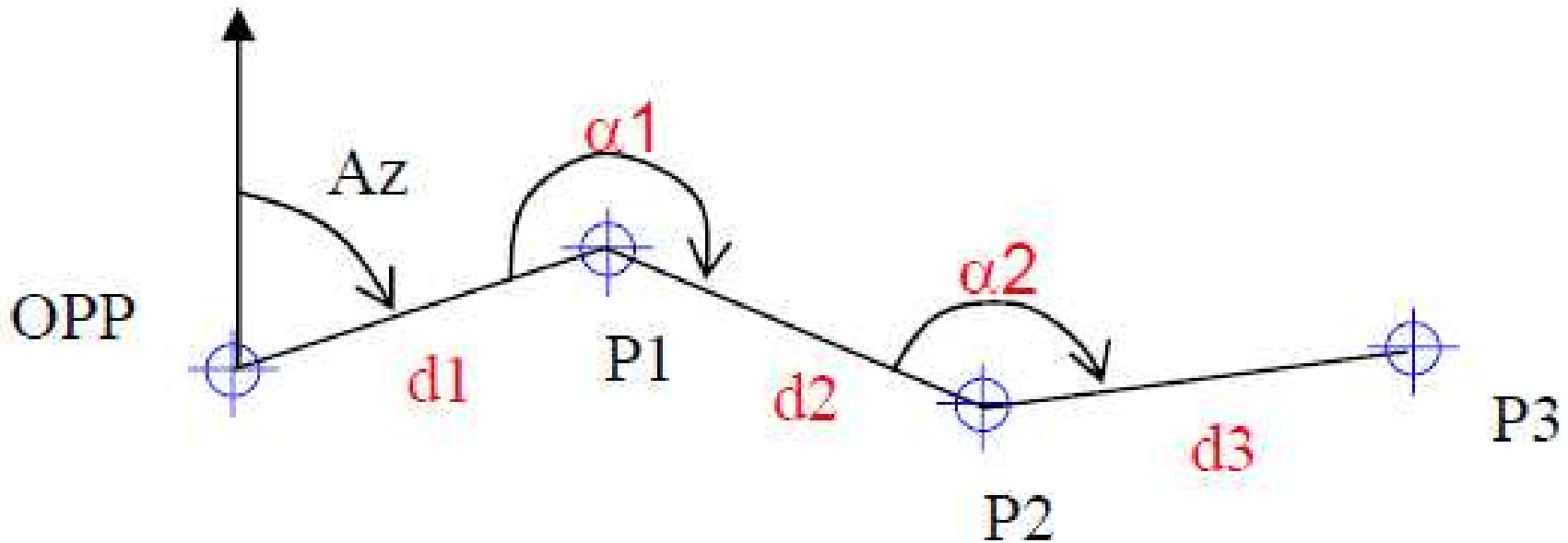


# Erros e Tolerâncias

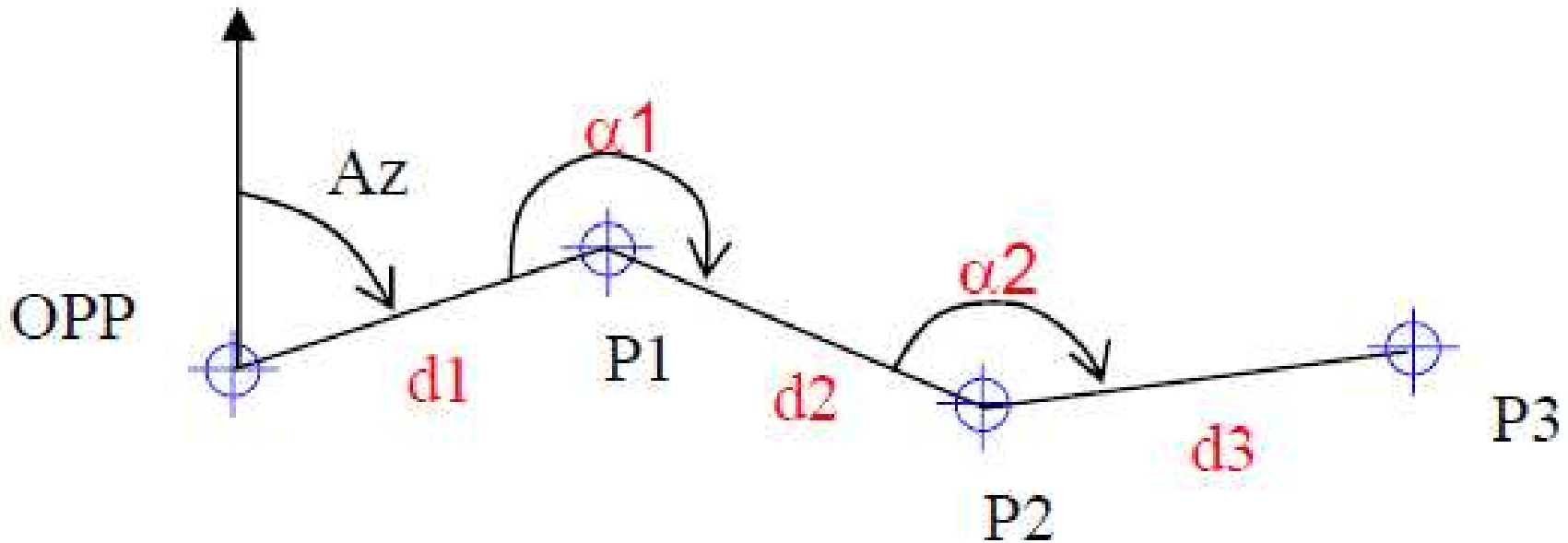
# Técnicas de Levantamento Planimétrico

A **Poligonação** é um dos métodos mais empregados para a determinação de coordenadas de pontos em Topografia, principalmente para a definição de pontos de apoio planimétricos. Uma poligonal consiste em uma série de linhas consecutivas onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através de medições em campo.



# Técnicas de Levantamento Planimétrico

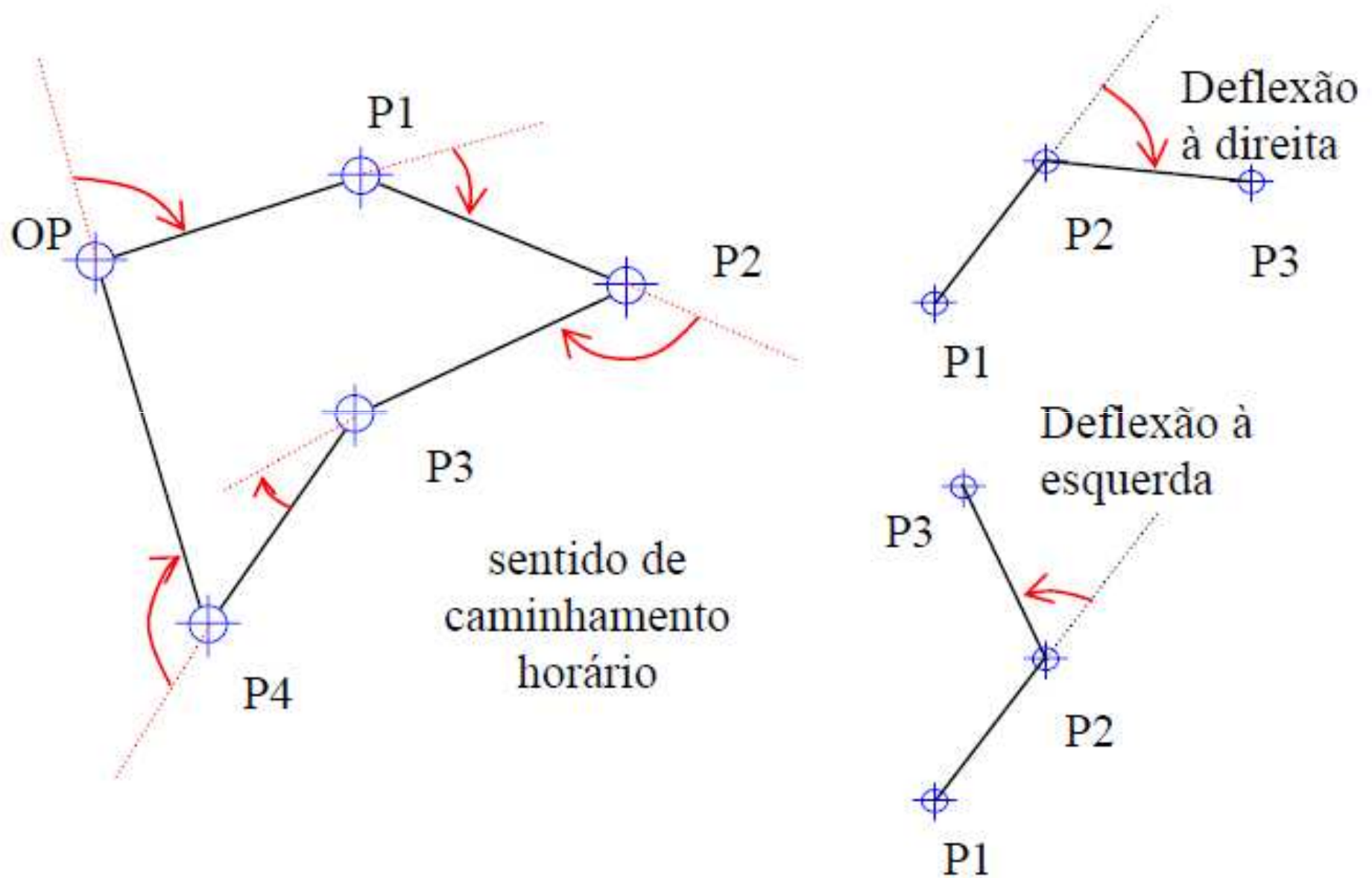
A **Poligonação** é um dos métodos mais empregados para a determinação de coordenadas de pontos em Topografia, principalmente para a definição de pontos de apoio planimétricos. Uma poligonal consiste em uma série de linhas consecutivas onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através de medições em campo.



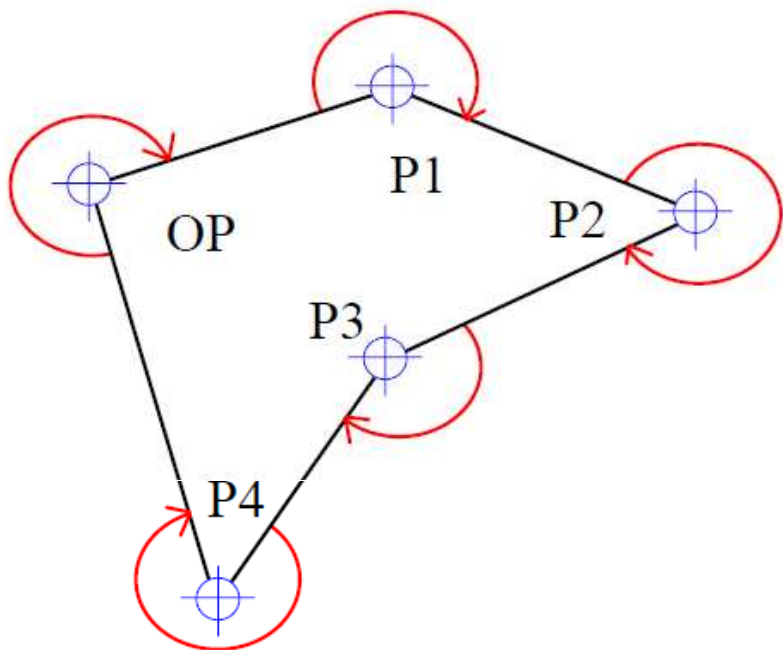
# Levantamento da Poligonal



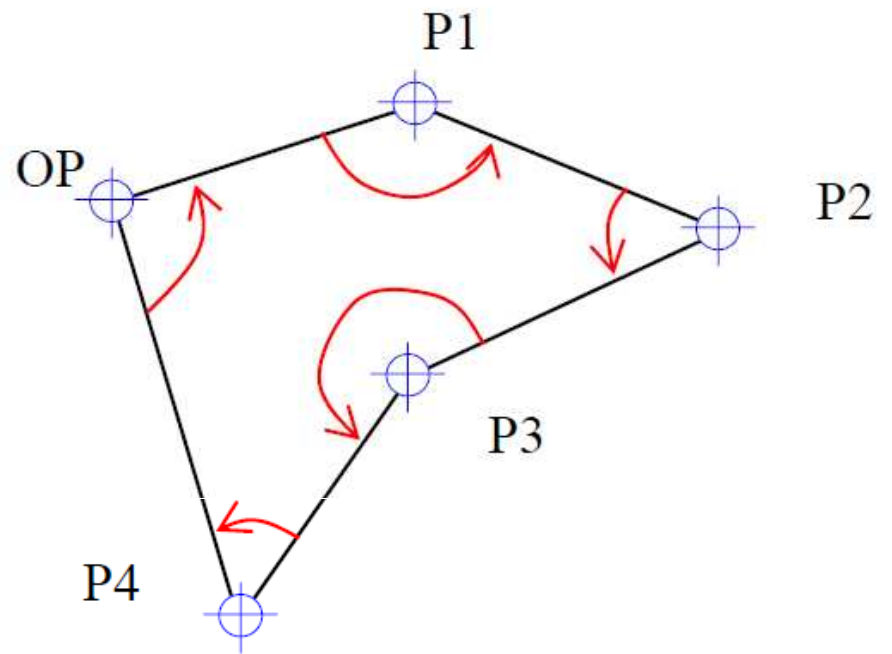
# Levantamento da Poligonal



# Levantamento da Poligonal



a) ângulos externos

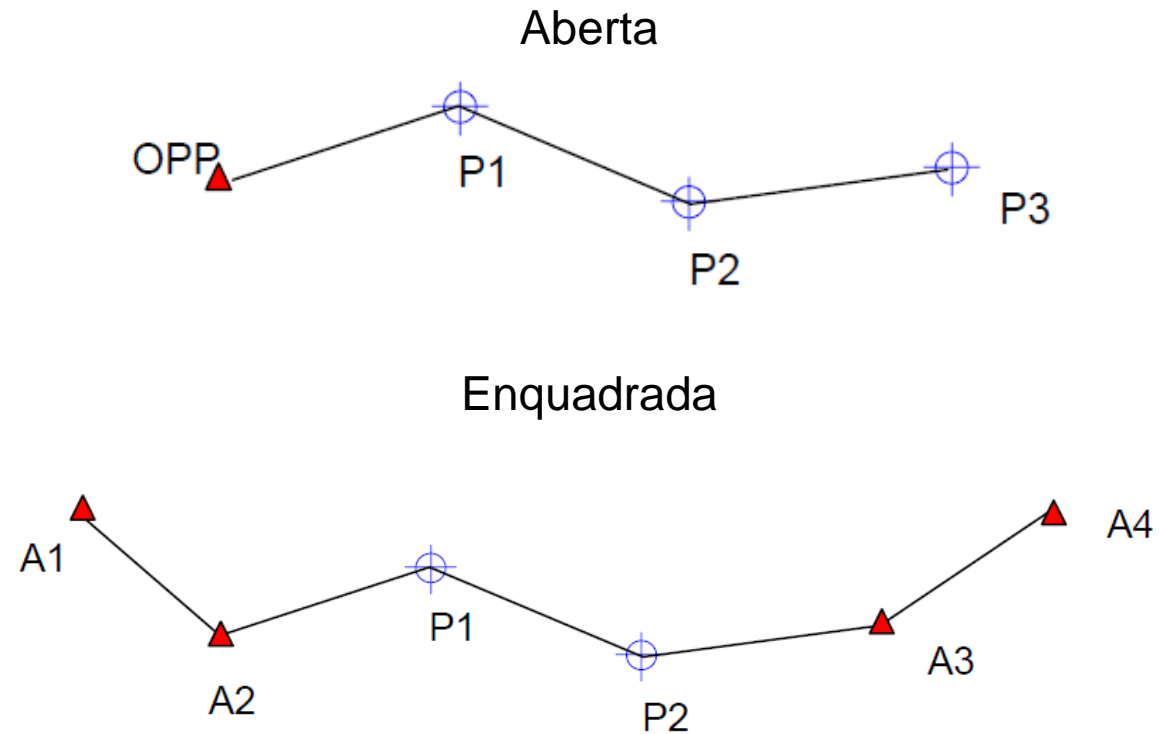
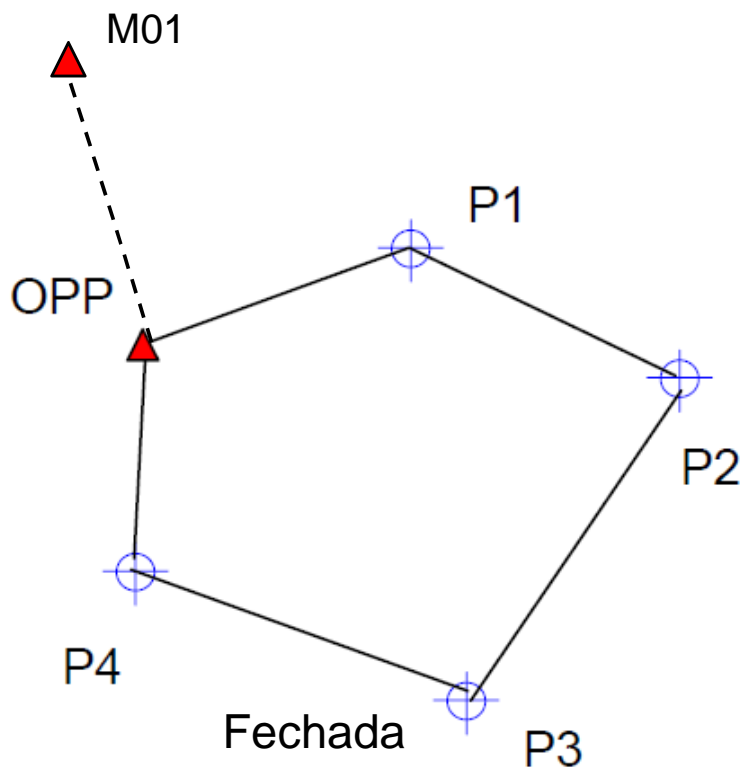


b) ângulos internos

# Levantamento da Poligonal

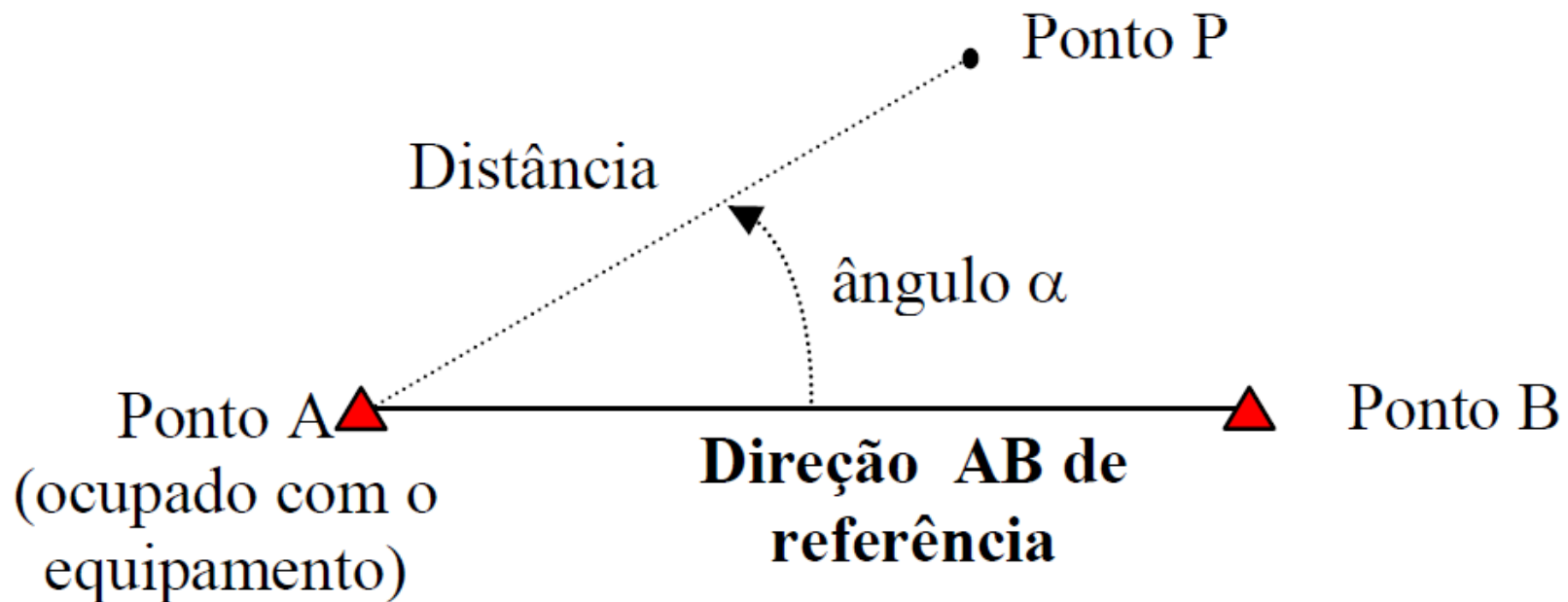
É haver no mínimo um ponto com coordenadas conhecidas e uma orientação e esses pontos deverão estar amarrado a uma rede de referência:

- Materializado em campo com coordenadas Arbitrárias ou determinadas via sistema de posicionamento por Satélite
- Amarrada a uma rede oficial (IBGE, Prefeitura, Ministério defesa).



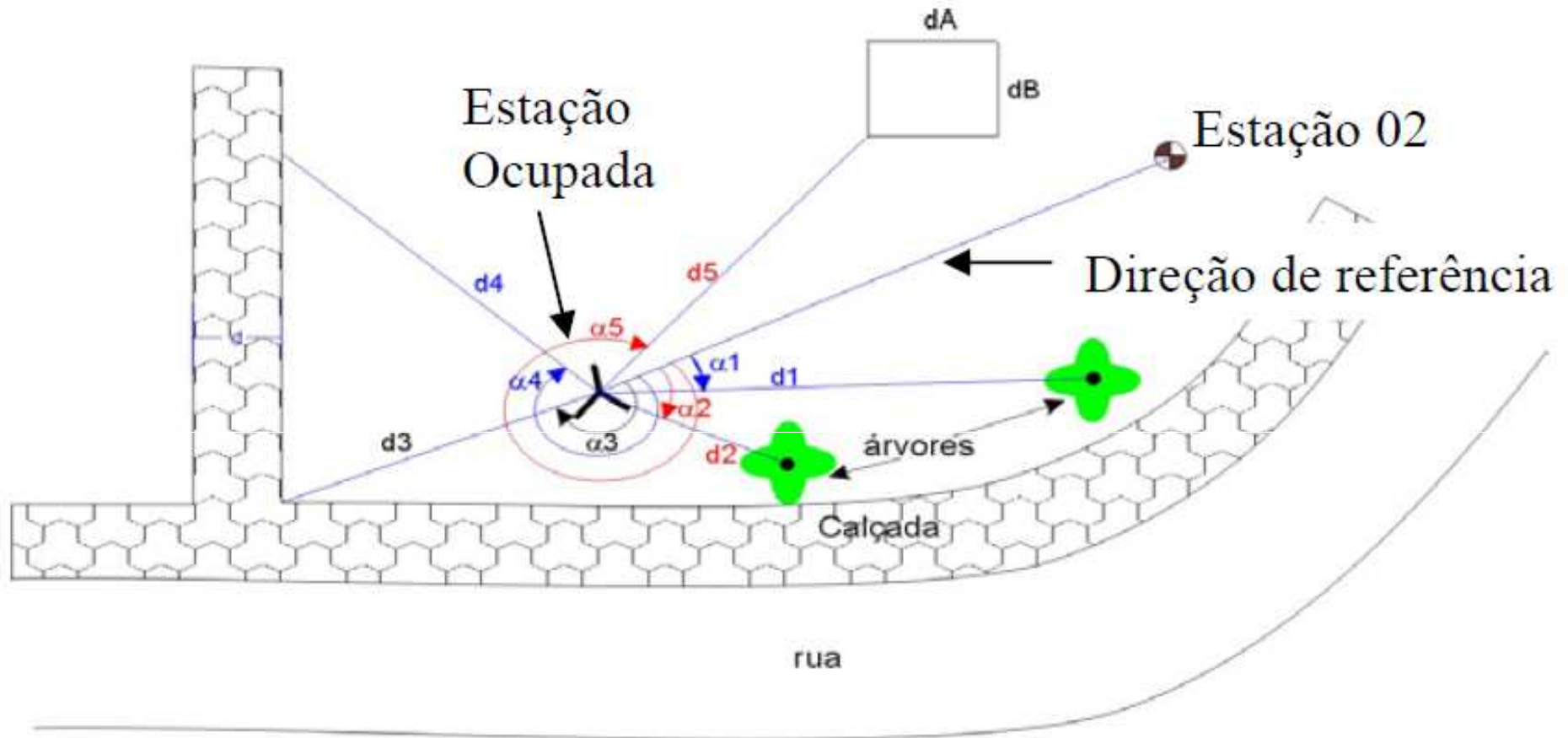
# Irradiação

Consiste em, a partir de uma linha de referência conhecida, medir um ângulo e uma distância. É semelhante a um sistema de coordenadas polares. A distância pode ser obtida utilizando uma trena, distanciômetro eletrônico ou estação total ou obtida por métodos taqueométricos. Este método é muito empregado no levantamento de detalhes em campo.

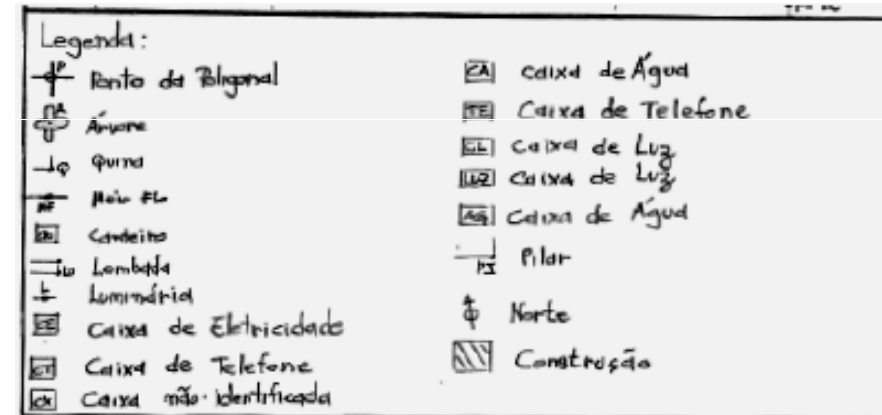
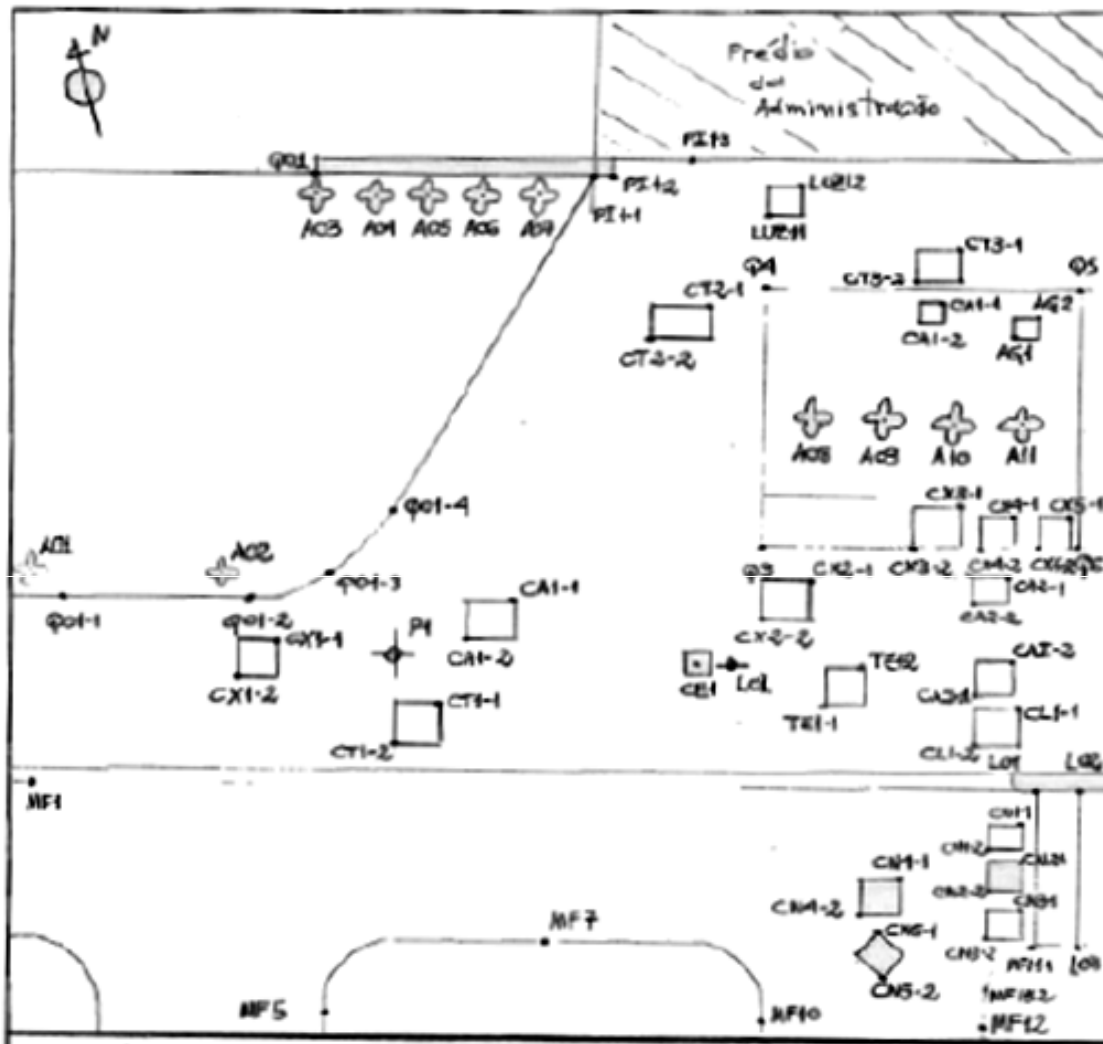




# Irradiação



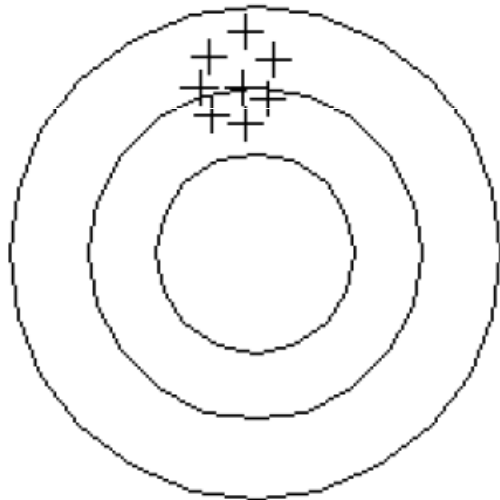
# Croqui



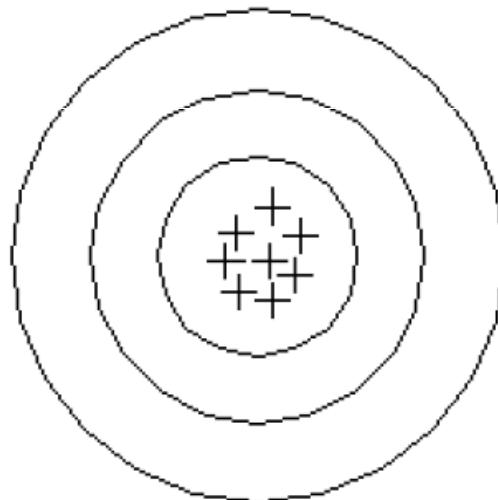
# Precisão e Acurácia

A **precisão** está ligada a repetibilidade de medidas sucessivas feitas em condições semelhantes, estando vinculada somente a efeitos aleatórios.

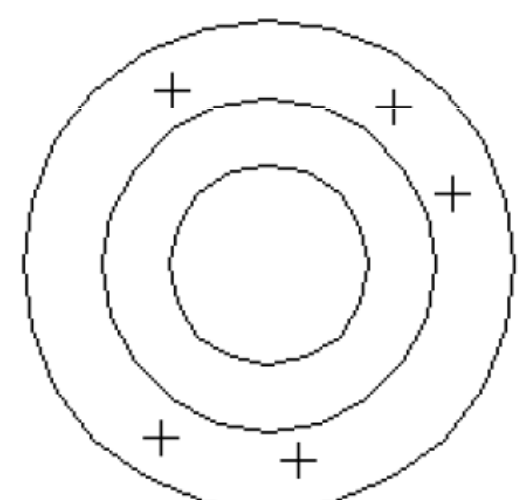
A **acurácia** expressa o grau de aderência das observações em relação ao seu valor verdadeiro, estando vinculada a efeitos aleatórios e sistemáticos



**preciso e  
não acurado**



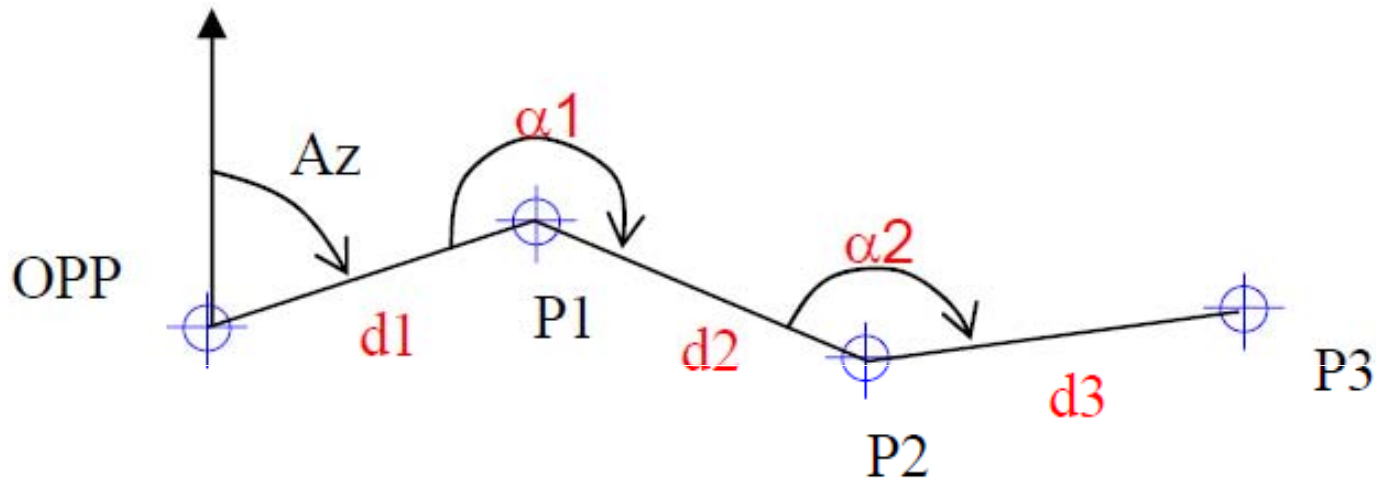
**preciso e  
acurado**



**não preciso e  
não acurado**

# Levantamento da Poligonal

## Poligonal de Apoio:



## Verificação:

- Erro de fechamento angular
- Erro de fechamento linear

**Compensação dos erros**

# Verificação do erro de fechamento angular

## Erro e Tolerância Angular

Para a poligonal fechada, antes de calcular o azimute das direções, é necessário fazer a verificação dos ângulos medidos. Uma vez que a poligonal forma um polígono fechado é possível verificar se houve algum erro na medição dos ângulos. Em um polígono qualquer, o somatório dos ângulos externos deverá ser igual a:

**$S_i = \text{Somatório dos ângulos internos de um polígono qualquer} = (n - 2) \cdot 180^\circ$**

**$S_e = \text{Somatório dos ângulos externos de um polígono qualquer} = (n + 2) \cdot 180^\circ$**

O erro angular ( $E_a$ ) cometido será dado por:

$E_a = S_i - \text{Somatório dos ângulos Interno medidos}$

$E_a = S_e - \text{Somatório dos ângulos Externos medidos}$

# Verificação do erro de fechamento angular

## Erro e Tolerância Angular

O erro terá que ser menor que a tolerância angular ( $E_a$ ), que pode ser entendida como o erro angular máximo aceitável nas medições. Se o erro cometido for menor que o erro aceitável, deve-se realizar uma distribuição do erro cometido entre as estações e somente depois realizar o cálculo dos azimutes.

**T = Tolerância Angular**

**n = Número de ângulos medidos na poligonal**

**K = é uma constante fixada em função de:**

- Menor espaço de leitura do instrumento
- Condições do terreno
- Método de medição utilizado

$$T := K \cdot \sqrt{n}$$

Classes de teodolitos	Desvio-padrão precisão angular
1 - precisão baixa	$\leq \pm 30''$
2 - precisão média	$\leq \pm 07''$
3 - precisão alta	$\leq \pm 02''$

**Caso o erro cometido seja maior que o erro tolerável é necessário refazer as medições angulares.**

# Norma NBR13133

Tabela 7 - Levantamento planimétrico - Poligonais

Classe	Medição		Desenvolvimento				Materialização
	Angular	Linear	Extensão máxima (L)	Lado		Número máximo de vértices	
				Mínimo ( $D_{\min.}$ )	Médio ( $D_{\text{méd.}}$ )		
IP	Método das direções: três séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 3.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico classe 2. Correção de temperatura e pressão.	50 km	1km	$\geq 1,5$ km	11	Marcos de concreto ou pinos
IIP	Método das direções: três séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 3.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico classe 1. Correção de temperatura e pressão.	15 km	100 m	$\geq 190$ m	31	Marcos de concreto ou pinos
IIIP	Método das direções com duas séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 2.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico classe 1 ou medidas com trena de aço aferida com correções de dilatação, tensão, catenária e redução ao horizonte.	10 km	50 m	$\geq 170$ m	41	Marcos de concreto ou nos pinos no apoio topográfico. Pinos ou piquetes nas poligonais auxiliares

# Coordenadas Planas Cartesianas

Onde:

**Az**: Azimute da direção OPP-P1;

**d**: distância horizontal entre os pontos OPP e P1;

**Xo e Yo**: Coordenadas do ponto OPP;

**X1 e Y1**: Coordenadas do ponto P1.

As coordenadas do ponto P1 serão dadas por:

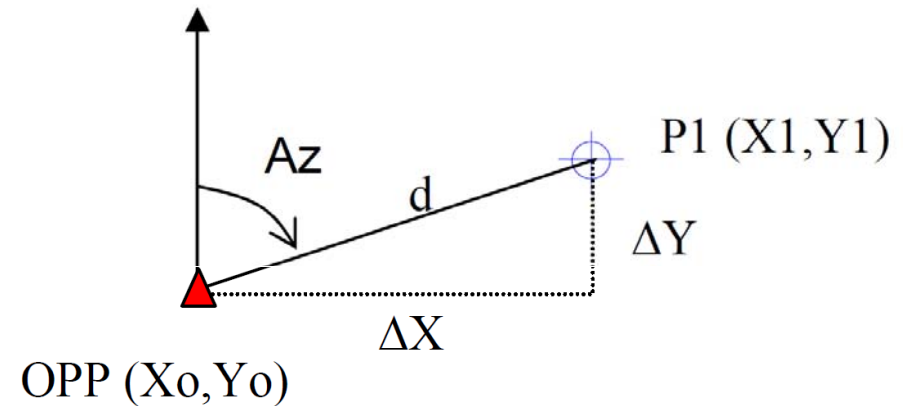
$$X1 = Xo + \Delta X$$

$$Y1 = Yo + \Delta Y$$

Onde  $\Delta X$  e  $\Delta Y$  são calculados por:

$$\Delta X = d \cdot \text{sen} (Az)$$

$$\Delta Y = d \cdot \text{cos} (Az)$$

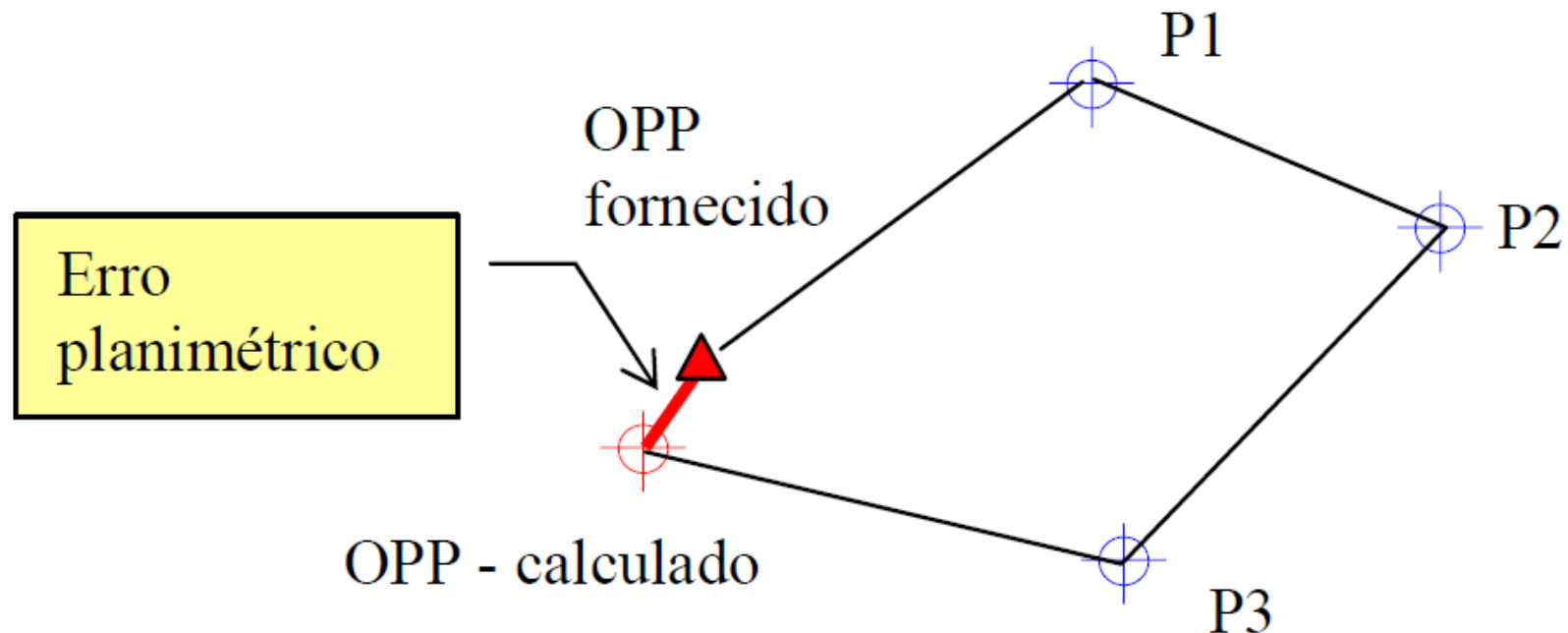




# Verificação do erro de fechamento Linear

## Fechamento Linear

A partir do ponto de partida (OPP), calculam-se as coordenadas dos demais pontos até retornar ao ponto de partida. A diferença entre as coordenadas calculadas e as fornecidas para este ponto resultará no chamado erro planimétrico ou erro linear cometido. Como os ângulos foram ajustados, este erro será decorrente de imprecisões na medição das distâncias.



# Verificação do erro de fechamento Linear

## Fechamento Linear

Uma propriedade das poligonais fechadas é que a somatória das projeções segundo os eixos X e Y são nulas. Portanto a soma algébrica das projeções dos lados de uma poligonal fechada na mesma base, sobre os eixos coordenados é igual a zero.

É necessário verificar se este erro está abaixo de uma determinada tolerância linear. Normalmente esta é dada em forma de escala, como por exemplo, **1:1000**. O significado disto é que, em uma poligonal com 1000 m o erro aceitável seria de 1 m. Para calcular o erro planimétrico em forma de escala utilizam-se as seguintes fórmulas:

$$E_L := \sqrt{\left(\sum \text{Proj}_N\right)^2 + \left(\sum \text{Proj}_E\right)^2}$$

**Erro Linear**

$$E_{\text{relativo}} := \frac{E_L}{\sum \text{LADOS}}$$

**Erro Linear Relativo**

# Verificação do erro de fechamento Linear

## Erro Linear Relativo

Qualidade da poligonal	erro linear relativo máximo admissível $(\epsilon_1)_{ad}$
Precisão baixa	1/500 a 1/1000
Precisão regular	1/1000 a 1/5000
Precisão média	1/5000 a 1/10000
Precisão boa	1/10000 a 1/100000
Precisão alta	Melhor que 1/100000

$$E_L := \sqrt{\left(\sum \text{Proj}_N\right)^2 + \left(\sum \text{Proj}_E\right)^2}$$

**Erro Linear**

$$E_{\text{relativo}} := \frac{E_L}{\sum \text{LADOS}}$$

**Erro Linear Relativo**

# Resumo do cálculo da poligonal fechada

Determinação das coordenadas do ponto de partida;

1. Determinação da orientação da poligonal;
2. Cálculo do erro de fechamento angular pelo somatório dos ângulos internos ou externos (sentido horário ou anti-horário);
3. Distribuição do erro de fechamento angular;
4. Cálculo dos Azimutes;
5. Cálculo das coordenadas parciais (X, Y);
6. Cálculo do erro de fechamento linear;
7. Cálculo das coordenadas definitivas ( $X^C$ ,  $Y^C$ ).