

Localização ou Posicionamento

1- Introdução

Muitas vezes ouvimos falar de pessoas que se perdem em regiões inóspitas. Estar perdido significa que alguém não sabe se localizar a partir de um ponto de referência. Dizemos que as pessoas não conhecem as coordenadas do ponto onde elas estão. Estar perdido significa não saber as coordenadas geográficas: latitude e longitude.

Por muito tempo, os grandes navegadores não dispunham de um método seguro para determinar as coordenadas geográficas. Só no século XVIII esse problema foi resolvido por um carpinteiro inglês, que conseguiu construir um cronômetro marítimo de grande precisão.

A determinação da posição de um objeto na superfície terrestre foi e continuará sendo uma questão de grande relevância. Do ponto de vista militar, o posicionamento é de vital importância estratégica. Do ponto de vista econômico, a relevância do posicionamento passou a ser a cada dia maior. Isso vale tanto para a navegação noturna nos rios da Amazônia quanto para a localização dos aviões em regiões inóspitas.



O posicionamento é de grande relevância na navegação na superfície terrestre (marítima, fluvial, aeronáutica, rodoviária e ferroviária). Tem relevância na agricultura (estimativas de safras e inventários florestais) e aplicações nas ciências atmosféricas e na geologia.

2- Posição, o que é?

O conceito de posição é um **conceito relativo**, isto é, a posição depende do observador. Conceitos como em cima, em baixo, à direita ou à esquerda dependem do observador de referência.

Assim, não é possível especificar uma posição sem especificarmos antes o sistema de referência. Uma vez adotado um sistema de referência, temos várias formas de indicar a posição de um objeto. Algumas já se incorporaram ao nosso cotidiano.

A maneira de caracterizarmos a posição de um objeto é através do uso de uma coordenada ou um conjunto de coordenadas. A seguir apresentaremos exemplos de coordenadas.

3- Indicando posição no cotidiano

1. Indicando os espaços nas rodovias

O marco dos quilômetros numa rodovia é o melhor exemplo, no cotidiano, da indicação dos espaços (coordenadas) ao longo da trajetória. **A trajetória é o leito da rodovia.**

Toma-se um ponto como origem dos espaços. No caso das rodovias paulistas, o marco zero é a Praça da Sé. A partir desse ponto de origem, indicamos as distâncias em quilômetros. Introduzimos um marco de quilometragem a cada quilômetro. Nele indicamos a distância até a origem (Praça da Sé).

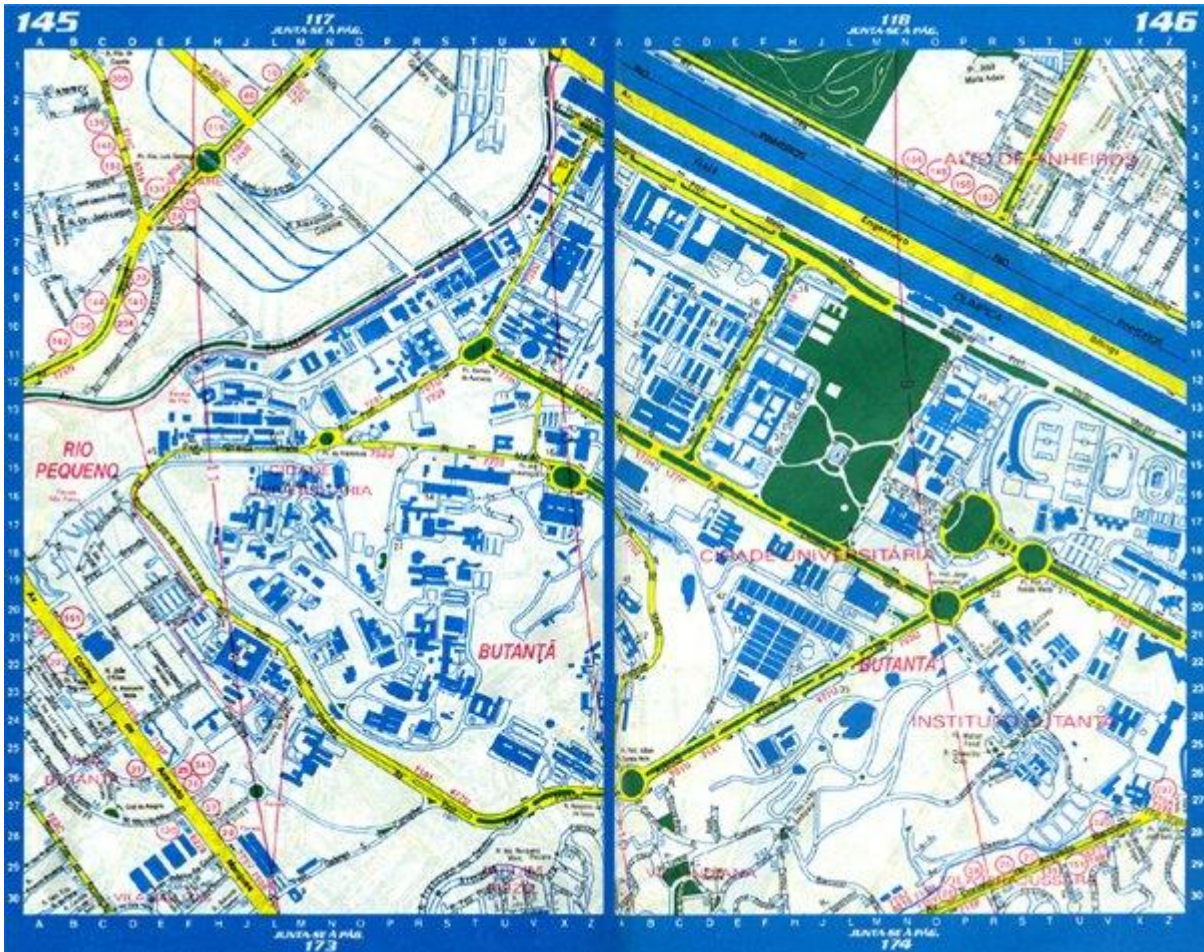
Nas estradas federais convencionou-se, há algum tempo, que o marco zero se localiza (num dos sentidos) na divisa dos Estados.



2. Mapa rodoviário guia da cidade

Uma forma de especificar a posição é aquela utilizada nos mapas rodoviários e guias indicativos de ruas.

Quando, ao consultar o índice, você descobre que uma cidade se encontra na página 57, nas coordenadas 15K, o que você faz? Primeiro, abre a página 57 e, em seguida, localiza os dois eixos. Num dos eixos você vê uma numeração de 0 a, digamos, 25. No outro eixo, letras de A até Z. Para localizar 15K, você procede de uma maneira análoga ao uso das coordenadas cartesianas, definidas adiante. O nº 15 e a letra K são as coordenadas neste exemplo.



3. Posição, latitude e longitude

Pode-se especificar a posição de um navio no oceano, ou qualquer outro ponto na superfície terrestre, a partir do conhecimento de dois ângulos, ângulo de latitude φ e ângulo de longitude λ .

Para a determinação do ângulo de longitude (λ), adota-se o meridiano de Greenwich como referência. Ele varia, portanto, entre 0 e 180° a leste (L) ou oeste (O) desse meridiano.

A determinação do ângulo de latitude (φ) é feita adotando-se a linha do Equador como referência. A latitude varia, portanto, entre 0 e 90° ao sul ou ao norte do Equador.

4. posicionamento hoje, o GPS

O uso de satélites artificiais propiciou uma nova ferramenta nos estudos geodésicos (relativo à partição da Terra). Sobretudo ganhou-se, e muito, na

precisão ($<1m$) da determinação da posição dos objetos na superfície terrestre.

O sistema mais sofisticado que se propõe a determinar a posição e velocidade de um objeto na superfície terrestre ou próximo dela, com grande precisão, é o GPS (Global Positioning System).

Em sua estrutura final, o sistema irá contar com uma constelação de 21 satélites (mais 3 reservas) distribuídos em 6 órbitas distintas. Com esta configuração, em qualquer ponto sobre a superfície da Terra ou próximo a ela, haverá um mínimo de quatro satélites acima do horizonte 24 horas por dia. Os satélites ficam a uma altura aproximada de 20.000km, têm um período (duração de uma volta ao redor da Terra) de 12 horas (siderais) e uma inclinação da órbita em relação ao plano do Equador de 55° .



[clique na figura para ver uma simulação](#)

4- Coordenadas Cartesianas

As coordenadas cartesianas são utilizadas para identificar a posição de um ponto no espaço semelhantemente à localização de uma rua utilizando um guia da cidade.

A forma mais simples, do ponto de vista matemático, de especificarmos a posição de um objeto consiste no uso das coordenadas cartesianas. Vamos ilustrar esse procedimento, analisando o caso de um besouro que se movimenta ao longo de um fio retilíneo. Nesse caso, dizemos que o movimento é unidimensional.



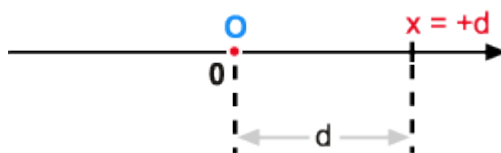
Para especificarmos a posição do besouro no fio, adotamos um ponto como referência. Chamamos esse ponto simplesmente de origem O (origem do sistema de coordenadas). Observe-se que o ponto O divide o fio retilíneo em dois segmentos de reta (um à direita e outro à esquerda de O). Num desses segmentos, as coordenadas terão valores positivos e no outro as coordenadas assumirão valores negativos.

Utilizando esse ponto de origem O , especificamos a coordenada do objeto da seguinte forma: primeiramente, determinamos a distância (d) do objeto até a origem. O próximo passo será especificar para qual dos dois segmentos de reta atribuiremos valores positivos para as coordenadas (Este passo tem o nome de orientação do eixo das coordenadas). Tal escolha será indicada por uma flecha. Isto é, o sentido da flecha indica o sentido no qual as coordenadas terão valores positivos. O valor da coordenada x do ponto P será igual à distância até a origem se P estiver no sentido da flecha a partir da origem. Caso contrário, o valor da coordenada é igual à distância precedida de um sinal menos, ou seja, as coordenadas terão valores negativos quando a posição estiver na direção oposta à da flecha a partir da origem.

Resumindo:

Tomando-se um ponto O arbitrário como origem, a coordenada x caracterizando a posição P do objeto será dada por:

$x = +d$ se estiver no sentido da flecha a partir da origem



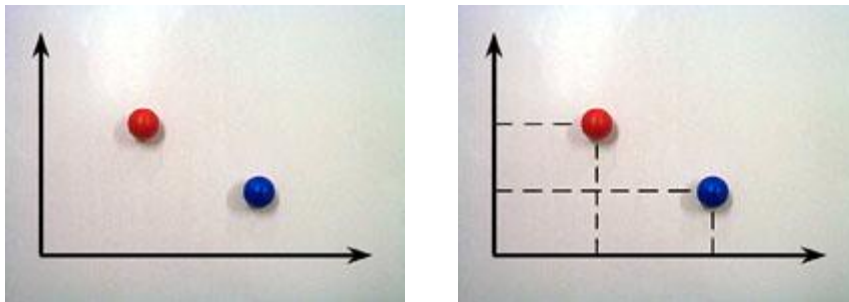
$x = -d$ se estiver no sentido oposto da flecha a partir da origem



onde d é a distância do ponto P até a origem O.

5- Extensão para 2 e 3 dimensões

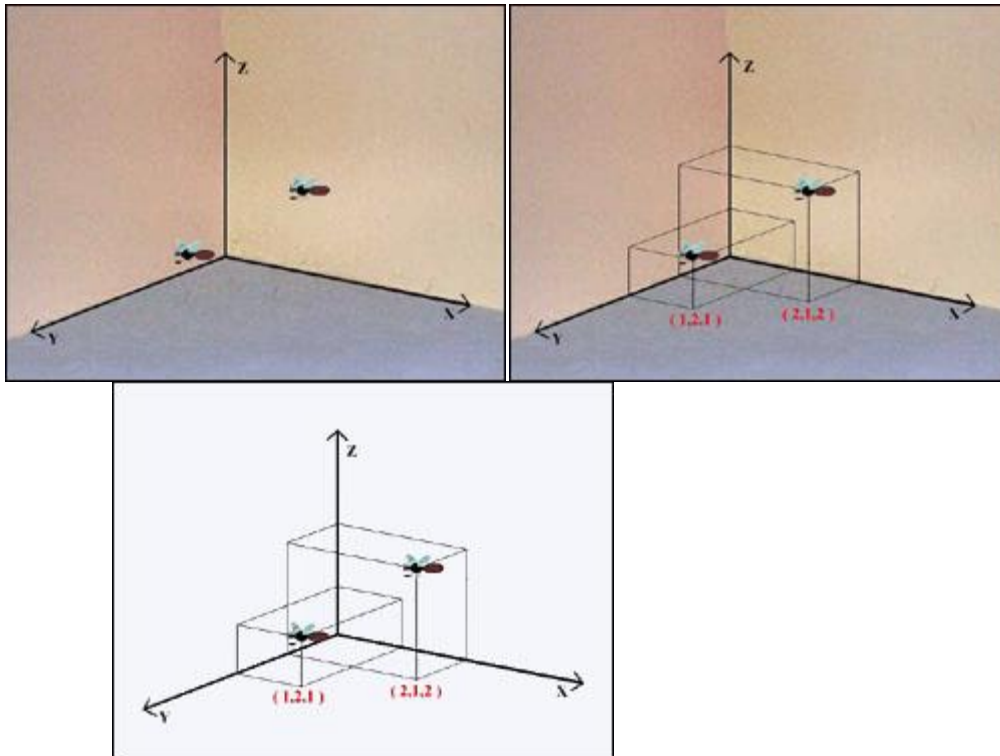
A extensão para o caso de duas dimensões pode ser entendida a partir do movimento de uma bola sobre uma mesa. As duas coordenadas (x e y) da posição P da bola seriam determinadas da seguinte forma:



Primeiramente, adota-se uma origem (O) do sistema de coordenadas. Em seguida, faz-se passar pela origem dois eixos ortogonais (isto é, retas perpendiculares) e para cada um dos eixos damos uma orientação. Agora traçamos, a partir de P, duas retas paralelas aos eixos e tracejadas, até elas encontrarem os eixos Ox e Oy, respectivamente. Estes pontos de encontro das retas tracejadas com os eixos definem as coordenadas da posição do corpo.

No caso do movimento no espaço tridimensional, é suficiente acrescentarmos mais um eixo (z). Primeiramente, traçamos uma reta paralela ao eixo z até encontrar o plano xy em P'. Para a coordenada z , adota-se o mesmo procedimento do caso unidimensional ao longo dessa reta paralela z . Para as demais coordenadas, adota-se o ponto onde a reta intercepta o plano xy .

Podemos, então, concluir que, utilizando um sistema de coordenadas cartesianas, a posição P de um objeto pode ser inteiramente especificada através do conjunto de coordenadas x , y , z :



6-Coordenadas Polares

Para indicarmos um ponto no plano podemos recorrer a outros conjuntos de coordenadas. Uma das mais utilizadas é as coordenadas polares (ρ e ϕ). Podemos defini-las como função de x e y (a coordenadas cartesianas), a partir das expressões:

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\phi = \arctan \frac{y}{x}$$

Note-se que, nesse caso, indicamos a posição através da distância do ponto até a origem e o ângulo formado pela reta passando pelo ponto até a origem.

Dados ρ e ϕ podemos, analogamente, determinar x e y .

$$x = \rho \cos \phi$$

$$y = \rho \sin \phi$$