

**Projeto CTS – Ensino de Astronomia**  
**“Ação conjunta de observação do equinócio de março”**



**Responsável pelo Projeto**

**Néstor CAMINO (Esquel, Argentina)**  
**Maria Helena STEFFANI (Porto Alegre, Brasil)**  
**Alejandro GANGUI (Buenos Aires, Argentina)**  
**Andrea SÁNCHEZ (Montevideo, Uruguay)**  
**Maria de Fátima OLIVEIRA SARAIVA (Porto Alegre, Brasil)**  
**Lisbeth CORDANI (São Paulo, Brasil)**

**Projeto CTS – Ensino da Astronomia \***  
**“Ação conjunta de observação do equinócio de março”**

**OBJETIVOS GERAIS DO PROJETO**

- Fortalecer os vínculos entre investigadores e docentes em Ensino da Astronomia na Argentina, no Brasil e no Uruguai, como atividade do Programa Ciencia-Tecnologia-Sociedade CTS 4.
- Iniciar ações para estabelecer uma rede de vínculos institucionais permanentes, a fim de fortalecer a investigação e compartilhar as ações didáticas relacionadas ao Ensino da Astronomia, tomando como elemento motivador o Ano Internacional da Astronomia (2009).
- Continuar a planejar experimentos integrados de observação conjunta de fenômenos astronômicos equivalentes, para os anos subsequentes.

\* O presente projeto surgiu a partir do Grupo de Trabalho sobre Ensino da Astronomia, organizado por ocasião da Reunião CTS 4 (Ciencia, Tecnologia e Sociedade IV), realizada em Porto Alegre, Brasil, entre os dias 24 e 26 de novembro de 2008. Esta reunião foi organizada em conjunto pelas seguintes Sociedades Científicas: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC, Brasil), Asociación Ciencia Hoy (Argentina), Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC, Argentina) e Sociedad Uruguaya para el Progreso de la Ciencia y la Tecnología (SUPCYT).

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS DA ATIVIDADE**

- Observar o equinócio de março de 2009, de modo conjunto e simultâneo entre grupos de professores e pesquisadores em Ensino da Astronomia das cidades de Manaus, São Paulo e Porto Alegre (Brasil), Montevideu (Uruguai), Buenos Aires e Esquel (Argentina).
- Gerar uma oportunidade de análise e discussão comparada dos registros obtidos em cada cidade a partir da observação do equinócio de março de 2009, se possível em tempo real.
- Fornecer elementos do experimento aos professores participantes para que aprofundem sua conscientização sobre quais aspectos do mundo natural, neste caso o astronômico, são comuns a todos sem exceção e quais aspectos são próprios de cada localidade geográfica, relacionando isto com nossas semelhanças e diferenças culturais, sociais etc.
- Produzir materiais didáticos especialmente planejados para sua utilização direta nas aulas dos diferentes níveis dos Sistemas Educativos dos três países participantes, a fim de fornecer elementos concretos para que os professores em exercício incorporem cada vez mais a Astronomia em sua prática real.
- Apresentar o experimento realizado e os resultados obtidos em diferentes reuniões nacionais e regionais, em especial na 61a. Reunião Anual da SBPC em Manaus (Amazonas, Brasil) em julho de 2009.
- Publicar pelo menos um artigo em uma revista especializada em Ensino da Astronomia (RELEA, por exemplo), ou em outra específica da área de Ciências (Enseñanza de las Ciencias, por exemplo).
- Produzir um livro-texto que registre a experiência realizada e os resultados obtidos, colorido e bilíngue (espanhol-português), a ser distribuído junto a Instituições de Ensino na Argentina, no Brasil e no Uruguai, bem como tornar possível a distribuição aos demais países da América Latina, como atividade gerada no Projeto CTS4, durante o Ano Internacional da Astronomia.

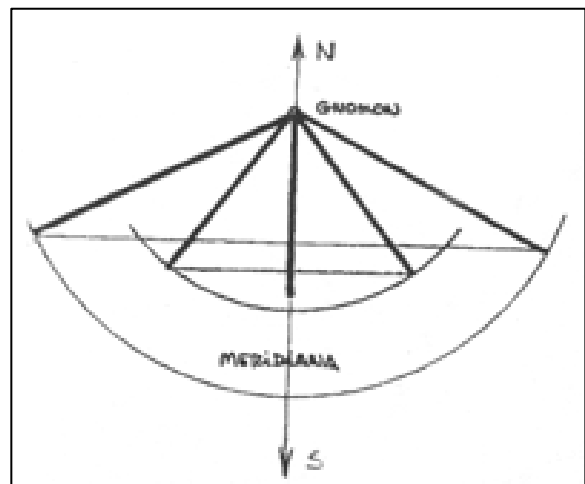
## ATIVIDADE DE OBSERVAÇÃO DO EQUINÓCIO

### PARTE PRELIMINAR: a determinação da linha Norte-Sul

A observação sistemática dos fenômenos astronômicos em nosso entorno natural nos brinda uma profunda percepção de “simetria”, tanto espacial como temporal, o que é causado, principalmente, pela forma e pelos movimentos da Terra e por nossa maneira de interagir com o mundo físico.

A principal direção de simetria espacial em um certo lugar de observação sobre a superfície terrestre é a linha norte-Sul (a “meridiana” do lugar), o que significa que saber como fazer sua determinação de forma simples e rigorosa é essencial.

- a) No lugar escolhido para observação, coloquem o gnômon firmemente cravado no solo, assegurando-se de que o mesmo esteja perpendicular à superfície.
- b) Durante um dia qualquer, durante a maior quantidade de tempo possível, registrem as sombras do gnômon, levando em conta que é conveniente que se indique a maior quantidade possível de sombras. Utilizem uma estaca ou prego para marcar o extremo da sombra e em seguida unam o prego com a base do gnômon, usando uma linha grossa e colorida. Assim que marcarem a primeira sombra, tracem uma circunferência no solo de tal modo que o centro seja a base do gnômon e o raio seja o comprimento da sombra. Pouco depois (digamos, meia hora) façam o mesmo com a segunda sombra e assim sucessivamente. Além disso, registrem o instante de tempo que corresponde a cada sombra marcada.
- c) No início do experimento haverá, para cada sombra, uma circunferência distinta; entretanto, a partir de um determinado momento os extremos das sucessivas sombras irão tocando as circunferências anteriormente marcadas. Deste modo, ao fim do dia, haverá várias circunferências, cada uma das quais tendo duas sombras de mesmo comprimento, mesmo que com distinta orientação; ficam então determinados vários grupos de duas sombras de mesmo comprimento cada uma. Observem que há somente um caso em que há uma única sombra e não um par de sombras: essa é a sombra mais curta produzida pelo gnômon nesse dia.
- d) Unam agora os extremos das sombras de mesmo comprimento, ficando assim formados vários segmentos retos, paralelos entre si, tantos quantas circunferências tenham sido marcadas; em seguida, dividam cada segmento pela metade, marcando claramente o ponto médio com um prego ou estaca. Unam com uma linha, grossa e de cor diferente das anteriores, a base do gnômon com cada um dos pregos que marcaram a metade dos segmentos anteriores; fica assim determinada uma linha que divide exatamente em duas metades iguais o diagrama de sombras que foram marcando no solo durante todo o dia e, por conseguinte, o plano do horizonte também ficou dividido em duas metades iguais. Esta reta passa exatamente pela sombra mais curta entre todas as que foram determinadas.
- e) Construam um gráfico que sintetize esta atividade; isto é, que inclua o ponto onde está o gnômon, todas as sombras, os segmentos paralelos, as linhas norte-Sul e Leste-Oeste, os registros das horas, etc. Para que este gráfico possa ser utilizado no futuro, deverá ser construído em escala, isto é, mantendo os tamanhos relativos das sombras e respeitando os ângulos entre elas.



### Algumas perguntas para ir um pouco além...

- √ Que relação existe entre o Sol e uma sombra em particular? Isto é, que diferença há entre as alturas do Sol sobre o horizonte quando a sombra é muito comprida ou quando a sombra é muito curta?
- √ Dentre as sombras que ficaram marcadas no solo, há uma que é a mais curta de todas – que implicação tem isso com relação à altura do Sol sobre o horizonte?
- √ O método que utilizaram para determinar a linha Norte-Sul chama-se “método das alturas iguais” – a que este nome faz referência?
- √ Investiguem se há algum dia do ano em que o gnômon, em algum momento, deixe de dar sombra. Poderiam relacionar isto com outras áreas do conhecimento (geografia, climas, etc.)?
- √ Em qual sentido se moveram as sombras do gnômon desde o amanhecer até o entardecer? Qual será a relação deste movimento com o que têm as agulhas de um relógio tradicional? Investiguem em que sentido se movem as sombras de um gnômon no Hemisfério Norte. Poderiam relacionar isto com outras áreas do conhecimento (história, geografia, etc.)?
- √ De que dependerá a forma que terá o conjunto de sombras que marcaram no solo (juntas ou separadas, curtas ou compridas, etc.)? Como poderiam verificar suas hipóteses, ou seja, se disseram que depende do dia do ano ou que depende da localização geográfica do observador, como poderiam provar estas afirmações?
- √ Como se chama o momento do dia que separa as sombras do começo da experiência daquelas do final da mesma? Qual o comprimento da sombra do gnômon nesse momento?
- √ Quanto tempo deverá transcorrer para que o gnômon apresente aproximadamente duas sombras iguais, tanto em comprimento como em orientação?
- √ Na parte final da atividade assinalávamos que os Pólos Geográficos não coincidem com os Pólos Magnéticos. Com relação a isto, investiguem as seguintes questões: Haverá algum planeta ou satélite que não tenha Pólos Geográficos? Haverá algum planeta ou satélite que não tenha Pólos Magnéticos? Naqueles planetas que tenham tanto Pólos Geográficos como Pólos Magnéticos, haverá algum caso em que os Pólos Geográficos estejam muito separados dos Pólos Magnéticos, quer dizer, que a bússola assinale o Leste, por exemplo?

## **PRIMEIRA PARTE: a observação do equinócio desde o próprio lugar**

- a) Coloquem o gnômon sobre uma superfície plana, em um local sobre o qual estejam seguros de que não haverá sombra em nenhum momento do dia.

Reconheçam a sombra do gnômon, e marquem o extremo da mesma (o ponto de luz entre o centro da sombra da arandela) com um prego (ou uma estaca) firmemente enterrado ao solo.

Unam com uma linha, grossa e colorida, o prego com a base do gnômon e também o prego com o orifício no disco do gnômon. Ficam assim marcadas tanto as sombras projetadas pelo gnômon como o raio de luz que passou pelo orifício e que une o Sol com o prego.

- b) Desde o nascer do Sol até o pôr-do-Sol, registrem as sombras do gnômon e os raios de luz que passam pelo orifício, aproximadamente a cada meia hora, do modo indicado no item anterior.
- c) Ao finalizar a observação, unam todos os pregos com outra linha, grossa e de cor distinta das outras cores anteriores. Qual a forma da linha assim construída? Qual o ângulo que ela forma com respeito à linha Norte-Sul?
- d) Por qual lugar do horizonte então o Sol terá nascido e por qual ter-se-ia posto?
- e) Dado que o conjunto de todas as sombras fica marcado no solo formando um ângulo de  $180^\circ$ , quantas horas de luz (dia) e quantas horas sem luz (noite) haverá em 20 de março e em 22 de setembro? Quantas horas de luz e quantas sem luz haverá então em outros dias do ano distintos de 20 de março e 22 de setembro? Qual a relação disto com as estações do ano?
- f) Construam uma maquete que sintetize esta atividade; ou seja, que inclua o ponto onde está o gnômon, todas as sombras, os raios de luz, as linhas Leste-Oeste e Norte-Sul, os registros das horas, etc. Para que esta maquete possa ser usada no futuro, deverá ser feita em escala com as longitudes (do gnômon e das sombras) e respeitar os ângulos entre as sombras e os ângulos entre os raios de luz.

## **Algumas perguntas para ir um pouco além...**

- √ É possível que em muitos livros seja encontrada a seguinte explicação: “para saber quais são os pontos cardeais, coloque-se em pé de braços abertos, de maneira que seu braço direito aponte para o nascer do Sol; seu peito indicará o Norte, o braço esquerdo o Oeste e suas costas o Sul”.
- √ Uma vez realizada a atividade anterior é possível compreender que esta explicação é incorreta. Poderia explicar por quê? Olhando as sombras que ficam marcadas no solo em um dia qualquer, poderiam medir aproximadamente o erro com o qual se estaria determinando a linha Leste-Oeste ao fazê-lo pelo método incorreto? De que maneira deveria ser modificada a explicação anterior para que se pudesse utilizá-la corretamente?
- √ Investiguem quais lugares de nossa região e do mundo estão sobre o mesmo paralelo que vocês. Em seguida, investiguem quantas horas de luz e quantas sem luz há em determinados dias do ano e compare com o que acontece no lugar onde vivem.
- √ Analisem a estrutura tridimensional de linhas que foi formada após a atividade. É possível identificar algumas relações de simetria espacial e/ou temporal através desta estrutura? Poderiam deduzir algumas consequências no cotidiano dessas relações de simetria e relacioná-las com a geografia, o clima, etc.?

## **SEGUNDA PARTE: o equinócio e o planeta Terra**

Para começar a construir uma visão complementar dos fenômenos astronômicos, em particular dos equinócios, tanto a partir da geografia local como a partir do planeta Terra como um todo, existe um dispositivo muito interessante e útil: o Globo Terrestre Paralelo.

- a) Escolham um Globo Terrestre, o maior que conseguirem, e tirem o seu pé de apoio de tal forma que somente reste a esfera propriamente dita. Identifiquem sobre o globo onde está o local onde vivem e marque-o claramente.
- b) No solo, perto do gnômon e das linhas, tracem uma linha Norte-Sul (astronômica, não a magnética) e coloquem aí um pedestal (um tronco, um ferro, etc.) sobre o qual apoiarão o globo terrestre. O pedestal deverá ter uma altura adequada para que um aluno possa ver facilmente todo o globo, tanto a parte de cima como a de baixo.
- c) O gnômon com o qual temos trabalhado está colocado sobre o solo (na posição topocêntrica), na linha Norte-Sul (denominada “a meridiana”, uma parte da linha que une os dois pólos geográficos ou simplesmente o meridiano), deixando debaixo dele todo o planeta Terra. Tentem reproduzir sobre o globo terrestre esta situação, ou seja, coloquem no lugar onde vivem uma pequena vareta (o gnômon da representação), que estará sobre um dos meridianos do globo terrestre (os que habitualmente já vêm marcados).
- d) Finalmente, coloquem o globo sobre o pedestal cuidando para que ambos os meridianos (o da representação e a linha meridiana real) coincidam e que o gnômon sobre o globo esteja reto, paralelo ao gnômon real. A este globo terrestre, colocado dessa maneira, que representa fielmente o planeta Terra como um todo, bem como nós mesmos colocados sobre ele, denomina-se “Globo Terrestre Paralelo”.
- e) Observem e comparem as sombras de ambos os gnômon: o real sobre o solo e o pequeno sobre o globo. Que conclusões poderiam tirar desta observação?

### **Algumas perguntas para ir um pouco além...**

- √ Utilizando o Globo Terrestre Paralelo, poderiam deduzir como são as sombras de um gnômon reto vertical nos outros lugares de observação deste Projeto? Poderiam mostrar como se movem as sombras no Hemisfério Norte ou nas antípodas do lugar onde moram no instante em que vocês estão trabalhando?
- √ Por qual razão acontece que, apesar de o gnômon e suas antípodas estarem sobre o mesmo meridiano terrestre, quando em um lugar é dia no outro lugar é noite?
- √ Há algum momento do dia em que o Globo Terrestre Paralelo “deixa de funcionar”? Expliquem porque isto acontece.
- √ Quais características têm a linha de separação entre a metade iluminada da Terra e a metade não iluminada (“terminador”) durante um equinócio?
- √ Como seria a iluminação deste Globo no verão e no inverno, nos solstícios, por exemplo?

### **TERCEIRA PARTE: a relação entre o local e o planetário**

- a) Uma vez realizada a primeira parte da atividade formou-se no lugar de observação uma estrutura com dois conjuntos de linhas: umas no solo, representando as sombras do gnômon e outras no ar representando os raios de Sol que passaram pelo orifício no extremo do gnômon.

Coloquem-se de forma a que possam ver a estrutura de linhas que representam os raios de Sol desde uma de suas extremidades. O que observam?

- b) Observem agora o Globo Terrestre paralelo e comparem o Equador terrestre com o plano formado pelos raios de Sol durante um equinócio. Que ângulo formam entre si?
- c) Cravem no solo uma vareta, comprida e com diâmetro de no máximo 2 cm, de modo que forme um ângulo reto (perpendicular) ao plano dos raios de Sol.
- d) Observem novamente o Globo Terrestre Paralelo: qual a reta neste plano que passa pelo seu centro e é perpendicular ao plano do Equador?
- e) Meçam o ângulo que o eixo de rotação forma com relação ao solo. Poderiam relacionar isso com o que perceberam na atividade anterior?
- f) Construam um pequeno plano com um eixo perpendicular a ele e coloquem-no sobre o Globo Terrestre Paralelo, de forma a que o ângulo que o eixo forme sobre o solo seja o mesmo que aquele que acabam de medir e que, além disso, a base do plano seja perpendicular ao meridiano sobre o qual está o lugar de observação no globo.

### **Algumas perguntas para ir um pouco além...**

- √ Analisem em quais lugares do planeta ocorre o fato de que em algum dia do ano um gnômon vertical não produz sombra; utilizem para isso pequenas varetas colocadas nos distintos paralelos de um mesmo meridiano do Globo Terrestre paralelo. Quais paralelos determinam o limite da região em que isso acontece? Investiguem que nome se dá a esses paralelos.
- √ Construam vários modelos pequenos do Equador (?) e do eixo e coloquem-nos em distintos lugares sobre o globo terrestre (em um dos pólos, no Equador, em algum lugar entre os trópicos, etc.). Como será a trajetória do Sol em um determinado dia com respeito ao horizonte desses lugares? Para verificar suas respostas, deixem que o Sol real ilumine o Globo Terrestre Paralelo e estudem como são as sombras e como evoluem sobre esses modelos durante algumas horas e ao longo dos dias.



## QUARTA PARTE: o comum e o diferente do equinócio na Argentina, no Brasil e no Uruguai

As partes envolvidas até o momento do presente projeto realizam-se de forma observacional a partir de cada lugar geográfico de observação, e durante um curto lapso de tempo (por exemplo, durante o dia do equinócio).

Além da possibilidade tecnológica atual de estabelecer uma comunicação em tempo real entre os diversos grupos de docentes enquanto realizam suas observações (com câmeras *web* por exemplo), a comparação dos resultados obtidos, a discussão conceitual e didática, a elaboração dos informes finais, a produção de materiais didáticos, etc., deverão ser feitas de forma integrada e compartilhada durante as semanas posteriores ao equinócio.

Assim, é importante que cada grupo de trabalho esteja conscientizado sobre qual será a parte final do trabalho comum iniciado com este Projeto, para que os registros obtidos durante o processo de observação do equinócio extrapolem o local da realização do mesmo e tenham uma projeção didática mais ampla.

Uma vez finalizadas as observações realizadas pelos diferentes grupos de docentes em cada cidade da Argentina, do Brasil e do Uruguai, os responsáveis deste projeto deverão coordenar a coleta comum de todos os dados obtidos, e a elaboração de conclusões, recomendações, materiais, etc., que deverão se converter em uma devolução concreta em uma instância final com cada grupo de trabalho.

Por esta razão, os registros mais importantes a serem coletados em cada experimento deverão ser os seguintes (ainda que possam não ser os únicos, de acordo com os critérios e interesses de cada grupo):

- Descrição e dados de cada Instituição escolar envolvida no presente projeto, com seu responsável e grupo de docentes/estudantes/etc.
- Descrição do contexto físico e social de trabalho durante a realização do experimento de observação do equinócio (local, paisagem, clima, outras pessoas envolvidas, etc.).
- Fotografias e/ou vídeos sequenciais das distintas etapas da atividade e os detalhes considerados importantes para a compreensão não só dos resultados como também do processo vivenciado.
- Cadernos de campo, desenhos, ou outro tipo de registro pessoal dos participantes.
- Relatos, anedotas, opiniões, etc., que nos permitam compreender os aspectos emocionais deste processo.
- Dados físicos concretos do processo durante o equinócio: longitude das sombras, instantes de tempo, medida dos ângulos das linhas, etc.
- Descrição do contexto físico e social de trabalho durante a discussão em aula após o experimento.
- Materiais finais produzidos pelos diferentes grupos e pelo Projeto em geral.
- Avaliação crítica do Projeto e projeção para o futuro.
- Diversos outros tópicos, a critério dos participantes, que ajudem a melhorar o trabalho compartilhado entre docentes e pesquisadores em Ensino da Astronomia na Argentina, no Brasil e no Uruguai, para aprofundar nossa interação no futuro.

# APÊNDICE

## ELEMENTOS PARA A FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO EXPERIMENTO

### Descrição do contexto geral do experimento

O experimento a ser desenvolvido consistirá em observar conjuntamente o Equinócio de Março de 2009, a partir das cinco localidades geográficas em que moram e trabalham os responsáveis por este Projeto, de acordo com o estabelecido nas reuniões de trabalho realizadas durante o encontro CTS4, em Porto Alegre, Brasil, em novembro de 2008.

Cada um dos responsáveis trabalhará em sua cidade com grupos de professores que atuam em diferentes níveis, de preferência aqueles que trabalham com formação docente, a fim de que o processo a ser desenvolvido neste experimento tenha no futuro maior repercussão no ambiente escolar.

O material comum aos grupos será um simples gnômon reto, vertical (uma vareta perpendicular ao solo), registrando-se sistematicamente a sombra da mesma desde o nascer do Sol até o Pôr do Sol, durante o dia 20 de março de 2009, materializando as sombras e a direção dos raios de luz do Sol em cada instante de medição com linhas atadas ao gnômon, conforme descrição detalhada mais adiante. Será utilizado também um Globo Terrestre Paralelo, neste Projeto usado como material complementar ao gnômon.

A localização geográfica de cada cidade está indicada na figura a seguir.



Localização geográfica das cidades participantes no Projeto CTS "Ensino da Astronomia"

Cabe aqui destacar alguns aspectos muito interessantes que favorecem a compreensão (através do experimento planejado) da realidade de nossa geografia regional:

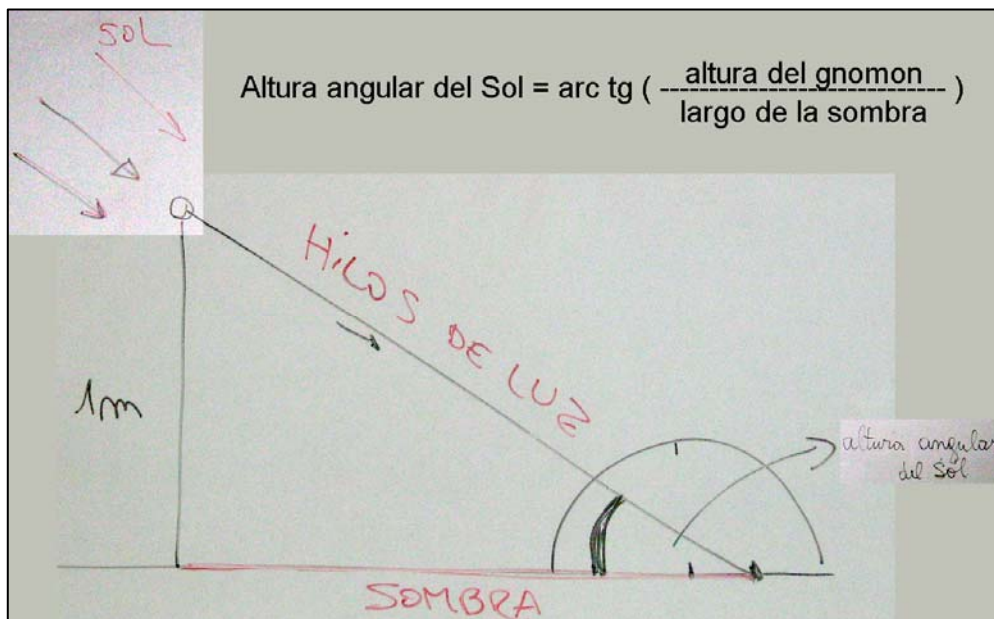
- ✓ A maior diferença em latitude geográfica entre as cidades é maior do que  $40^\circ$ , o que fará com que as sombras produzidas pelos gnômons tenham comprimentos muito variados, com diferenças muito maiores do que os erros experimentais naturais em uma atividade como esta (uma variação de aproximadamente 50 cm ao meio dia solar, entre Esquel, Argentina, e São Paulo, Brasil, para um gnômon de 1 m de altura).
- ✓ A maior diferença em longitude geográfica equivale a mais de uma hora e meia. Considerando que para a época do Equinócio de março os três países estarão no mesmo fuso horário, se fosse possível estar em comunicação em tempo real enquanto se realiza o experimento (com câmeras *web*, por exemplo) os professores participantes poderiam perceber de forma muito explícita a velocidade de rotação terrestre e a extensão de nossa região.

## Descrição da geometria básica do experimento

Em cada instante, durante qualquer dia, o Sol ocupa uma certa posição no céu a partir da qual é possível considerar que chegam seus raios de luz; assim, qualquer objeto projetará uma sombra sobre o solo, cujo comprimento máximo estará definido pela reta que une o Sol com o topo do objeto.

Se o objeto for uma vareta fina e comprida, perpendicular ao solo, um “gnômon reto e vertical”, sua sombra no solo será uma reta de certa espessura e um pouco difusa, cujo extremo estará no prolongamento da reta que une o Sol com a ponta da vareta. Se no extremo da vareta for colocado um disco de metal com um orifício no centro, fica ainda mais simples determinar aonde termina a sombra produzida pelo gnômon em cada instante.

Forma-se então no espaço tridimensional um triângulo retângulo, de espessura desprezível, (no caso de a vareta não ser muito grossa), tal que o ângulo formado na extremidade da sombra e o solo coincide com a altura angular do Sol sobre o horizonte em cada instante, cujo valor se pode obter através de uma relação trigonométrica simples, conforme indicado na figura a seguir.

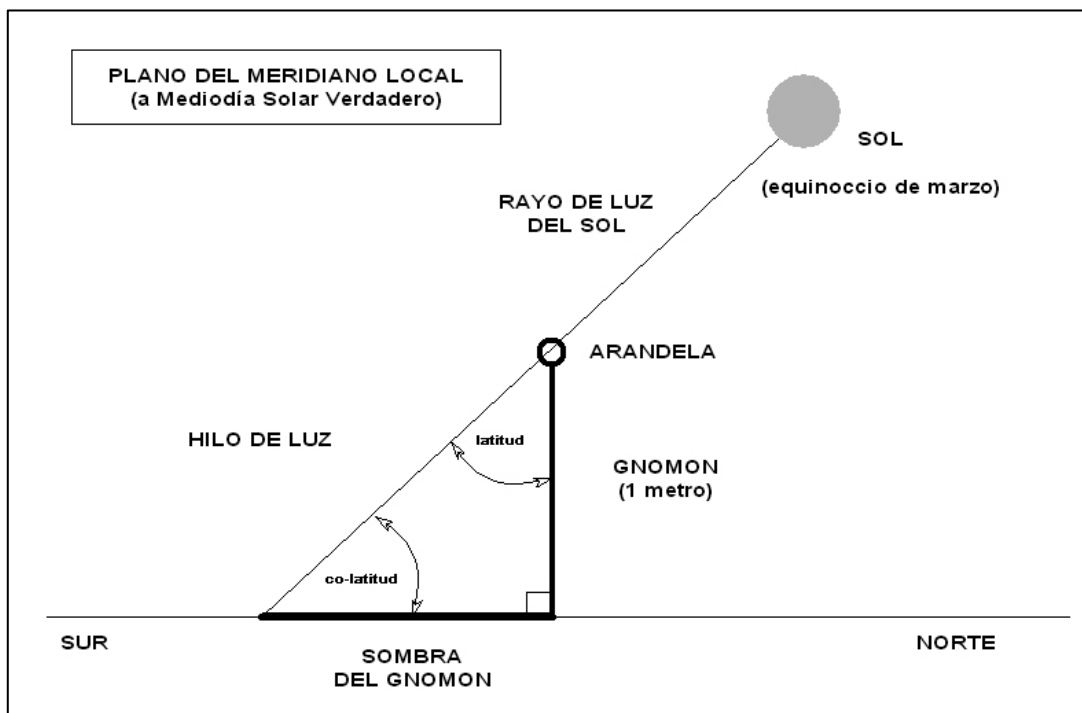


## Descrição da geometria durante o Meio-dia Solar Verdadeiro nos equinócios

Durante os equinócios, o Sol percorre uma trajetória, no céu de cada localidade, que coincide com a projeção do Equador Celeste; isto faz com que durante estes dias o Sol saia exatamente pelo Leste e se ponha exatamente pelo Oeste, e que a duração do dia e da noite sejam também de 12 horas.

No instante do Meio-dia Solar Verdadeiro, a altura angular do Sol coincide com a co-latitude do lugar de observação (ou, o que é equivalente, o ângulo dos raios de luz no extremo do gnômon coincide com a latitude geográfica do lugar de observação), tal como indicado na figura seguinte.

Estes ângulos podem ser determinados tanto indiretamente através da relação trigonométrica entre o comprimento do gnômon e o comprimento de sua sombra, indicada na figura anterior, quanto por medição direta, mediante a utilização de um transferidor, tal qual é mostrado nas imagens da pagina seguinte:





Medição direta do valor da colatitude (altura angular do Sol)



Medição direta do valor da latitude do lugar de observação



## Descrição da geometria tridimensional nos equinócios

Se em cada instante de observação durante o dia do equinócio, desde a saída do Sol até o Pôr-do-Sol, forem marcadas as sombras do gnômon com linhas coloridas, tanto da base do gnômon até o extremo da sombra como do extremo do gnômon com o extremo da sombra, forma-se uma estrutura de linhas tridimensional no espaço do local de observação.

O que torna particularmente interessante o desenvolvimento desta atividade durante um equinócio é que esta estrutura tridimensional tem a forma de setor de um plano, setor este que começa na arandela do gnômon e termina sobre uma linha reta no solo, a qual é determinada pelos extremos de todas as sombras que foram marcadas durante o dia.

Visto de perfil (desde o extremo da linha reta sobre o solo), forma-se também um triângulo retângulo, cujos ângulos guardam a mesma relação já descrita anteriormente para o Meio-dia Solar Verdadeiro.

Diz-se, então, que o plano formado por todas as linhas que materializam os raios de luz do Sol que passaram durante o equinócio pela arandela do gnômon coincide com o plano do Equador celeste no lugar de observação. Portanto, o ângulo que este plano (o Equador Celeste) forma com o solo equivale à co-latitude do lugar (ou seja, o ângulo na arandela equivale à latitude).



O gnômon e a estrutura de linhas no espaço tridimensional durante um equinócio.

## Descrição do Globo Terrestre Paralelo

O Globo Terrestre Paralelo é um dispositivo muito simples, engenhoso e antigo que, utilizado de forma sistemática, converte-se em uma ferramenta didática de grande potencialidade.

Consiste em fazer coincidir a orientação espacial com respeito a um sistema de referência exterior (o fundo estrelado, por exemplo) do planeta Terra real com sua representação em escala pequena (um globo terrestre como os utilizados na escola).

Quando um observador está parado sobre a superfície terrestre (a posição topocêntrica), todo o planeta está debaixo de seus pés; colocando então o globo escolar sobre o solo de modo que o lugar onde habitamos sobre sua superfície esteja na parte superior do mesmo, podemos considerar que, desde o exterior, ambas as posições topocêntricas (a real e a representação sobre o pequeno globo) coincidem espacialmente.

Se em seguida fizermos coincidir as duas linhas Norte-Sul (a real que passa pelos pés do observador, também chamada “meridiana”) com o meridiano representado no globo, podemos afirmar que ambas as linhas Norte-Sul coincidem.

Finalmente, um observador externo que se encontrar muito distante poderia considerar que ambas as esferas, a real e sua representação, são “paralelas” no espaço tridimensional: os eixos de rotação de ambas as esferas (a Terra e o Globo) coincidem em sua direção espacial, do mesmo modo que seus respectivos meridianos locais.

Ao fim deste experimento, à semelhança do que ocorre na maioria das aplicações tecnológicas e da própria ecologia do planeta, é possível considerar que o Sol está suficientemente longe da Terra a fim de se considerar a luz que chega a partir dele como se fossem raios paralelos. Quer dizer, o Sol ilumina exatamente igual (sob esta aproximação) tanto a Terra real como a pequena esfera que a representa e que se encontra aos pés do observador.

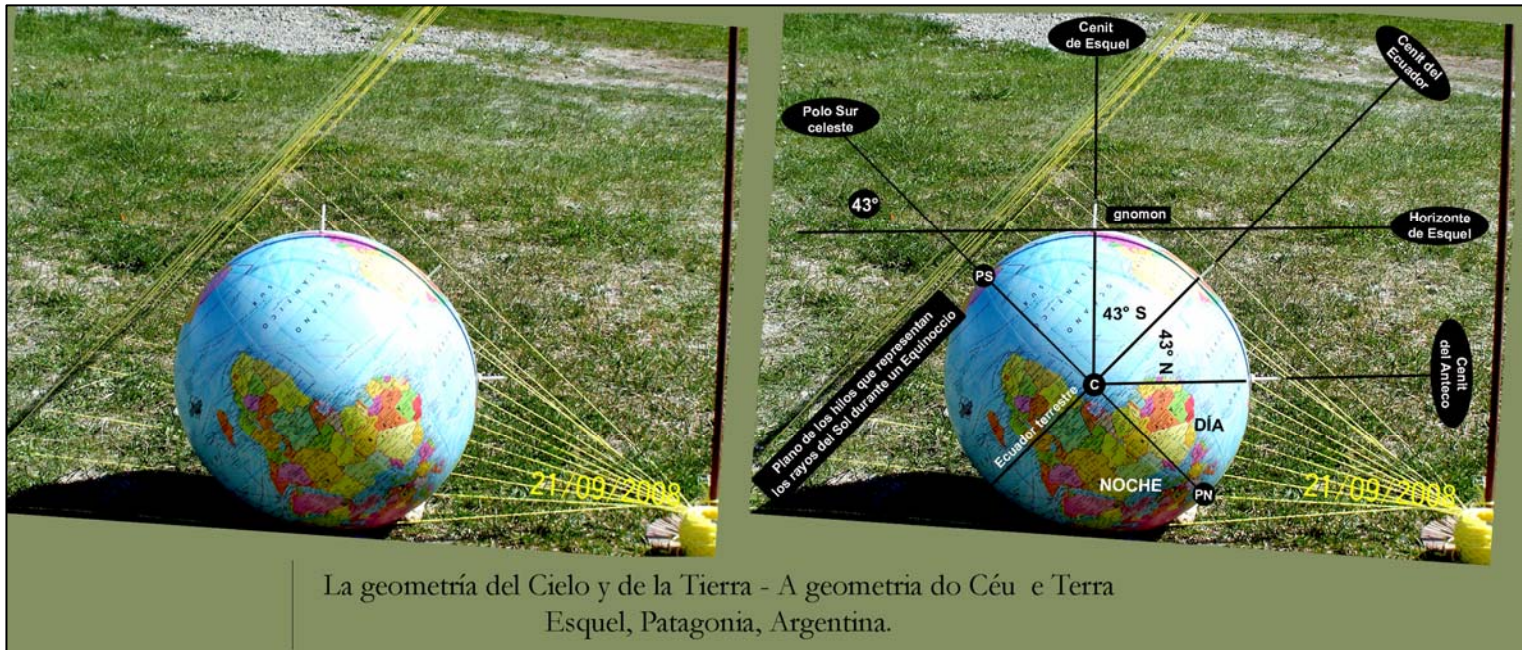
Deste modo, estudando a iluminação do Globo Terrestre Paralelo é possível compreender como é iluminada a Terra, a evolução do dia e da noite bem como das estações, tanto em cada lugar particular como no planeta como um todo.



O Globo Terrestre Paralelo iluminado durante um equinócio.

## A visão local e a visão planetária

A figura a seguir ajuda a compreender as relações geométricas entre o lugar de observação e a Terra como um todo, ambos com respeito à luz do Sol durante um equinócio, e permite encontrar a relação anteriormente citada entre os ângulos a partir do gnômon e a latitude geográfica do lugar.



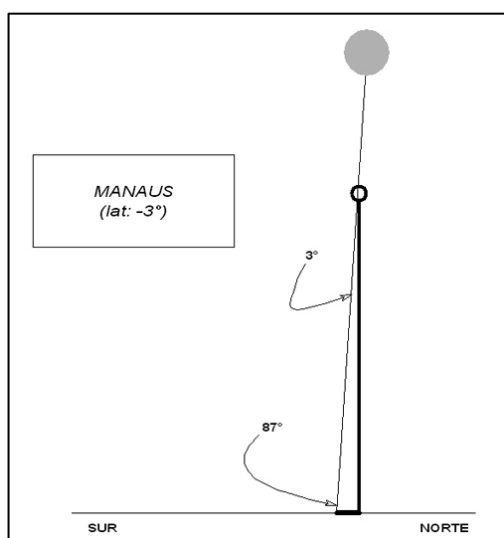
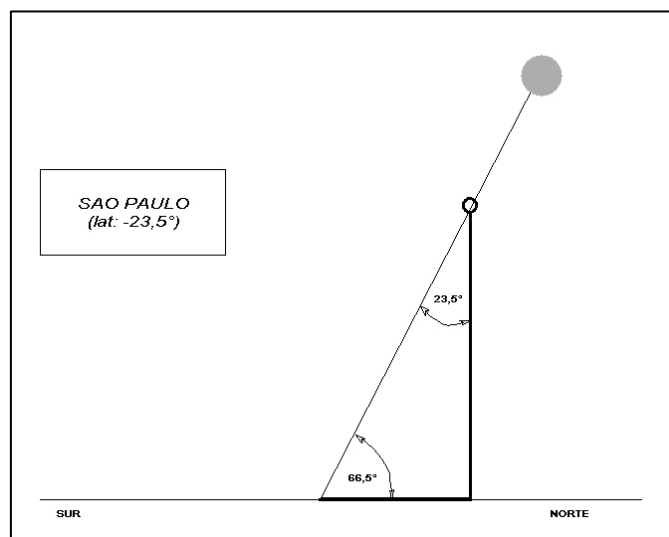
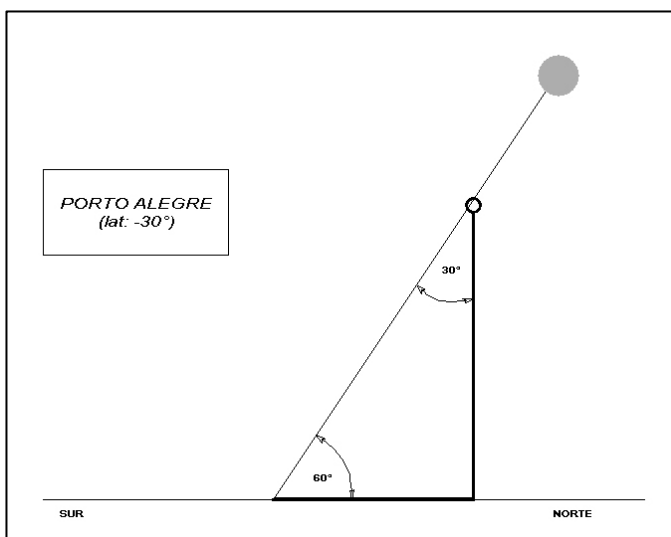
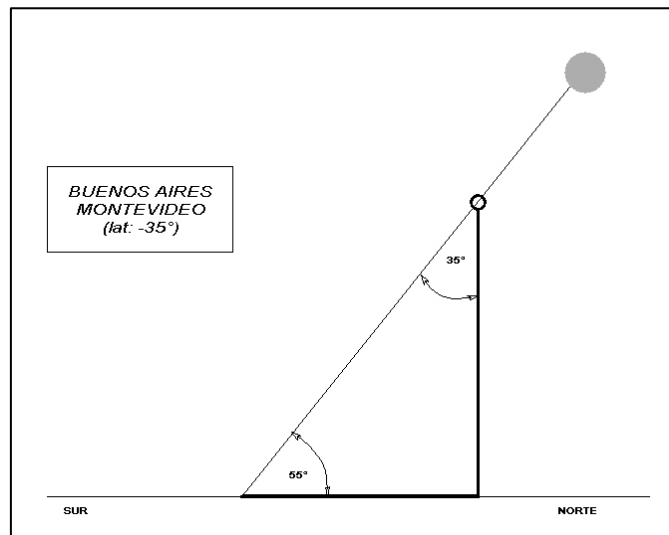
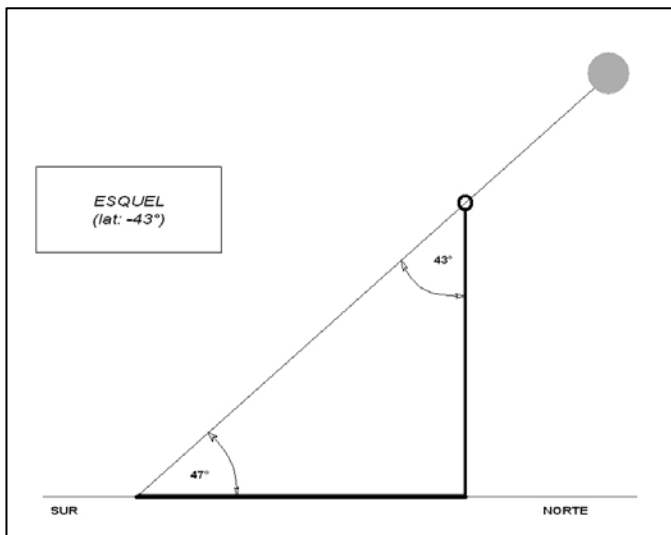
## **A observação do equinócio a partir de diferentes lugares geográficos**

Para compreender adequadamente os equinócios, bem como a maioria dos fenômenos astronômicos, é necessário analisá-los a partir de uma perspectiva dupla: planetária, da Terra como um todo, e local, própria de cada lugar de observação.

No caso do experimento do Projeto CTS 2009, a observação a ser realizada durante o equinócio de março terá uma forte componente da perspectiva local, mesmo que todos os lugares compartilhem o aspecto geral do planeta Terra neste momento particular: o Sol nascendo no Leste e se pondo no Oeste em cada horizonte local; o dia durará o mesmo que a noite para todos; a estrutura tridimensional das linhas que materializam os raios de luz será um plano para todos os gnômons utilizados; a reta que formam os extremos das sombras serão, em todos os casos, as retas Leste-Oeste; etc.

Entretanto, haverá algumas particularidades muito interessantes: o ângulo de inclinação, com respeito ao solo, do plano formado pelas linhas será diferente para cada lugar de observação, dado que todas as cidades estão localizadas a diferentes latitudes geográficas (também estão localizadas a diferentes longitudes geográficas, mas para fins deste experimento isso não será de interesse específico).

Nas figuras na próxima página estão indicados, aproximadamente, como estarão localizados os planos das linhas com respeito ao solo, em cada lugar de observação.



Varição da altura angular do Sol durante um equinócio nos diferentes locais de observação.

## DESCRIÇÃO DO GNOMON A SER UTILIZADO

A fim de que os registros obtidos pelos distintos grupos de trabalho sejam comparáveis diretamente, permitindo confiar em que os erros experimentais sejam equivalentes, é recomendável utilizar uma única medida para o comprimento do gnômon.

Do mesmo modo, a fim de que as distâncias a medir e as relações trigonométricas a utilizar sejam o mais simples possível, recomendamos um comprimento idêntico para todos os gnômons: um metro (1 m).

A título de exemplo, descreve-se em seguida um possível planejamento para o gnômon a ser utilizado:

- Construído a partir de uma vareta lisa de ferro de construção (8mm), este gnômon tem uma chapa soldada na parte inferior para assegurar que, ao cravá-lo na terra, ele se mantenha reto e fique firme e nivelado sobre a superfície
- Além disso, tem uma arandela soldada na ponta, de modo que sua sombra termine em um disco escuro com um ponto de luz no centro, o que facilita muito a determinação do extremo da sombra que se toma como indicativo da evolução do movimento do Sol no céu local.
- A distância entre o orifício da arandela e a base circular de metal é de 1 m (100 cm).



O gnômon reto vertical de Esquel (Argentina).

## **A determinação da linha Norte-Sul: SÍNTESE TEÓRICA**

O prolongamento da vareta, o gnômon, diretamente para cima marca um ponto imaginário no céu denominado Zênite; o correspondente prolongamento para baixo, passando pelo centro da Terra, determina outro lugar sobre a superfície da Terra chamado as antípodas e outro ponto imaginário no céu chamado Nadir. A linha Zênite – observador - centro da Terra - Nadir coincide com a linha de prumo localizada na posição topocêntrica.

Em um determinado instante, e por estar iluminado pelo Sol, o gnômon projeta uma sombra sobre o solo; à medida que o Sol se move com relação ao horizonte, a sombra do gnômon também se move, variando seu comprimento e sua orientação. A localização do Sol no céu e o comprimento e a orientação da sombra no solo estão diretamente relacionados através do gnômon.

A linha que divide o horizonte em duas metades iguais e que passa pela sombra mais curta denomina-se meridiana do lugar, e assinala exatamente a direção Norte-Sul.

Se pudéssemos caminhar para o Sul pela linha meridiana pelo comprimento do planeta, chegaríamos ao Pólo Sul, e vice-versa se o fizéssemos até o Norte (os chamados Pólos Geográficos). A reta que une os Pólos Geográficos e passa pela posição do observador (posição topocêntrica) denomina-se meridiano geográfico. O ângulo entre o meridiano geográfico de um lugar e o correspondente a Greenwich define a “longitude” desse lugar. A longitude varia desde 180° O, nas antípodas desse meridiano, passando por 0° em Greenwich, até 180° E até o Leste do mesmo meridiano de referência.

A reta perpendicular à direção Norte-Sul, que passa pela base do gnômon (posição topocêntrica) assinala o Leste e o Oeste.

A linha imaginária no céu que passa pelo Norte, pelo Zênite, pelo Sul e pelo Nadir denomina-se meridiano celeste.

É importante lembrar que por este método se determina rigorosamente a linha Norte-Sul; não aconteceria o mesmo caso utilizássemos uma bússola, já que este instrumento assinala o Norte e o Sul magnéticos da terra. Os chamados Pólos Magnéticos, que não coincidem com os Pólos Geográficos.

Prolonguem as linhas Norte-Sul e Leste-Oeste aproximadamente dois ou três metros desde a base do gnômon e marquem seus extremos com estacas nas quais estarão indicados claramente os nomes dos pontos cardeais N, S, L e O. Estes pontos serão o que utilizaremos no futuro para o resto das atividades e definem nosso sistema de referência espacial.

## **A observação do equinócio desde o próprio lugar: SÍNTESE TEÓRICA**

O Sol ilumina o gnômon e este projeta sombra, exceto onde está o orifício. Por esta razão, o gnômon, o raio de luz e a linha de sombra sobre o piso formam um triângulo retângulo no espaço tridimensional, de certo volume, chamado a “zona de sombra”.

Nos dias 20 de março e 22 de setembro, o extremo da sombra do gnômon, e também o dos raios de Sol, marcam sobre o solo uma reta, a linha Leste-Oeste, que divide o horizonte em duas partes iguais e é perpendicular á linha norte-Sul. Se pudéssemos caminhar sobre essa linha, tanto para o Leste como para o Oeste, percorreríamos uma circunferência sobre nosso planeta chamada de paralelo.

Estes são os únicos dois dias do ano em que o Sol nasce exatamente no Leste e se põe exatamente no Oeste; em todos os demais dias a linha que une os lugares onde o Sol nasce e se põe se desloca ou ao Norte (no outono e inverno) ou ao Sul (na primavera ou verão).

Nos dias 20 de março e 22 de setembro há tantas horas de luz (dia) como sem luz (noite), e por isso esses dias são chamados de equinócios (“igual duração do dia e da noite”); em todos os demais dias do ano, ou a duração do dia é menor do que a da noite (outono e inverno) ou vice-versa (primavera e verão).



## **A relação entre o local e o planetário: SÍNTESE TEÓRICA**

Se várias linhas retas aparecem, ao vê-las de perfil como se fossem únicas, podemos dizer que elas estão formando um plano.

Do mesmo modo que consideramos o globo como uma fiel representação de nosso planeta, e de nós mesmos sobre ele, assim também podemos dizer que o plano formado pelos raios de Sol em um equinócio é a representação do Equador terrestre no lugar de observação (posição topocêntrica).

Podemos considerar então que a reta que é perpendicular ao plano formado pelos raios de Sol em um equinócio é a representação do eixo de rotação terrestre no lugar de observação (posição topocêntrica).

O ângulo que forma o eixo de rotação terrestre em sua representação sobre o solo define o paralelo sobre o qual está localizado o observador e é igual em valor à latitude do lugar de observação. A latitude varia desde  $90^{\circ}\text{S}$  no Pólo Sul, passando por  $0^{\circ}$  no Equador, até  $90^{\circ}\text{N}$  no Pólo Norte.