

I — Introdução

No transcorrer de nossa vida profissional temos nos deparado com as palavras RESOLUÇÃO, APROXIMAÇÃO, PRECISÃO, ACURACIDADE e ACURÁCIA, todas relacionadas com a avaliação dos resultados obtidos nos vários tipos de trabalhos cartográficos ou com a eficácia dos instrumentos neles utilizados. Confessamos que não raramente nos vimos envolvidos em confusão a respeito de seus significados, o que nos levou a escrever o presente artigo.

Em qualquer ramo do conhecimento humano a comunicação se impõe como fator fundamental de desenvolvimento e consolidação do mesmo. Da simplicidade e clareza com que nos comunicamos depende o êxito em ser alcançado tal objetivo. Entretanto, existe uma tendência, segundo nos parece, para que as ciências criem uma exagerada quantidade de termos para definir os fenômenos a elas afetos. O exagero reside no excesso motivado seja por pedantismo, por preciosismo, desconhecimento do vernáculo, ou outro qualquer motivo injustificável.

É nossa intenção aqui analisar as palavras acima citadas, objetivando verificar seu valor para as ciências geodésicas, de forma que seu uso seja limitado a conceitos tão úteis quanto bem definidos. Para isto, estabelecemos as seguintes regras, pelas quais procuraremos orientar este estudo, e que poderão ser ainda aplicadas em outros semelhantes:

1.º) Utilizar o vernáculo tanto quanto possível para definir os fenômenos desejados, procurando não se afastar do sentido básico do vocábulo, como o entende o usuário médio da língua.

TERMINOLOGIA DA AVALIAÇÃO DOS TRABALHOS CARTOGRÁFICOS

Eng.º Dinarte Francisco
Pereira Nunes de Andrade
Do CENTRO DE OPERA-
ÇÕES CARTOGRÁFICAS

2.º) Apegar-se à precisão terminológica para que, pelo menos no domínio de um determinado campo de conhecimentos, não haja ambigüidade de sentido.

3.º) Diminuir ao máximo as definições inúteis, que não conduzam a um objetivo bem determinado.

4.º) Na ausência de um termo adequado para descrever um conceito, criá-lo utilizando-se de radicais e sufixos familiares ao nosso idioma.

5.º) Se ao conceito já foi dado nome em uma língua estrangeira, e desde que o mesmo tenha encontrado aceitação na bibliografia especializada mundial, procurar traduzi-lo com a palavra mais adequada possível.

6.º) Na falta desta palavra, criar uma, respeitando a 4.ª regra, e se possível mantendo certa correspondência de forma com a estrangeira, o que será viável se o radical de ambas tiver a mesma origem lingüística.

7.º) Em último caso, adotar a palavra estrangeira, aportuguesando-a simplesmente em sua pronúncia e escrita.

8.º) Não redefinir conceitos com nomes já consagrados, a menos que isto venha a ser absolutamente indispensável segundo critérios científicos que o justifiquem.

Não pretendendo fazer aqui um trabalho de cunho lingüístico, para o qual aliás nos faria falta o devido conhecimento, buscamos apenas estabelecer critérios, por certo criticáveis, mas que nos ajudarão a não nos perdermos num mundo caótico de terminologia.

II — Medição de valores

Quando se tenta obter cientificamente o valor de uma determinada grandeza, realizamos medições, e para isto deve-se ter em geral:

- a) um instrumento medidor;
- b) um método a seguir;

c) um resultado que, em princípio, se pretende seja exato.

Nesta realização, vemo-nos de encontro com fatores adversos, já por demais conhecidos, mas que, apenas para facilitar a concatenação desta exposição, iremos arrolar. Tais são:

a) os ERROS GROSSEIROS — facilmente eliminados, uma vez detetados, o que normalmente não é difícil;

b) os ERROS ACIDENTAIS — pela sua própria natureza, apesar de não poderem ser eliminados, têm sua influência razoavelmente controlada, graças ao tratamento estatístico a que estão sujeitos;

c) os ERROS SISTEMÁTICOS — em geral passíveis de correções, condicionadas ao conhecimento das leis que geram sua ocorrência. Por vezes, tais erros são resultantes de fatores vários, cuja complexidade permite apenas uma correção mais ou menos aproximada.

Resta-nos ainda nos reportarmos ao fato de que o resultado exato a que acima nos referimos não é possível de ser obtido, senão dentro de uma exatidão relativa a um determinado padrão, isto não só devido à existência dos erros acidentais, como também à dos sistemáticos quando não corretamente corrigidos.

Segue-se que os termos que são objetos desta análise estão estritamente relacionados com o problema da medição de valores, ou seja, com a técnica de medição e os fatores que impedem a obtenção de resultados exatos.

Buscaremos estabelecer as relações, sem nos determos nos erros grosseiros por motivos óbvios.

III. — Resolução e aproximação

O instrumento de medida deve fornecer o valor estimativo

da grandeza, dentro da unidade escolhida, para isto possuindo as características que abaixo definimos:

a) **RESOLUÇÃO INSTRUMENTAL:** Capacidade que tem o instrumento de separar a grandeza a medir em partes, que serão então mensuráveis naquela unidade.

b) **PRECISÃO DA ESCALA:** Capacidade que tem a escala do instrumento de fornecer os valores medidos em uma unidade compatível com a resolução.

Justificamos estas definições, respectivamente:

a) Resolução pode significar o grau de refinamento de um dado observado (1), o que concorda com o uso já consagrado desta palavra (8.^a regra) referindo-se ao poder separador ou resolutivo de um filme fotográfico, ou de uma objetiva ótica.

b) Essa capacidade é função da divisão da escala, supondo-se a graduação feita com toda a perfeição necessária. Chamando-a de "precisão", não nos afastamos do sentido geral da palavra (1.^a regra) e mantemos o seu uso já difundido (8.^a regra).

Analisemos agora a **necessidade** de firmarmos estes dois conceitos (3.^a regra).

Parece-nos bastante aceitável a idéia de que qualquer fabricante, ao projetar seu instrumento, procurará conciliar a resolução do mesmo com a precisão da escala. Caso contrário, teremos de admitir as seguintes hipóteses — um teodolito capaz de medir ângulos tão pequenos quanto 0,1", cujo limbo esteja graduado em minutos; um segundo aparelho capaz de medir apenas ângulos de 1', tendo o limbo graduado em segundos. No primeiro caso, o fabricante estaria cometendo um engano tão grosseiro quanto improvável; no segundo, tra-

tar-se-ia de uma fraude facilmente detetável através dos resultados das medições.

Cabe ainda falar sobre a menor leitura que pode ser estimada na escala, também chamada resolução (resolution) por um dos autores consultados. (1) Isto não nos parece estar de acordo com o uso normal da palavra, quer em inglês, quer em português.

O problema de estimar depende da acuidade visual e da experiência do observador, podendo ainda ser alterada mais ou menos de modo arbitrário pelo uso de um sistema ótico o que certamente não iria melhorar a qualidade das leituras. É costume os fabricantes indicarem qual o menor valor que deve ser estimado. Dar a este valor, que é expressivo e deve ser observado, um nome diferente de "*aproximação de leitura*" iria ferir as 1.^a e 8.^a regras. Quanto à utilidade desta definição, julgamo-la residir na necessidade que tem o usuário de saber até onde pode levar sua estimativa de valores intermediários com razoável segurança e sem desperdício de tempo.

Temos pois três atributos interligados que caracterizam um aparelho, em geral: *precisão de escala, aproximação de leitura e resolução*. A resultante destes fatores fornece a "*precisão instrumental*" para cuja avaliação sugerimos dois procedimentos:

1.º) Pelo cálculo do erro máximo admissível em função das características construtivas e de uso do instrumento, tomando-se 1/3 do valor encontrado, o que corresponde ao erro médio quadrático (4) que se pode esperar obter numa série de observações devido ao componente instrumental, para a medida de um ângulo.

2.º) Pela adoção da própria precisão da escala como um

índice razoável, já que demonstramos o estreito relacionamento entre esta precisão e a qualidade medidora esperada do aparelho.

Verificamos a aplicabilidade de ambos os procedimentos em relação a um teodolito com 1" de precisão de escala. Aplicando-se as fórmulas que fornecem os erros de pontaria, de leitura e de verticalidade, segundo García Tejero (6) e considerando-se as leituras feitas a CE e CD, com 3 séries, número mínimo que permite sanar dúvidas de leitura, encontramos 0,6". A compatibilidade entre estes valores é significativa, ainda que possa ser levantada a suspeita de mera coincidência. Reforçando porém a compatibilidade apontada, o fabricante fornece o dado de $\pm 1''$, chamando-o de "exactitud nominal" (em espanhol no original), alertando que o mesmo tem um valor meramente comparativo com outros instrumentos, *já que os resultados obtidos com o efetivo uso do aparelho sofrerão influências várias do método com que for empregado* (7). Sobre esta última maneira de caracterizar um instrumento de medida, falaremos adiante, quando tocarmos no problema da "acuracidade".

IV — Precisão

A palavra precisão tem várias conotações, já tendo sido usadas algumas delas nas linhas precedentes. Isoladamente, portanto, seu sentido é flexível, o que aliás não é incomum. Um de seus significados é: "o grau de concordância de uma série de medidas feitas sob condições similares" (3), ou "o desvio de um conjunto de valores de sua média. (2) Esta definição é aplicável ao Cálculo das Compensações, ciência da qual inevitavelmente teremos

de nos socorrer para tratar com os erros acidentais, e por isso a ela aqui nos ateremos.

Sabemos que para obter a estimativa válida de uma grandeza, devemos realizar uma série de observações, cuja média representa seu valor mais provável. Para avaliar a qualidade das observações, são usados estimadores estatísticos, um dos quais fornece a precisão da série, conforme definida acima.

A dispersão de valores depende de vários fatores: "precisão instrumental", influência de erros acidentais, variação condições de cada medida, etc. Se chamarmos o índice de dispersão de "*precisão das observações*", estaremos sendo coerentes com tudo que dissemos até agora.

Esta precisão pode ser medida pelo módulo de precisão h da Curva de Gauss, que está ligado ao erro médio quadrático pela fórmula $m = 1/h\sqrt{2}$, sendo utilizada na conceituação do peso das observações que é de suma importância no Cálculo das Compensações. Modernamente este cálculo vem sendo desenvolvido através de tratamento estatístico, o que torna mais geral o equacionamento do problema. Assim, temos a dispersão medida pela variância σ^2 , cuja raiz quadrada nos dá o desvio padrão, ou erro médio quadrático, que é um avaliador mais imediato da "precisão das observações".

Esta precisão, conforme se afaste demais da "precisão instrumental", dá uma indicação de que algo não corre bem, seja com o instrumento, com o método ou o observador. Gostaríamos então de frisar bem o seguinte: enquanto a "precisão instrumental" é atributo exclusivo do aparelho medidor, a "precisão das observações" é ligada fundamentalmente a este, sendo, no entanto, muito in-

fluenciada pelas condições com que estas últimas são efetuadas.

V — Acuracidade e Acurácia

Estas palavras vêm sendo frequentemente usadas para traduzir "accuracy", vocábulo inglês que significa: "o grau de conformidade com um valor padrão reconhecido; desvio de um resultado obtido através de um determinado método, do valor aceito como verdadeiro" (2) ou ainda "a aproximação do melhor valor estimado obtido por medições do "verdadeiro" valor da quantidade medida", (3).

Não constam elas dos dicionários de nossa língua, aparecendo entretanto "acurado", significando "a qualidade daquilo que é exato". (5) Depende-se que o substantivo correspondente a esse adjetivo é "exatidão", tendo porém se difundido entre nós técnicos o uso de seu sinônimo "precisão". (5) Examinemos, pois, a validade de adotar-se uma nova palavra que atenda à necessidade da clareza científica, evitando-se a ambigüidade do termo "precisão".

Firmaremos inicialmente a diferença entre os dois conceitos correspondentes a "precisão", conforme definida no título IV, e a "acuracidade", de acordo com o acima exposto. Examinando-se a figura 1, onde estão plotados erros em uma distribuição circular, poderemos visualizar bem o problema. Na figura 1a, os pontos estão agrupados em torno do centro do círculo — a distribuição é dita "*precisa*" e "*acurada*"; em 1b, o agrupamento está afastado do centro e a distribuição é "*precisa*" mas "*não acurada*"; em 1c, a dispersão é grande e não existe "*precisão*" nem "*acuracidade*". É importante notar que não é possível haver "acu-

racidade" sem "precisão", enquanto o inverso pode ocorrer.

Vejamos agora a aplicabilidade destes conceitos ao nosso campo de atividades.

Se realizarmos a título de teste a determinação das coordenadas já conhecidas de um vértice geodésico de 1.^a ordem, usando um instrumento segundo certo método, os resultados diferirão dos tidos como padrão, e esta diferença mede a "acuracidade" das observações, isto é, método e instrumento combinados, sob determinadas condições. Vejamos se a "precisão das observações" já indicaria a "acuracidade" caso em que este último conceito deve ser abandonado por inútil.

Dizemos que não, pois é possível termos uma elevada precisão e baixa acuracidade nas observações, desde que:

— haja um problema no aparelho, influenciando em cada série de medidas igualmente, não alterando desta forma a dispersão; este caso geralmente encontra solução com um ajuste do instrumento;

— haja um problema no método usado, seja quanto à sua adequabilidade, seja quanto à obediência às normas prescritas; este caso é mais complexo, e quando ocorrer exigirá toda a atenção do engenheiro responsável.

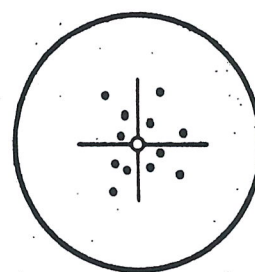
Uma maneira de termos uma primeira idéia da acuracidade obtida é comparar a precisão das observações com a precisão instrumental. Esta última, porém, nem sempre é facilmente determinada pelos métodos por nós sugeridos, principalmente para certos tipos de aparelhos como os distanciômetros eletrônicos e os posicionadores de geodésia por satélites. Para estes, o normal é ser fornecido pelo fabricante uma acuracidade nominal (caso por nós exem-

plificado no teodolito de $\pm 1''$ de "exactitud nominal"). Este dado, admitimos, é o resultado de uma série significativa de observações realizadas com vários instrumentos, procedidas sob condições severamente controladas. Convém reafirmar que a simples coincidência entre a acuracidade nominal ou a precisão instrumental e a precisão das observações não é suficiente para garantir a qualidade da medição efetuada.

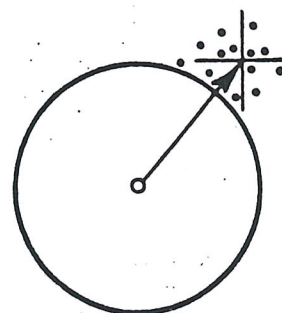
Ilustremos esta afirmação com um fato ocorrido durante a atuação da Diretoria de Serviço Geográfico na locação dos pilares do vão central da Ponte Rio—Niterói. Tal trabalho deveria ser executado com uma exactidão de $\pm 1,5\text{cm}$, sendo a maior distância medida de cerca de 300m. Foi usado um aparelho eletrônico cuja acuracidade nominal era de $10\text{mm} \pm 1\text{mm/km}$. Em várias séries realizadas o desvio padrão encontrado foi compatível com esse valor.

Uma vez que o restante da topografia, da qual dependeria o posicionamento final da superestrutura, deveria ser realizada pelo consórcio construtor, que utilizava um outro tipo de equipamento eletrônico, com acuracidade de $\pm 10\text{mm}$, julgamos por bem solicitar que remedissem as distâncias por nós locadas, de forma a garantir uniformidade de resultados. O desvio padrão achado foi igualmente aceitável, mas surpreendemo-nos com uma diferença de cerca de 2,5cm entre as médias de cada distanciômetro, superior à exactidão (acuracidade) exigida.

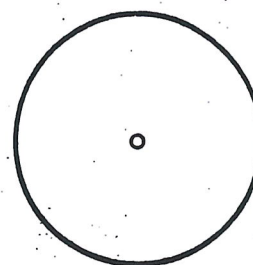
O procedimento adotado foi aferir ambos os aparelhos a um padrão comum, sendo escolhida uma base medida a invar, a qual servira para auxiliar a construção das estruturas metálicas que se iriam apoiar nos pilares. Com este ponto comum de re-



a



b



c

Figura 1 — Precisão e Acuracidade

ferência, foi possível alterarmos as observações feitas, de modo a corrigir o *desvio* encontrado em relação ao *padrão adotado*.

Com este exemplo, julgamos ter enfatizado ser de suma importância para o profissional ter em mente que, para obter resultados acurados, não é suficiente a garantia de uma boa precisão das observações. É ainda necessário que ele esteja certo a cada momento que seu instrumento está calibrado e que o método seguido é o mais apropriado e está sendo aplicado corretamente. Sem isto a "acuracidade" de seus resultados estará sendo prejudicada.

Com esta última frase pensamos ter justificado a necessidade da conceituação do fenômeno em nossa área, e, portanto, da adoção de um novo termo que o designe, pois se nela usássemos "*precisão*", estaríamos, sem dúvida, sendo pouco *precisos*, o que é *preciso* evitar.

Preferiríamos, particularmente, ter usado a palavra "*exatidão*", já antiga no idioma pátrio, e que seria um ótimo sinônimo para a recém-nascida "*acuracidade*", que por influência de sua prima inglesa vem se popularizando entre nós. Considerando, entretanto, que "*precisão*" é sinônimo de "*exatidão*", (5) e já que o objetivo é evitar uma ambigüidade já demonstrada, optamos pelo anglicismo, em que pese termos a opinião abalizada dos puristas da língua lusitana. Quanto à "*acurácia*", descartamo-nos dela por razões de gosto pessoal, pois soa algo estranha, não nos ocorrendo nenhuma argumentação positiva para justificar a recusa.

VI — Conclusão

Para terminar, resumamos as definições cuja implantação su-

gerimos, e suas relações com o problema estudado:

PRECISÃO INSTRUMENTAL

— É o valor que indica a capacidade medidora de um instrumento, função de sua resolução e da precisão da escala.

APROXIMAÇÃO DE LEITURA

— É o menor intervalo que pode ser estimado na escala. Está relacionada com a resolução do instrumento, e depende também do observador. Quando não especificada pelo fabricante, convém adotar a meia divisão como uma aproximação segura.

PRECISÃO DAS OBSERVAÇÕES — É o índice de dispersão das observações em relação à média. É ligada ao aparelho, mas depende das condições de observação, principalmente quanto à sua variabilidade.

ACURACIDADE — É o afastamento do resultado obtido do valor aceito como verdadeiro, relacionando-se este a um determinado padrão. Apresenta-se como uma avaliação final do conjunto de todos os fatores que influem na medição, estando portanto relacionada a cada um em particular e ao conjunto como um todo. Pode ser medida também pelo índice de dispersão de observações, realizadas estas com o objetivo de aferição a um padrão aceito como verdadeiro.

Nossa pretensão não vai além de uma proposta, cuja crítica apreciaríamos, para que todos os que se interessem pelo problema possam ter subsídios para chegar a uma conclusão melhor, através de uma discussão mais ampla e profunda do assunto.

Gostaríamos, para finalizar, de agradecer aos companheiros Eng.º JOSÉ MARCOS GUIMARÃES e SEBASTIÃO MATHIAS MESQUITA, do Instituto Militar de Engenharia, que nos auxi-

liaram neste artigo com suas sugestões, não lhes cabendo entretanto co-responsabilidade nos deméritos existentes.

BIBLIOGRAFIA

"RESOLUTION, PRECISION AND ACCURACY", Culley, FRANK L. — U. S. Army Topographic Command — Jun. 1969. USA. (1)

"WEBSTER'S THIRD NEW INTERNATIONAL DICTIONARY", G. & Co. Merriam Co. — 1966, USA. (2)

"USERS GUIDE TO UNDERSTANDING CHART & GEODETIC ACCURACIES", Greenwalt, CLYDE R. — Defense Mapping Agency Aerospace Center, 1973, USA. (3)

"SÍNTESE DA TEORIA DOS ERROS", Castello Branco Filho, MOYSÉS — Instituto Militar de Engenharia, 1968, Rio de Janeiro. (4)

"GRANDE DICIONÁRIO DA LÍNGUA PORTUGUESA", Moraes Silva, 10.^a Edição, Editorial Confluência. 1949, Lisboa. (5)

"DICIONÁRIO DA LÍNGUA PORTUGUESA", Freire, LAUDELINO, Editora A NOITE, 1940, Rio de Janeiro. (5)

"DICIONÁRIO CONTEMPORÂNEO DA LÍNGUA PORTUGUESA", Aulete, F. J. CALDAS, 2.^a Edição, Parceria Antonio Maria Pereira, 1925, Lisboa. (5)

"PEQUENO DICIONÁRIO BRASILEIRO DA LÍNGUA PORTUGUESA", Ferreira, AURELIO BUARQUE DE HOLANDA, 10.^a Edição, Companhia Editora Nacional, 1972, São Paulo. (5)

"TOPOGRAFIA GENERAL Y AGRICOLA", Garcia Tejero, F. DOMINGUEZ, Salvat Editores, 1958, Madrid. (6)

"INSTRUMENTOS GEODÉSICOS" — Publicação da empresa CARL ZEISS Oberkochen — Alemanha Ocidental. (7)