

CAPÍTULO 3

PRECIPITAÇÃO

3.1 INTRODUÇÃO

A precipitação pode assumir diversas formas, incluindo: chuva, neve, granizo e orvalho. Com relação à hidrologia, apenas chuva e neve são importantes. Este curso tratará apenas da precipitação pluviométrica, já que a precipitação de neve não é significativa no Brasil.

A chuva é o principal elemento da maioria dos projetos hidrológicos. Os problemas de engenharia relacionados com a hidrologia são em sua grande maioria conseqüência de chuvas de grande intensidade ou volume e da ausência de chuva em longos períodos de estiagem. Chuvas de grande intensidade em áreas urbanas causam o alagamento das ruas, porque o sistema de drenagem não é projetado para chuvas muito intensas. Precipitações de grande intensidade podem, ainda, causar danos à agricultura e a estrutura de barragens. A ausência de chuvas por longos períodos reduz a vazão dos rios, causando a diminuição do nível dos reservatórios. Vazões reduzidas devido à falta de chuva trazem danos ao ambiente do curso d'água, além de reduzir a água disponível para diluição de poluentes. A diminuição do nível dos lagos e reservatórios reduz a disponibilidade da água para usos como: abastecimento, irrigação e geração de energia. A umidade excessiva resultante de eventos de baixa intensidade e longa duração podem causar problemas à agricultura, reduzindo as colheitas.

É evidente, então que os problemas surgem quando a precipitação ocorre em situações extremas de intensidade, freqüência, ou quando os intervalos entre precipitações são excessivamente longos.

A disponibilidade de precipitação em uma bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial. A determinação da intensidade da precipitação é importante para o controle de inundação e a erosão do solo. Por sua capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para a hidrologia.

As características principais da precipitação são o seu total, duração e distribuições temporal e espacial. O total precipitado não tem significado se não estiver ligado a uma duração. Por exemplo, 100 mm pode ser pouco em um mês mas é muito em um dia ou, ainda mais, numa hora. A ocorrência da precipitação é processo aleatório que não permite uma previsão determinística com grande antecedência. O tratamento dos dados de precipitação para grande maioria dos problemas hidrológicos é estatístico.

3.2 MECANISMOS DE FORMAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES

O vapor de água contido na atmosfera constitui um reservatório potencial de água que, ao condensar-se, possibilita a ocorrência das precipitações. A origem das precipitações está ligada ao crescimento das gotículas das nuvens, o que ocorre quando forem reunidas certas condições. Efetivamente, muitas vezes existem nuvens que não produzem chuvas, o que evidencia a necessidade de processos que desencadeiem a precipitação.

Para as gotículas de água precipitarem é necessário que tenham um volume tal que seu peso seja superior às forças que as mantêm em suspensão, adquirindo, então, uma velocidade de queda superior às componentes verticais ascendentes dos movimentos atmosféricos.

A nuvem é um aerosol constituído por uma mistura de ar, vapor de água e de gotículas em estado líquido ou sólido cujos diâmetros variam de 0,01 a 0,03 mm, espaçadas, em média, um milímetro entre si. O ar que envolve as gotículas das nuvens se acha num estado próximo ao da saturação e, por vezes, supersaturado. Esse aerosol fica estável, em suspensão, pelo efeito da turbulência no meio atmosférico e/ou devido à existência de correntes de ar ascendentes que contrabalançam a força da gravidade.

As gotículas possuem massa de 0,5 a 1 grama de água por m^3 de ar, enquanto o ar saturado que envolve as gotículas tem umidade de 1 a 6 gramas por m^3 ($-20^{\circ}C$ a $5^{\circ}C$). A concentração das gotículas é de cerca de $1000/cm^3$. Dessa forma, a quantidade total de água presente em uma nuvem, nos três estados pode variar de 1,5 a $7 g/m^3$.

As gotículas de chuva têm diâmetros de 0,5 a 2,0 mm (densidade espacial de 0,1 a 1 gota por dm^3), com um valor máximo de 5,0 a 5,5 mm. Quando uma gota cresce até atingir um diâmetro de 7,0 mm, sua velocidade de queda será de 9 m/s. A uma velocidade tão alta a gota se deforma e subdivide em gotas menores devido à resistência do ar. As gotas de chuva têm dimensões muito maiores do que as gotículas das nuvens. A origem das precipitações está intimamente ligada ao crescimento das gotículas das nuvens.

O ar atmosférico, além dos gases que o compõem, contém partículas minúsculas (diâmetro variando de 0,01 a 1 micron) de várias origens: argilosas, orgânicas (polén), químicas e sais marinhos. Sobre essas partículas se realiza com facilidade a condensação do vapor atmosférico. Essas partículas funcionam como núcleos de condensação. Observa-se que quando o ar úmido sobe e atinge o nível de saturação, as gotículas de água que se formaram não têm tendência a se unirem entre si sem a presença dos núcleos de condensação.

3.3 CLASSIFICAÇÕES DAS PRECIPITAÇÕES

Conforme o mecanismo fundamental pelo qual se produz a ascensão do ar úmido, as precipitações podem ser classificadas em:

Convectivas: quando em tempo calmo, o ar úmido for aquecido na vizinhança do solo, podem-se criar camadas de ar que se mantêm em equilíbrio instável. Perturbado o equilíbrio, forma-se uma brusca ascensão local do ar menos denso que atingirá seu nível de condensação com formação de nuvens, e muitas vezes, precipitações. São as chuvas convectivas, características das regiões equatoriais, onde os ventos são fracos e os movimentos de ar são essencialmente verticais, podendo ocorrer nas regiões temperadas por ocasião do verão (tempestades violentas). São, geralmente, chuvas de grande intensidade e de pequena duração, restritas a áreas pequenas. São precipitações que podem provocar importantes inundações em pequenas bacias:

Orográficas: quando os ventos quentes e úmidos, soprando geralmente do oceano para o continente, encontram uma barreira montanhosa, elevam-se e se resfriam adiabaticamente havendo condensação do vapor, formação de nuvens e ocorrência de chuvas. São chuvas de pequena intensidade e grande duração, que cobrem pequenas áreas. Quando os ventos conseguem ultrapassar a barreira montanhosa, do lado oposto projeta-se uma sombra pluviométrica, dando lugar a áreas secas ou semi-áridas causadas pelo ar seco, já que a umidade foi descarregada na encosta oposta;

Frontais ou ciclônicas: provêm da interação de massas de ar quentes e frias. Nas regiões de convergência na atmosfera, o ar quente e úmido é violentamente impulsionado para cima, resultando no seu resfriamento e na condensação do vapor de água, de forma a produzir

chuvas. São chuvas de grande duração, atingindo grandes áreas com intensidade média. Essas precipitações podem vir acompanhadas por ventos fortes com circulação ciclônica. Podem produzir cheias em grandes bacias.

Observam-se diferentes formas de precipitações na natureza:

Chuveiro (neblina ou garoa): precipitação muito fina e de baixa intensidade;

Chuva: é a ocorrência da precipitação na forma líquida. A chuva congelada é a precipitação constituída por gotas de água sobrefundida que congelam instantaneamente quando se chocam contra o solo, formando uma capa de gelo.

Neve: é a precipitação em forma de cristais de gelo que durante a queda coalescem formando blocos de dimensões variáveis;

Saraiva: é a precipitação sob a forma de pequenas pedras de gelo arredondadas com diâmetro de cerca de 5 mm.

Granizo: quando as pedras, redondas ou de forma irregular, atingem grande tamanho (diâmetro ≥ 5 mm);

Orvalho: nas noites claras e calmas, os objetos expostos ao ar amanhecem cobertos por gotículas de água. Houve a condensação do vapor de água do ar nos objetos que resfriaram durante a noite. O resfriamento noturno geralmente baixa a temperatura até ponto de orvalho;

Geada: é a deposição de cristais de gelo, fenômeno semelhante ao da formação de orvalho, mas ocorre quando a temperatura é inferior a 0°C.

3.3 PLUVIOMETRIA

3.3.1 INTRODUÇÃO

A medição da quantidade da água que cai em uma região é dita pluviometria. Sendo os diversos tipos de precipitação, de um modo geral, medidos indiscriminadamente através do seu equivalente em água pela chamada altura pluviométrica (diz-se que caíram x mm de chuva).

As grandezas que caracterizam uma precipitação são:

- Altura pluviométrica (h): é a espessura média da lâmina de água precipitada que recobriria a região atingida pela precipitação admitindo-se que essa água não se infiltra, não evapora, nem escoar para fora dos limites da região. A unidade de medição habitual é o milímetro de chuva.
- Duração (X): é o período de tempo durante o qual a chuva cai. As unidades normalmente utilizadas são o minuto ou a hora.
- Intensidade (i): é a precipitação por unidade de tempo, obtida com a relação $i = h/X$. Expressa-se normalmente em mm/h ou mm/min. A intensidade de uma precipitação apresenta variabilidade temporal, mas, para a análise dos processos hidrológicos, geralmente são definidos intervalos de tempo nos quais é considerada constante.
- Tempo de recorrência (Tr): é interpretado, na análise de alturas pluviométricas (ou intensidades) máximas, como o intervalo médio em número de anos em que se espera que ocorra uma precipitação maior ou igual à analisada.
- Frequência de probabilidade (F): é o inverso do tempo de recorrência, ou seja, a probabilidade de um fenômeno igual ou superior ao analisado, se apresentar em um ano qualquer (probabilidade anual).

Por exemplo, uma precipitação com 1% de probabilidade de ser igualada ou superada num ano tem um $Tr = 100$ anos. No caso da análise de precipitações extremas mínimas deve-se mudar a interpretação no sentido da superação ocorrer por defeito (valores menores que o analisado). Neste caso Tr é o inverso da probabilidade de não - excedência.

3.3.2 REGIME PLUVIOMÉTRICO

É o conjunto de características dessa mesma região resultantes da pluviosidade média e distribuição, frequência e duração das chuvas. Sendo cada região caracterizada pelo seu regime pluviométrico.

3.3.3 APARELHOS DE MEDIDA

As grandezas pluviométricas são obtidas direta ou indiretamente, através dos aparelhos descritos abaixo:

a) **PLUVIÔMETRO.** É fundamentalmente constituído por um recipiente aberto de bordas delgadas e chanfradas, a fim de que fique bem definida a abertura exposta à chuva, com diâmetro superior rigorosamente conhecido, tendo-se mais frequentemente 100, 200, 314, 400 ou 1000 cm² de área de captação. Essa abertura é internamente afunilada, deixando apenas um pequeno orifício para a passagem de água, e diminuindo assim a possibilidade de evaporação da mesma (já que o contato com a atmosfera se restringe ao dito orifício). Em baixo, há uma válvula de saída para a água ser recolhida em uma proveta: que deve estar calibrada para que se faça a leitura diretamente em mm de chuva, ou pode ser uma proveta das mais comuns onde a leitura é feita em uma unidade de volume, em mililitro, que corresponde a 1 cm³.

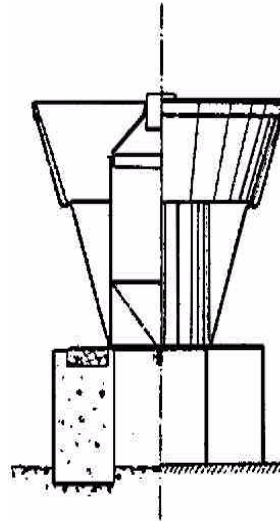


Fig. 3.1 - Esquema de funcionamento Fig. 3.2 - Foto

Para o cálculo da lâmina precipitada deve-se utilizar a seguinte formula:

$$P = \frac{10V}{A} \quad (3.1)$$

onde: P = a precipitação em mm acumulada no tempo entre as observações,
 V = o volume de água coletado é medido na proveta em cm³
 A = área da abertura superior do aparelho em cm²

b) **PLUVIÓGRAFO.** Em muitos estudos hidrológicos, previsão de picos de cheia, por exemplo, é indispensável conhecer não somente a altura total de precipitação referente a um determinado período, mas também a intensidade dessas precipitações em cada instante ao longo desse período.

Utiliza-se então um pluviógrafo, também chamado de pluviômetro registrador ou udógrafo, cujo aparelho registrador traça em diagrama a curva das precipitações acumuladas no período.

As figuras 3.3 e 3.4 mostram o esquema de funcionamento e a foto de um pluviógrafo. Na fig. 3.5 vê-se os diagramas de chuva gerados por este.

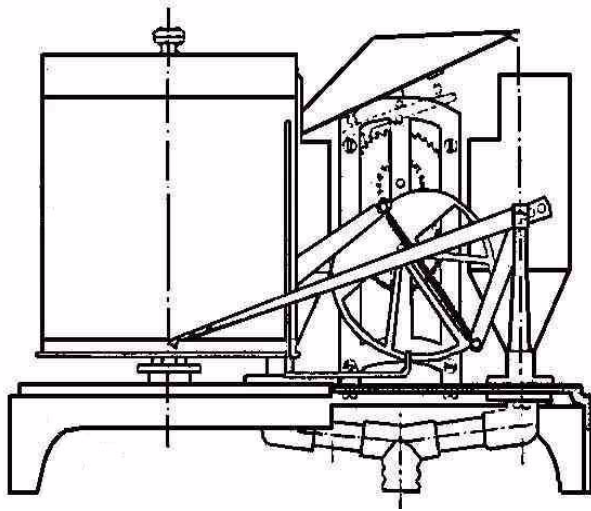


Fig 3.3 - Esquema de funcionamento



Fig 3.4 - Foto

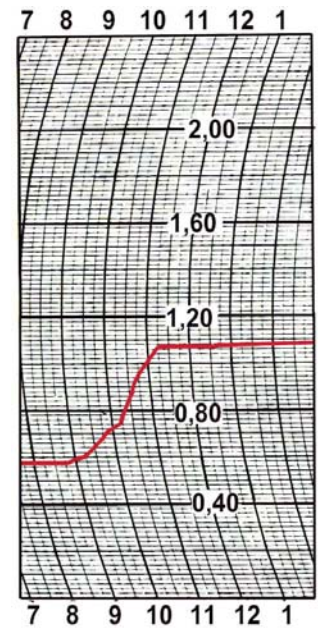


Fig 3.5 - Diagrama de chuva

3.3.4 LOCALIZAÇÃO DOS PLUVIÔMETROS

A medida correta das alturas de precipitação está longe de ser simples, basicamente pelas seguintes razões:

- a) seja qual for o seu tipo, o pluviômetro cria uma perturbação aerodinâmica que modifica mais ou menos o campo das precipitações, originando, na sua vizinhança imediata, turbilhões que afetam a quantidade chuva e sobretudo a neve captada.
- b) há poucos locais ao mesmo tempo suficientemente abrigados para reduzir ao mínimo o efeito aerodinâmico acima referido e, entretanto, convenientemente desobstruídos para fornecer uma amostra típica válida da região, seja qual for a direção do vento e da perturbação pluviosa.
- c) uma medida de chuva não pode ser nunca repetida.
- d) a amostra revelada pelo pluviômetro é sempre extraordinariamente pequena em relação ao conjunto da chuva que nós supomos por ela determinada sobre uma zona sempre muito extensa; ela é tanto menos representativa quanto mais importante for a heterogeneidade espacial da chuva sobre a zona considerada.

É, portanto essencial medir as precipitações com aparelhos estabelecidos, instalados e explorados segundo métodos extremamente normatizados, para obter resultados tão representativos quanto possível.

Para tirar melhor partido da utilização dos pluviômetros é conveniente ter em conta os seguintes princípios gerais:

- 1) a boca do pluviômetro deve ficar bem horizontal; na prática podemos estimar em 1% o erro produzido por cada grau de inclinação do pluviômetro sobre a horizontal, desde que ela não exceda 10° ; este erro é positivo quando a inclinação do plano de abertura está dirigida para o vento e negativo no caso contrário.
- 2) parece (há autores de opinião contrária) que os pluviômetros acusam uma altura de precipitação tanto maior quanto maior for a área de recepção de sua abertura.
- 3) é a ação do vento, variável em sua velocidade e a situação mais ou menos exposta do pluviômetro, a principal causa de erro na medição das precipitações. O aumento de velocidade do ar e a formação de turbilhões na vizinhança imediata do aparelho tem por consequência um desvio local da trajetória das partículas da chuva ou de neve que ocasiona um erro por defeito na altura da precipitações medidas. O erro é tanto maior quanto maior for a velocidade do vento e menor a velocidade de queda das gotas de água ou flocos de neve.

De acordo com o que se acaba de expor e para reduzir o erro ao mínimo, os pluviômetros devem colocar-se em exposição abrigada, mas sem obstáculos. A altura normalizada deste aparelho é de 1,5 metros do solo.

A situação ideal é a localização em uma área grande, plana e livre de árvores e edifícios que possam interceptar a precipitação. Além disso, para reduzir os efeitos do vento, deve-se instalar barreiras baixas, com envolventes cilíndricos ou tapumes, a uma distância do pluviômetro não inferior ao dobro da sua altura. Modernamente também se usam telas que envolvem a curta distância a superfície receptora, conseguindo muito aproximadamente realizar um pluviômetro “aerodinamicamente neutro”.

A densidade ótima da rede pluviométrica depende, evidentemente da finalidade e da heterogeneidade das chuvas na região em estudo. Assim, em bacias planas, extensas mas homogêneas, uma rede pouco densa será satisfatória. Ao contrário, se o objetivo é estudar a influência de precipitações de curta duração numa região montanhosa, teremos de multiplicar a rede e utilizar vários aparelhos registradores.

3.4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados pluviométricos são atualmente registrados, armazenados e apresentados em forma de tabelas e/ou de bancos de dados.

Para maior facilidade de comparação desses dados, recorre-se a representações gráficas.

Uma análise pluviométrica decorre ao longo do tempo em determinada região. Portanto, tem-se que utilizar duas espécies de representações gráficas: uma temporal, relativa à evolução pluviométrica em um mesmo ponto (posto); outra espacial, dando-nos a noção de como varia, de ponto a ponto da região, ou seja, a pluviometria relativa a um dado intervalo de tempo.

3.4.1. REPRESENTAÇÃO TEMPORAL

Recorre-se, mais freqüentemente, a dois tipos de diagrama, que a seguir se apresentam.

a) HIETOGRAMA: relaciona intensidade média de precipitação com o tempo. Representando em abcissa os tempos, divididos em intervalos iguais ao período de observação pluviométrica. Desenha-se retângulos de área proporcional às alturas de precipitação correspondentes a esses intervalos para obter, assim, um diagrama com o aspecto igual ao da fig. 3.6, ao qual se dá o nome de hietograma.



Fig. 3.6 - Hietograma

Mas se as divisões do tempo forem iguais a unidade, a intensidade média de cada intervalo exprime-se pelo mesmo número que a altura de precipitação relativa ao mesmo intervalo; por isso, nesses casos pode-se marcar nas ordenadas simplesmente as alturas de precipitação.

b) CURVA DE PRECIPITAÇÕES ACUMULADAS: corresponde á curva integral do hietograma.

Sendo $i = dh/dt = i(t)$ a função correspondente ao hietograma (designando por i a intensidade e h a altura de precipitação), a curva de precipitação acumulada se definirá por :

$$h = \int i(t) dt \quad (3.2)$$

Portanto ela nos dá, para cada valor de tempo, a altura de precipitação caída desde a origem dos tempos até esse momento. Veja o exemplo da figura 3.7.

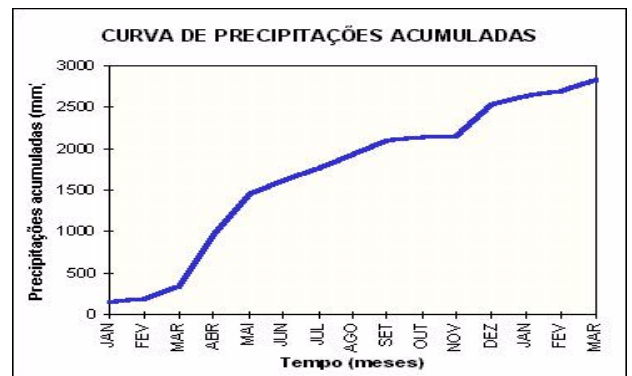


Fig. 3.7 - curva de precipitações acumuladas

3.4.2 REPRESENTAÇÃO ESPACIAL (CARTAS PLUVIOMÉTRICAS)

A variação em dada região, da pluviometria relativa a um determinado período de tempo representa-se habitualmente por mapas dessa mesma região, ou cartas pluviométricas. Elas nos dão portanto uma idéia de conjunto sobre a repartição das chuvas nesse território durante o período em causa. Normalmente este período é de um ou mais anos, sendo no segundo caso habitual trabalhar-se com os valores médios das precipitações anuais.

A) REPRESENTAÇÃO PELAS ISOIETAS

As isoietas são linhas que representam a distribuição pluviométrica de uma região, através de curvas de igual precipitação. Este meio de representação pluviométrica é inteiramente análogo ao da representação topográfica. A figura 3.8 mostra as isoietas para uma bacia hidrográfica teórica

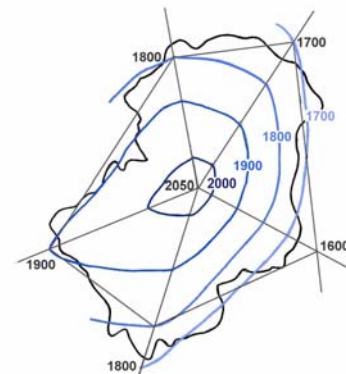


Fig. 3.8 - Mapa de isoietas de uma bacia hidrográfica

Para traçar as isoietas, parte-se dos dados relativos aos postos pluviométricos da região (pertencentes ao intervalo em que se fará as curvas). Interessa-nos em primeiro lugar determinar os pontos de pluviosidade igual às das isoietas que desejamos traçar. Para isso supomos que no seguimento de reta que une dois pontos vizinhos é linear a variação da pluviosidade. Com base nesta hipótese, vejamos como determinar entre os pontos A e B de alturas de chuva H_A e H_B , o ponto C corresponde a altura de chuva H_C .

Da figura 3.9 tira-se que:

$$\frac{x}{h_A - h_C} = \frac{L_{AB}}{h_A - h_B} \quad (3.3)$$

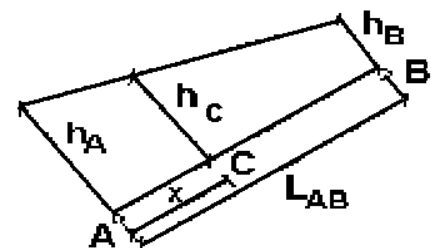


Fig 3.9 - Determinação de isoietas

Na construção dos mapas de isoietas, o analista pode também considerar os efeitos orográficos e morfologia temporal, de modo que o mapa final represente um modelo de precipitação mais real do que o que seria obtido de medidas isoladas

3.5 ANÁLISE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

O objetivo de um posto de medição de chuvas é o de obter uma série, sem falhas, de precipitações ao longo dos anos (ou estudo da variação das intensidades de chuva ao longo das tormentas). Em qualquer caso pode ocorrer a existência de períodos sem informações ou com falhas nas observações, devido a problemas com os aparelhos de registro e/ou com o operador do posto. As causas mais comuns de erros grosseiros nas observações são: a) preenchimento errado na caderneta de campo; b) soma errada do número de provetas, quando a precipitação é alta; c) valor estimado pelo observador, por não se encontrar no local da amostragem; d) crescimento de vegetação ou outra obstrução próxima ao posto de observação; e) danificação do aparelho; f) problemas mecânicos no registrador gráfico.

Logo como há necessidade de se trabalhar com séries contínuas, essas falhas devem ser preenchidas. Também necessita-se que seja estudada a consistência dos dados dentro de uma visão regional, ou seja, comparar o grau de homogeneidade dos dados disponíveis num posto, com relação às observações registradas em postos vizinhos.

3.5.1 PREENCHIMENTO DE FALHAS — MÉTODO DA PONDERAÇÃO REGIONAL

É um método simplificado, geralmente utilizado para o preenchimento de séries mensais e anuais, onde as falhas de um posto são preenchidas através de uma ponderação com base nos dados de pelo menos três postos vizinhos, que devem ser de regiões climatológicas semelhantes a do posto em estudo e ter uma série de dados de no mínimo 10 anos.

Designando por x a estação que apresenta falhas e por A,B e C as estações vizinhas, pode-se determinar a precipitação desta estação através da seguinte equação:

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{M_x}{M_a} P_a + \frac{M_x}{M_b} P_b + \frac{M_x}{M_c} P_c \right) \quad (3.4)$$

Onde:

P_x - É a variável que guardará os dados corrigidos

M_x - Média aritmética da estação com falha

M_a, M_b e M_c - Média aritmética das estações vizinhas

P_a, P_b e P_c - É o dado da estação vizinha, ao posto com falha, do mesmo ano que utilizamos para preencher a falha.

3.5.2 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS

Esse tipo de análise é utilizada para verificar a homogeneidade dos dados, isto é, se houve alguma anormalidade na estação pluviométrica, tal como mudança de local ou das condições do aparelho ou modificação no método de observação.

MÉTODO DE DUPLA MASSA

Este método consiste em selecionar os postos de uma região (que deve ser considerada homogênea do ponto de vista hidrometeorológico), acumular para cada um deles os valores (mensais ou anuais conforme a análise), plotar em um gráfico cartesiano os valores acumulados correspondentes ao

posto a consistir (eixo ordenado) com os valores médios das precipitações mensais acumuladas em vários pontos da região (eixo das abcissas) que servirá como base para comparação.

Se os valores dos postos a consistir forem proporcionais aos observados na base de comparação, os pontos devem se alinhar segundo uma única retas. A declividade desta reta determina o fator de proporcionalidade entre ambas as séries. Quando os pontos não se alinham podem ocorrer as seguintes situações:

- a) mudança na declividade: determina duas ou mais retas. Constitui o exemplo típico da ocorrência de erros sistemáticos, mudança nas condições de observação ou no meio físico, como alterações climáticas. Para se considerar a existência de mudança na declividade é prática comum exigir-se a ocorrência de pelo menos 5 pontos sucessivos alinhados segundo a nova tendência. Para corrigir os valores utilizamos a seguinte equação:

$$P_a = \frac{M_a}{M_o} P_o \quad (3.5)$$

Onde: P_a - Observações ajustadas à condição atual de localização
 P_o - Dados observados a serem corrigidos
 M_a - Coeficiente angular da reta no período mais recente
 M_o - Coeficiente

- b) alinhamento dos pontos em retas paralelas: ocorre quando existem erros de transcrição de um ou mais dados ou pela presença de valores extremos em uma das séries plotadas (figura 3.11). A ocorrência de alinhamentos, segundo duas ou mais retas aproximadamente horizontais (ou verticais), pode ser a evidência de postos com diferentes regimes pluviométricos.

- c) distribuição errática dos pontos: geralmente é resultado da comparação de postos com diferentes regimes pluviométricos, sendo incorreta toda associação que se deseje fazer entre os dados dos postos plotados (figura 3.12).

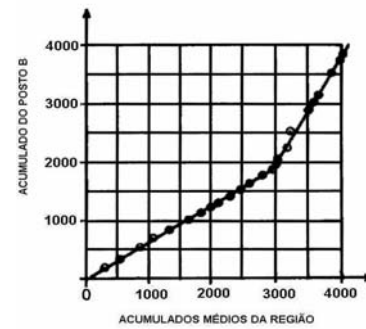


Fig. 3.10 - Mudança de declividade

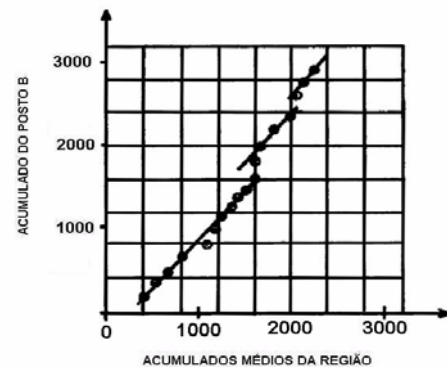


Fig 3.11 - Diferentes regimes

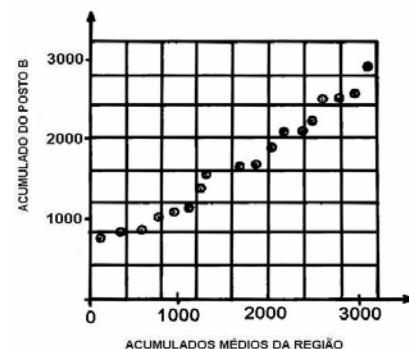


Fig. 3.12 - Distribuição errática

- d) distribuição dos dados ao longo de uma única reta, é a situação ideal que caracteriza dados sem inconsistência, com é visto na figura 3.13.

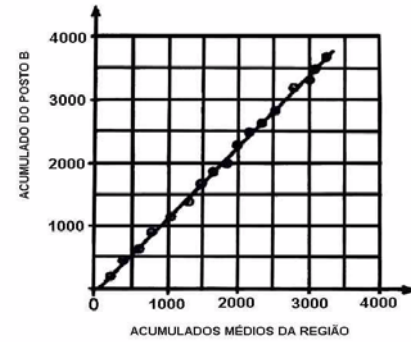


Fig.3.13 - Dados sem inconsistência

Uma vez finalizada a análise de consistência, pode ser necessária uma revisão dos valores previamente preenchidos. O preenchimento das séries é uma tarefa efetuada antes da consistência para evitar distorções no gráfico de Dupla Massa, mas se neste gráfico forem observadas modificações de tendência, o preenchimento poderá ser revisado.

QUESTIONÁRIO

1. Qual a diferença entre um posto pluviométrico e um posto pluviográfico?
2. Como é feito o preenchimento de falhas? Qual a fórmula utilizada?
3. Quais são os critérios utilizados para a escolha dos postos que serão utilizados como referência para o preenchimento de falhas?