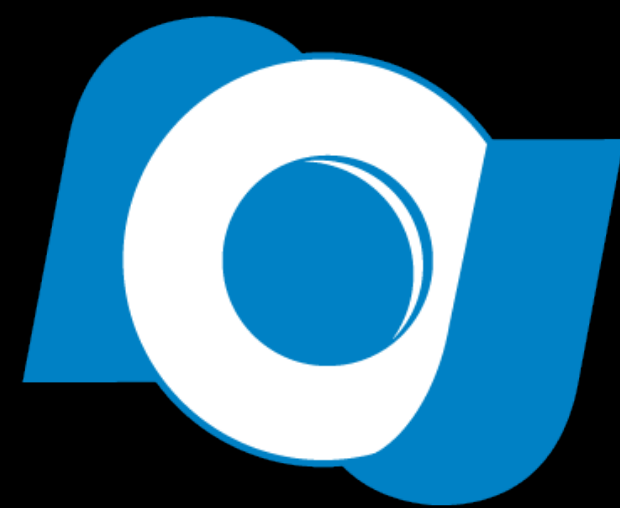




Observatório
Nacional

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



78ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

Astronomia e Soberania: O Domínio do Espaço Como Motor do Desenvolvimento Nacional

Rogério Monteiro-Oliveira, Ph.D. (孟羅傑)

Pesquisador Adjunto

rmo@on.br | monteiro-oliveira.com

Das Origens ao Telescópio: a História da Astronomia Parte I

Astronomia e Soberania: O Domínio do Espaço Como Motor do Desenvolvimento Nacional

O minicurso mostra como a Astronomia atua como um poderoso motor de desenvolvimento tecnológico e econômico. Mais do que apenas observar o céu, a necessidade de desvendar o Universo exige inovações de ponta que impulsionam a indústria nacional, formam profissionais altamente qualificados e, conseqüentemente, fortalecem a soberania científica e o papel estratégico do Brasil no cenário global.

Sobre o Minicurso

- Aula 01: Das Origens ao Telescópio: a História da Astronomia - Parte I
- Aula 02: Da Revolução Científica à Era Espacial: a História da Astronomia - Parte II
- Aula 03: Explorando o Cosmos: Grandes Projetos da Astronomia Contemporânea
- Aula 04: O Brasil no Universo: Participação Nacional em Grandes Colaborações Astronômicas

O céu como ferramenta de sobrevivência e a quebra de paradigmas

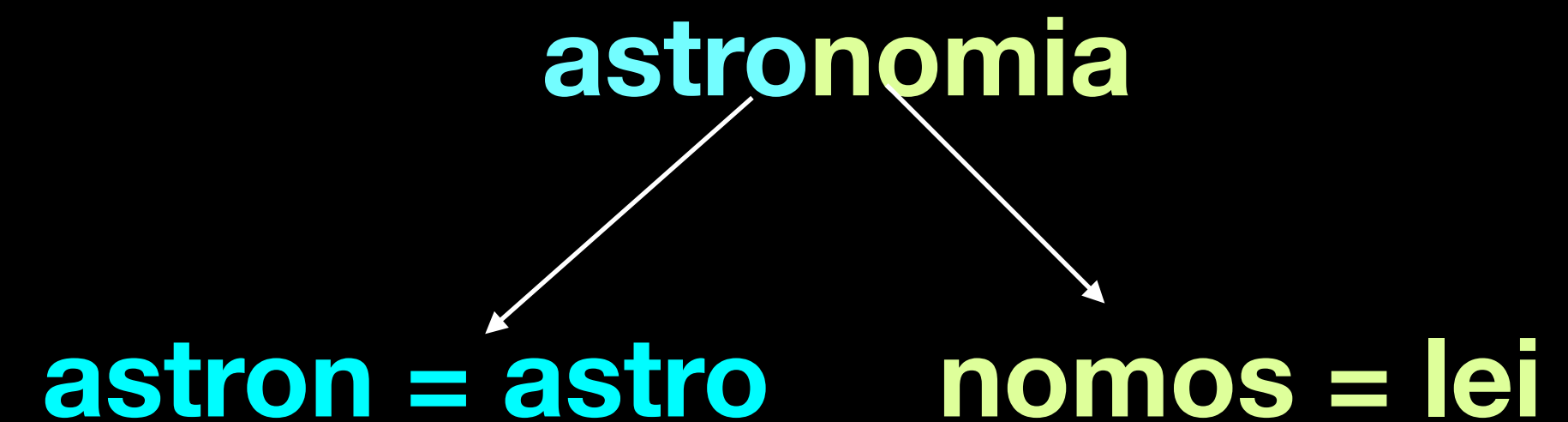
Hoje

- Astronomia Prática da Antiguidade
- Geocentrismo e a Filosofia Clássica
- Revolução Copernicana
- Salto Tecnológico de Galileu

Astronomia Prática da Antiguidade

O que é Astronomia?

Etimologia da palavra de origem grega



Segundo o dicionário Michaelis

astronomia

as·tro·no·mi·a

sf

- 1** Ciência que estuda a constituição e o movimento dos astros, suas posições relativas e as leis dos seus movimentos.
- 2** POR EXT Conjunto de conhecimento e experiência astronômicos de um povo.

Por que olhar para cima?



- A astronomia não nasceu da curiosidade filosófica pura, mas de uma necessidade de sobrevivência e organização.
- Antes da invenção da escrita, nossos ancestrais já liam os céus.

Os Primeiros Calendários (Agricultura)



- O nascimento das civilizações dependia de saber a hora exata de plantar e colher.
- O exemplo egípcio: O surgimento da estrela Sirius no horizonte antes do Sol anunciava as cheias anuais do Rio Nilo.

Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo

Esc

Lib

Vir

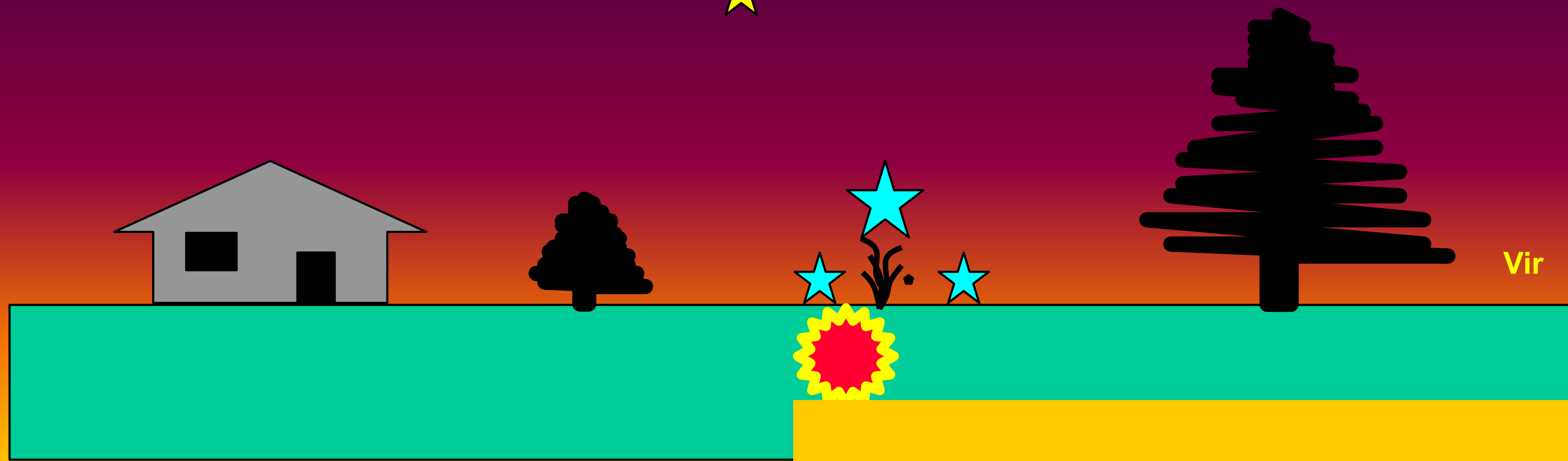


Horizonte visto no crepúsculo

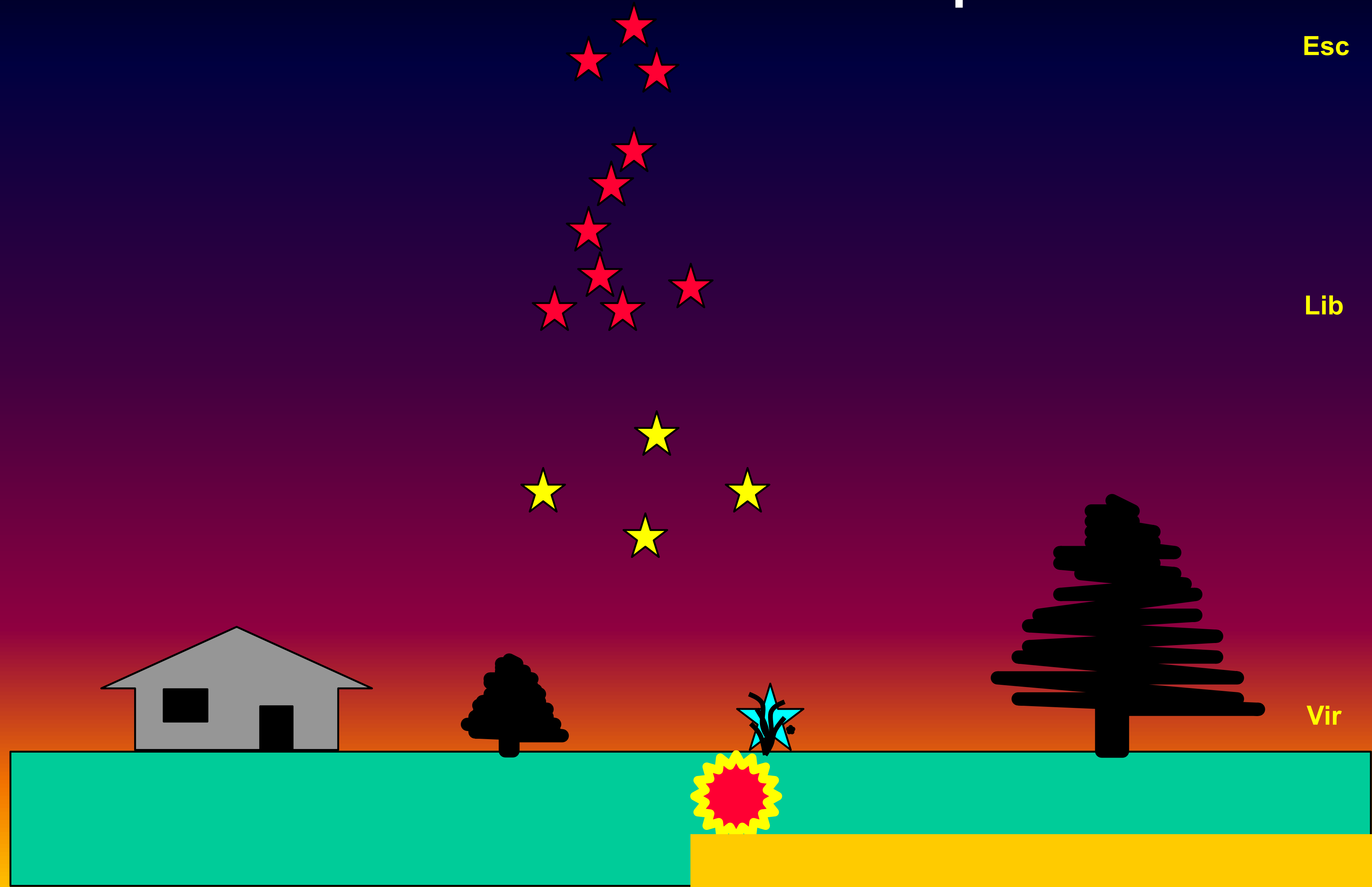
Esc

Lib

Vir



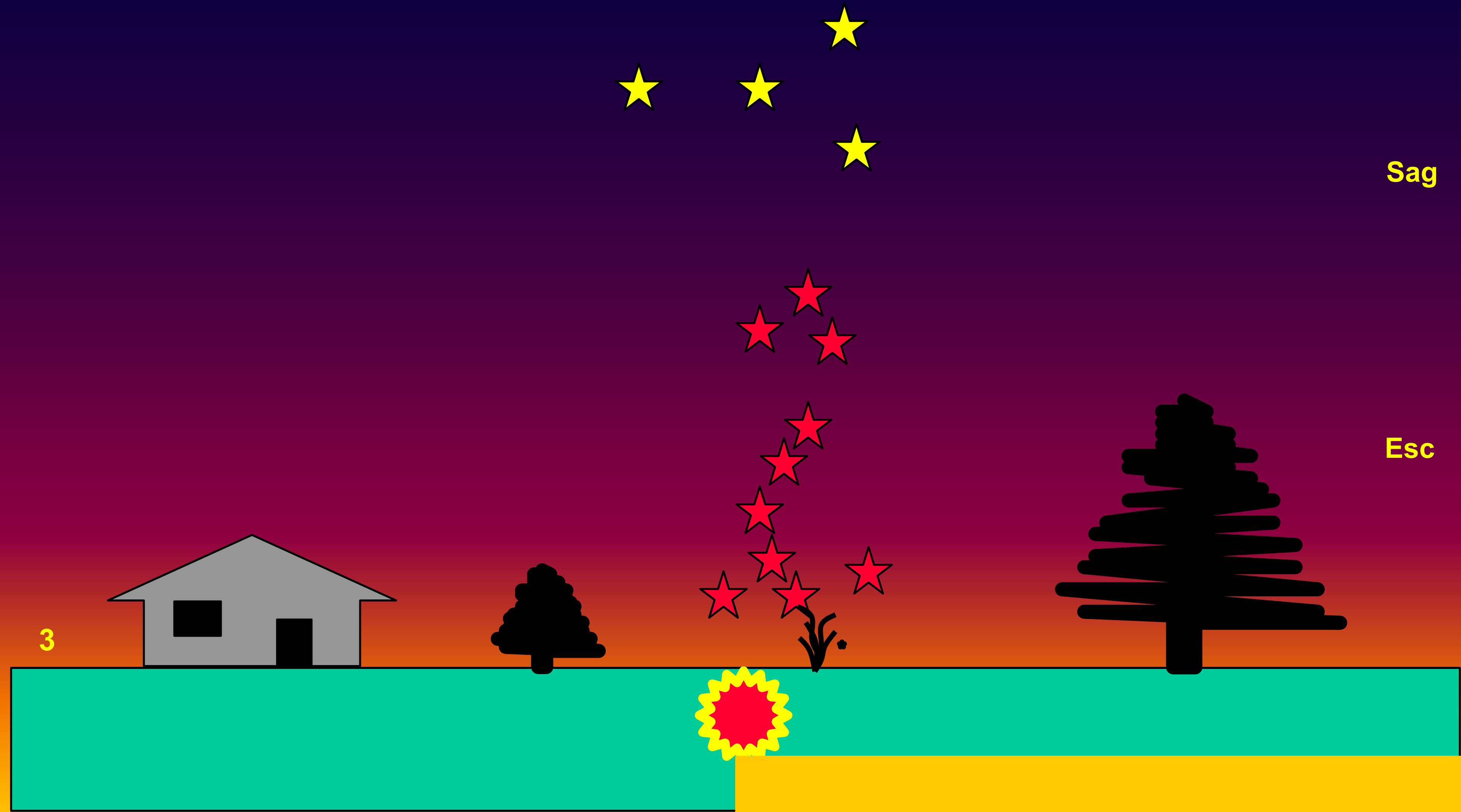
Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



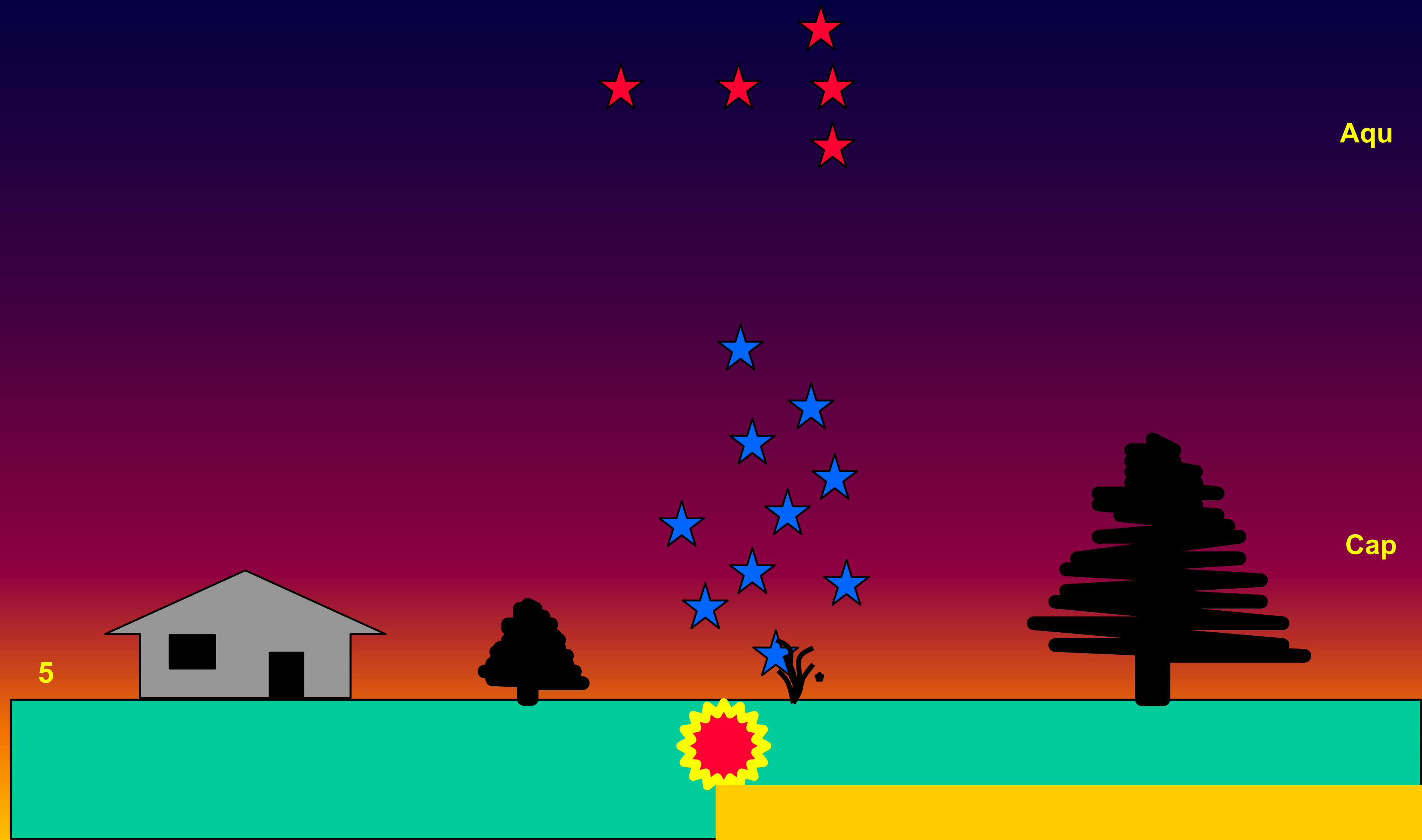
Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



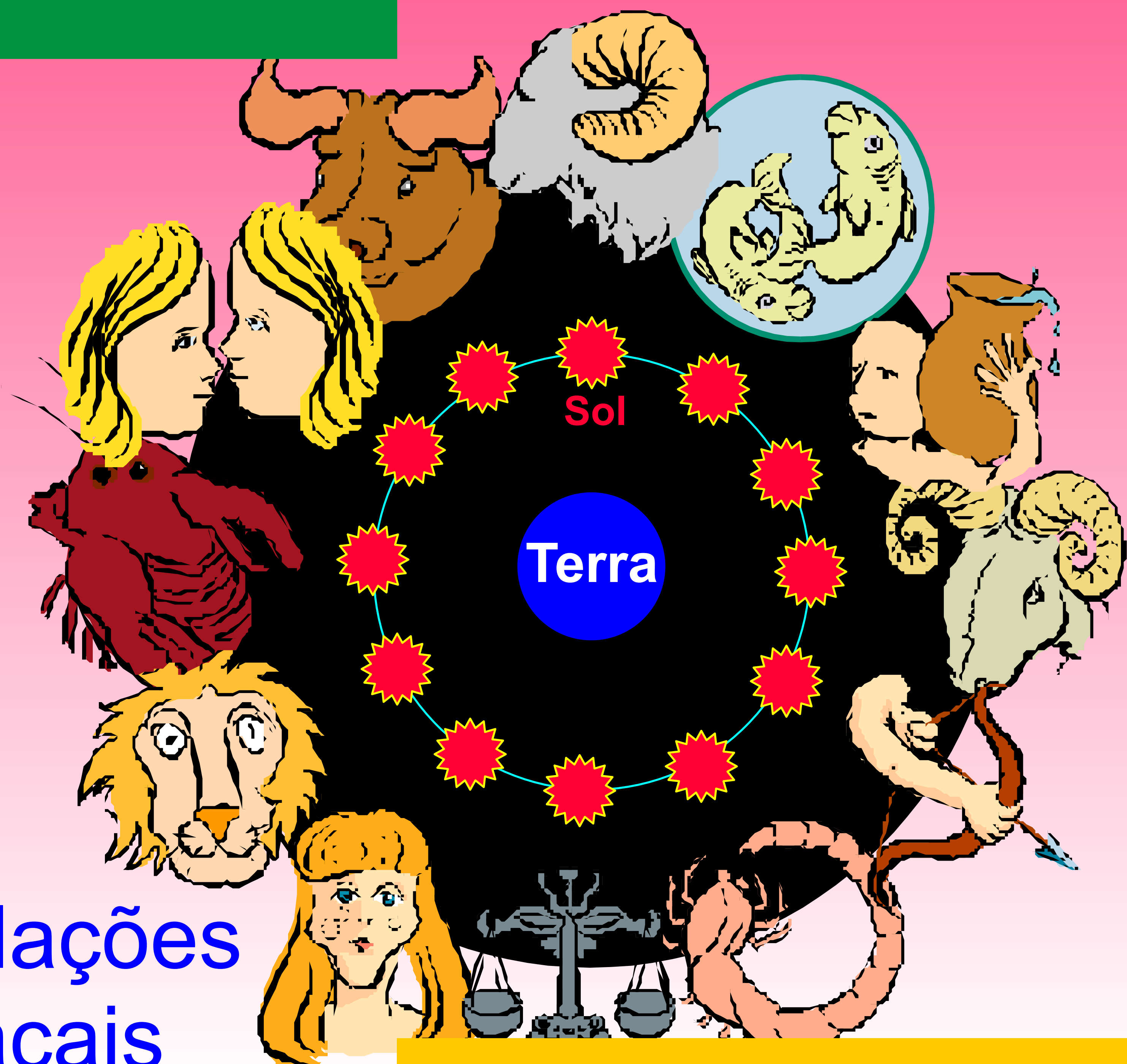
Horizonte visto no crepúsculo



Horizonte visto no crepúsculo



Constelações Zodiacais



Os Primeiros Relógios



<https://artincontext.org/famous-ancient-artifacts/>

- Surgem da necessidade de dividir o dia e a noite.
- A observação das fases da Lua como o primeiro marcador de meses (ciclos de 29,5 dias).
- A astronomia permitiu a criação das primeiras sociedades complexas, pois permitia combinar o recolhimento de impostos, festividades e trabalho.

Mas o que é o Tempo?

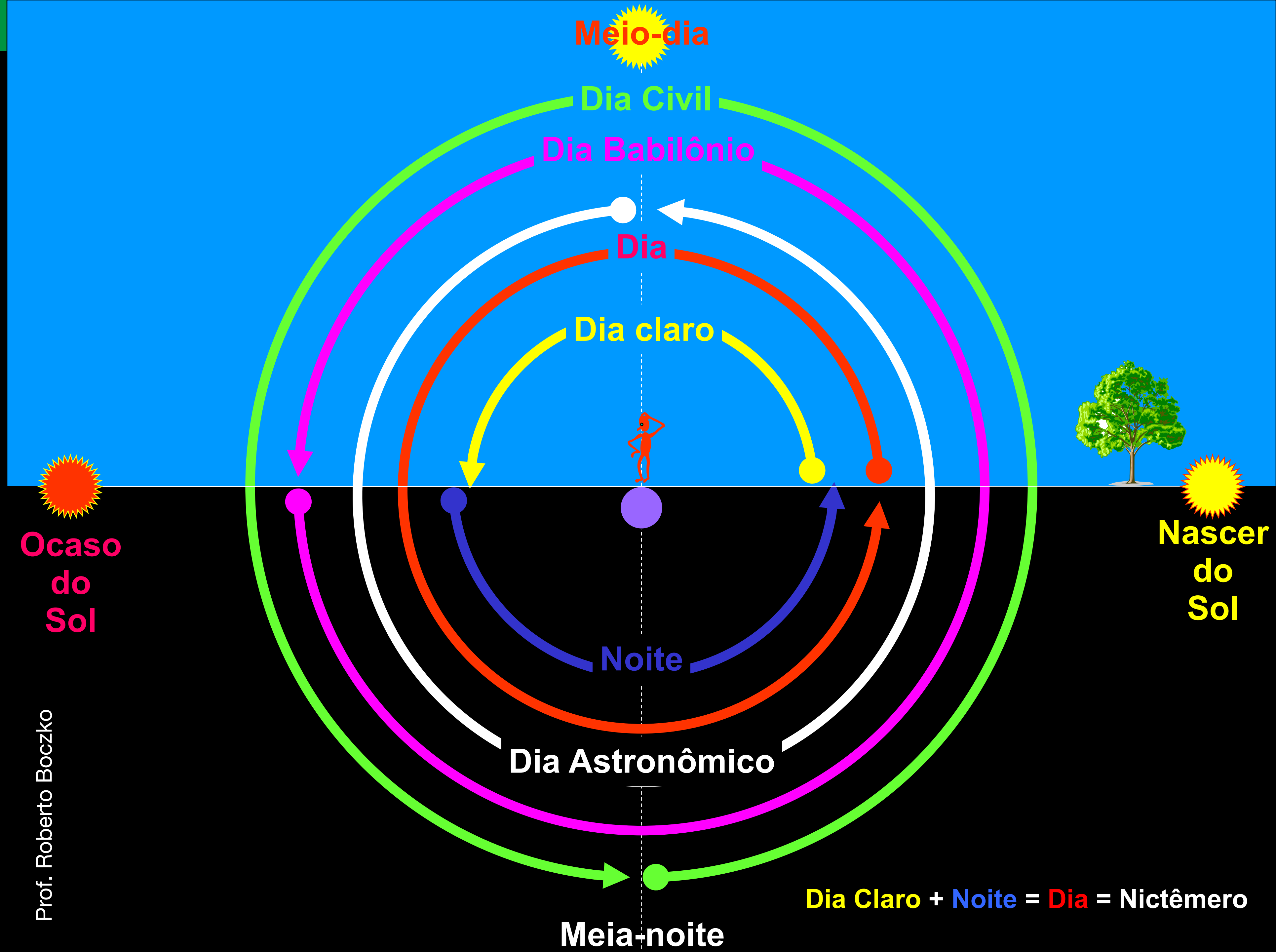
- Em Astronomia não nos preocupamos com a definição do conceito de tempo.
- Faremos portanto uma definição operacional de tempo.

Mas o que é o Tempo?

- **Teoria:** tempo uniforme é a variável independente das Leis de Newton do movimento; é a medida em termos da qual os fenômenos observados concordam com a teoria dinâmica;
- **Prática:** as medidas astronômicas de tempo são definidas pelos movimentos aparentes do Sol, da Lua e das estrelas, conhecidos pela sua regularidade.

Mas o que é o Tempo?

- O tempo é medido por ângulos.
- A principal medida de tempo é o dia; ele depende do astro ou do ponto da esfera celeste considerado na medida do ângulo horário.



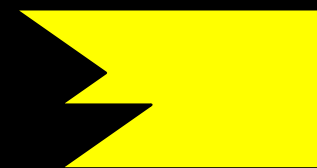
Prof. Roberto Boczko

Dia x Dia Claro x Noite

Dia = Nictêmero

Meio
Dia

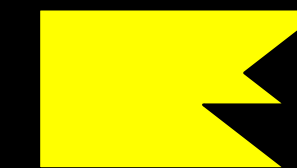
Verão



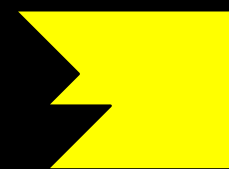
Noite

Dia Claro

Noite



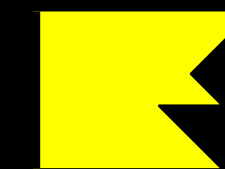
Pri Out



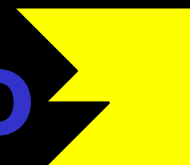
Noite

Dia Claro

Noite



Inverno



Noite

Dia Claro

Noite



Movimentos naturais relacionados com as escalas de tempo

Alternância do dia e da noite



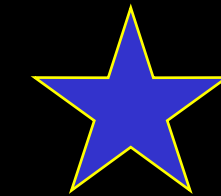
Tempo Universal (Solar)



Rotação da Terra



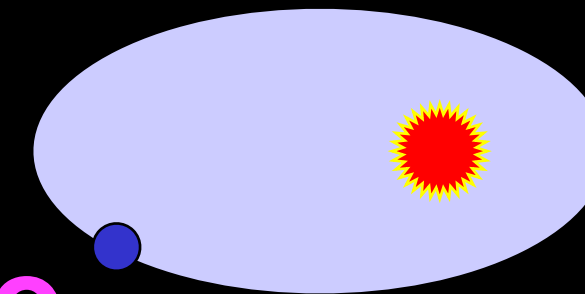
Tempo Sideral



Movimentos dos planetas do Sistema Solar



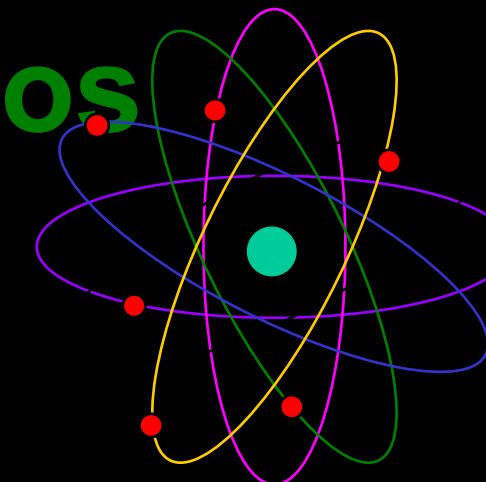
Tempo Dinâmico



Fenômenos Quânticos



Tempo Atômico

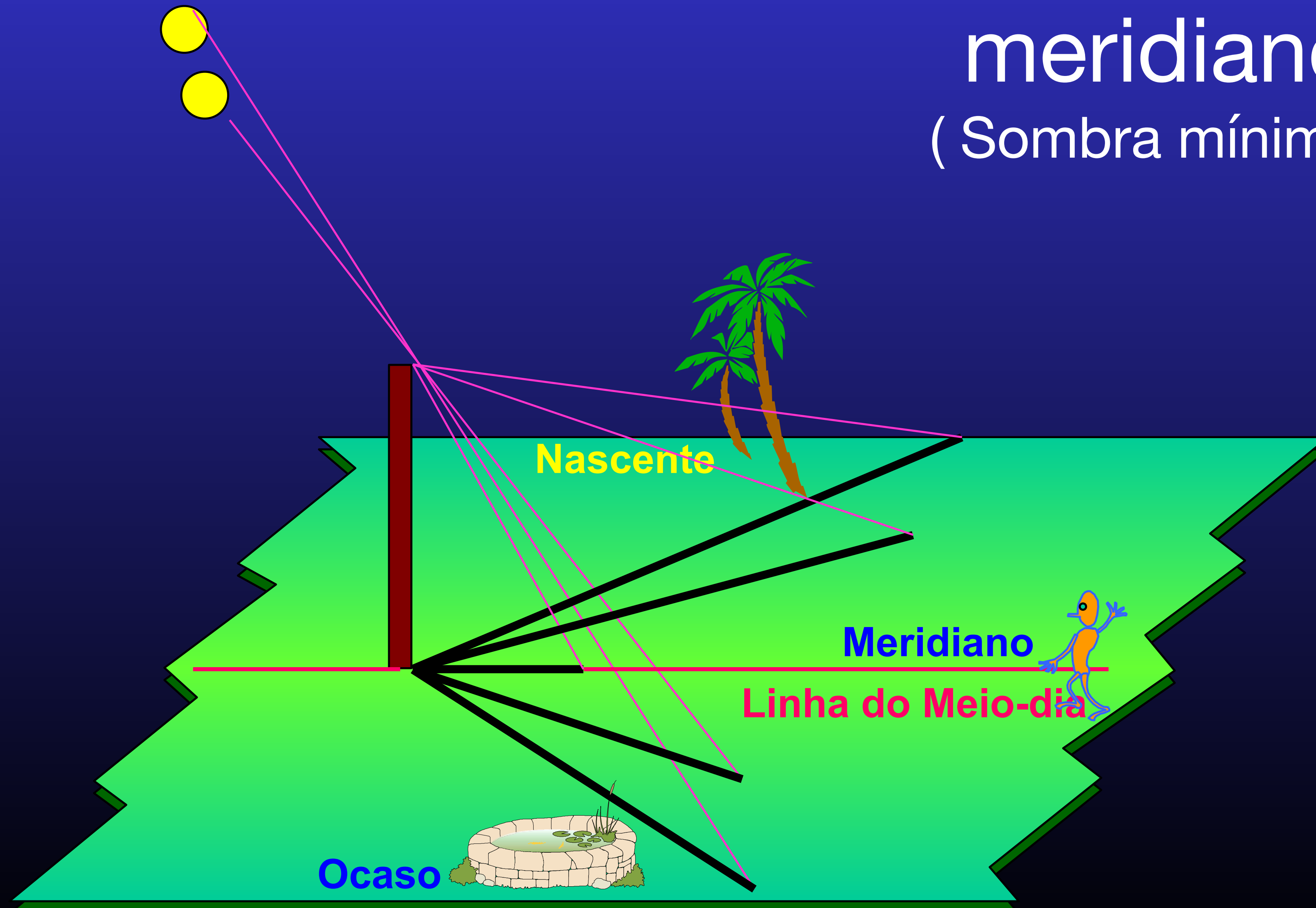


A Primeira Bússola (Navegação)

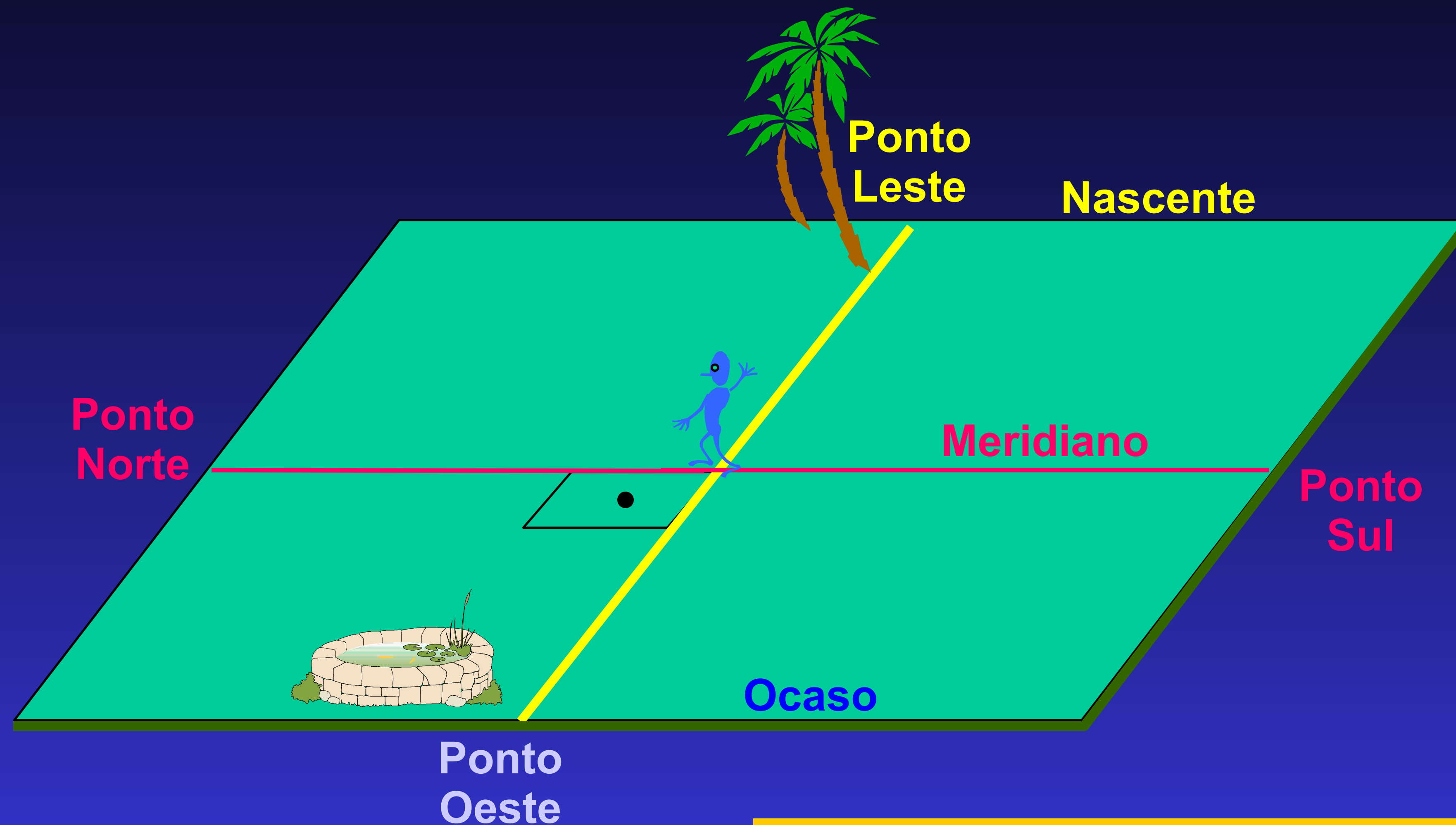


- O céu como mapa global.
- A navegação polinésia: Como povos antigos colonizaram ilhas distantes no vasto Oceano Pacífico apenas observando o nascer e o pôr das estrelas, e o comportamento das ondas e pássaros?

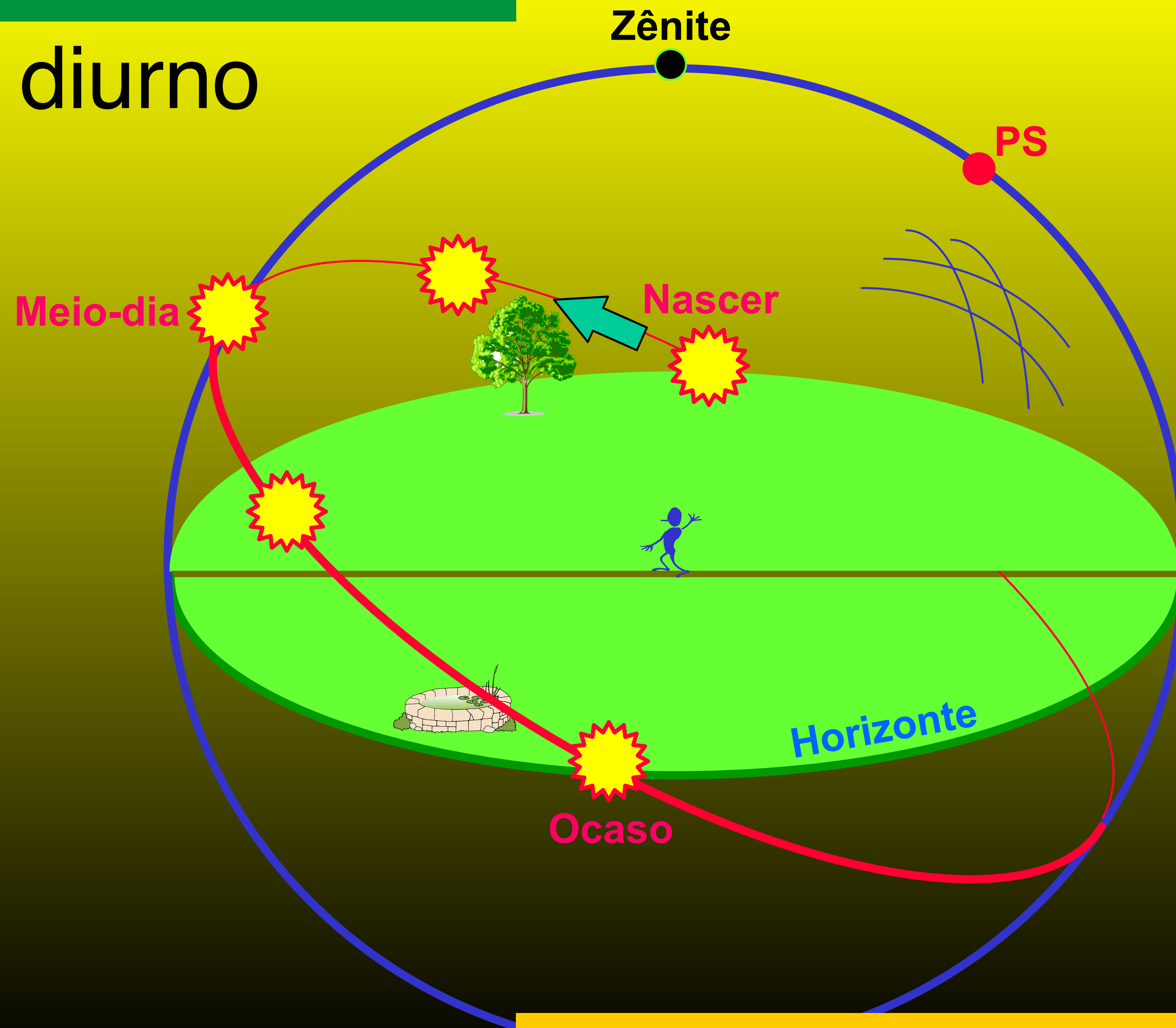
Determinação do meridiano (Sombra mínima)



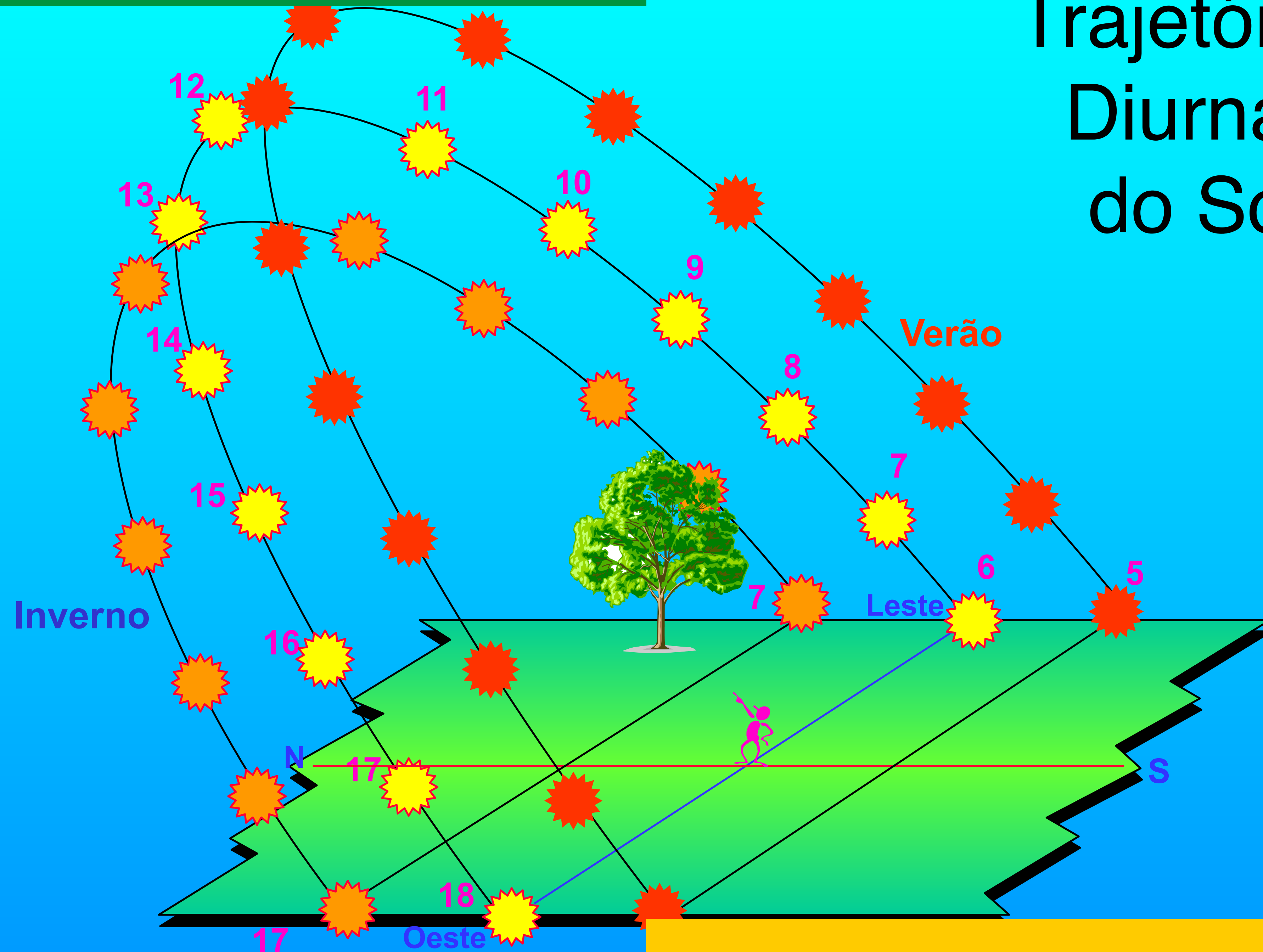
Pontos ou Direções Cardeais



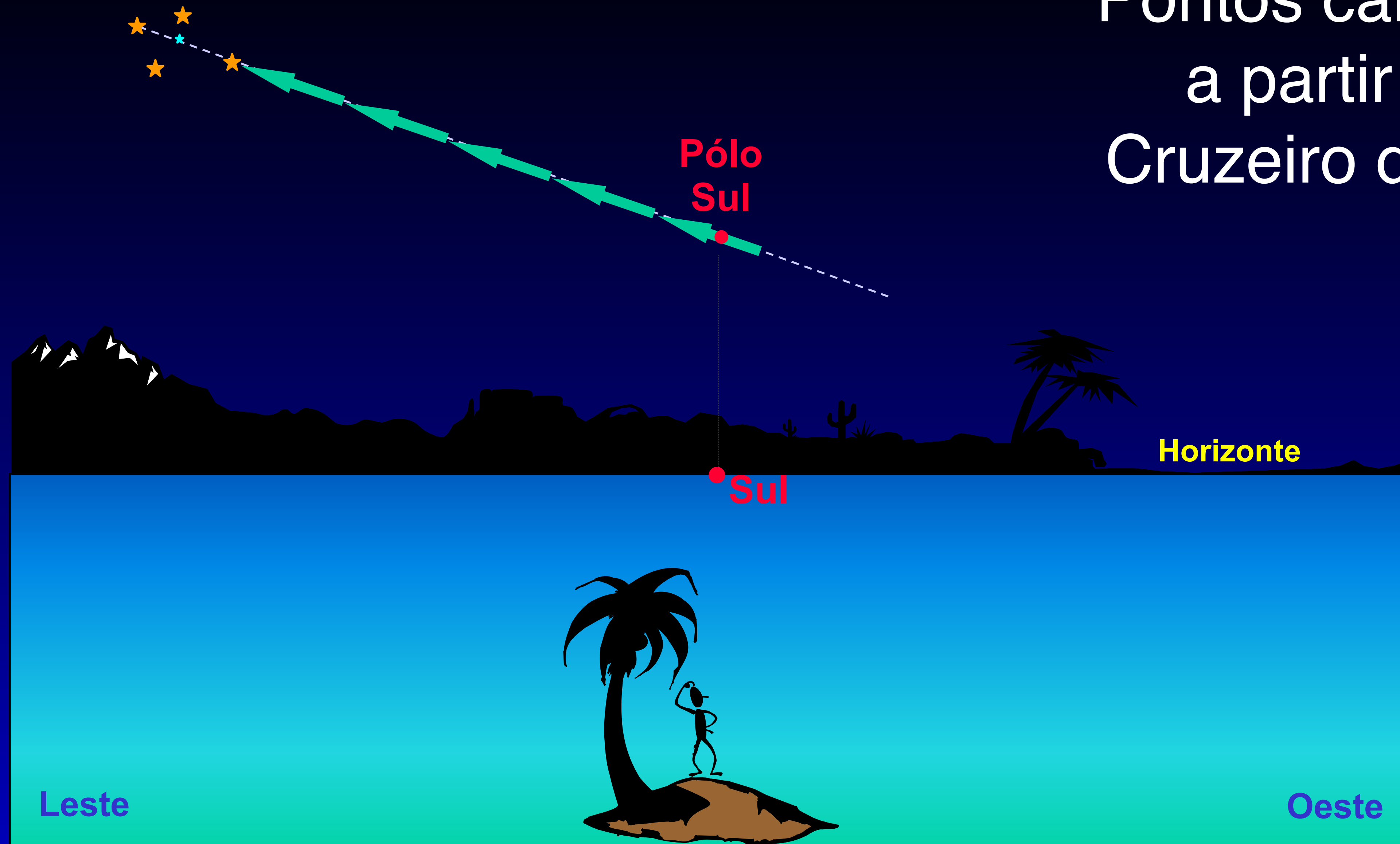
Movimento diurno aparente do Sol



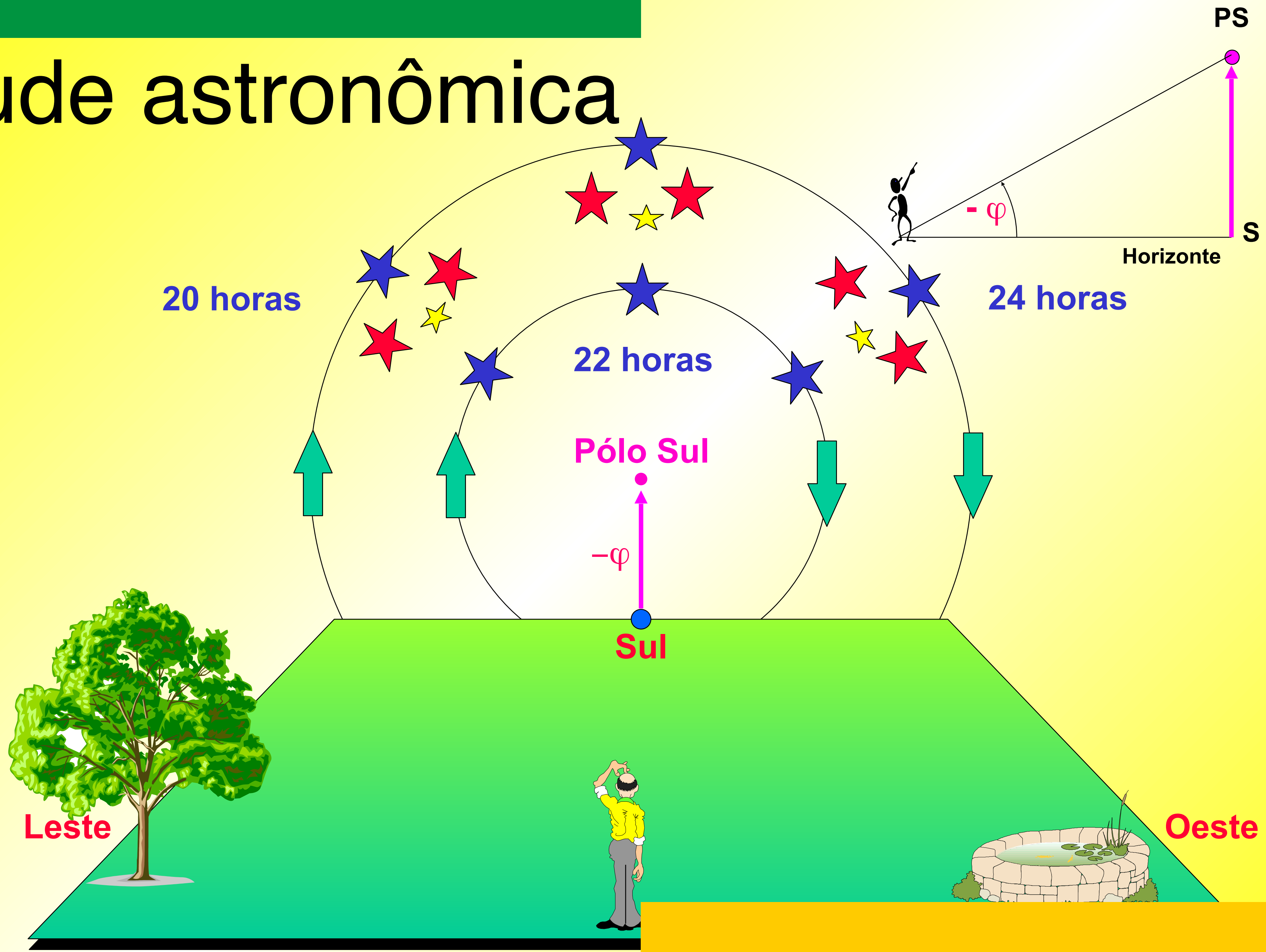
Trajetórias Diurnas do Sol



Pontos cardeais a partir do Cruzeiro do Sul



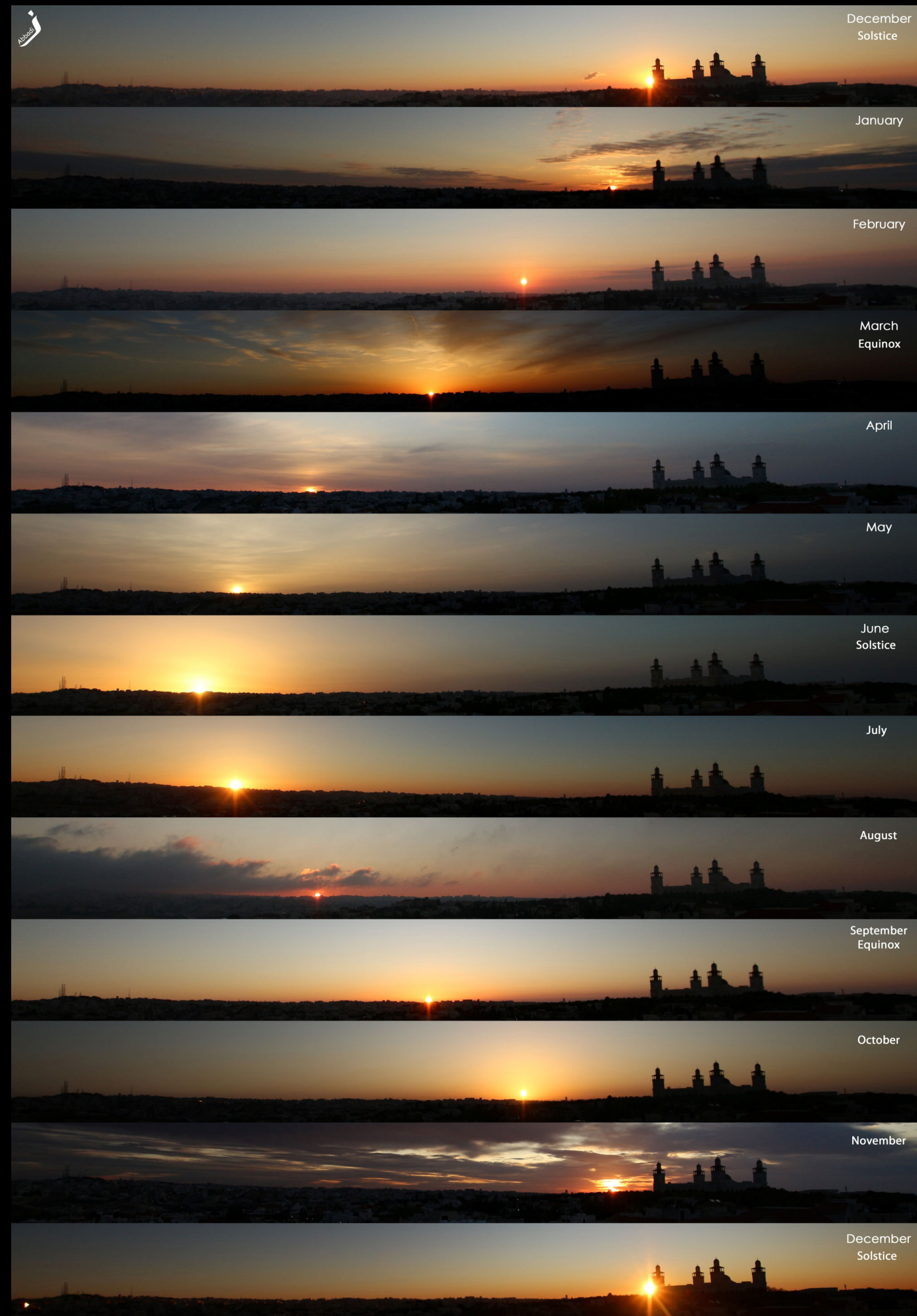
Latitude astronômica



Astronomia Prática da Antiguidade

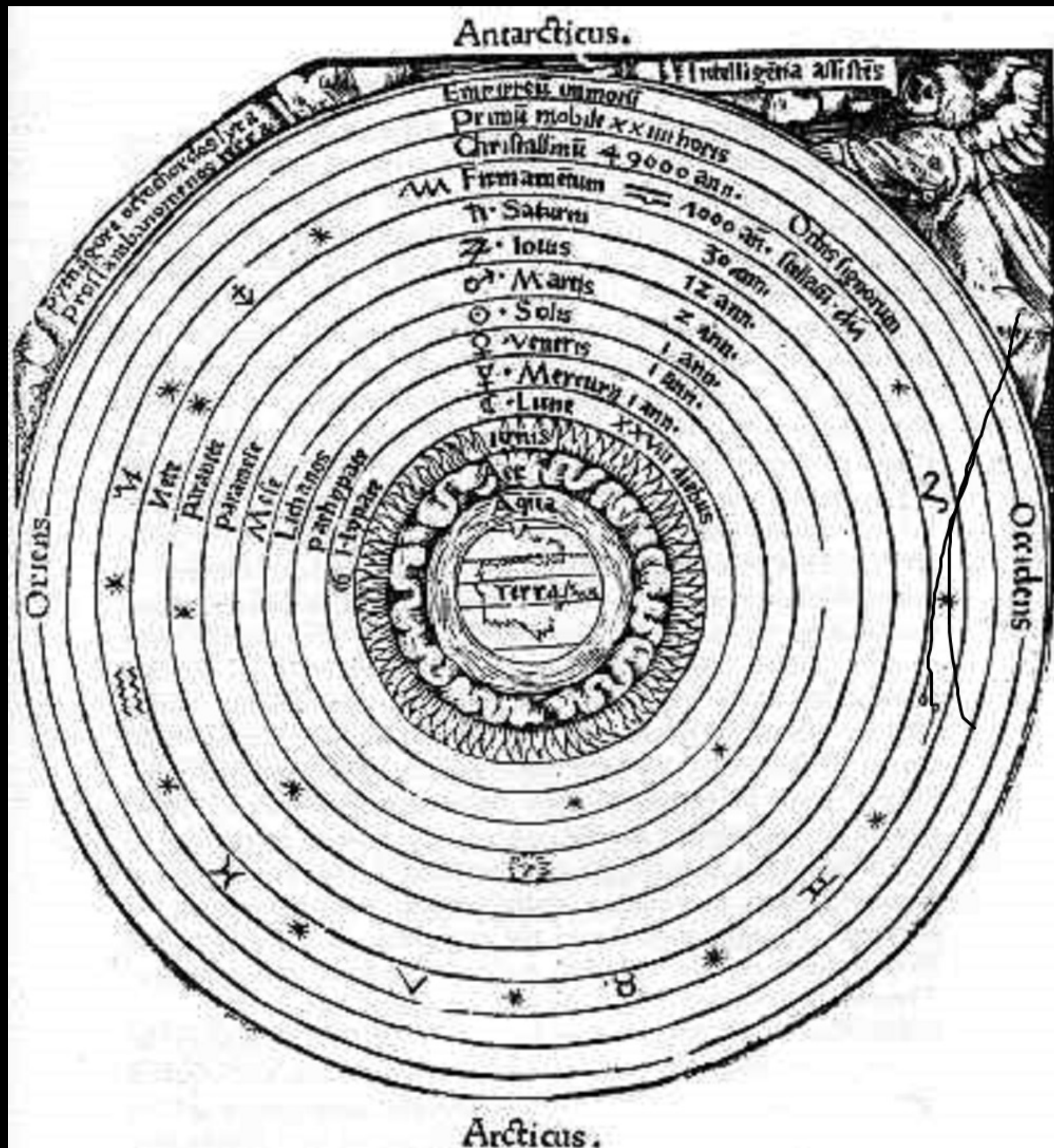
O Paradoxo do Senso Comum

<https://apod.nasa.gov/apod/>



- Se confiarmos apenas nos nossos sentidos (sem tecnologia), a conclusão óbvia é que a Terra está parada.
- Não sentimos o vento do movimento da Terra, não caímos para trás quando pulamos. A intuição diária nos diz que o universo gira em torno de nós.

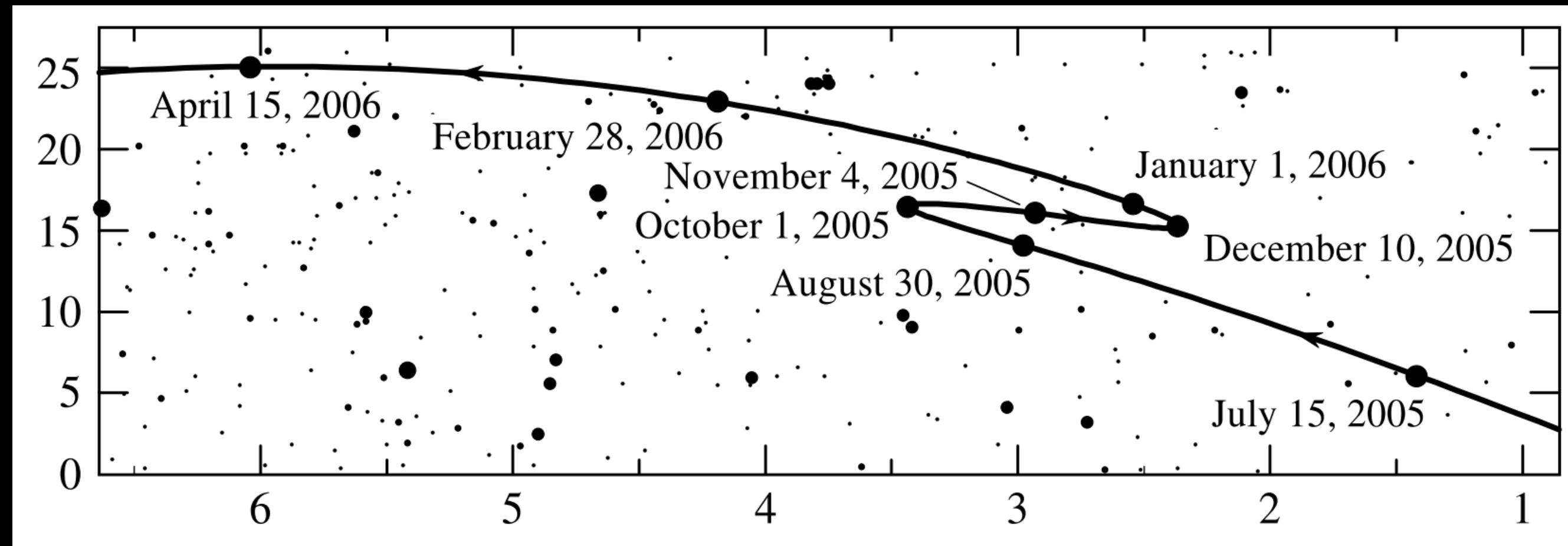
O Universo de Aristóteles



- A filosofia grega cria a base: A Terra (imperfeita e mutável) no centro.
- O céu é composto de “esferas” perfeitas e imutáveis, onde os astros estão cravados.
- Uma separação total: a física que funciona na Terra não é a física que funciona no céu.

O Problema de Marte

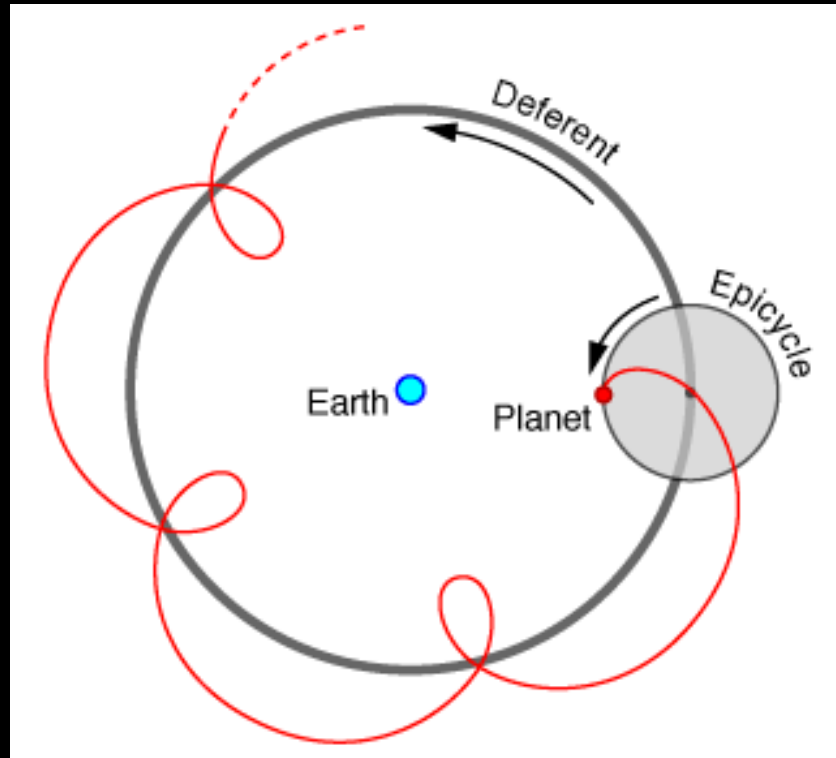
Carroll, Bradley W.; Ostlie, Dale A. An Introduction to Modern Astrophysics



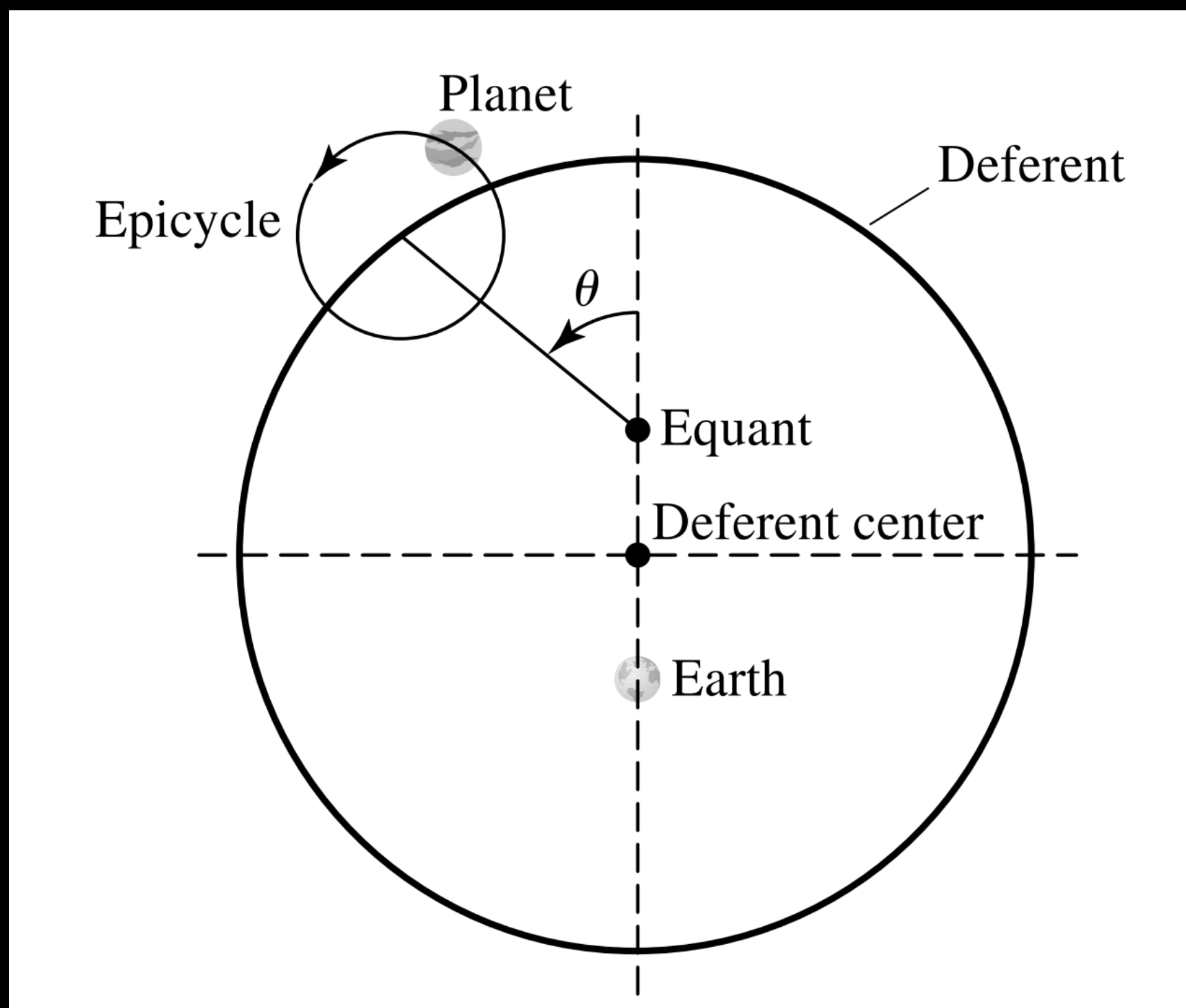
- Mas o modelo tinha uma falha. A palavra “planeta” vem do grego para “viajante” ou “errante”.
- Às vezes, planetas como Marte pareciam parar no céu, andar para trás por alguns meses (movimento retrógrado), e depois voltar a seguir em frente. Como explicar isso com esferas perfeitas?

A Gambiara Matemática de Ptolomeu

<https://thescientificodyssey.typepad.com/.a/6a01b8d0788cce970c01bb08cb8126970d-pi>



Hipparcos (150 a.C.)



- Século II d.C.: Cláudio Ptolomeu resolve o problema criando os “epiciclos”.
- A ideia de que os planetas giravam em pequenos círculos, que por sua vez giravam em grandes círculos ao redor da Terra.
- Era incrivelmente complexo e feio, mas matematicamente funcionava para prever onde o planeta estaria.

A Estagnação e o Dogma

- Por que o modelo de Ptolomeu durou 1.400 anos?
- Apropriação religiosa: A Igreja na Idade Média adota o geocentrismo. A humanidade como ápice da criação precisava estar no centro geométrico do Universo.
- Questionar a ciência da época tornou-se sinônimo de questionar a Deus (heresia).

Revolução Copernicana

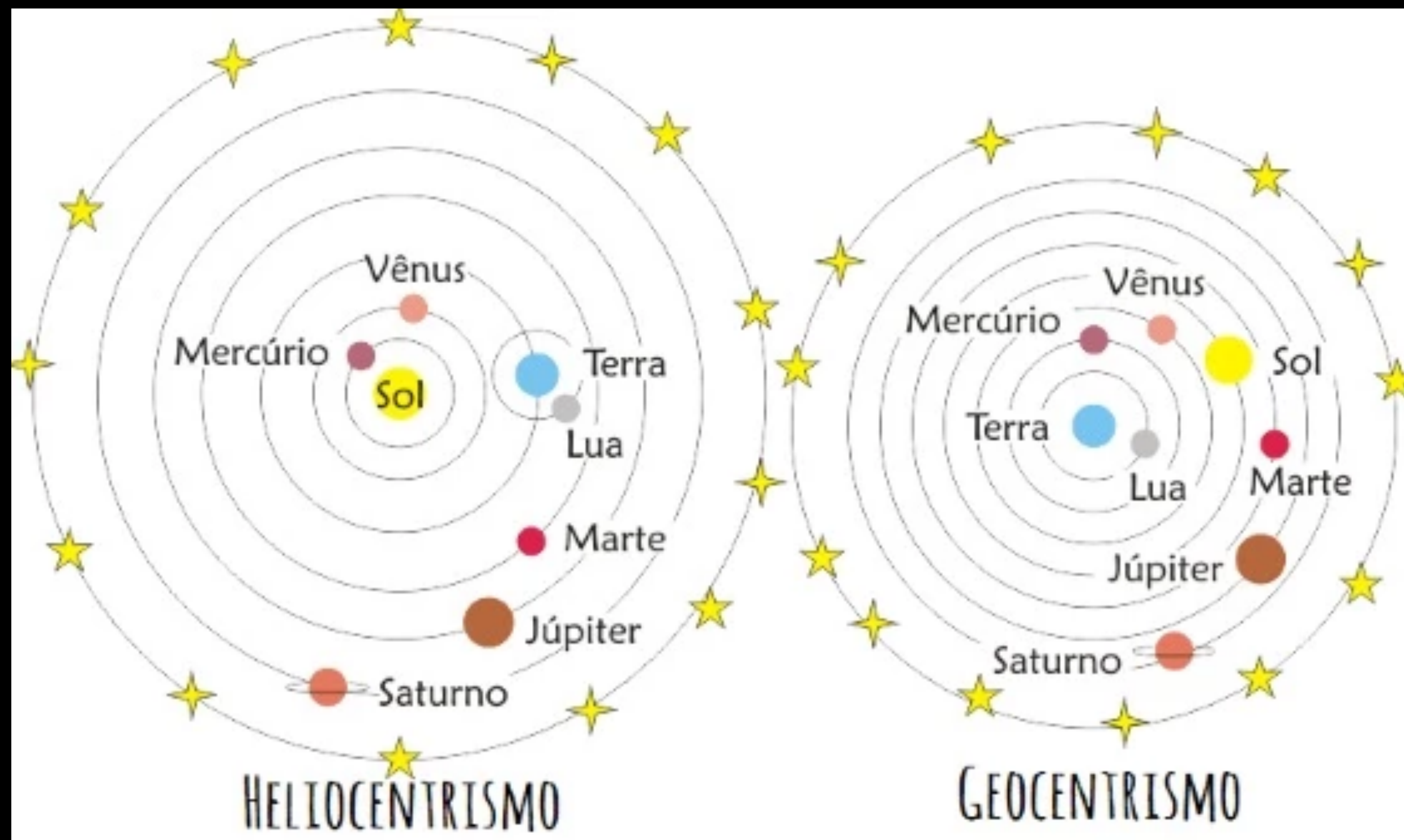
A Faísca da Revolução (Séc. XVI)

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Nicolau_Cop%C3%A9rnico#/media/Ficheiro:De_revolutionibus_orbium_coelestium_1566_\(99146257\)_\(cropped\).jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Nicolau_Cop%C3%A9rnico#/media/Ficheiro:De_revolutionibus_orbium_coelestium_1566_(99146257)_(cropped).jpg)



- Nicolau Copérnico, um cônego polonês, resgata antigas ideias gregas (de Aristarco de Samos, 260 a.C.) em busca de uma matemática “mais elegante”.
- Publicação póstuma (1543): *De revolutionibus orbium coelestium* (Das revoluções das esferas celestes).

Heliocentrismo: A Elegância da Simplicidade



<https://www.todoestudo.com.br/fisica/geocentrismo>

- O Sol assume o centro. A Terra é “apenas mais um planeta” (terceiro a partir do Sol).
- Como isso resolve Marte: O movimento retrógrado de Marte é apenas uma ilusão de ótica que acontece quando a Terra, que é mais rápida e está numa órbita mais interna, “ultrapassa” Marte.

O Perigo das Novas Ideias

https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Giordano_Bruno_Campo_dei_Fiori.jpg



- A ideia heliocêntrica demorou a ser aceita. Era contra-intuitiva (se a Terra se move, por que não somos arremessados longe?).
- O preço de pensar diferente: O trágico caso de Giordano Bruno (queimado na fogueira em 1600), que levou as ideias além, sugerindo que as estrelas eram outros sóis com outros planetas.

Salto Tecnológico de Galileu

A Tecnologia Desafia a Filosofia (1609)



<https://marsemfim.com.br/holanda-potencia-maritima-no-seculo-17-saiba-por-que/>

- A virada não veio da matemática, mas do avanço tecnológico: a lente de aumento.
- Fabricantes de óculos neerlandeses criam o telescópio refrator ("spyglass") para uso militar e naval (para ver navios inimigos antes).
- A inovação muitas vezes vem com fins bélicos ou de defesa, mas muda a ciência fundamental.

O “Hacker” do Século XVII: Galileu Galilei



https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Bertini_fresco_of_Galileo_Galilei_and_Doge_of_Venice.jpg

- Galileu ouve falar do instrumento, constrói uma versão muito melhorada e faz algo inédito: em vez de olhar para o horizonte, ele aponta para cima.
- A partir deste momento, a capacidade biológica dos nossos olhos deixa de ser o limite da ciência.

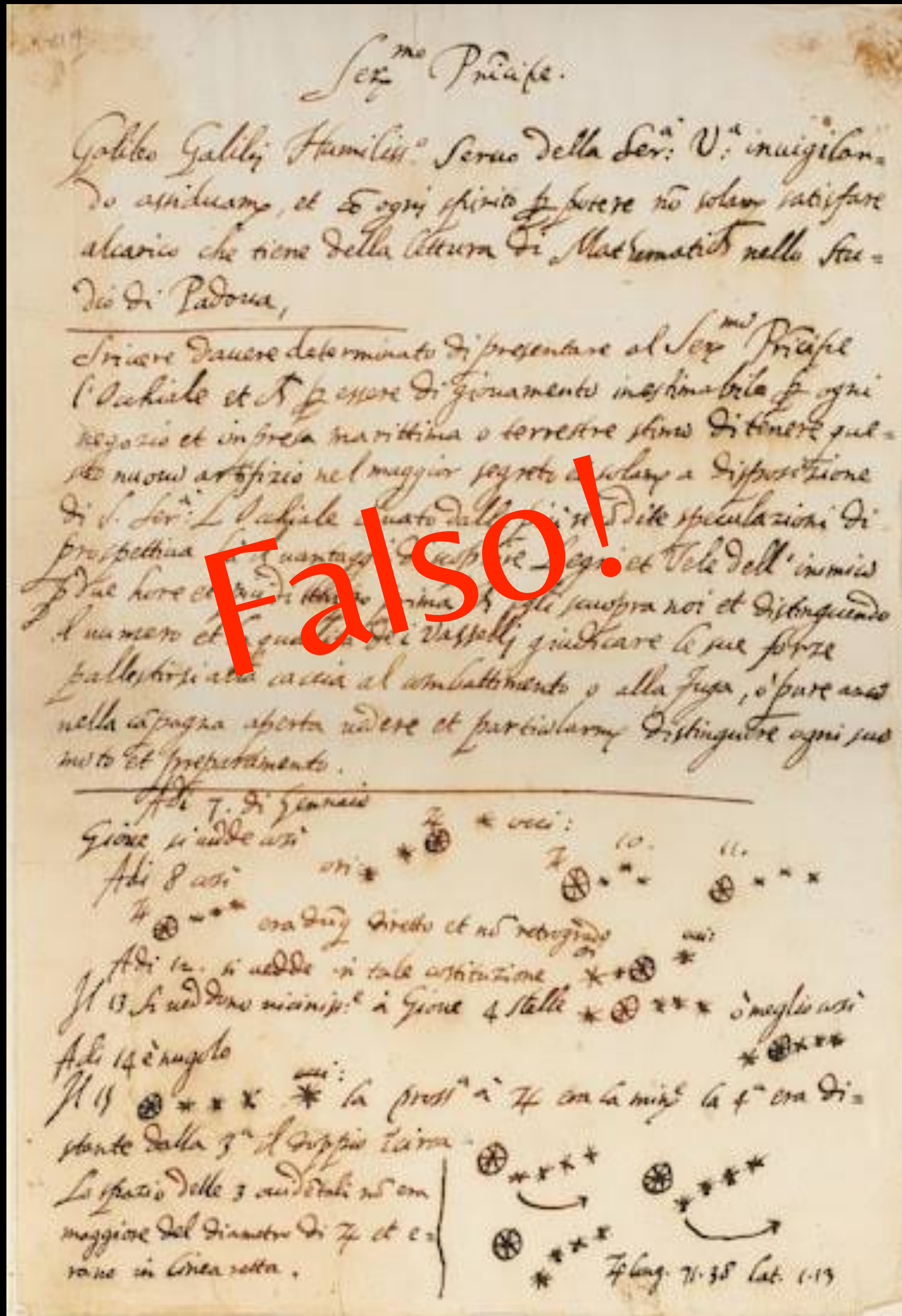
O Fim da Perfeição



https://www.researchgate.net/figure/Figura-10-Fases-da-Lua-desenhadas-pelo-proprio-Galileu-Este-desenho-em-sepia-teria-sido_fig8_359575436

- A Primeira Descoberta (Lua): Galileu vê montanhas, vales e crateras na Lua.
- O impacto: A Lua não é uma esfera divina de cristal perfeito de Aristóteles. É um “pedregulho” rochoso e irregular, exatamente como a Terra.

O Sistema Solar em Miniatura



- A Segunda Descoberta (Júpiter): Galileu aponta para o maior planeta e nota quatro objetos em linha reta. Noite após noite, elas mudam de posição. Ele descobre as luas de Júpiter.
- O impacto: Existiam corpos celestes orbitando um centro que não era a Terra! Se Júpiter pode se mover pelo espaço sem perder suas luas, a Terra também pode se mover sem perder a sua.

O Pregoeiro no Caixão do Geocentrismo



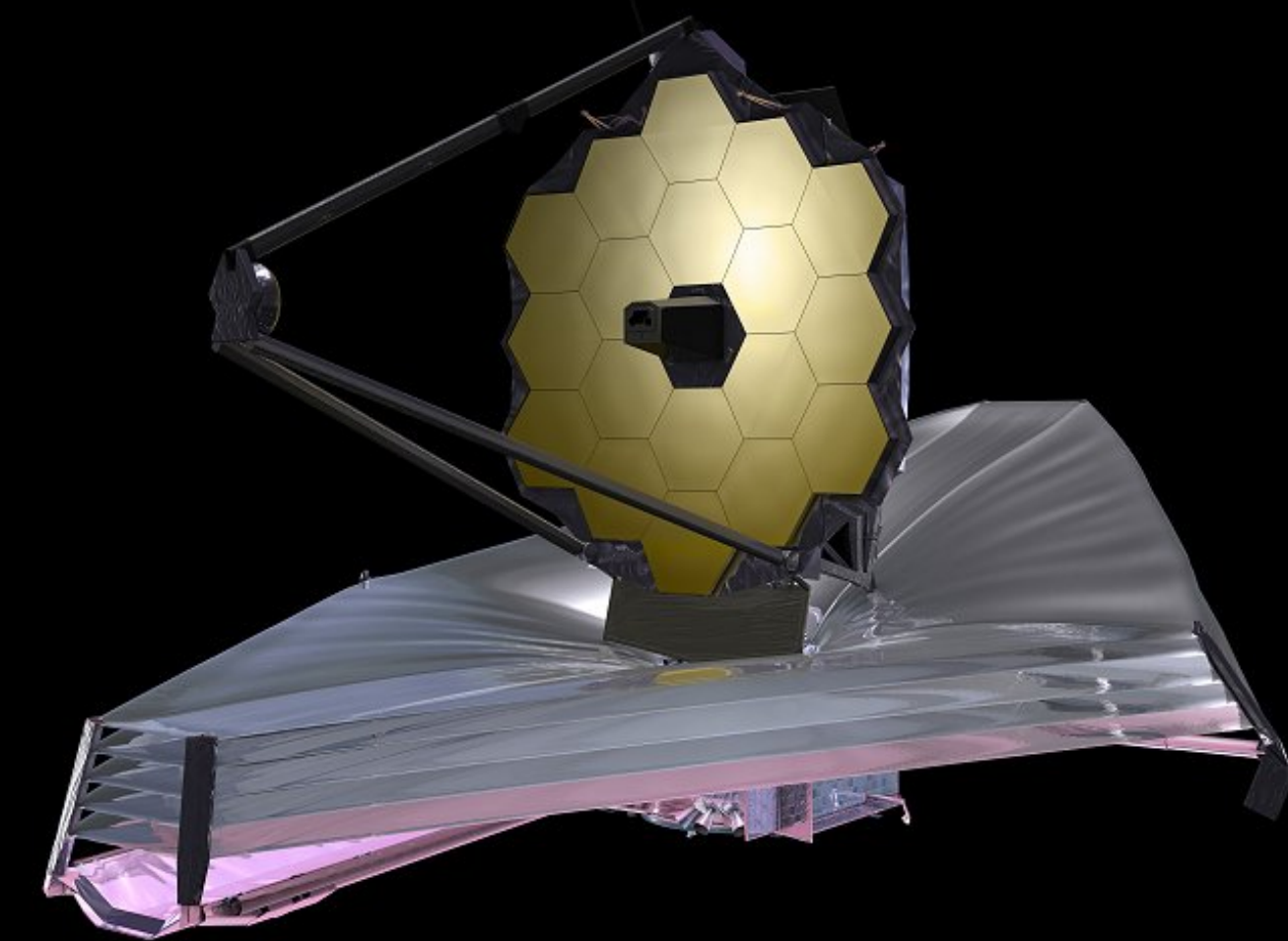
- A Terceira Descoberta (Vênus): Galileu observa que Vênus tem “fases” (como as fases da nossa Lua).
- A geometria disso só é possível se Vênus estiver orbitando o Sol, por dentro da órbita da Terra. O modelo de Ptolomeu não conseguiria explicar isso jamais. A tecnologia (luneta) venceu a filosofia.

Conclusões de Hoje

- O primeiro choque de soberania científica: o modelo heliocêntrico custou caro a Galileu (julgamento, prisão domiciliar perpétua).
- Mas o paradigma havia mudado: A ciência passaria a depender da tecnologia (instrumentos) para expandir nossos sentidos, pavimentando o caminho para os telescópios gigantes de hoje.



<https://jornal.usp.br/atualidades/galileu-e-sua-luneta-sacudiram-a-astronomia-no-seculo-17/>



<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=telescopio-james-webb-como-desdobrar-ciencia-universo&id=010130211226>



monteiro-oliveira.com/talks

