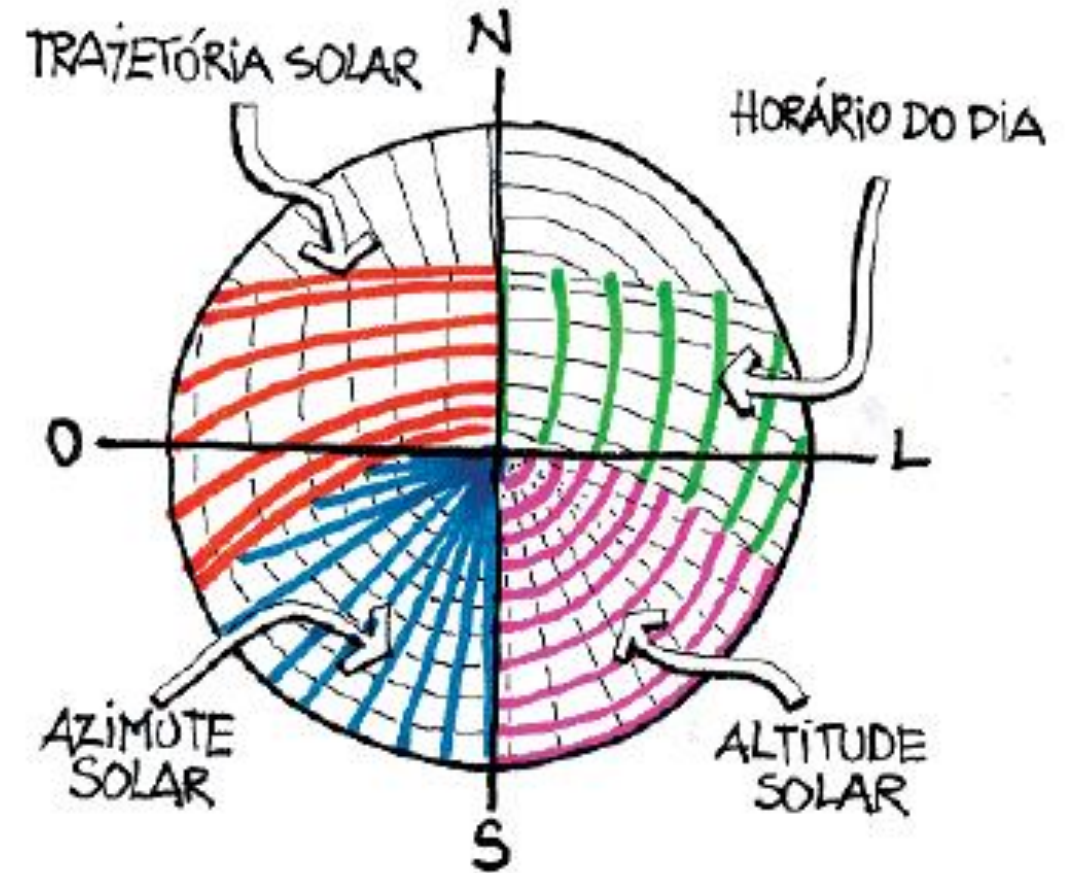
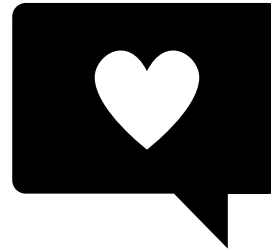
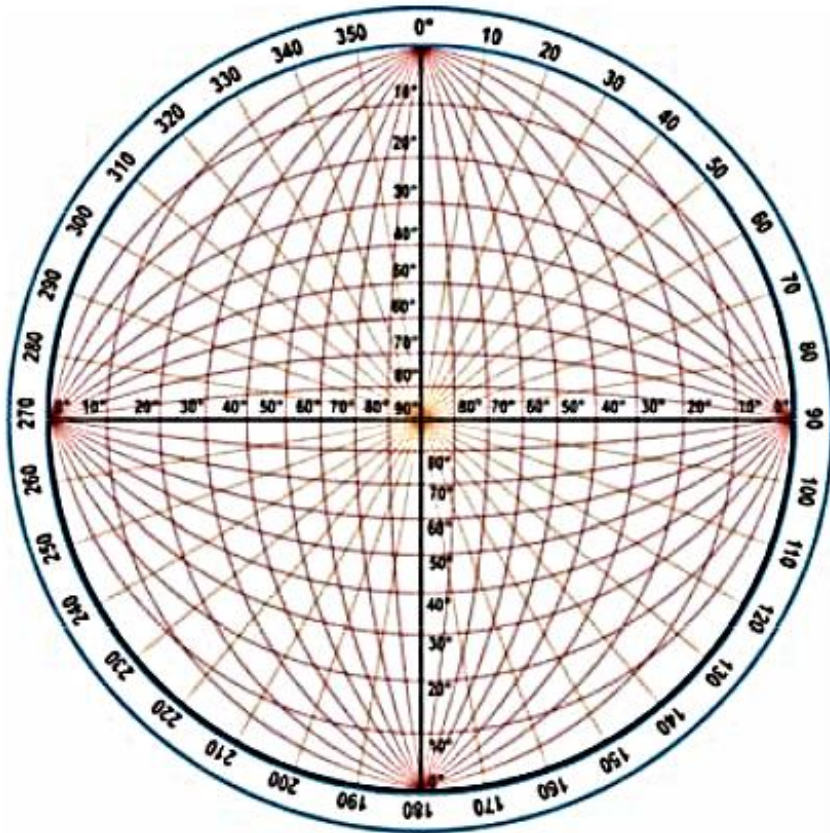
Latitude 24° Norte



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









Fachada SUL

Solstício de verão

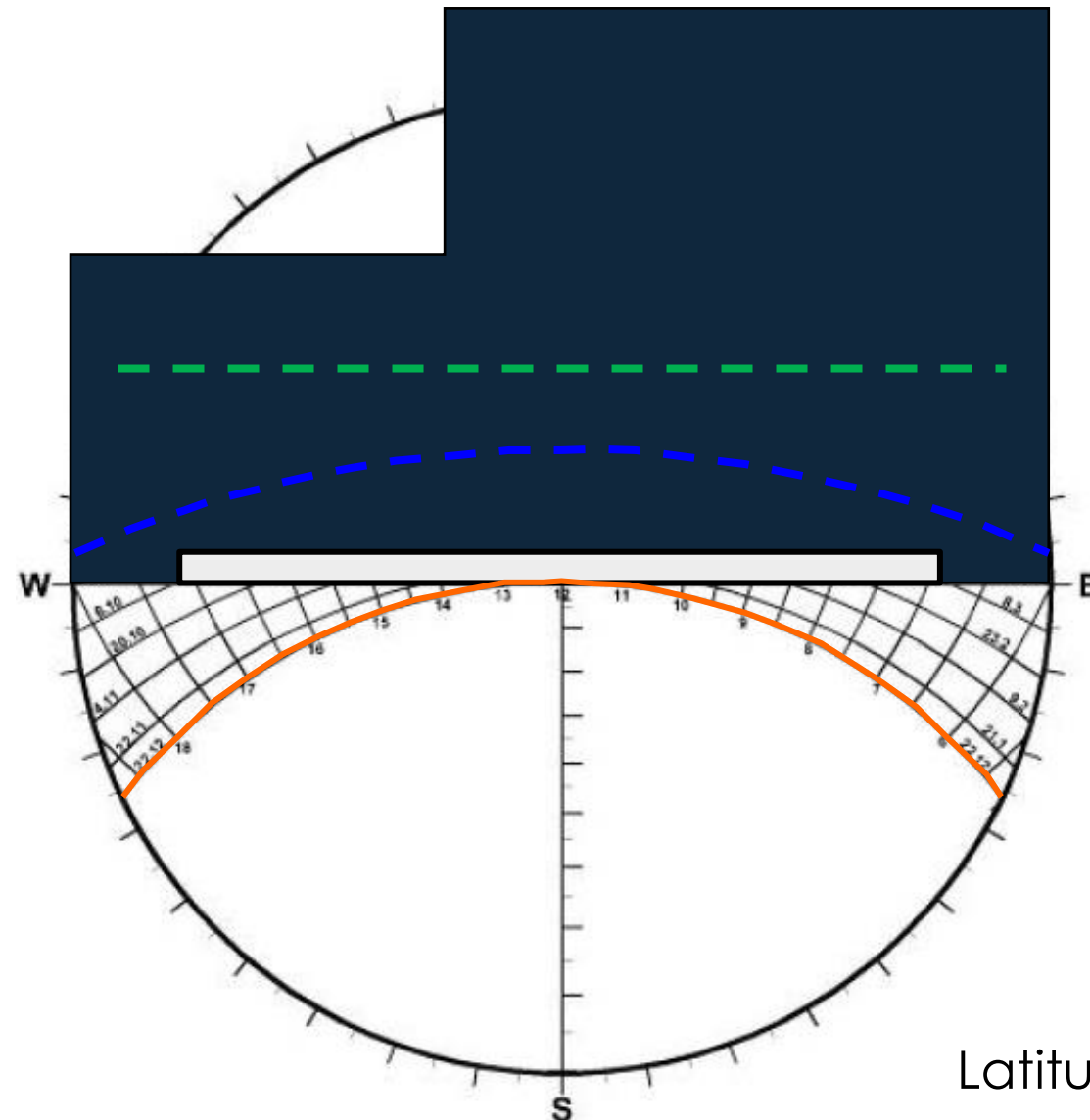
5h20 - 18h40

Equinócios

Não há incidência
solar

Solstício de inverno

Não há incidência
solar

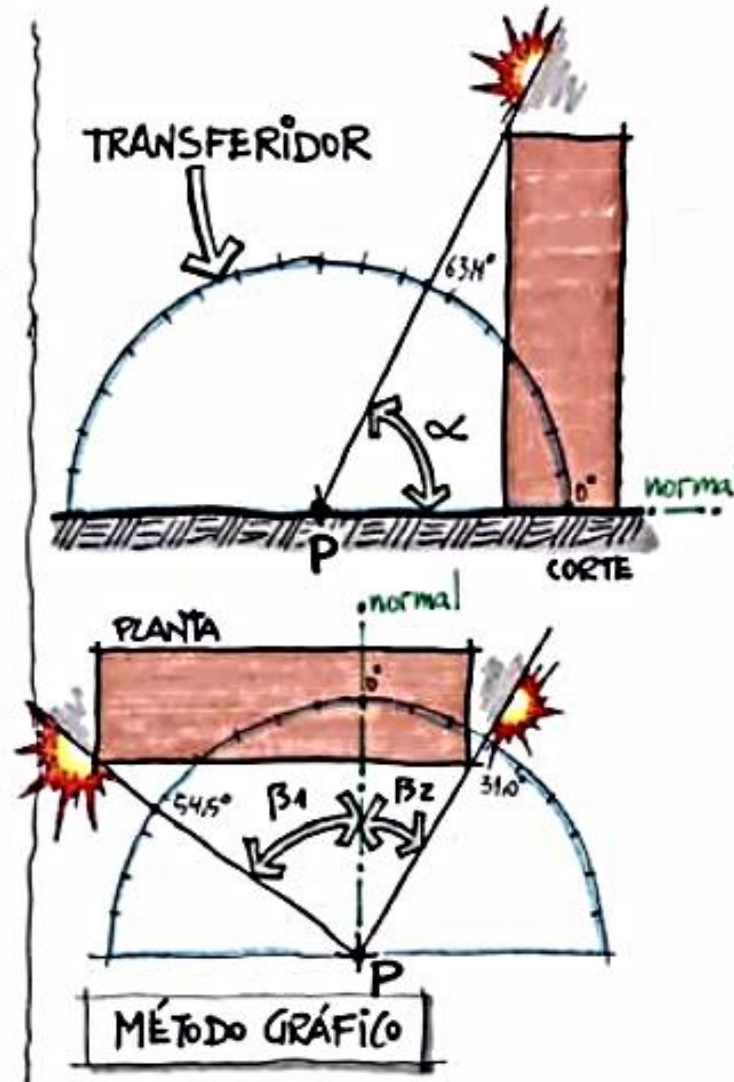


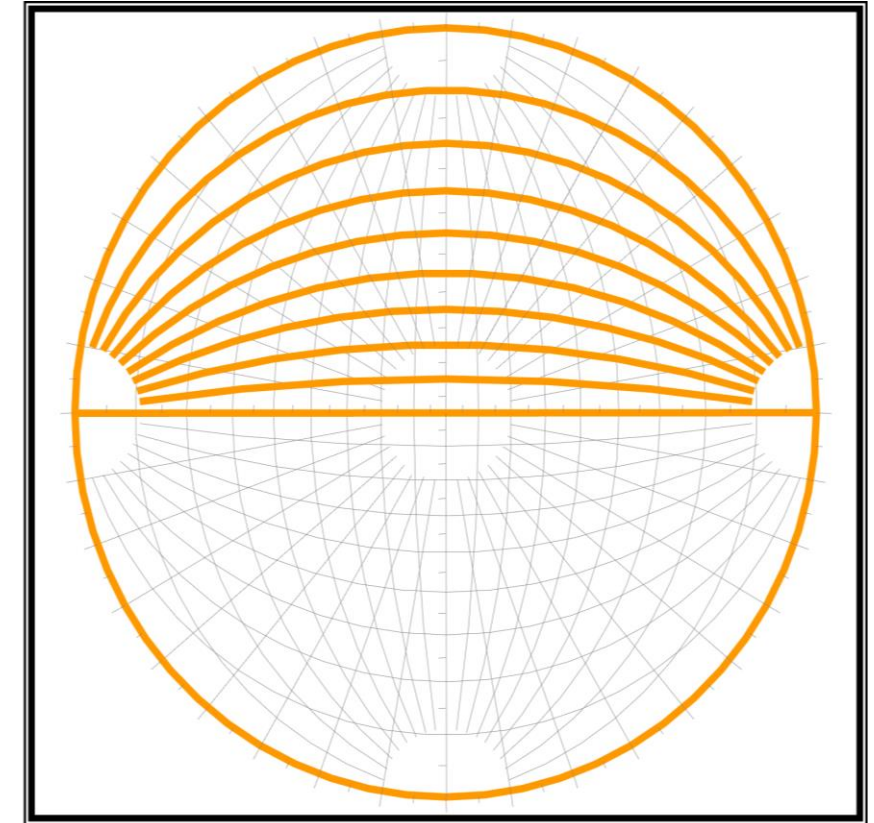
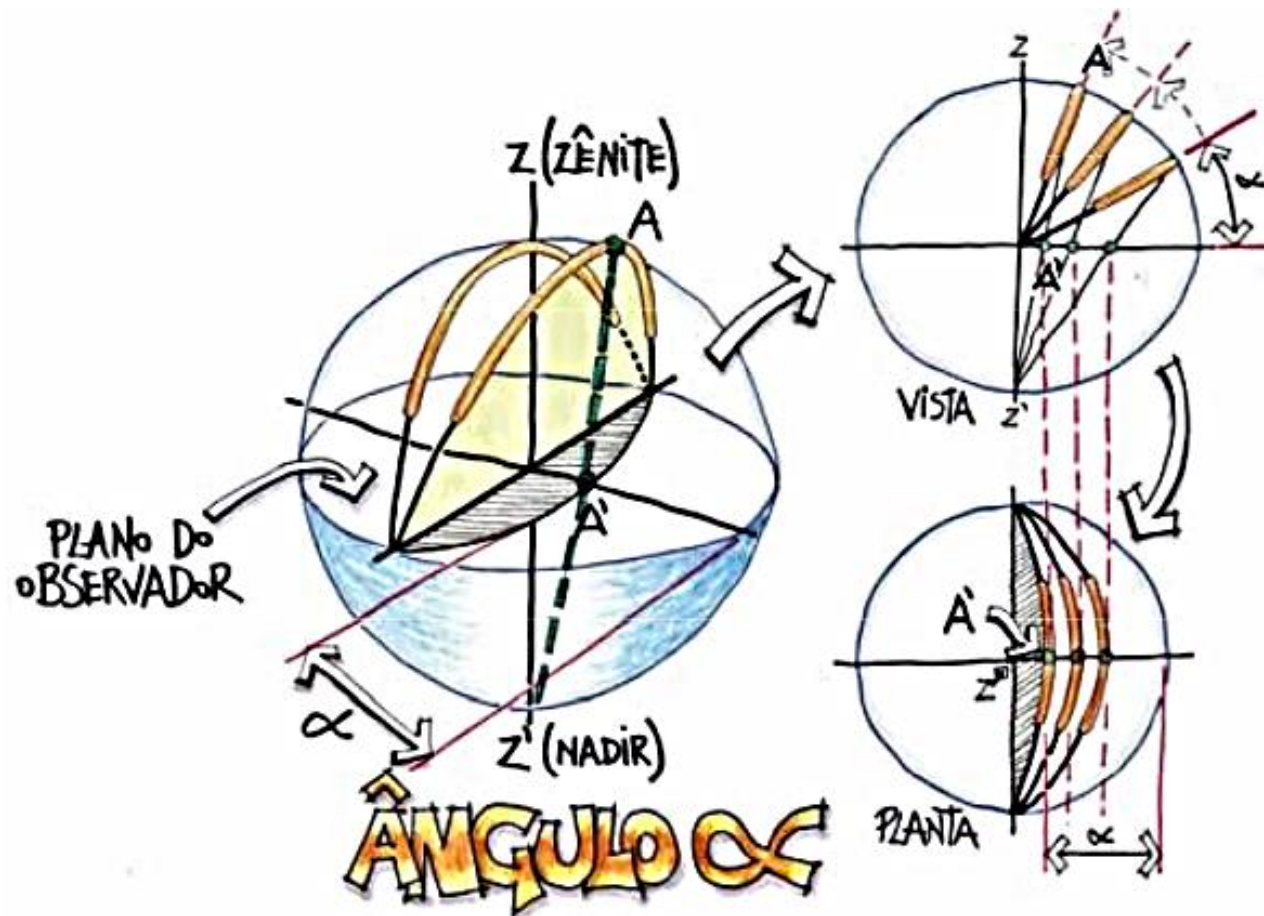
Latitude 24° Sul



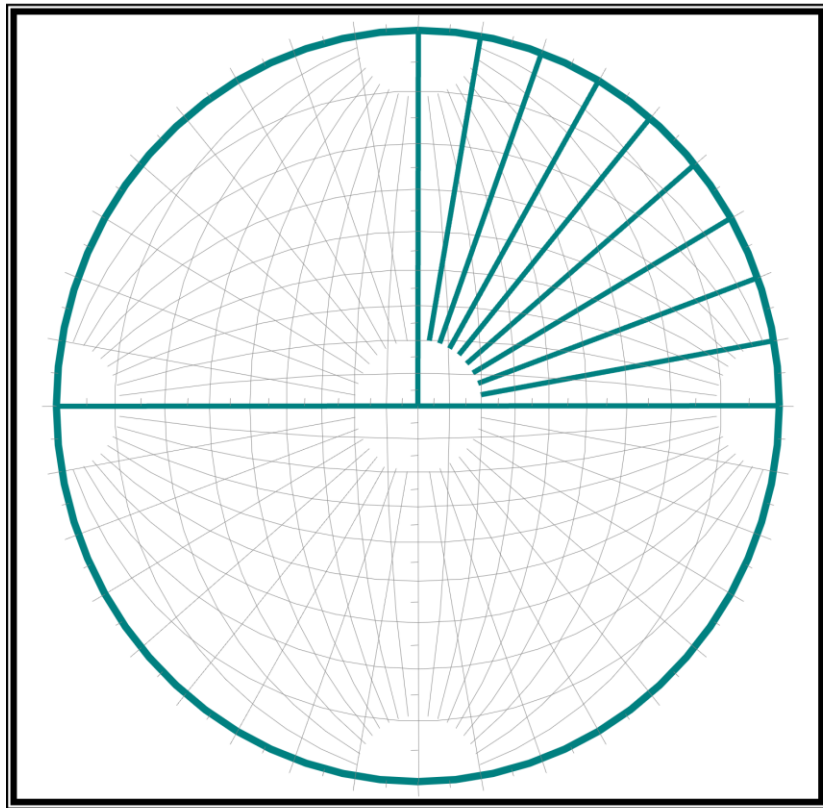


Relembrando...

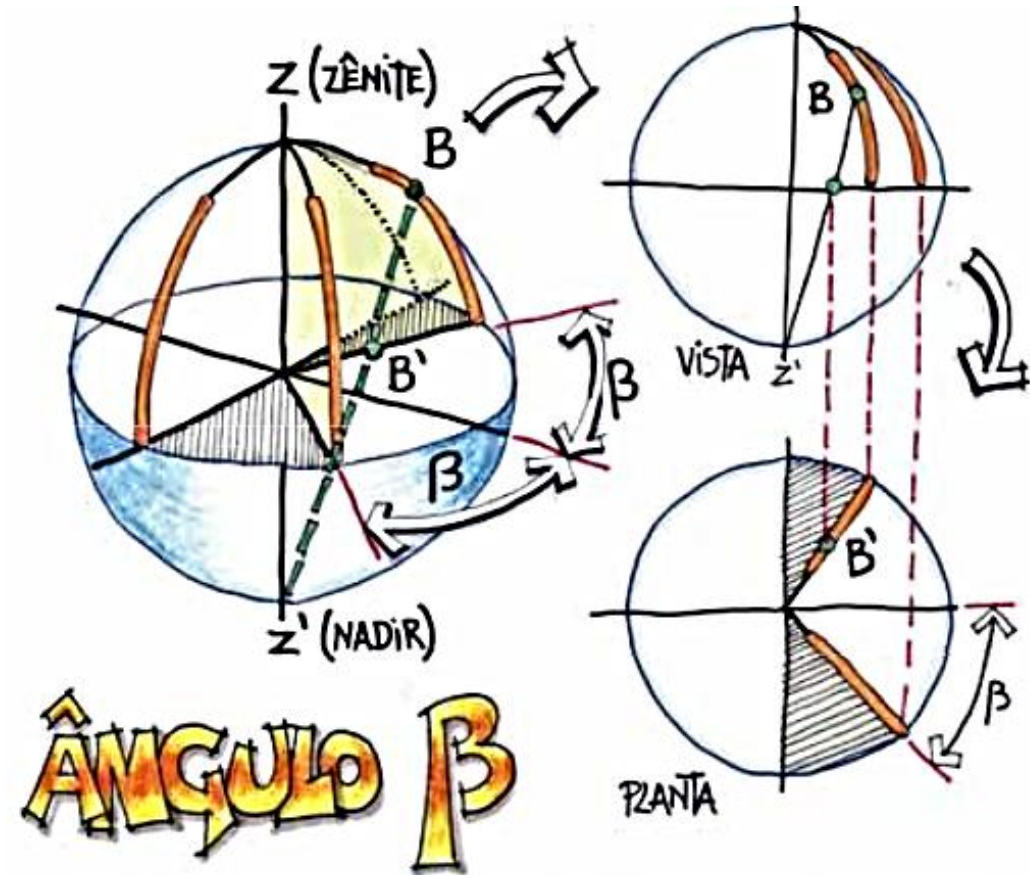




Ângulos α Linhas horizontais

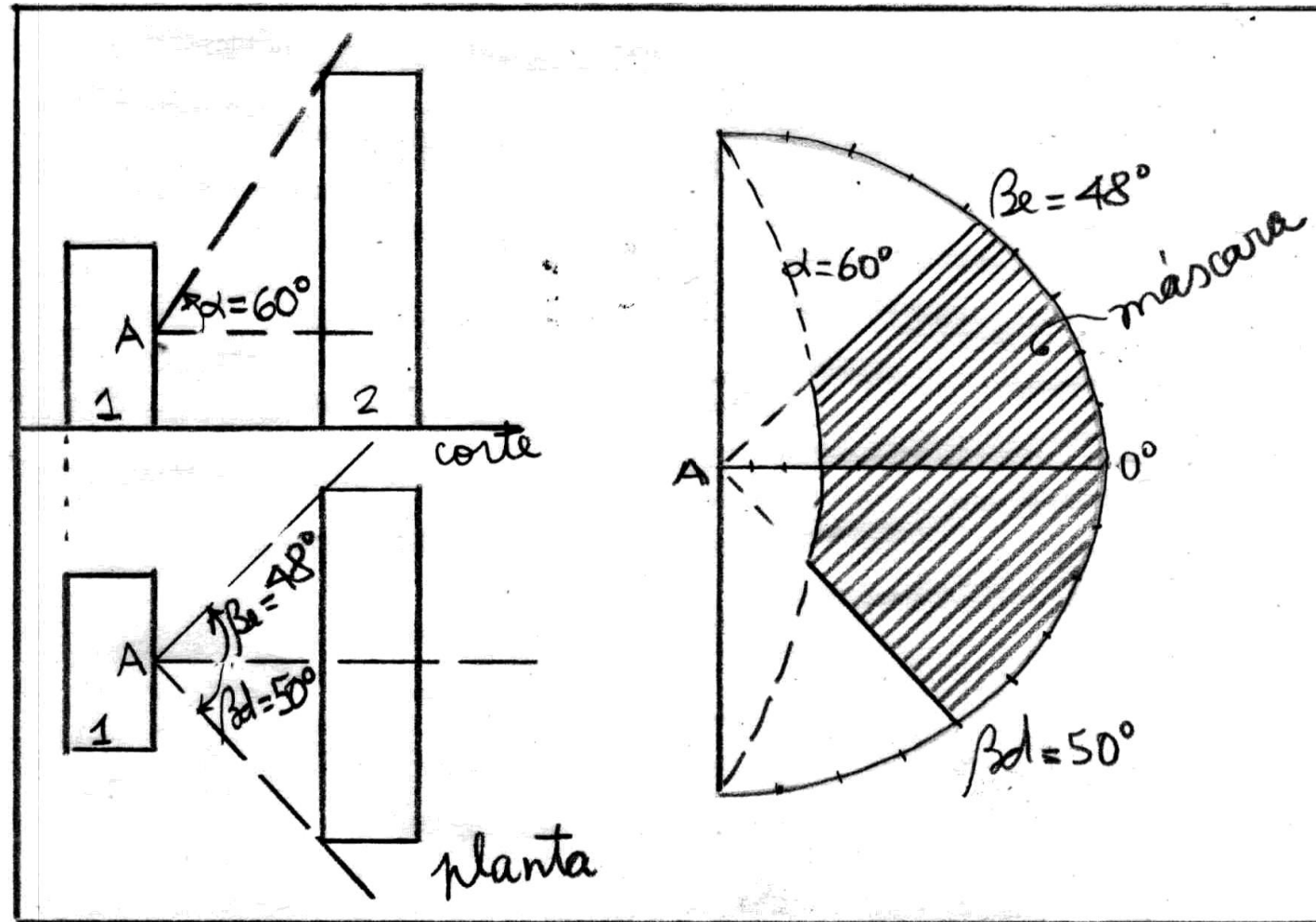


Ângulos β Linhas verticais



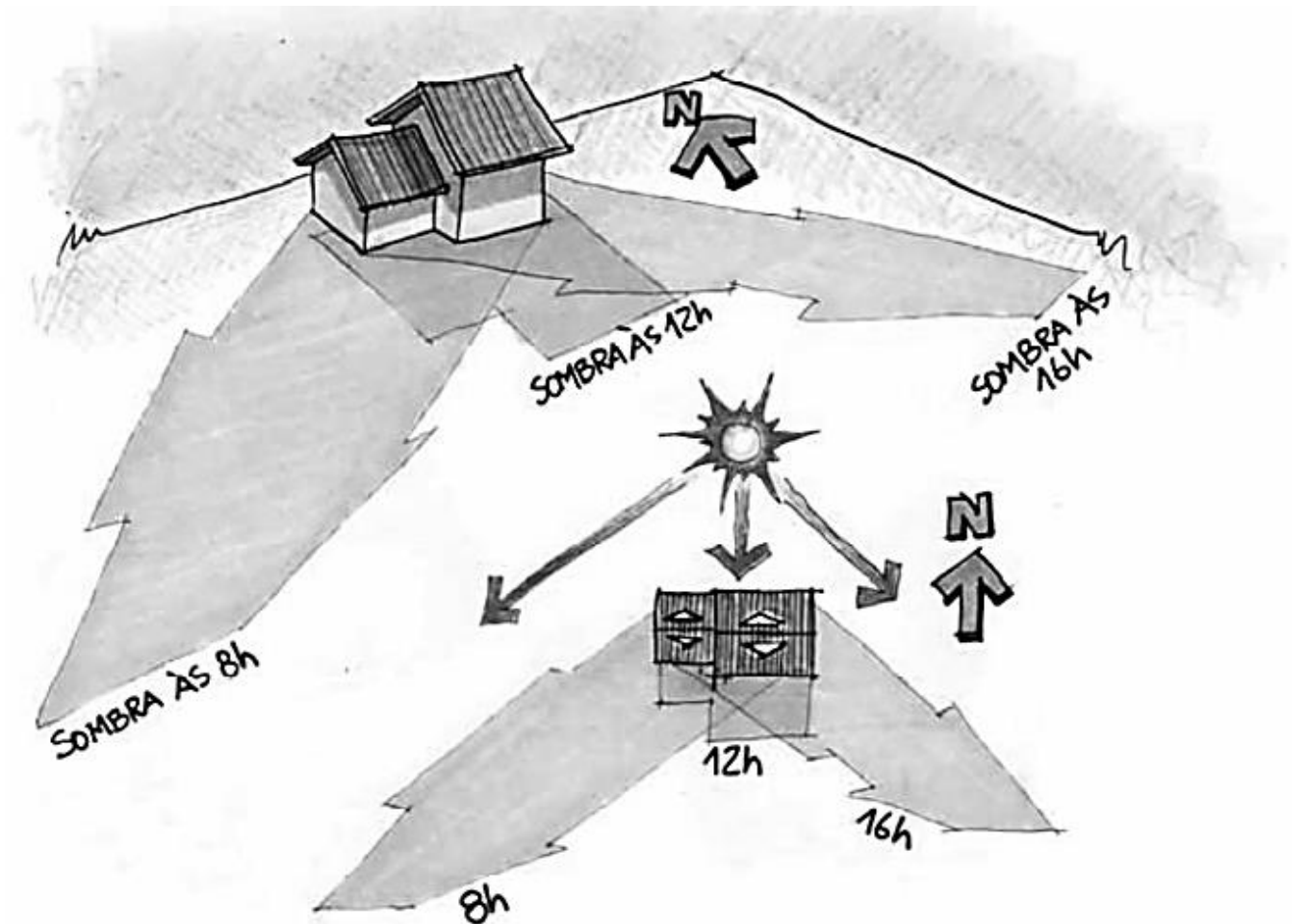


TRAÇADO DE MÁSCARAS DE OBSTRUÇÕES EXTERNAS





sombra

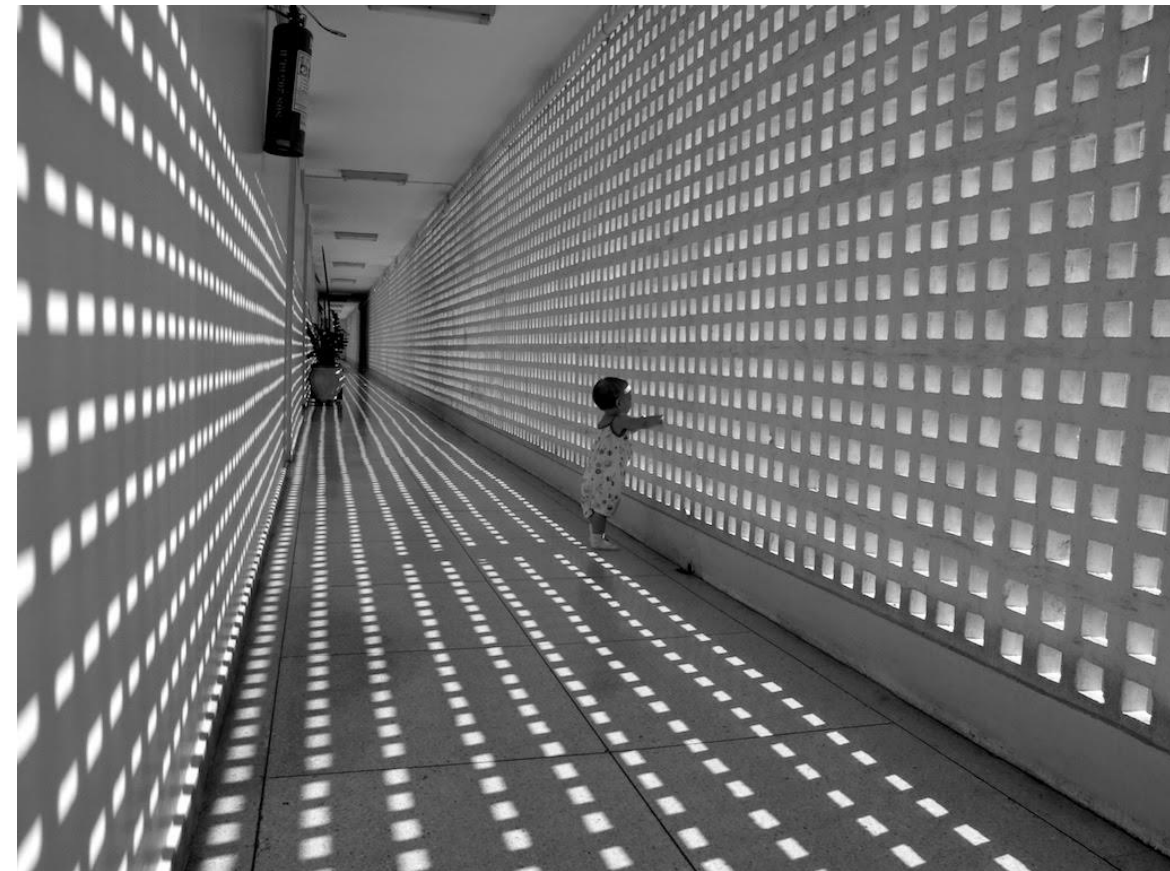
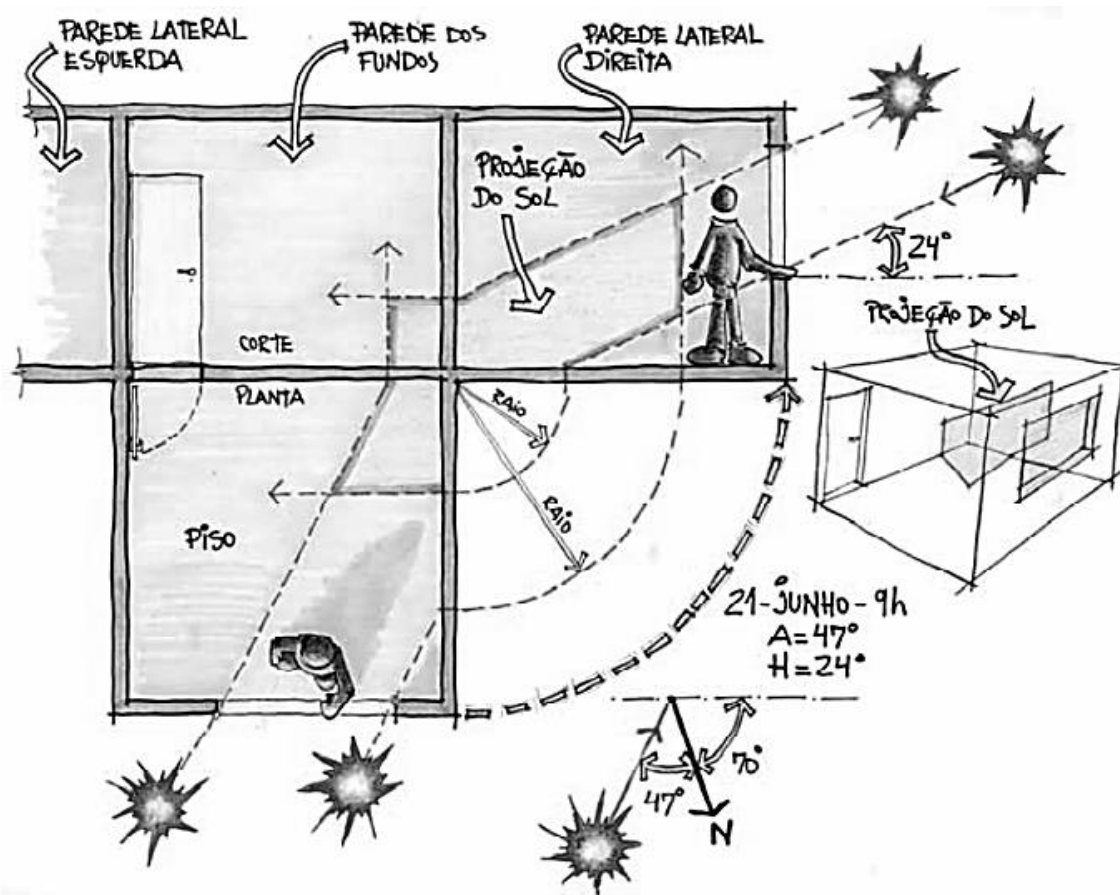


depende da posição do sol

varia ao longo do dia e do ano



penetração solar





Brise-soleil (francês) = quebra-sol



Dispositivo arquitetônico, formado por uma ou mais lâminas externas à edificação, que têm a função principal de controlar a incidência de radiação solar na edificação.

EXTERNO, INTERMEDIÁRIO OU INTERNO. Podem ser **FIXOS** ou **MÓVEIS**.

Materiais usuais são: madeira, concreto armado, concreto celular, fibrocimento, aço, alumínio, vidro e policarbonato.



FUNÇÃO: Sombrear

- Reduzir a incidência solar;
- Proporcionar melhores condições de temperatura e controle da incidência de luz solar.



- Recurso para controle dos ganhos solares;
 - Uso adequado da luz solar;
- Significativo resultado estético.

SE BEM ESTUDADO...



a) eficiência

d) luminosidade

g) durabilidade

b) plasticidade

e) ventilação

h) custos

c) privacidade

f) visibilidade

j) manutenção

COMBINAÇÃO: Indicará a solução mais adequada para cada caso.

1º Passo: Estudar a insolação em cada fachada da edificação;

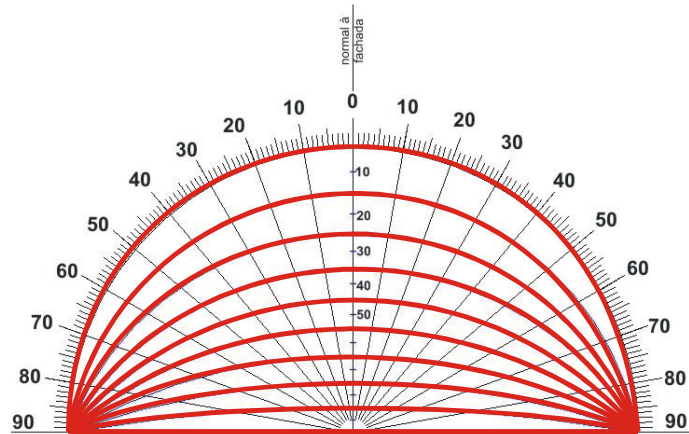
2º Passo: Definir qual o horário e período que se quer proteger;

3º Passo: Definir as máscaras de sombra.

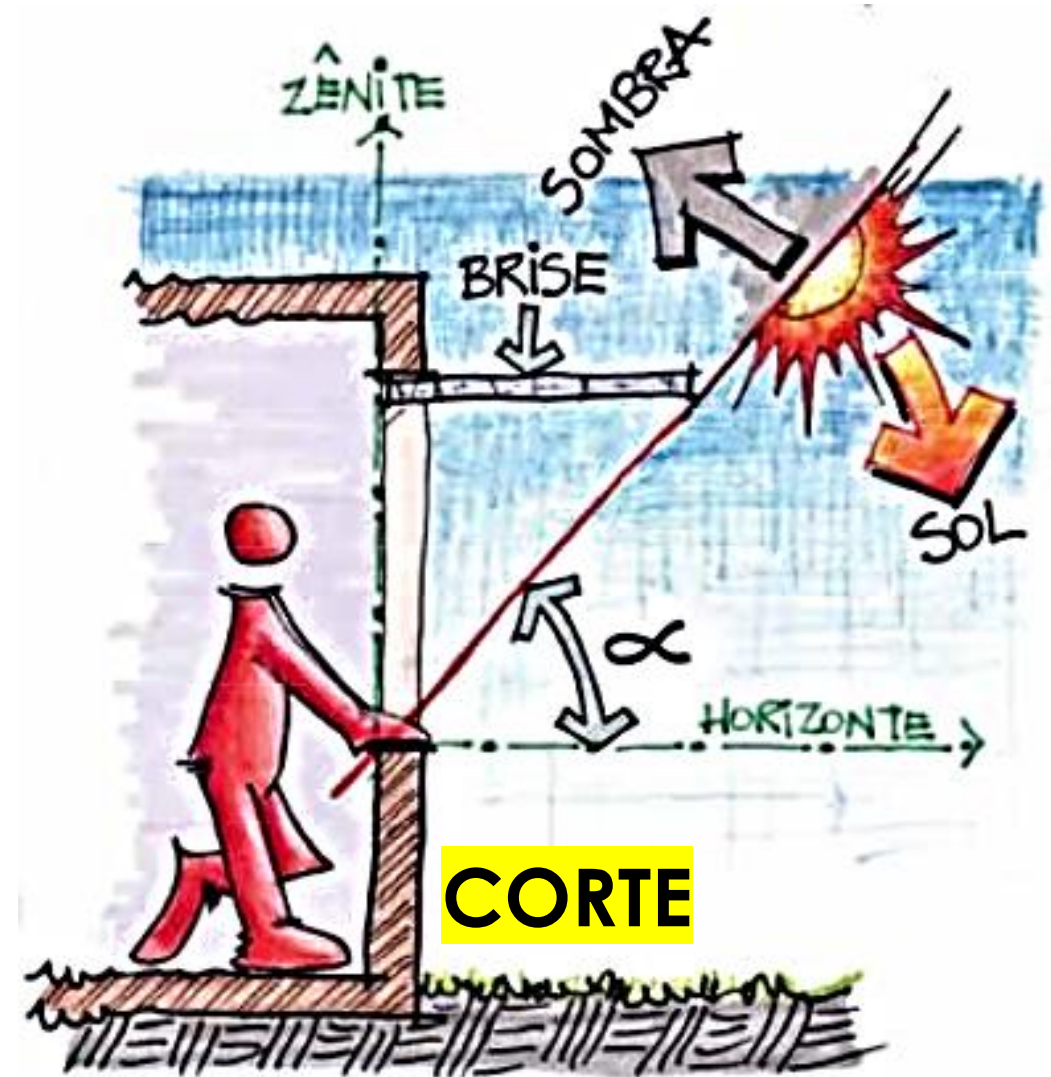
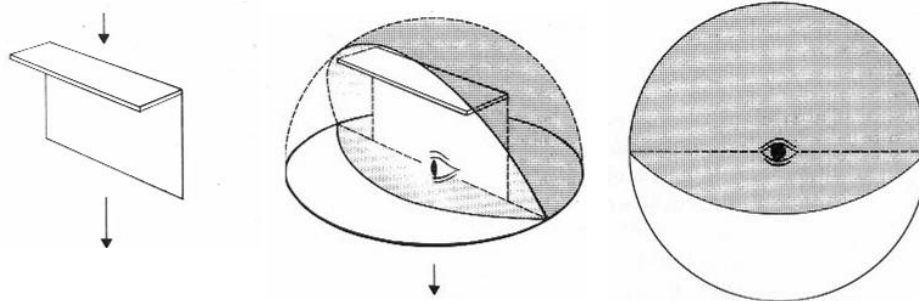
PASSOS...



Ângulos de sombra: α , β e γ .

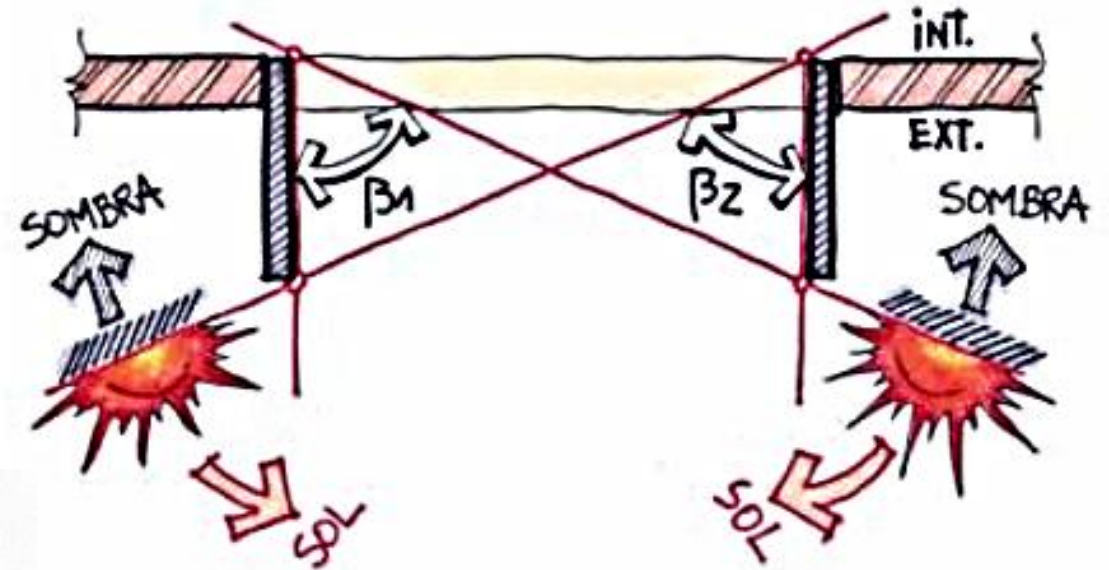
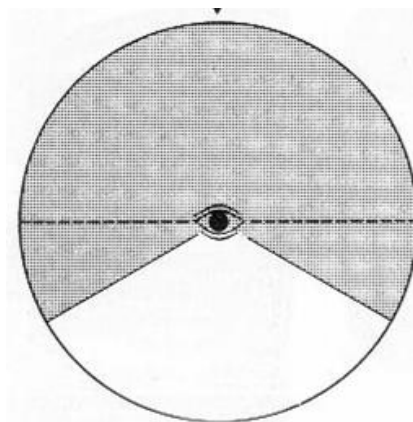
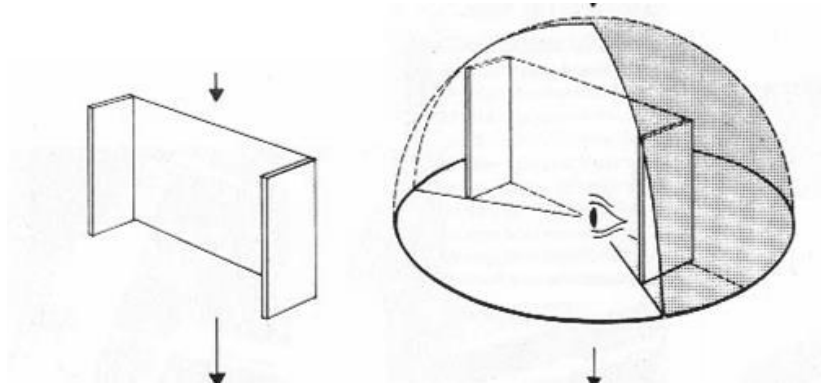
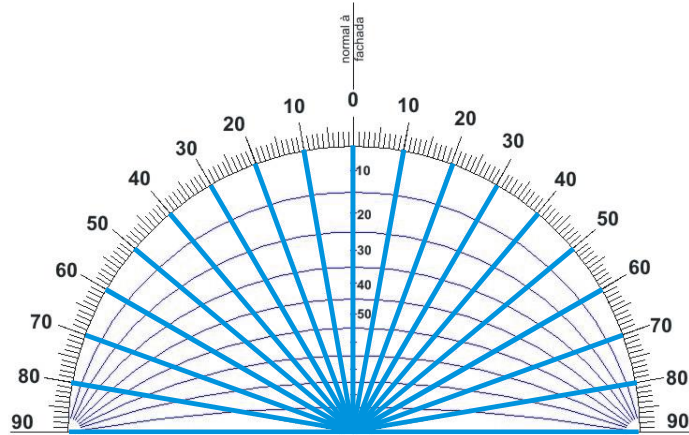


α

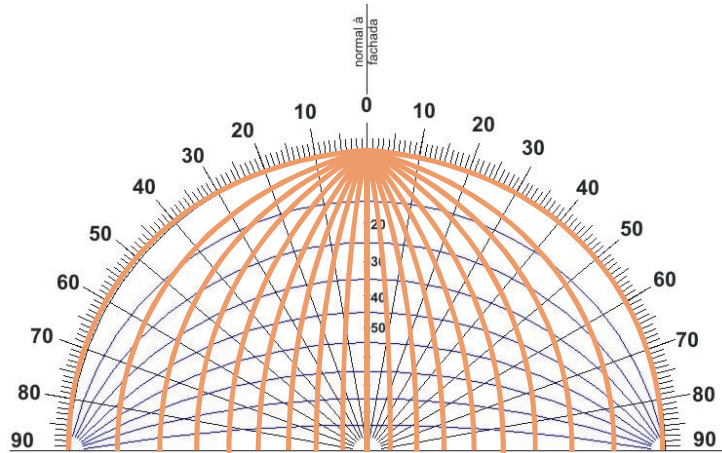




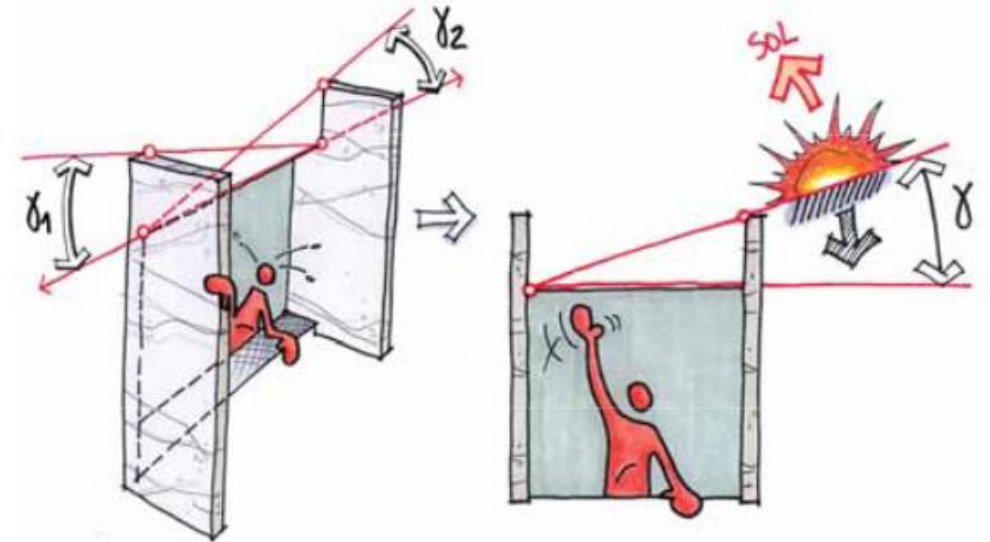
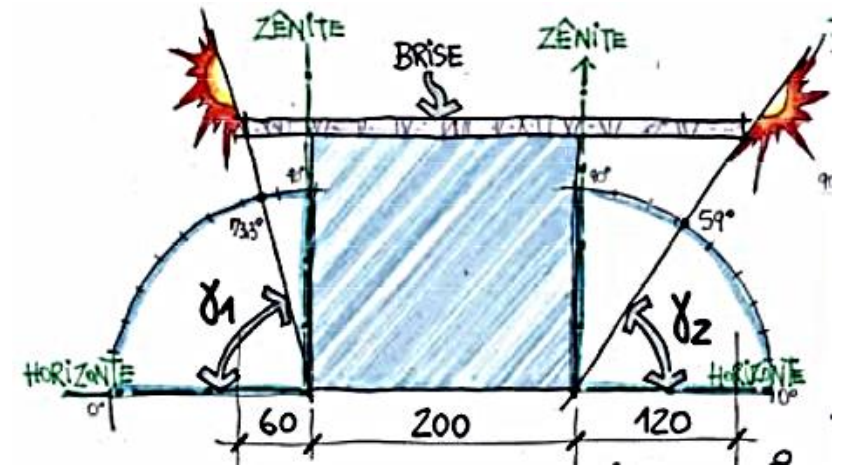
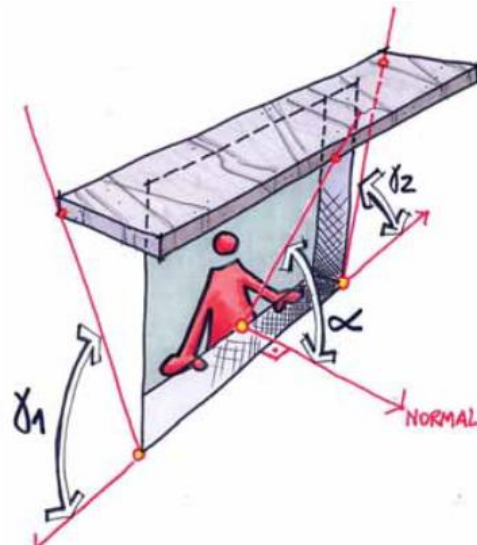
β



PLANTA



γ



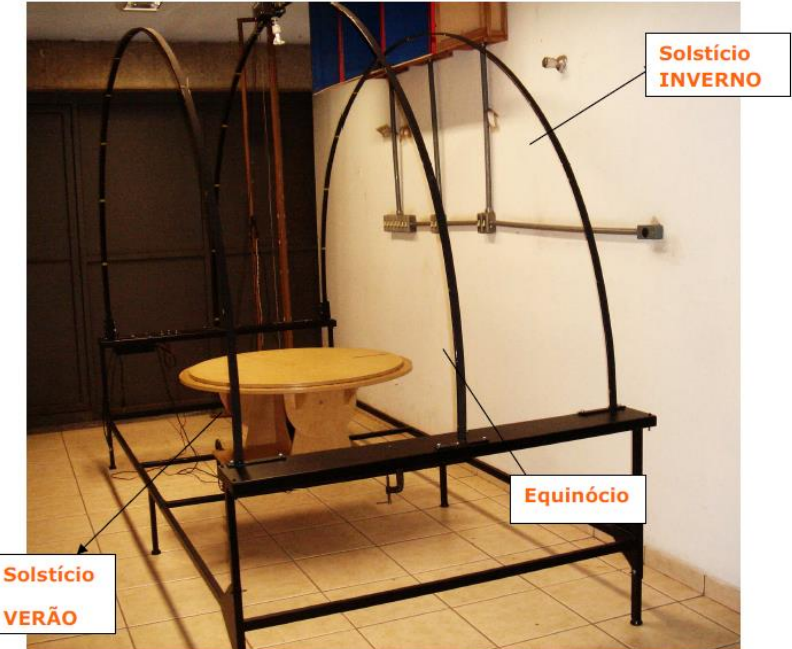
ELEVAÇÃO



HELIODON DE ARCO
FAUUSP



HELIODON DE RÉGUA
FAUUSP



Solstício
VERÃO

Equinócio

Solstício
INVERNO

Para latitude SUL

HELIODON DE ARCO
IAUUSP
Foto de Rosilene Regolão

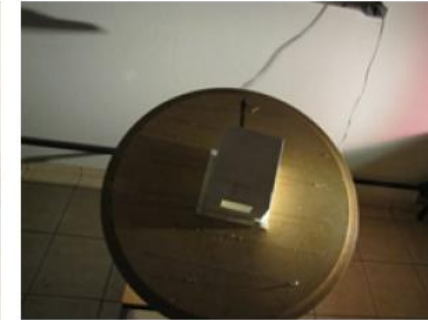


Verão

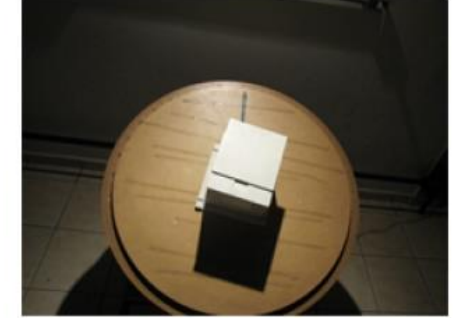
Primavera / Outono

Inverno

6h



12h



18h

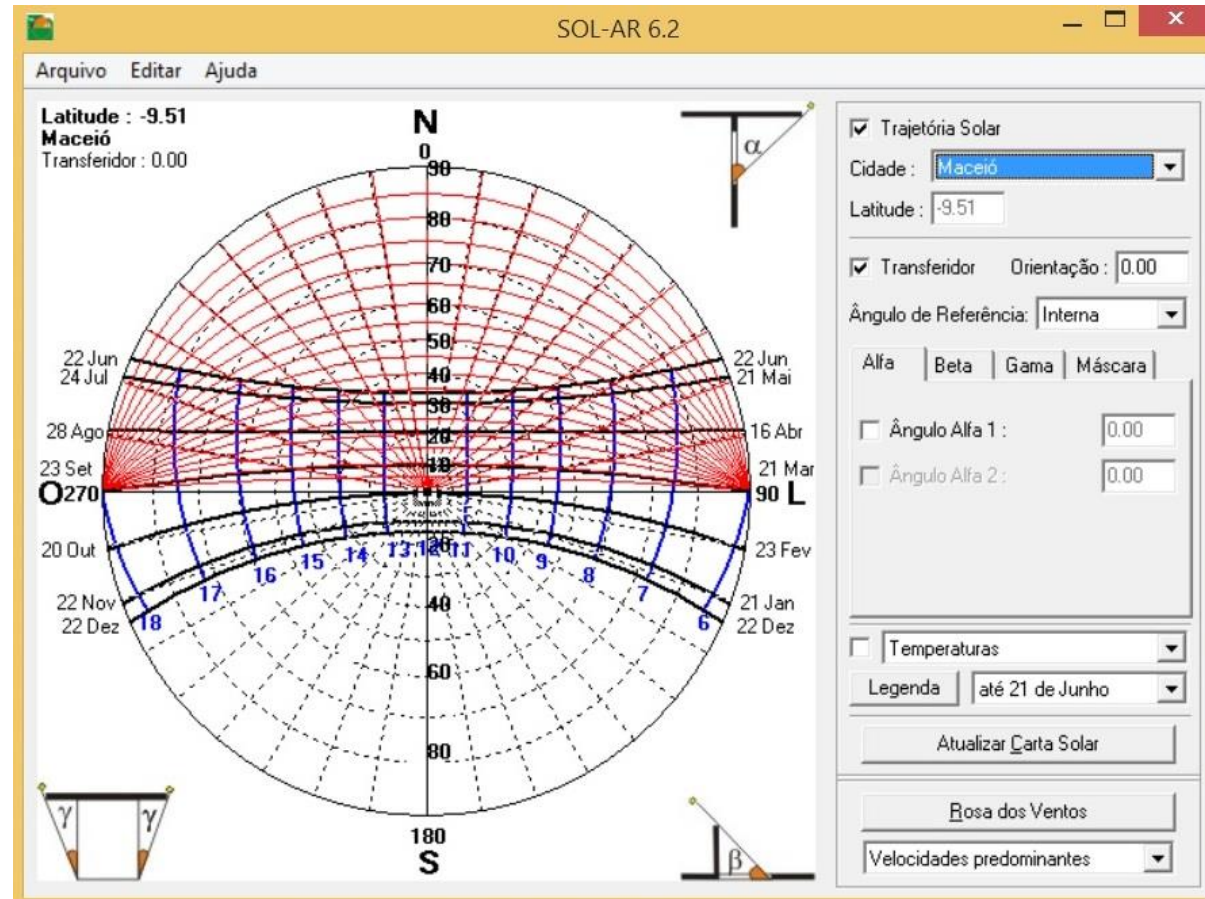


Ensaio - Heliodon
Foto de Marieli Lukiantchuki



o sol nas edificações

[Analysis SOL-AR | Laboratório de Eficiência Energética em Edificações \(ufsc.br\)](#)



ARQSOLAR: Uma Ferramenta Android®
para o estudo das Cartas Solares

POSIÇÃO DO SOL

CARTA SOLAR

INSOLAÇÃO NAS FACHADAS

ÂNGULOS DE PROTEÇÃO



Google Play



analisar a influência do sol
nas edificações agora na
palma da sua mão.

Fonte: Prof. Dr. Fernando Sá Cavalcanti



Fonte: Prof. Dr. Fernando Sá Cavalcanti

ARQSOLAR

ArqSolar



Latitude = 23,5°
Fachada = 45°

Latitude:
9.41

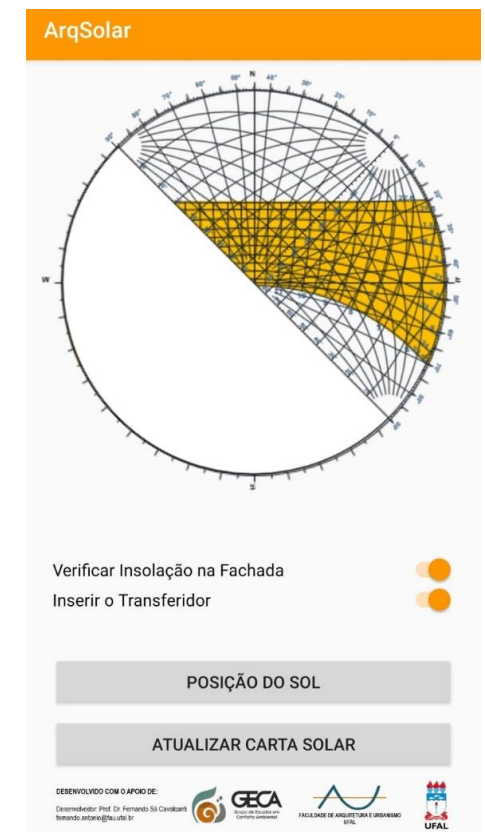
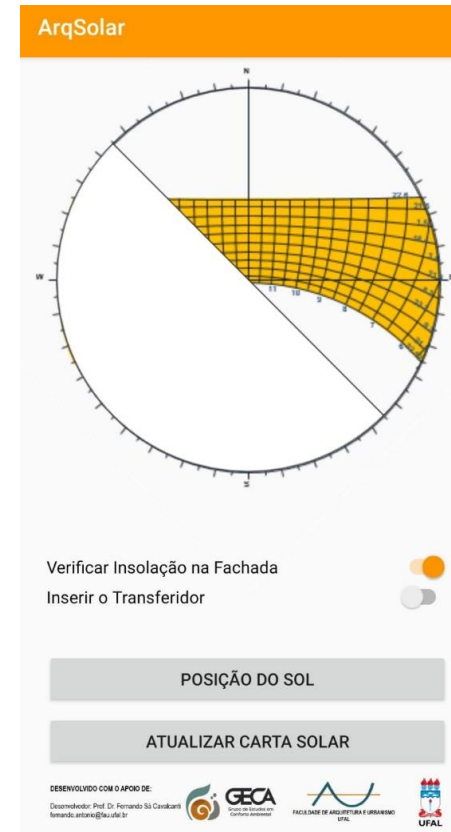
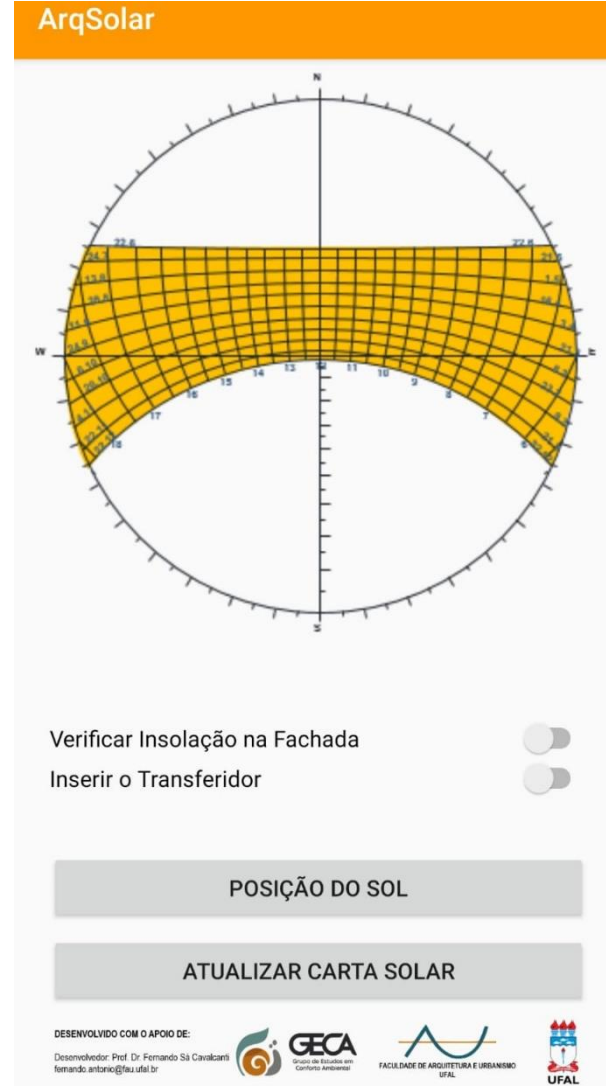
Orientação da Fachada:
U

☐ Norte
☒ Sul

POSICÃO DO SOL

ATUALIZAR CARTA SOLAR

DESENVOLVIDO COM O APOIO DE:





10:54

ArqSolar



Dia do mês:
11

Mês:
4

Hora:
9

CALCULAR

Azimute = 59,96°
Altura Solar = 36,00°
Nascer do Sol = 6,23 h
Pôr do Sol = 17,77 h

Importante informar que este aplicativo adota
Hora Solar, verificar conversões para a "Hora

POSIÇÃO DO SOL

ATUALIZAR CARTA SOLAR

DESENVOLVIDO COM O APOIO DE:

Desenvolvido por: Prof. Dr. Fernando Sá Cavalcanti
fernando.sca@ufu.br



GECA
Grupo de Estudos em
Conforto Ambiental



$$\delta = 23,45 \cdot \left[\frac{360}{365} \cdot (NDA + 284) \right]$$

Onde:

δ = Ângulo de declinação (em graus).

NDA = Número do dia no ano (NDA = 1 em 1/Jan e NDA = 365 em 31/Dez).

$$AHS = 15 \cdot (h - 12)$$

$$ALT = asen \left[(sen(\lambda) \cdot sen(\delta)) + (cos(\lambda) \cdot cos(\delta) \cdot cos(AHS)) \right]$$

$$AZI = asen \left[\frac{(cos(\lambda) \cdot sen(\delta)) - (sen(\lambda) \cdot cos(\delta) \cdot cos(AHS))}{cos(ALT)} \right]$$

Onde:

AHS = Ângulo Horário do sol (em graus).

h = Hora do dia.

ALT = Altura Solar (em graus).

AZI = Azimute (em graus).

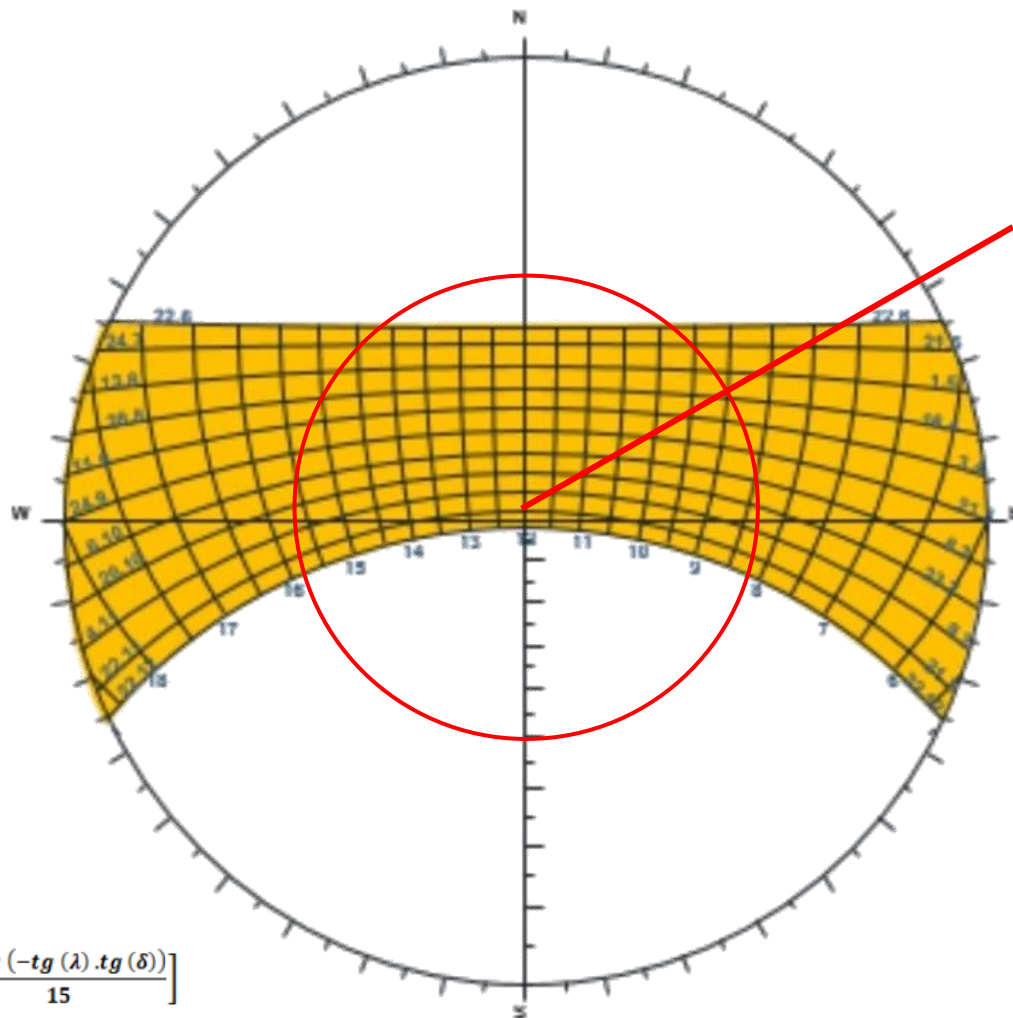
λ = Latitude do local (em graus).

δ = Ângulo de declinação (em graus).

AHS = Ângulo Horário do sol (em graus).

$$HNS = 12 - \left[\frac{acos(-tg(\lambda) \cdot tg(\delta))}{15} \right]$$

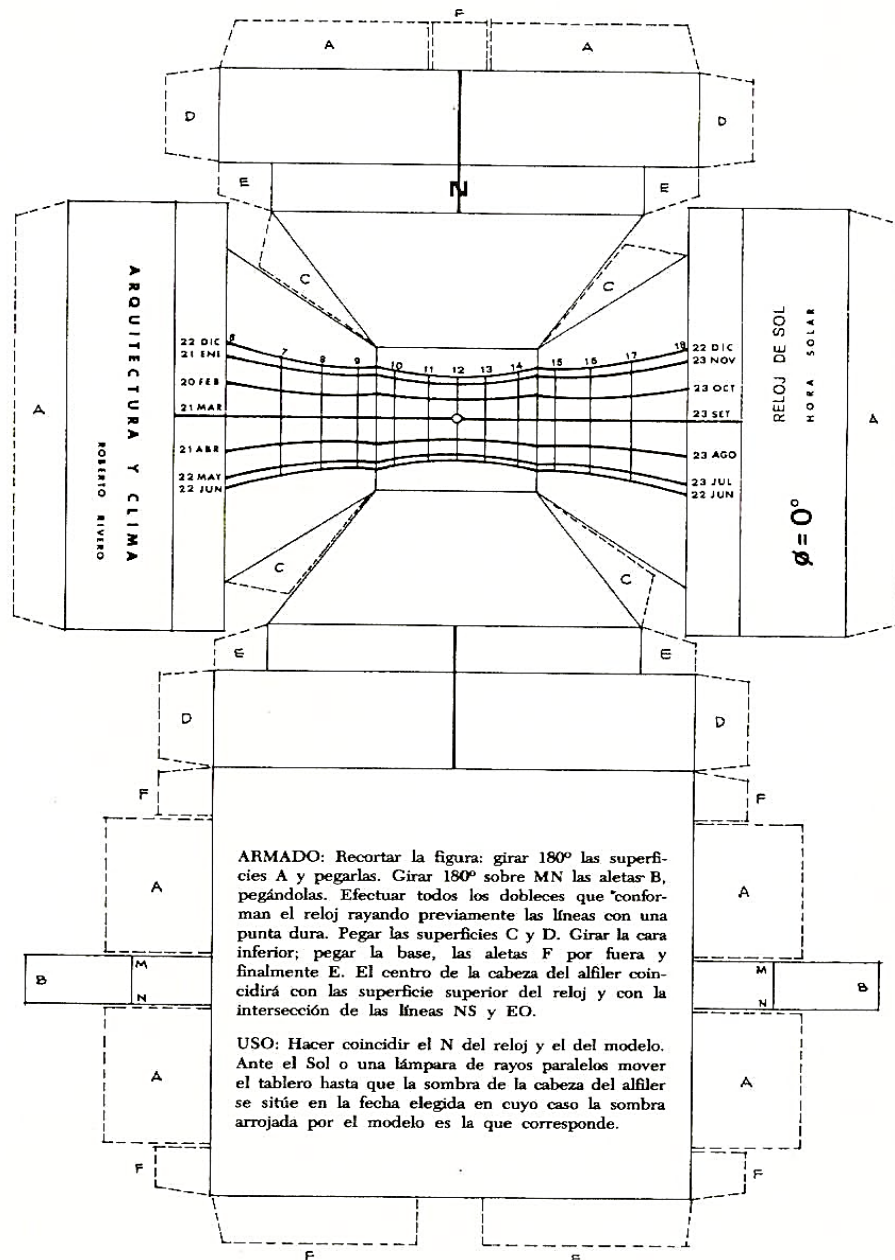
$$HPS = 24 - HNS$$



Fonte: Prof. Dr. Fernando Sá Cavalcanti



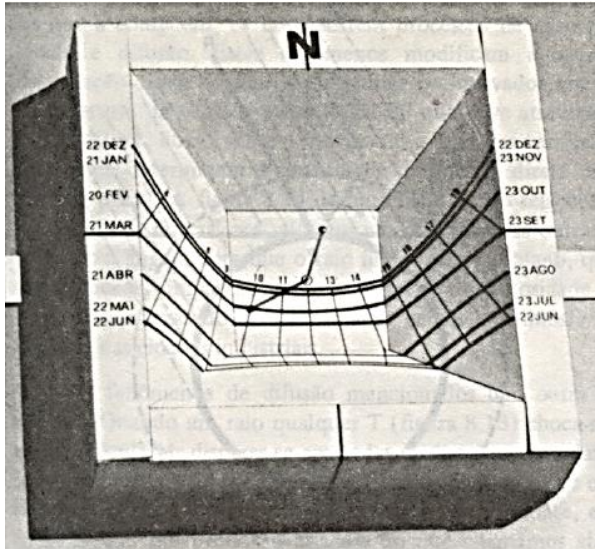
4. Relógio solar



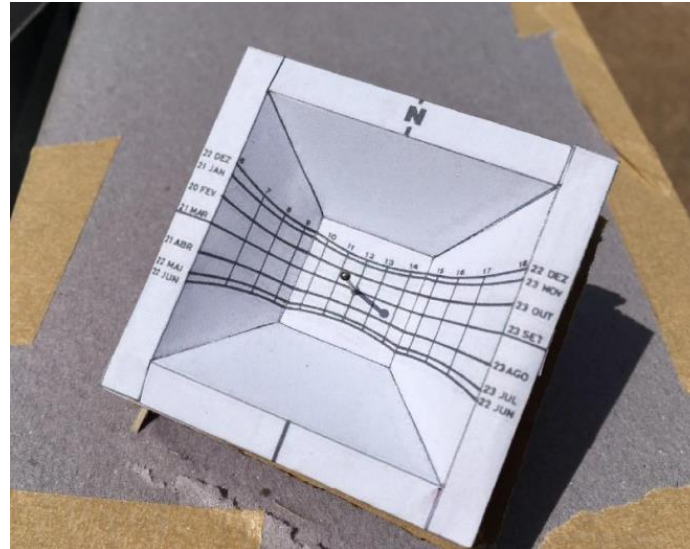
- Relógio de Sol para montar
- Latitude 0°

ARMADO: Recortar la figura: girar 180° las superficies A y pegarlas. Girar 180° sobre MN las aletas B, pegándolas. Efectuar todos los dobleces que conforman el reloj rayando previamente las líneas con una punta dura. Pegar las superficies C y D. Girar la cara inferior; pegar la base, las aletas F por fuera y finalmente E. El centro de la cabeza del alfiler coincidirá con las superficie superior del reloj y con la intersección de las líneas NS y EO.

USO: Hacer coincidir el N del reloj y el del modelo. Ante el Sol o una lámpara de rayos paralelos mover el tablero hasta que la sombra de la cabeza del alfiler se sitúe en la fecha elegida en cuyo caso la sombra arrojada por el modelo es la que corresponde.

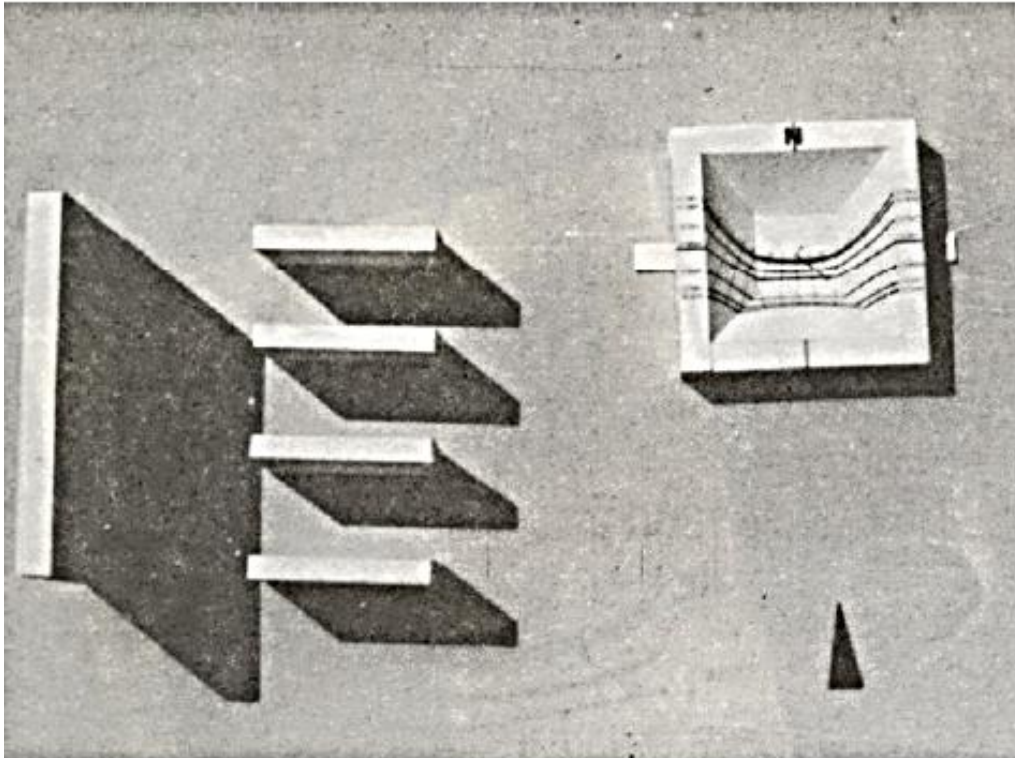


Fonte: Rivero



Fonte: Alunos disciplina AUT-284

- Montar o relógio de Sol
- Centralizar uma agulha ou palito da **altura do final do relógio de sol**
- A **sombra do final da agulha** ou palito **marcará o dia/horário** que se deseja estudar a insolação / sombreamento



Fonte: Rivero

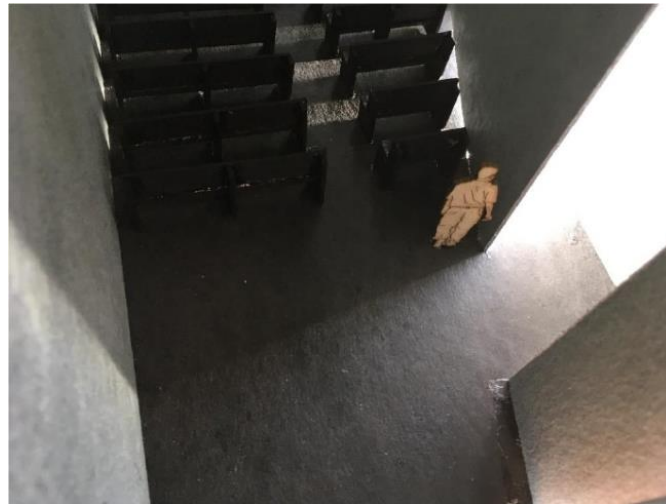
- Alinhar o **Norte do relógio de sol** com o **Norte da maquete**
- Marcar com o relógio de sol a data e horário que quer estudar a insolação / sombreamento



Solstício de Inverno - 12:00h



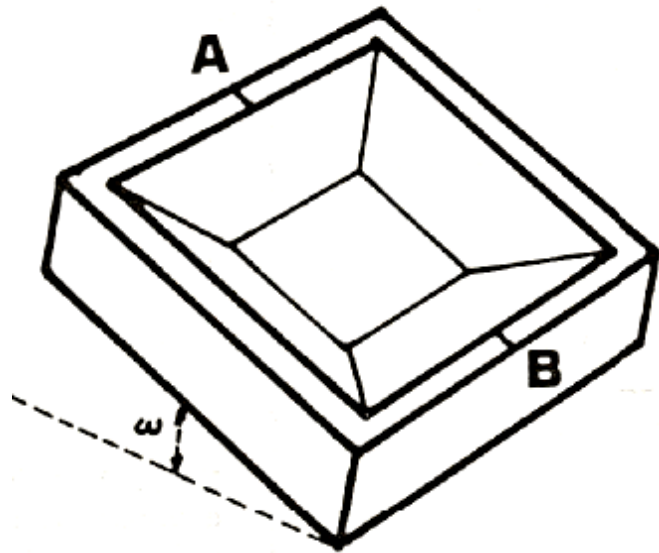
Solstício de Inverno - 17:00h



Fonte: Trabalho da disciplina AUT274. Alunos: Luiz Scavassa, Santiago Villalobos, Taiane Souza

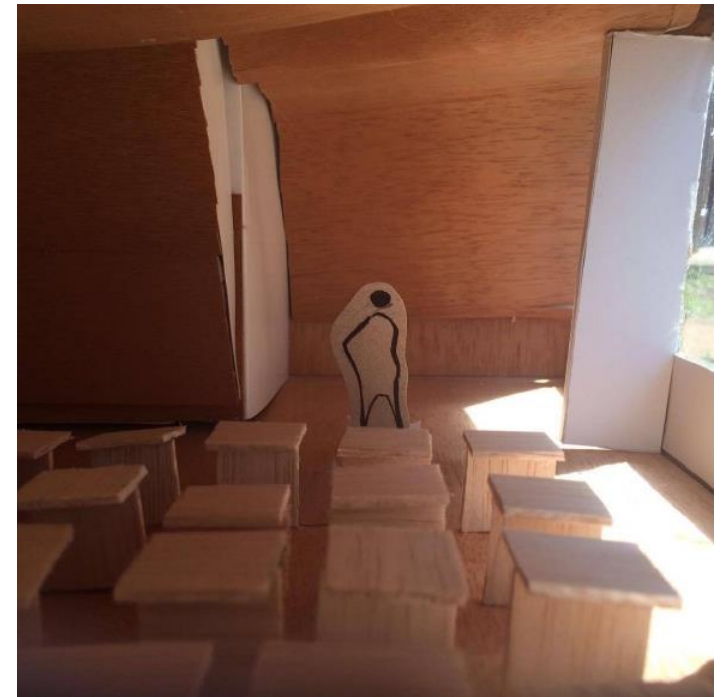
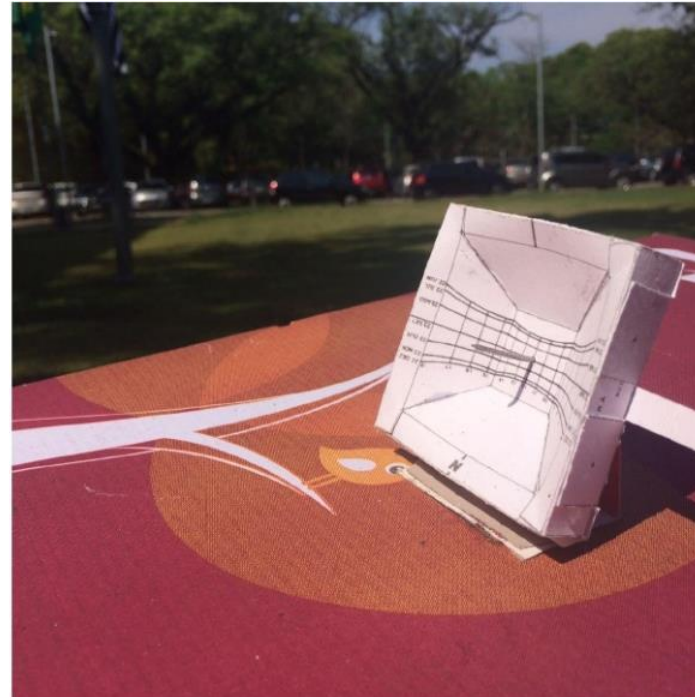


E SE MINHA LATITUDE FOR DIFERENTE?



Fonte: Rivero

- É só colocar um **calço inclinado** no relógio montado
- Se a **latitude do relógio de sol for 0°** e o meu edifício estiver na **latitude 15°S** , colocar um **calço inclinado 15° do lado Norte** e **vice-versa**



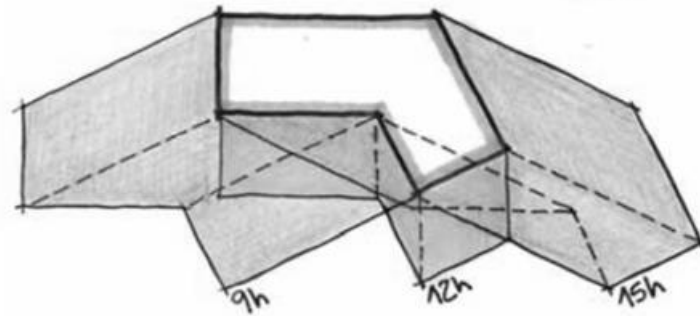
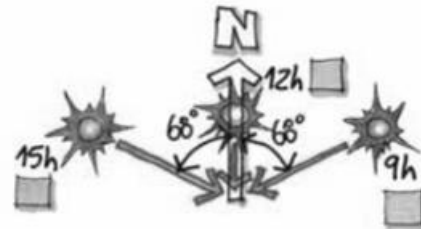
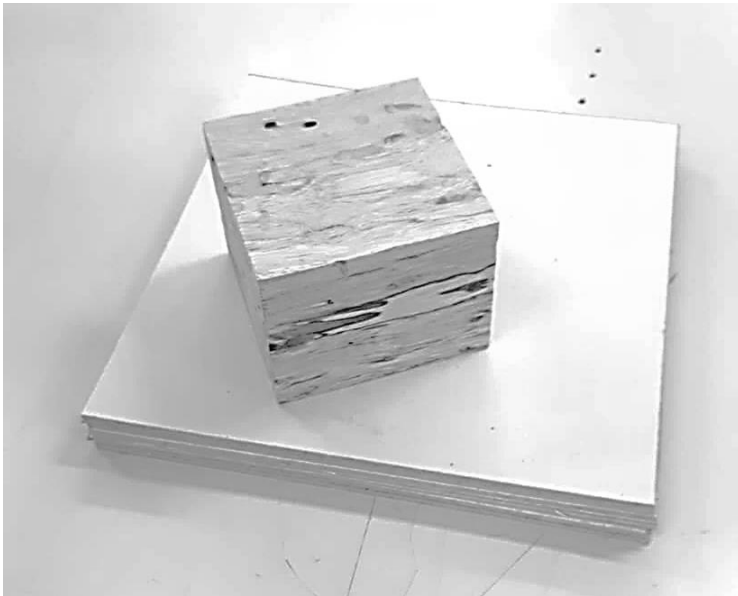
Fonte: Trabalho da disciplina AUT274. Alunos: Claudia Nonato, Cristiane Emi, Cristiane Ito, Flávia Alves e Ticiane Gavioli



5. Apresentação do Exercício 03 – Formas e latitudes



EXERCÍCIO 03 – formas e latitudes



- ☐ Selecione uma **cidade** para seu grupo;
- ☐ Verifique a **latitude** do local;
- ☐ Monte o relógio de sol e fixe-o na prancha juntamente com o cubo e incline-o na latitude da cidade escolhida;
- ☐ Capture fotos dos seguintes momentos
- ☐ **Solstício de verão | Equinócios | Solstício de inverno: 9h – 12h – 15h**
- ☐ Total: 09 fotos