

INTERPRETAÇÃO GEOGRÁFICA DOS FENÔMENOS HIDROLÓGICOS NA BACIA DO ALTO E MÉDIO RIO PRÊTO

JOSÉ GRABOIS *

INTRODUÇÃO

Para a execução deste trabalho, cujo objetivo é a interpretação geográfica dos fenômenos hidrológicos, tivemos que dividi-lo em diferentes etapas, como se explica a seguir. Para que se possa fazer uma interpretação geográfica daqueles fenômenos, torna-se necessária, antes de mais nada, a caracterização do quadro natural através da análise e da síntese orgânica dos vários elementos que o compõem bem como a integração dos fatos da geografia humana e suas inter-relações com o meio físico.

A etapa seguinte do estudo foi, então, a análise dos dados hidrológicos, análise essa relacionada com aquela já referida.

Os dados utilizados foram obtidos na Divisão de Águas do Departamento Nacional da Produção Mineral do Ministério da Agricultura, e se referem à precipitação (25 postos pluviométricos) e ao escoamento (posto fluviométrico de Rio Prêto). O período disponível para o estudo está compreendido entre os anos de 1942 e 1954 no que concerne à precipitação; em relação ao escoamento o período inicia-se em 1935, findando em 1954. De 17 a 20 de agosto de 1961 foi realizada uma excursão à bacia do rio Prêto com a finalidade de reunir uma série de dados indispensáveis à elaboração do trabalho sobre a hidrografia da região.

O nosso estudo se restringiu ao alto curso e parte do curso médio até Rio Prêto, por representar esta cidade o único posto fluviométrico com dados referentes a um período suficientemente longo para possibilitar interpretações de caráter hidrológico.

O rio Prêto, subafluente do Paraíba, nasce no Brejo do Tijucal, próximo do pico das Agulhas Negras, no maciço do Itatiaia, numa altitude de 2 400 metros, aproximadamente, e segue paralelo ao curso do Paraíba, com direção WSW-ENE, copiando, em escala menor, o traçado desse rio, desaguando no Paraíba.

* Este estudo exigiu uma fase preliminar de coleta de dados e respectiva elaboração, construção de mapas e gráficos, o que foi realizado pelo "Grupo de Hidrologia" composto por OLINDINA VIANNA MESQUITA, LENY BRÜCK DA MOTA MAIA e JOSÉ GRABOIS.

Queremos deixar, outrossim, registrados os nossos agradecimentos ao Prof. ALFREDO JOSÉ PÔRTO DOMINGUES, pela preciosa orientação que nos prestou no decorrer da elaboração deste trabalho.

ASPECTOS FISIOGRAFICOS E A INFLUÊNCIA DA OCUPAÇÃO HUMANA NA PAISAGEM

1 — *O modelado*

A bacia do rio Prêto faz parte do sistema da Mantiqueira, situando-se o rio entre duas linhas de cristas principais, formadas por elevações cuja encosta abrupta é voltada para sul e a norte apresenta-se dissecada por vales que convertem a região numa sucessão de morros que perdem altitude em direção norte. Isto se explica porque o relêvo regional se caracteriza por uma sucessão de blocos falhados e basculados levemente para o norte. Tal assimetria repete aquilo que se observa em todo o sistema serra do Mar-serra da Mantiqueira e, sem dúvida, liga-se à tectônica que caracteriza o escudo brasileiro.

O rio Prêto, após aquêles movimentos tectônicos ocupou, provavelmente, um dos ângulos de falha, passando a erodir fortemente a região. Como resultado do trabalho erosivo dêste rio e de seus afluentes, aquêles blocos ficaram convertidos numa sucessão de morros de perfil convexo e, algumas vêzes, em colinas de menor altitude. Os afluentes do rio Prêto, em certos lugares, aproveitando linhas de fratura transversais, adaptaram seus vales às mesmas e, hoje, seguem linhas mais ou menos rígidas como por exemplo aquelas utilizadas pelo ribeirão Pouso Alegre, pelo rio Jacutinga, etc.

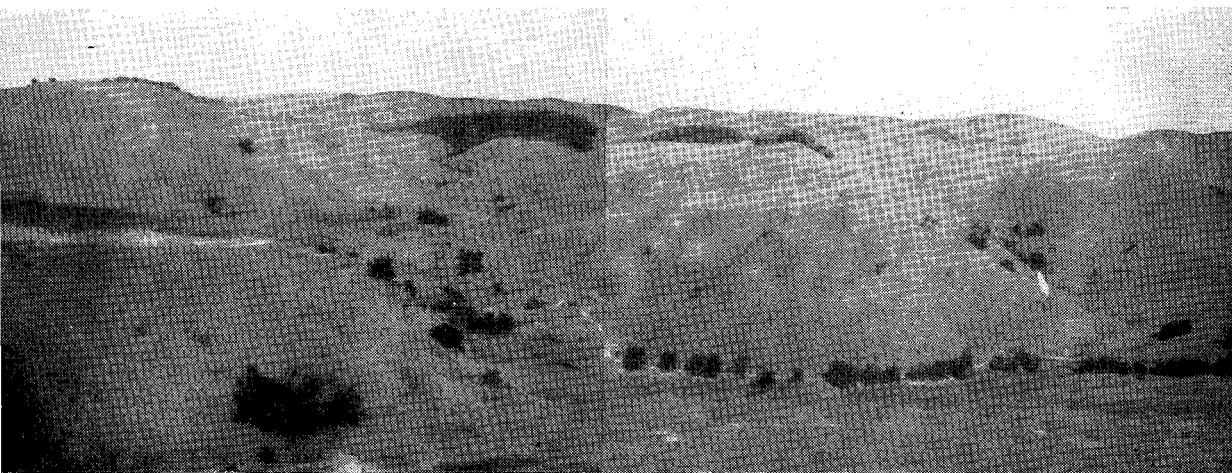
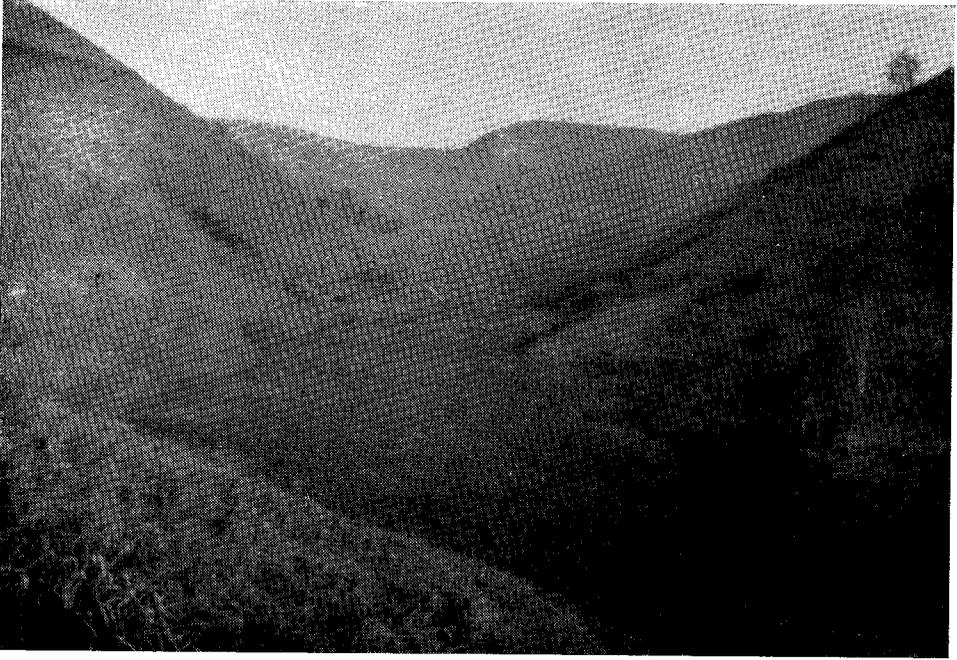


Foto 1 — Um traço marcante da paisagem física da bacia do rio Prêto são os morros de perfil convexo, que caracterizam, aliás, o sistema Mar-Mantiqueira.

Pode-se notar, ainda, a ausência quase completa da mata. Aparecem apenas algumas manchas de mata secundária ou capoeiras mais recentes nos lugares mais úmidos. Isto se deve ao desmatamento efetuado para plantio do café, no século passado e, atualmente, para a criação de gado.

Os rios, trabalhando sôbre os gnaisses regionais, ora seguem a direção das camadas, oferecendo vales amplos de fundo chato, ora apresentam gargantas estreitas quando cortam mais perpendicularmente a direção das rochas, surgindo, assim, cachoeiras e corredeiras. Encontramos, então, uma série de vales suspensos que caracterizam bastante



Fotos 2 e 3 — Os vales de fundo chato, que se formam quando os rios seguem a direção das camadas e os vales estreitos (às vezes gargantas) que aparecem quando os rios cortam a direção das camadas, constituem outro aspecto característico da paisagem regional.



aquêles afluentes do rio Prêto, cujo poder erosivo é bem menor comparado ao rio principal. Como consequência das retomadas de erosão observadas, surgem terraços que, muitas vezes, apresentam-se bastante desenvolvidos, como se pode observar nas proximidades de Rio Prêto.

Essa retomada de erosão dá-se em função do desaparecimento ou rebaixamento de um nível de base local representado, na maioria dos casos, por uma queda d'água. Essas quedas d'água têm origem, geralmente, em consequência do afloramento de rocha mais resistente, em meio à rocha decomposta. Explicam-se êsses afloramentos não só pela natureza da rocha, mas também em função da estrutura. Quando as camadas têm forte inclinação e diferente resistência à erosão e, quando cortadas pelos rios, umas serão mais facilmente erodidas do que outras devido à erosão diferencial, permanecendo os gnaisses mais resistentes proeminentes, funcionando como um nível de base local dando oportunidade ao aparecimento de corredeiras ou quedas d'água, dependendo da "potência" da camada. Da retomada de erosão resultou o encaixamento dos vales, originando-se, ao longo do curso, terraços, situados sempre à montante daqueles acidentes, que funcionaram como nível de base local.

É deveras importante a ação do clima sôbre a morfologia regional. O clima quente e úmido é fator fundamental no modelado regional. A êle se deve o espesso manto de decomposição que caracteriza, aliás, todo o Brasil Sudeste.

Com a recente retirada da mata devido à intervenção de homem, e através do modelado das vertentes em clima tropical úmido, observa-se o carreamento e deposição do material no fundo dos vales.

A deposição do material das encostas nos fundos de vales acentuou os vales de fundo chato, onde geralmente cursos d'água divagam. Tais vales vão constituir um traço característico da paisagem regional.

A ocupação humana trouxe importantes consequências para a morfogênese regional pois com a devastação das matas para o plantio do café no século passado, e sob a ação de um clima quente e úmido acelerou-se o processo erosivo na região, desde que, sem a proteção da floresta ficavam os terrenos muito mais susceptíveis à ação do intemperismo. Também a atividade econômica atual influi sobremaneira na aceleração do processo erosivo. A criação de gado é, atualmente, a atividade econômica básica da região. As antigas áreas de café são hoje ocupadas pelo gado. Decorre dêsse tipo de atividade econômica um fato importante para a morfologia regional: com o pisoteio do gado vão sendo formados terracetes que, como calhas, vão drenar e concentrar as águas das chuvas em locais determinados geralmente pelos caminhos de gado, dando origem a uma série de voçorocas.

Um outro traço marcante da paisagem são os pequenos cones de dejeção que se formam no sopé das colinas. Resultam êles do acúmulo do material carregado pelas águas das chuvas que se concentram nas concavidades apresentadas por essas elevações. Sempre abaixo das voçorocas, ocorrem cones de dejeção.



Foto 4 — A cachoeira do Areal, nas proximidades de Santa Rita de Jacutinga, resulta, como tantas outras, do afloramento de camadas mais resistentes de gnaíse e funciona como nível de base local.

Quando este nível de base local é vencido há a retomada de erosão à montante e em consequência disso geralmente aparecem os terraços aluviais.

2 — Os solos, a vegetação e seus reflexos sôbre a hidrografia

Os solos da região pertencem ao grande grupo dos solos tropicais ou latossolos, podendo-se, do ponto de vista prático, observar dois tipos na região: os solos das encostas e os de fundo de vale, estes mais ricos do que aqueles.

São três os fatores que vão atuar na formação e modificação dos solos: o clima, a natureza da rocha e a vegetação. As rochas que ocorrem na bacia do rio Preto pertencem ao Complexo Cristalino Brasileiro e sofrem, presentemente, a influência do clima tropical úmido, que deu origem, por outro lado, à hoje devastada floresta tropical. Esse clima, caracterizado por elevada média anual de temperatura e totais pluviométricos anuais nunca inferiores a 1 700 mm é responsável pela grande alteração das rochas cristalinas, o que se conclui pela observação do espesso manto de decomposição.

A água, que geralmente traz dissolvidos ácidos húmicos, aproveitando as diáclases horizontais, verticais e concêntricas, penetra na rocha sã, iniciando a decomposição que é muito ativa pela alta temperatura reinante e por aqueles ácidos.

O clima, através da precipitação abundante também é responsável pelos movimentos coletivos do solo: com as chuvas, o solo fica embebido formando como que uma pasta que desce lentamente pela ação da gravidade, indo entulhar os fundos de vale.

A mata desempenha papel muito importante sôbre a regularização do regime fluvial. A água das chuvas ao cair tem destinos diferentes: parte fica retida nas copas e se perde quase totalmente por evaporação; parte atinge o solo e é absorvida, revertendo em parte à atmosfera através da transpiração das árvores; uma pequena porção escoia pela superfície em direção ao rio. Na época da estiagem a água retida no solo, quando da maior precipitação, reverte ao rio, através das fontes, regularizando, dêsse modo, parcialmente, o regime. Com a retirada da mata e o conseqüente carreamento do húmus (que tem grande capacidade de absorção de água) a quantidade de água que escoia imediatamente após a chuva vai ser muito maior e, por outro lado, a quantidade de água absorvida pelo solo é muito menor. Logo, nas épocas de chuva o rio vai, geralmente, apresentar um máximo bem maior do que apresentaria se a região ainda estivesse com a cobertura vegetal original, acontecendo, na estiagem, um rebaixamento do mínimo devido ao pequeno armazenamento de água no solo.



Foto 5 — Pode-se observar nitidamente nas encostas dessas elevações próximas da cidade de Rio Preto a rede ortogonal que representa a marca de dois ciclos sucessivos: as linhas verticais mostram as marcas de antigos cafezais e as horizontais evidenciam a atual forma de ocupação da terra, ou seja, a criação de gado. Tanto um como outro influem decisivamente sôbre o modelado regional e, portanto, sôbre os solos e a hidrografia.

A retirada da mata a partir de 1840 para o plantio do café refletiu-se diretamente na hidrografia, através do mecanismo que analisamos acima.

O uso da terra trouxe como conseqüência a formação no horizonte B, de uma camada impermeável formada de concreções ferruginosas

(limonita) que só aparece em terras cultivadas. Esta camada impermeável vai ser, em parte, responsável pela aceleração do processo erosivo pois servirá de base para o desenvolvimento do ravinamento, pois sendo mais resistente do que a camada que lhe está imediatamente abaixo, com a concentração das águas das chuvas vai haver o solapamento e desenvolvimento das voçorocas. Daí podermos observar movimentos mais rápidos do solo, conhecidos como solifluxão e que só se verificam depois da retirada da mata.

As tropas de burros, que transportavam o café, abriram caminhos nas encostas das colinas, caminhos que serviram de ponto de partida para o ravinamento.

Devido ao empobrecimento dos solos das colinas, pelo plantio do café, esta atividade econômica cedeu lugar à criação de gado, que não exige solos tão férteis; a substituição daquela forma de ocupação da terra por esta outra modificou o mecanismo de aceleração do processo erosivo. Isto se deve ao sistema de utilização da terra. A falta de mão-de-obra obrigou os proprietários a utilizar a queimada para a limpeza dos pastos, o que expunha, diretamente, o solo à ação da pluviosidade que acentuou o trabalho do carreamento dos solos. Esta queimada era feita por ocasião da estação seca e, quando advinham as primeiras chuvas de verão, os solos não apresentavam quase nenhuma proteção. Posteriormente, com o pisoteio do gado surgem os terracetes e os caminhos que põem à mostra, nas encostas, os vários horizontes que constituem o solo.

Todo esse material vai sendo, aos poucos, carregado para os fundos de vale, constituindo aí solos mais ricos, enquanto os solos das encostas vão se empobrecendo progressivamente.

Vemos então uma estreita inter-relação entre a formação dos solos e as formas de ocupação humana. Verificamos que, de início, o café trouxe um empobrecimento do solo nas colinas e formação dos solos mais férteis no fundo de vale. O empobrecimento desses solos determina a mudança de atividade econômica e o processo de erosão acelerada continua.

É preciso ressaltar portanto, a influência dos solos na hidrografia. Seria essa influência resultante de todos os fatores que analisamos até aqui. Dependendo da maior ou menor intensidade desses processos, mais ou menos acentuada será a deposição de sedimentos no fundo dos vales. Os terrenos de fundo de vale são ricos em húmus que desempenha papel de regularizador do regime fluvial, porque, absorvendo o excesso de água na época das grandes chuvas, devolve ao rio essa água durante a estação menos chuvosa. Conclui-se então, que onde há maior deposição será o regime fluvial mais regular e, em caso contrário, haverá acentuação dos contrastes entre o máximo e o mínimo de descarga.



Fotos 6 e 7 — São as voçorocas muito contraditórias na bacia do rio Preto. Sua formação se prende a vários fatores tais como o desmatamento e a conseqüente exposição dos solos à erosão, o cultivo do café em linhas de maior declive, os caminhos de gado formados tanto na época do café quanto do transporte deste produto por tropas de burros quanto atualmente pelo gado que aí é criado e que provoca além disso a formação de terracetes que vão ser um fator de aceleração do processo erosivo. Pode-se observar nas fotos duas voçorocas em diferentes fases de evolução e de tamanho distinto: a primeira, menor e em fase adiantada de evolução; a segunda mais complexa, digitada, parece, ao que tudo indica, estar instalada sobre uma antiga voçoroca, atualmente "cicatrizada", pois se observamos a encosta do morro na qual ela se localiza verificaremos que a parte correspondente à zona de descolamento está recoberta com a mesma vegetação da encosta o que mostra uma paralisação da erosão anterior que voltou a se manifestar em função da abertura de caminhos na parte superior e inferior da mesma.



CLIMA

Para o estudo do regime de um rio faz-se necessária a análise preliminar do clima da região, especialmente das chuvas, pois no caso brasileiro é uma generalidade o regime pluvial. Esta característica do regime vai justificar a ênfase dada à precipitação na breve análise do clima aqui feita, considerando-se ainda que a temperatura não atinge valores muito elevados na região, tendo, portanto, menor influência sobre o regime do que, por exemplo, sobre o rio São Francisco, no Nordeste.

O clima da bacia do alto e médio rio Prêto sofre a influência de duas massas de ar: a equatorial continental e a tropical atlântica. No semestre de verão predomina a influência da primeira, convectiva e instável. É a época das maiores chuvas (80% das chuvas concentradas nesse período). O período mais sêco (semestre de inverno) deve-se ao avanço da massa tropical atlântica, constituída pelos alísios que têm origem no centro de ação do Atlântico Sul. No semestre de verão, quando do domínio completo da Ec, os alísios da Ta não conseguem penetrar para o interior; mas, com a aproximação do inverno (na verdade, a partir do outono) esta massa começa a se retrair, permitindo que, pouco a pouco, os alísios da Ta ganhem o interior. Entretanto, em função da barreira imposta aos alísios pelo relêvo, no litoral, êstes ventos aí descarregam quase tôda a sua umidade, penetrando bastante secos no interior.

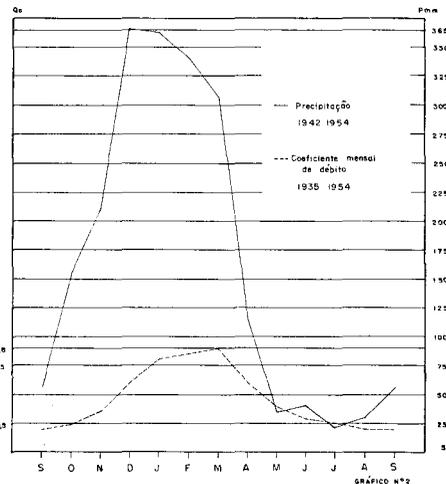
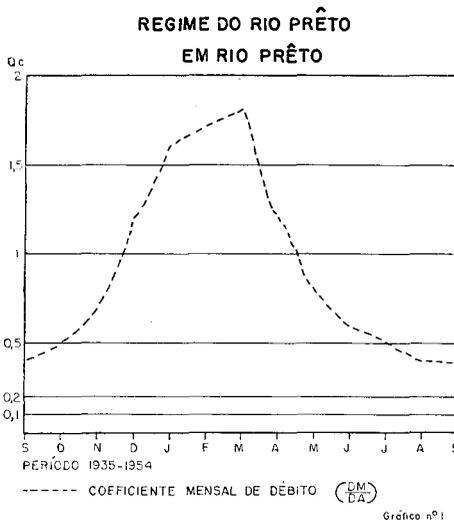
É preciso salientar ainda a influência que têm os avanços das massas polares sobre o regime pluviométrico da região. Essas massas frias que se deslocam para o norte, especialmente no outono irão provocar chuvas, quer de relêvo, quer frontais, quando do contacto dessas massas com a Ta, predominante na época.

É também muito importante a influência do relêvo, tanto na precipitação quanto na temperatura. Esta influência se manifesta não só no litoral como acabamos de observar, como também no interior. É o que se observa na encosta da Mantiqueira, onde se registram totais mais elevados do que em regiões vizinhas, mais baixas. Pode-se citar, mostrando a influência do relêvo no aumento das precipitações, o fato ocorrido no ano de 47-48, quando, apesar da precipitação ter sido a menor de todo o período estudado, houve uma rápida elevação da descarga, verificada no pôsto fluviométrico de Rio Prêto. Dada a distribuição normal da precipitação nesse ano, tirada a média de todos os postos aparentemente nada poderia explicar tal elevação de descarga. Observando-se, porém, os postos situados na escharpa que representa o segundo degrau da serra da Mantiqueira, verificou-se que aí houve grande concentração da precipitação. Isto fêz com que aumentasse bastante a contribuição dos afluentes da margem esquerda do rio Prêto, no médio curso do rio, ou seja, próximos ao pôsto de Rio Prêto, provocando portanto, essa súbita elevação da descarga.

O REGIME DO RIO PRÊTO

Antes de iniciar a análise do regime do rio Prêto é importante conceituar o que se convencionou chamar ano hidrológico, desde que a elaboração de todos os cálculos e gráficos que acompanham este trabalho está baseada nesta noção.

O ano hidrológico tem o seu início marcado pelo mês de menor descarga, fato intimamente relacionado com a precipitação e o comportamento do lençol. No rio Prêto, o ano hidrológico se inicia em agosto, entretanto, o mês de menor precipitação é julho e este fato vem mostrar a influência do solo sobre o escoamento, porque, apesar das menores chuvas ocorrerem em junho e julho a descarga se mantém mais elevada nesses meses do que em agosto; isto é determinado pelo fato de o lençol durante junho e julho fornecer a água que absorveu das chuvas nos meses anteriores. Ao chegar, entretanto, agosto, as chuvas não são suficientes para provocar descarga elevada (apesar de ser maior que a de junho e a de julho) porque o lençol está esgotado e absorve grande parte dessa água. Ocorre, então, o mínimo de descarga. Forma-se, dêsse modo, um ciclo — descarga mínima — aumento da descarga até atingir um máximo — diminuição da descarga até atingir um mínimo — que vai constituir o ano hidrológico. Logo, este ciclo, ou seja, o ano hidrológico, vai orientar, como já foi dito anteriormente, toda a interpretação dos fenômenos hidrológicos expressos nos gráficos que serão examinados a seguir e que mostram os coeficientes de débito, o comportamento do lençol e o coeficiente de deflúvio.



O rio Prêto se enquadra na categoria dos rios de regime tropical austral apresentando, portanto, um período de águas altas no verão e um de águas baixas no inverno. Este regime pode ser observado no gráfico 1, que representa a curva dos coeficientes mensais de débito¹, onde se pode observar que os maiores coeficientes estão compreendidos

¹ O coeficiente mensal de débito é dado pela relação entre a descarga média mensal e descarga média anual.

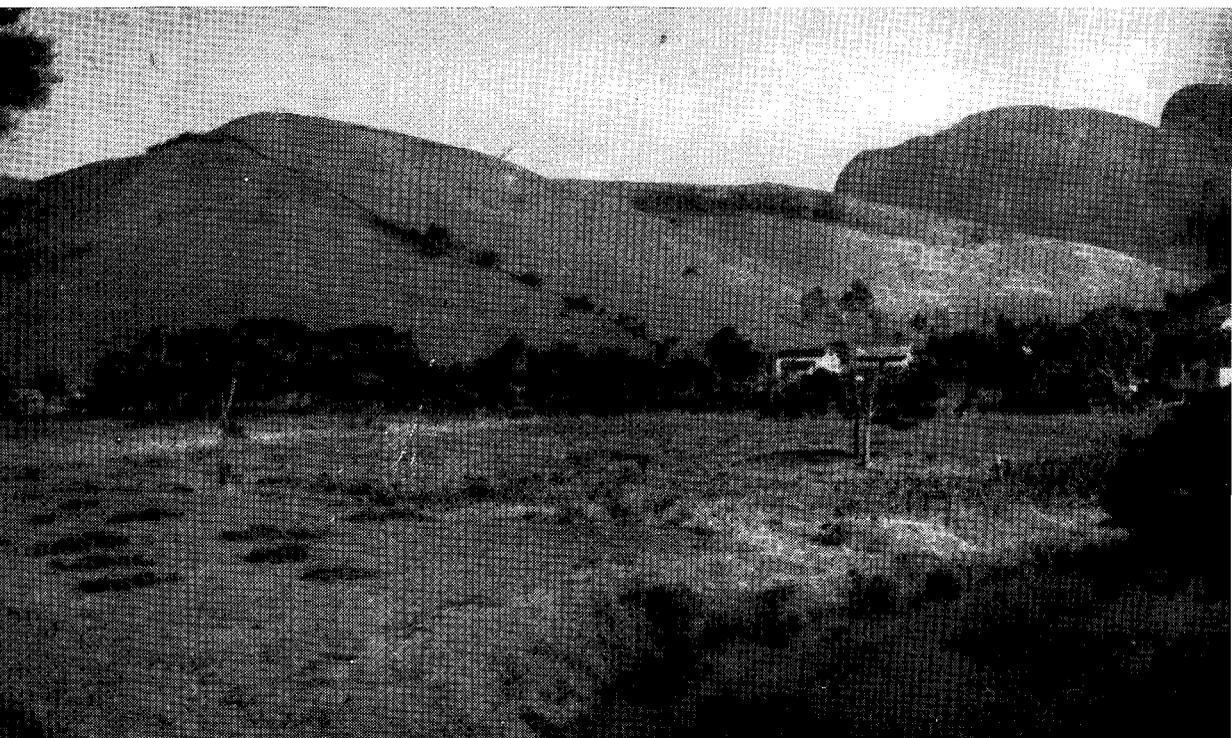
entre os meses de dezembro e abril, sendo, pois os meses de janeiro, fevereiro e março os que marcam com maior nitidez a época das águas altas.

O gráfico n.º 2 revela a relação existente entre a descarga e a precipitação, podendo-se, entretanto, verificar que não há uma perfeita correspondência entre o mais alto coeficiente de débito e a precipitação mais elevada. O mês mais chuvoso é o de dezembro com 365 mm e, no entanto, o maior coeficiente de débito corresponde ao mês de março em que se registra a mais elevada descarga média mensal. Como já foi anteriormente observado é dezembro o mês de mais alta pluviosidade, notando-se, portanto, um atraso de 3 meses do máximo de descarga em relação ao máximo de chuva. Tal fato pode ser explicado em função dos solos que começam a se saturar com a absorção das águas das primeiras chuvas, na primavera. Por ocasião da maior precipitação, no verão o solo ainda se apresenta com capacidade de absorção de água e somente no fim desta estação e no início do outono, as chuvas, apesar de caírem com menor intensidade, são capazes de ocasionar débitos fluviais mais elevados, já que a anterior saturação dos solos foi capaz de lhes dar grande eficácia.

Por outro lado, quando diminuem as chuvas, as descargas médias mensais ainda são expressivas pois, a água armazenada tanto nas vertentes quanto nos fundos de vale, ou melhor, nos terraços² por ocasião

Foto 8 — Os terraços tal como o que se vê na foto tomada nas proximidades de Rio Preto e que constitui um dos melhores exemplos dada a sua extensão, são muito freqüentes na região.

Desempenham importante papel na atenuação e o mínimo de descarga desde que os terrenos que os constituem têm, grande capacidade de absorção de água; assim por ocasião das chuvas os terraços absorvem o excesso de água que é devolvida ao rio por ocasião do mínimo de precipitação.



das chuvas, é devolvida ao rio através das fontes. Em decorrência disso observa-se que o decréscimo da curva das descargas médias mensais não é tão sensível como o da curva da precipitação.

CURVAS DE VAZANTE

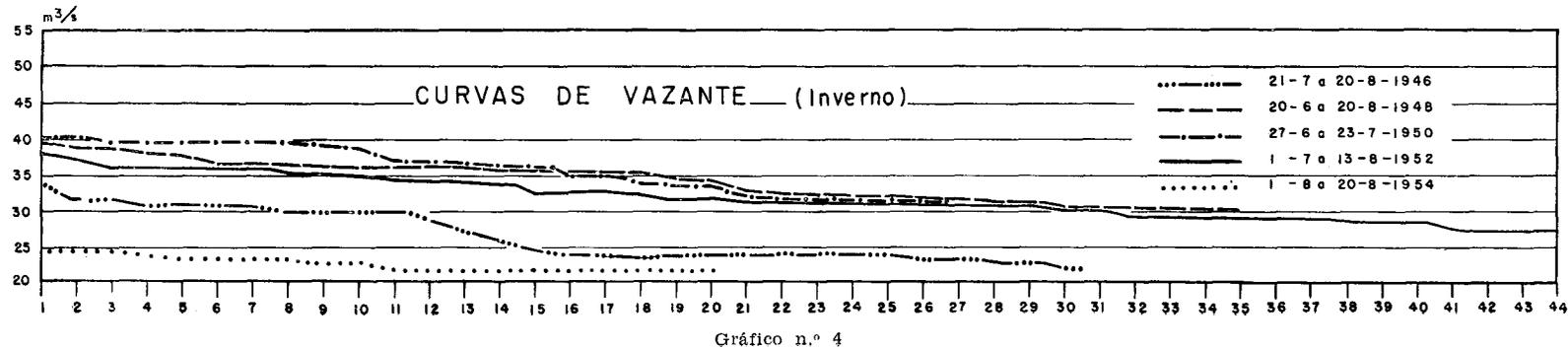
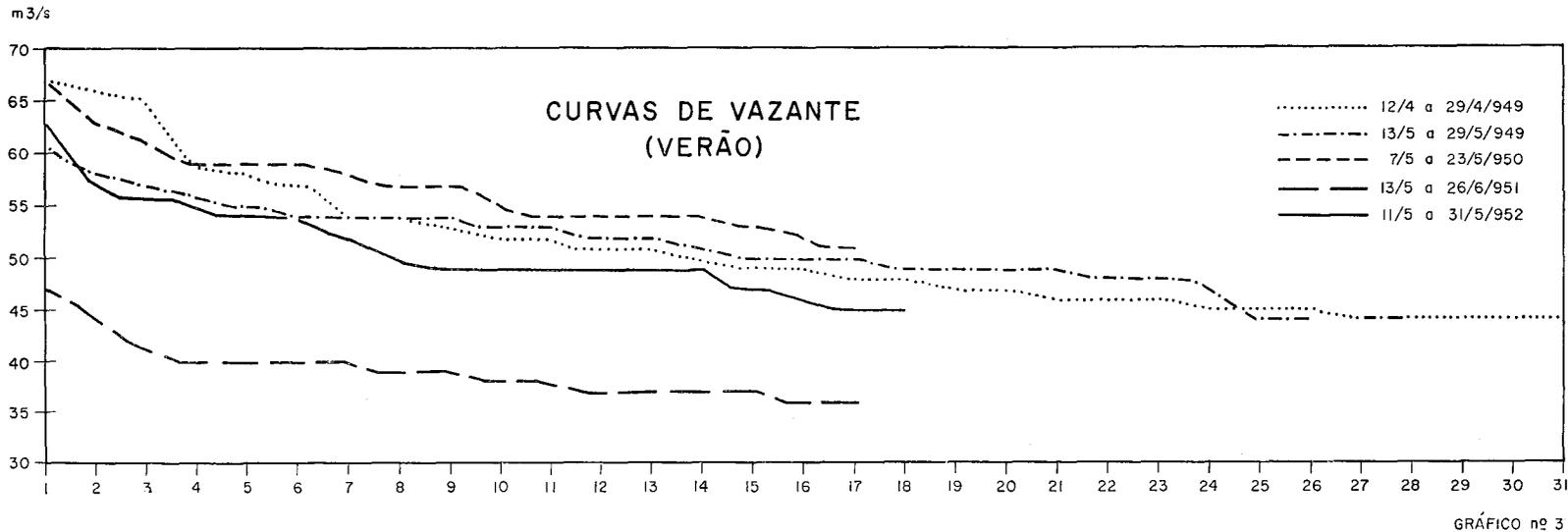
As curvas de vazante que serão examinadas a seguir nos gráficos 3 e 4 demonstram qual a quantidade de água fornecida ao rio pelo lençol nas épocas em que a precipitação é mínima ou nula, mesmo no verão. Para construir tais curvas é preciso satisfazer duas condições: 1) o período deve ser de descargas decrescentes; 2) durante êsse tempo a chuva deverá ser nula ou muito reduzida (êsses períodos são, em média, de 15 dias). As curvas construídas com os dados acima são feitas tanto para os meses de verão quanto para os de inverno. No gráfico estas curvas convergirão para certo ponto que determinará, aproximadamente, a quantidade de água fornecida pelo lençol. No verão, observa-se que as curvas de vazante convergem para uma zona compreendida entre os valores $51 \text{ m}^3/\text{seg}$ e $47,5 \text{ m}^3/\text{seg}$. Apesar de não ter caído uma quantidade significativa de chuva durante 31 dias no mais longo período de vazante, os débitos não atingiram valores inferiores a $44 \text{ m}^3/\text{seg}$. Conclui-se, pois, que durante o verão o lençol forneceu em média $49 \text{ m}^3/\text{seg}$, para os períodos escolhidos.

No inverno, as curvas de vazante estão compreendidas entre os valores $36 \text{ m}^3/\text{seg}$. e $22 \text{ m}^3/\text{seg}$, sendo êste o mais baixo valor atingido por ocasião de uma vazante que abrangeu um período de 20 dias no mês de agosto. O lençol forneceu portanto, nessa época, uma média de aproximadamente $29 \text{ m}^3/\text{seg}$. São, portanto úteis, as curvas de vazante para a interpretação das cheias e vazantes, pois determinam comportamento do lençol, nas épocas críticas mostrando a sua importância na alimentação dos rios. Conforme o critério adotado para a escolha dos períodos que constam nos gráficos, verificamos que essas curvas nos mostram descargas relativamente elevadas em períodos sem chuva. Daí podermos generalizar, verificando a importância da contribuição do lençol em épocas comuns.

O COEFICIENTE DE DEFLÚVIO

É de suma importância a noção de coeficiente de deflúvio. Procuraremos mostrar sucintamente como se obtém êste coeficiente e depois, qual a sua importância para a interpretação dos fenômenos hidrológicos.

² O papel dos terraços é relevante na regularização do regime, pois durante a época das chuvas eles absorvem grande quantidade de água a qual é devolvida ao rio na época da estiagem. Esta água é absorvida pelos terraços de 2 formas: a) água que escoia pelas vertentes; b) água do próprio rio absorvida pelas margens.



O coeficiente de deflúvio expressa, em síntese, uma relação porcentual entre a água que cai e a água que escoa. Tal relação é obtida transformando-se em milímetros a quantidade de água escoada expressa em metros cúbicos por segundo. Relaciona-se, depois, esta porcentagem de água escoada com a das chuvas, como se pode observar no gráfico 5.

O coeficiente representa poderoso auxílio não só para a interpretação de situações excepcionais — concentração de chuva no tempo e no espaço — como também para a caracterização dos períodos normais, tal como pode ser observado no gráfico 6, onde os coeficientes dos anos normais se situam dentro da faixa de normalidade com um afastamento máximo de 7% em relação à média dos coeficientes que foi de 51,7%. Tirada a média dos coeficientes de deflúvio, chegou-se à conclusão de que os coeficientes de alguns anos se afastam bastante dessa média (51,7%) tais como os dos anos 1947-48, 1945-46, 1952-1953, 1953-54, (ora maiores ora menores que a média).

É preciso, pois, analisar os fatores que provocaram a posição discrepante dos coeficientes desses anos hidrológicos, em relação à média.

Os dois coeficientes (1947-48 e 1945-46) acima da média atingem um valor muito alto, ou seja 65%. Entretanto são diferentes as razões que explicam êsses coeficientes.

PÓSTO	Total anual (ano hidro- lógico) (mm)	Total de dezembro e janeiro (mm)	% das chuvas de dezembro e janeiro sobre o total anual	Total do período de 26/12/45 a 6/1/46 (mm)	% do período da 26/12/45 a 6/1/46 sobre o total anual
Fumaça.....	2 019,8	1 015,7	50,28	511,6	25
Zelinda.....	1 817,0	999,3	55,00	518,3	28
Ponte do Costa.....	2 280,2	1 309,7	57,50	735,2	32
Capelinha das Flores.....	2 068,2	1 015,6	49,13	529,7	25
Santa Rita de Jacutinga.....	1 732,8	825,6	47,65	430,6	25
Bom Jardim de Minas.....	1 264,0	615,4	48,69	363,8	29
Santa Isabel do Rio Preto.....	1 886,9	865,4	45,89	440,4	23
Mauá.....	2 383,4	1 127,4	47,31	622,8	26
Base das Agulhas Negras.....	2 486,1	1 255,0	50,48	568,8	23
Barra do Piraí.....	1 263,5	450,1	35,62	250,2	20
Volta Redonda.....	1 333,0	521,8	39,14	248,6	18,5
Marquês de Valença.....	1 436,5	649,6	45,22	355,1	25
Alto do Mirantão.....	3 517,7	1 848,4	52,58	1 098,3	31
Serra do Palmital.....	1 826,0	1 066,8	58,42	594,2	32,5
Fazenda Agulhas Negras.....	2 872,0	1 416,5	49,32	539,9	19
Pedreira.....	2 335,4	933,7	39,98	453,8	19,5
MÉDIA.....	—	—	48,26	—	25,06

O ano hidrológico 45-46 é caracterizado por apresentar a maior cheia do período de 10 anos; tal fato nos leva, imediatamente, a estabelecer uma correlação entre êste fenômeno e o elevado coeficiente desse ano. Analisando-se o coeficiente do ano hidrológico 45-46 no gráfico 5 e as tabelas de precipitação correspondentes a êsse período nota-se que

RELAÇÃO COEFICIENTES DE DEFLÚVIO PRECIPITAÇÃO POR ANO HIDROLÓGICO

Coefficiente de Deflúvio (%)

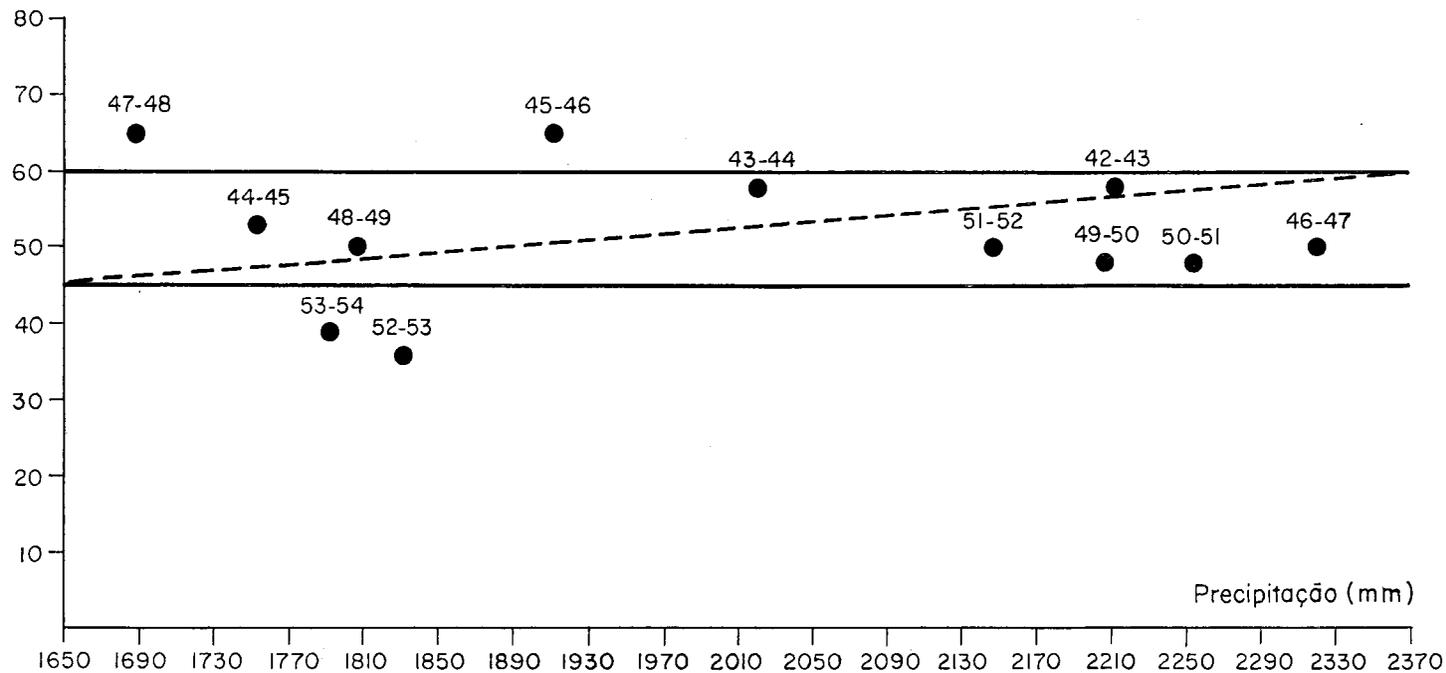
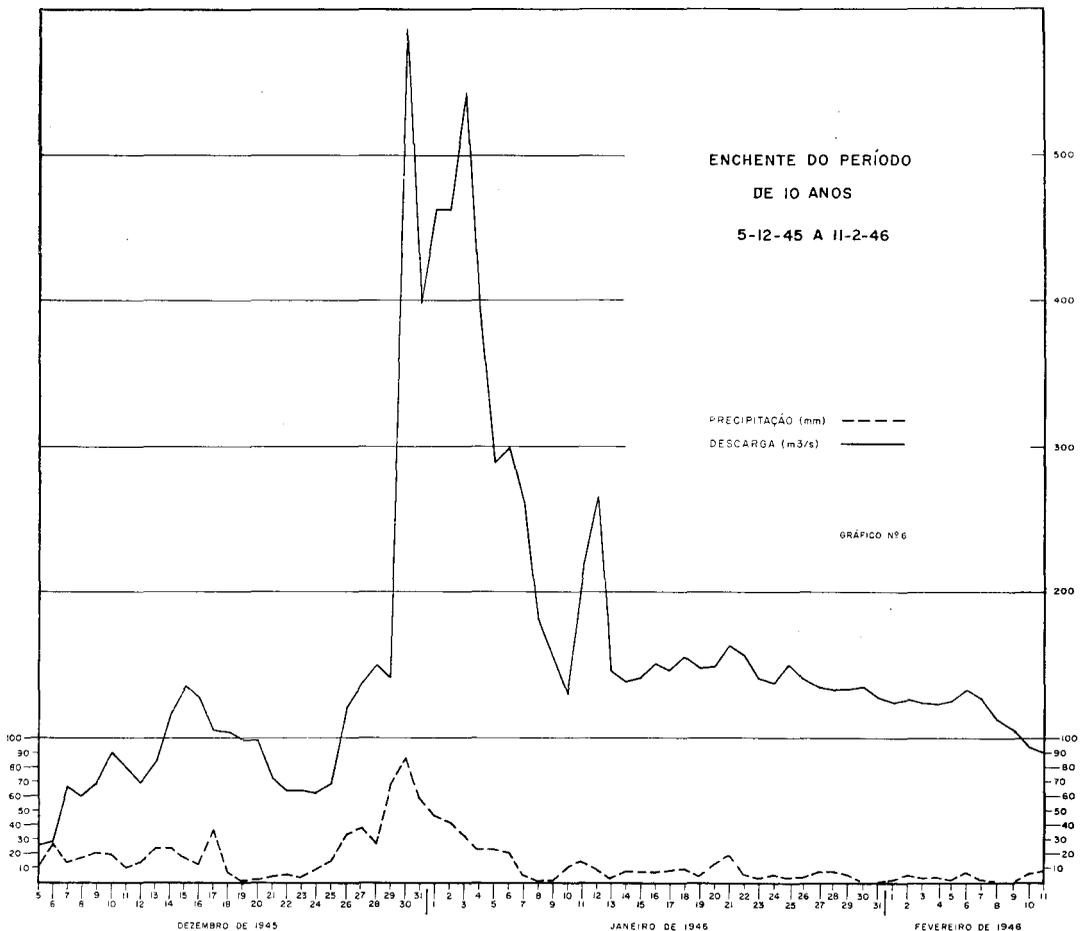


Gráfico nº 5

houve, apesar do total pluviométrico anual modesto a maior enchente do período; isto nos leva à conclusão de que só uma grande concentração de chuva num tempo relativamente curto poderia explicar esta enchente e, ao mesmo tempo o elevado coeficiente de deflúvio. Observando-se a tabela ao lado concluímos que as maiores chuvas ocorreram em dezembro de 1945 e janeiro de 1946, atingindo aquêles meses, em média (16 postos) a porcentagem de 50% do total anual. Não é suficiente, entretanto, esta concentração em dois meses para explicar o elevado coeficiente de deflúvio. Se analisarmos o gráfico 6 veremos que a fase aguda da precipitação à qual corresponde a grande subida das águas está contida num período de 12 dias (de 26/12 a 6/1). Escolheu-se, portanto, êste período como o típico de concentração de chuvas dentro do período dezembro-janeiro. Calculadas as porcentagens chegou-se à conclusão de que, em média, a precipitação dêsse período correspondeu a 25% do total anual. Essa precipitação tão elevada e concentrada em tão poucos dias explica plenamente tanto o elevado coeficiente de deflúvio — 65% quanto a grande enchente (enchente do período de 10 anos). Houve, em virtude dessa concentração uma super-saturação dos solos que permitiu, em pouco tempo, devido à elevada quantidade de chuva, que o escoamento fôsse muito grande.



O coeficiente do ano hidrológico 1947-48 explica-se, porém, de forma diversa. Analisando-se a precipitação ocorrida nos vários postos nesse período, vê-se que não houve, como no anterior, uma grande concentração da precipitação, em todos os postos. Além disso esta foi a menor precipitação do período.

O elevado coeficiente se explica pela forte precipitação registrada em determinados postos, situados na escarpa da Mantiqueira, na margem esquerda do rio Prêto. Tais postos são os de Santa Rita de Jacutinga, Fazenda São Gabriel, Parapeúna, Bom Jardim de Minas, Itaboca e Pedreira.

Esta chuva muito localizada aumentou bastante a contribuição dos afluentes da margem esquerda do rio Prêto (rios Jacutinga, Pirapetinga, Santa Clara, São Lourenço). Além disso, é preciso salientar que êsses afluentes estão situados próximo do pôsto fluviométrico de Rio Prêto. Portanto, apesar de haver uma distribuição bastante regular em tôda a bacia e de os totais não atingirem valores altos, a elevação das águas dos afluentes próximos de Rio Prêto fêz com que houvesse um aumento rápido da descarga e, portanto, do coeficiente de deflúvio, atingindo êste a 65%. Em outras palavras, houve uma concentração da chuva tanto no tempo (dezembro e janeiro) em alguns postos, quanto no espaço, na área onde êsses estão localizados.

Os coeficientes dos anos hidrológicos 1952-53 e 1953-54, abaixo da média (respectivamente 36,3% e 39,2%) podem ser explicados em função de vários fatores. Analisando-se todos os postos nas datas referidas, pode-se verificar que na maioria dêles os três meses que precedem o primeiro de cada ano hidrológico ou seja junho, julho e agôsto apresentam redução sensível da precipitação em comparação com outros anos. Além disso, o mês de janeiro, tanto em 1953 quanto em 1954 apresenta uma queda súbita de precipitação. Pode-se verificar ainda que os totais de chuva para êsses anos são relativamente pequenos.

Conclui-se pois, que, havendo épocas muito sêcas antes do período chuvoso (que não foi muito pronunciado) o solo pôde absorver facilmente as águas da estação chuvosa e que a redução da precipitação em janeiro repetiu êste mecanismo em relação às chuvas de fevereiro. Tais fatos fizeram com que, dada a absorção da água das chuvas pelo solo pouco saturado, os coeficientes dêsses anos se situassem numa posição bem inferior à média como se pode observar no gráfico 5.

A fim de completar os estudos referentes ao rio Prêto foram construídos gráficos relativos às descargas do rio em questão bem como à maior enchente ocorrida no período de 10 anos, no pôsto de Rio Prêto.

A maior cheia do período verificou-se entre 5-12-45 e 11-2-46 tendo o máximo ocorrido no dia 30-12-45 quando a descarga atingiu a cifra de 601 m³/seg.

Isto se deveu a um aumento brusco da precipitação, muito nítido a partir do dia 26 de dezembro. Sendo essa a época de início do verão, a precipitação já se aproximava do máximo e os solos, já saturados com as chuvas da estação anterior não absorveram o excesso de chuva do

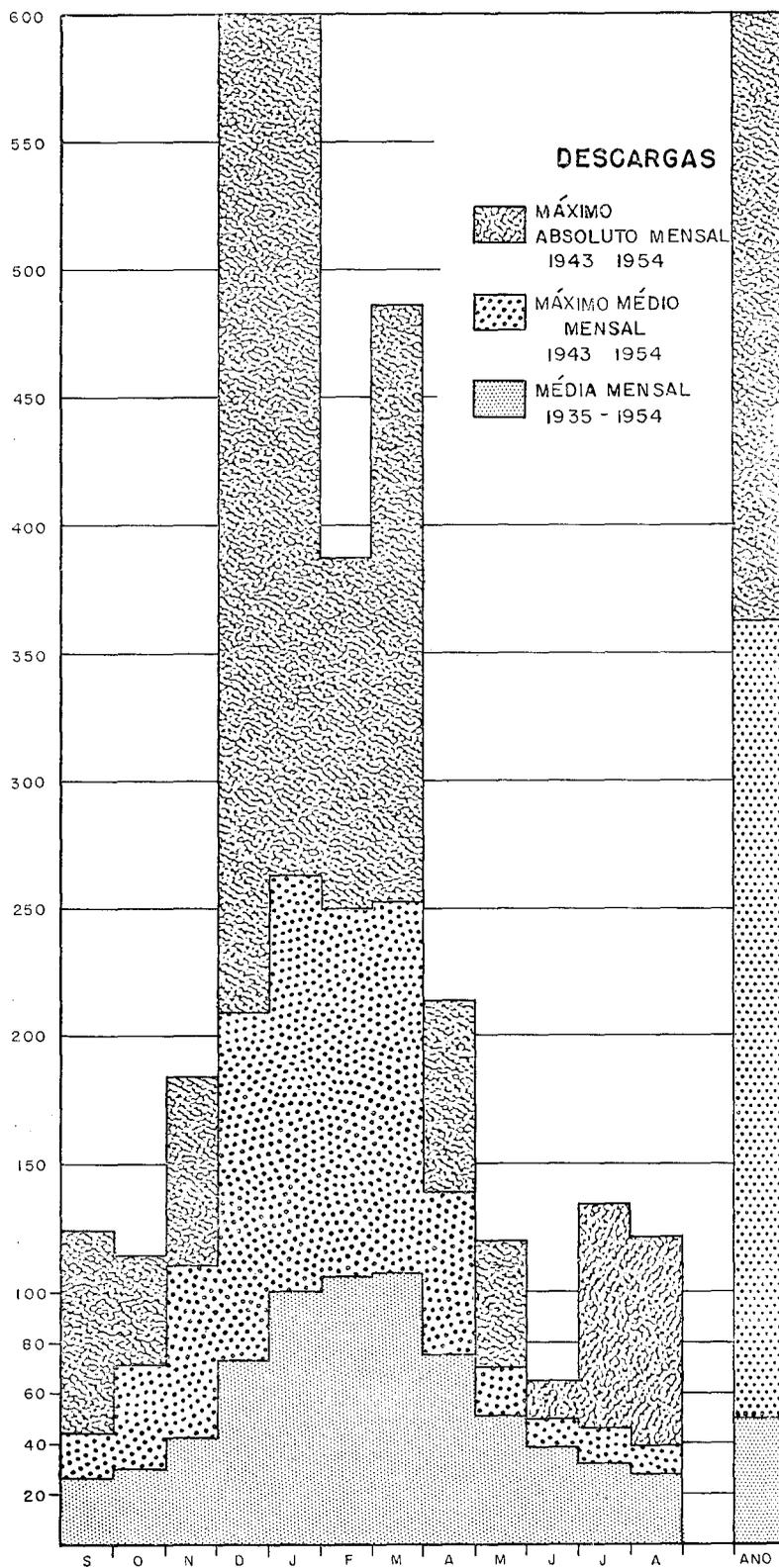


Gráfico nº 7

início do verão, por terem sido elas violentas, originando-se então, a cheia.

No gráfico 6 pode-se verificar a resposta imediata dada pelo rio à precipitação, pois, observa-se que os dias de maior descarga correspondem exatamente aos de maior precipitação.

DESCARGAS MÁXIMAS E MÍNIMAS RIO PRÊTO

	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954
J \M....	494,2	155,1	218,7	601,0	480,9	140,7	238,1	281,0	198,5	343,0	53,7	81,7
f m.....	79,3	54,7	33,8	126,4	30,8	48,0	34,6	40,1	46,2	51,8	25,3	32,3
F \M....	318,1	387,4	332,3	246,4	334,1	169,0	238,1	221,9	176,2	289,8	141,4	138,6
f m.....	102,8	75,0	29,4	62,8	88,8	34,9	75,0	91,4	69,3	87,5	27,3	32,3
M \M....	282,8	331,4	163,4	162,0	485,3	305,8	190,9	146,8	405,2	263,5	141,4	155,1
f m.....	80,5	86,2	60,7	62,8	137,4	47,1	60,7	71,6	79,3	87,5	36,1	36,9
A \M....	197,0	114,2	175,5	151,0	146,8	100,8	90,1	138,6	213,9	98,1	100,8	141,4
f m.....	62,2	63,8	52,7	58,6	120,9	59,7	45,3	63,8	69,3	66,0	40,1	33,0
M \M....	61,7	69,3	57,6	61,7	119,6	59,7	47,1	82,4	76,3	67,1	87,5	49,9
f m.....	42,7	46,2	41,0	44,4	64,9	44,9	36,1	48,0	48,9	43,6	32,3	33,8
J \M....	44,4	46,2	62,8	53,7	64,9	55,6	49,9	48,9	48,9	58,6	32,3	40,1
f m.....	36,1	37,7	35,3	40,1	55,6	36,1	31,5	39,3	36,1	38,5	26,0	30,8
J \M....	36,1	44,4	41,0	40,1	134,5	44,4	40,1	39,3	42,7	38,5	26,0	30,1
f m.....	29,0	30,1	28,0	30,1	33,1	30,1	27,3	30,5	30,8	30,8	24,6	24,6
A \M....	31,9	30,1	27,3	29,4	120,8	43,6	31,5	35,1	50,8	28,7	23,4	24,6
f m.....	25,6	24,6	21,5	19,8	30,8	24,6	23,4	25,3	26,6	27,6	20,7	20,4
S \M....	58,6	33,0	40,1	21,0	124,3	42,7	28,9	31,5	27,3	70,4	24,0	28,7
f m.....	23,7	20,4	21,0	18,7	31,5	21,5	20,7	23,4	23,4	26,6	18,7	19,2
O \M....	114,2	57,6	32,3	52,7	114,2	70,4	75,0	70,4	58,6	44,4	114,2	48,9
f m.....	24,0	19,5	18,1	18,7	31,5	19,8	19,8	23,4	19,8	21,5	18,4	19,2
N \M....	62,8	41,0	115,5	71,6	158,5	123,7	95,4	183,5	75,4	183,5	155,1	63,8
f m.....	28,7	21,0	19,2	19,8	37,7	21,5	22,8	26,6	19,2	28,7	20,7	19,2
D \M....	231,6	185,0	601,0	82,4	274,8	179,1	146,1	176,2	134,5	120,9	198,5	183,5
f m.....	31,5	23,4	24,6	26,0	47,1	35,3	26,0	45,3	31,5	36,1	44,4	19,2
An \M....	494,2	387,4	601,0	601,0	485,3	305,8	238,1	281,0	213,9	343,0	198,5	183,5
f m.....	23,7	19,5	18,1	18,7	30,8	19,8	19,8	23,4	19,2	21,5	18,4	19,2

Se se consultar o gráfico 7 e a tabela correspondente, ver-se-á que o máximo absoluto de descarga em dezembro ocorreu no ano de 1945 (601³/S); comparando-se êste máximo com os demais máximos de dezembro verifica-se que a enchente foi significativa pois o máximo que mais se aproxima do de 1945 é o de 1947, com 275 m³/s. E mais: comparando-se o máximo absoluto dos meses de verão com o máximo médio desses meses vê-se que há uma amplitude muito pronunciada, o que é normal nessa época. Contudo, vê-se que os máximos absolutos de dezembro (45) e janeiro (46) sobressaem em relação aos de março e fevereiro, o que demonstra o caráter excepcional do ano hidrológico 45/46.

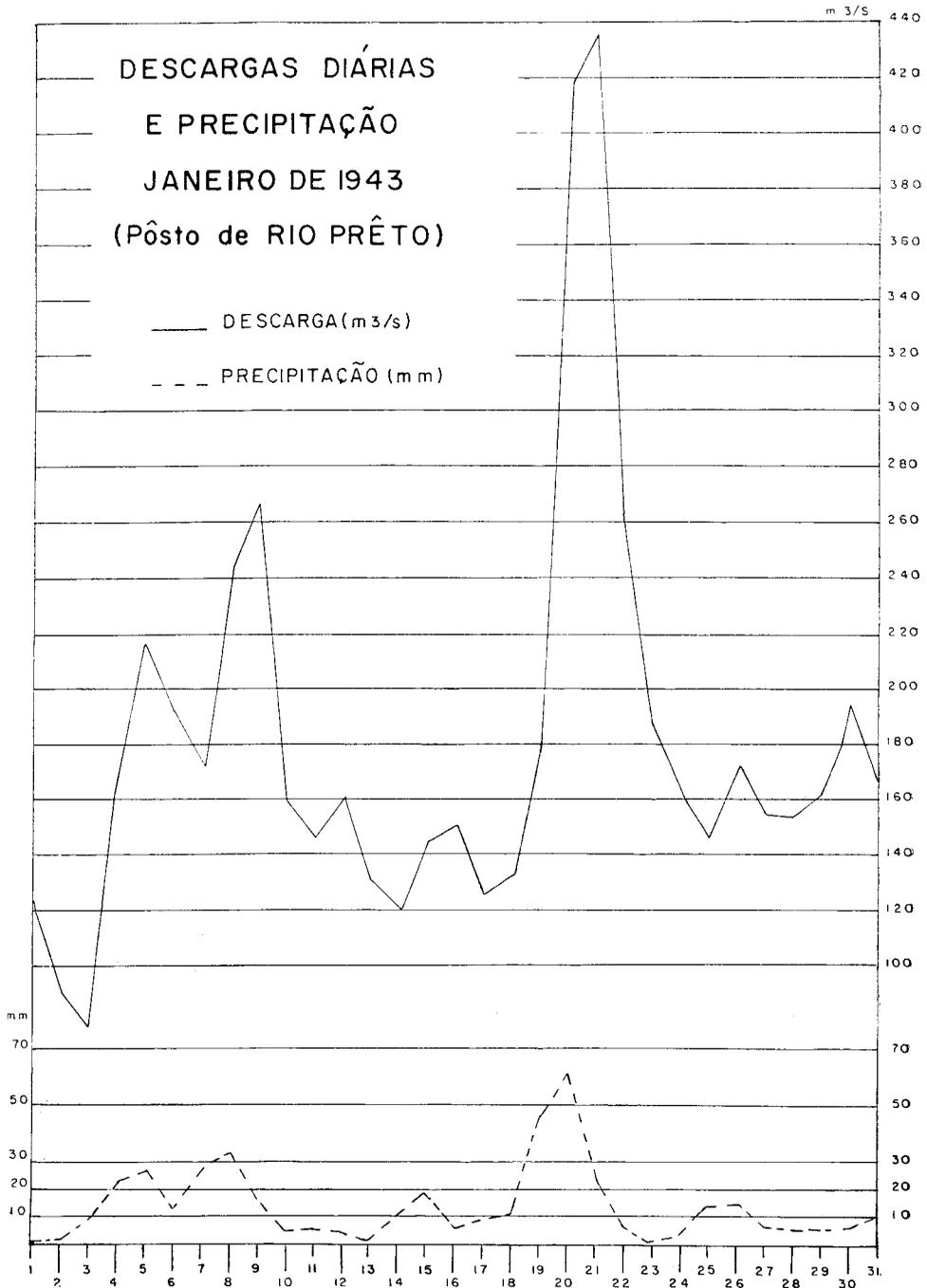
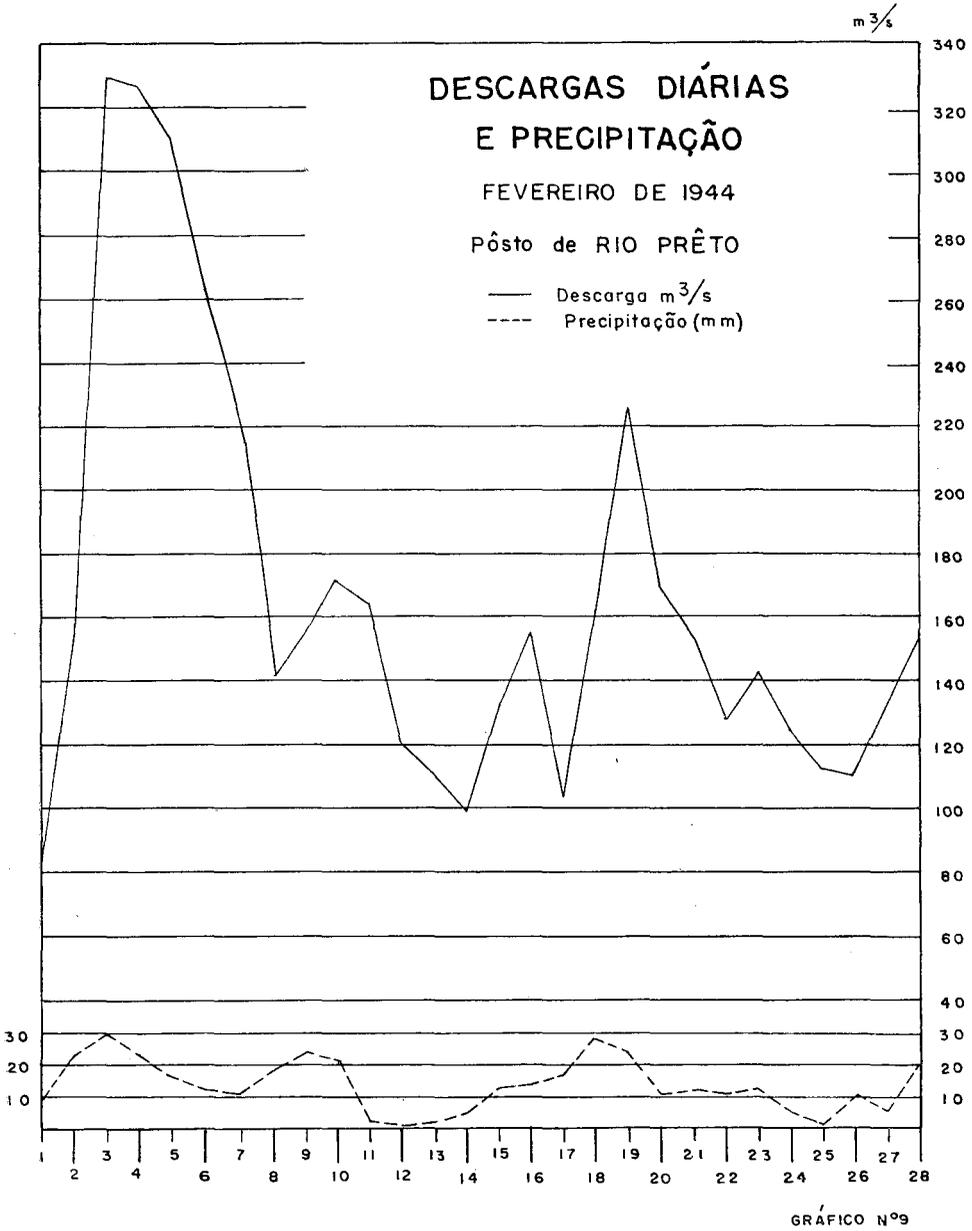


GRÁFICO Nº 8



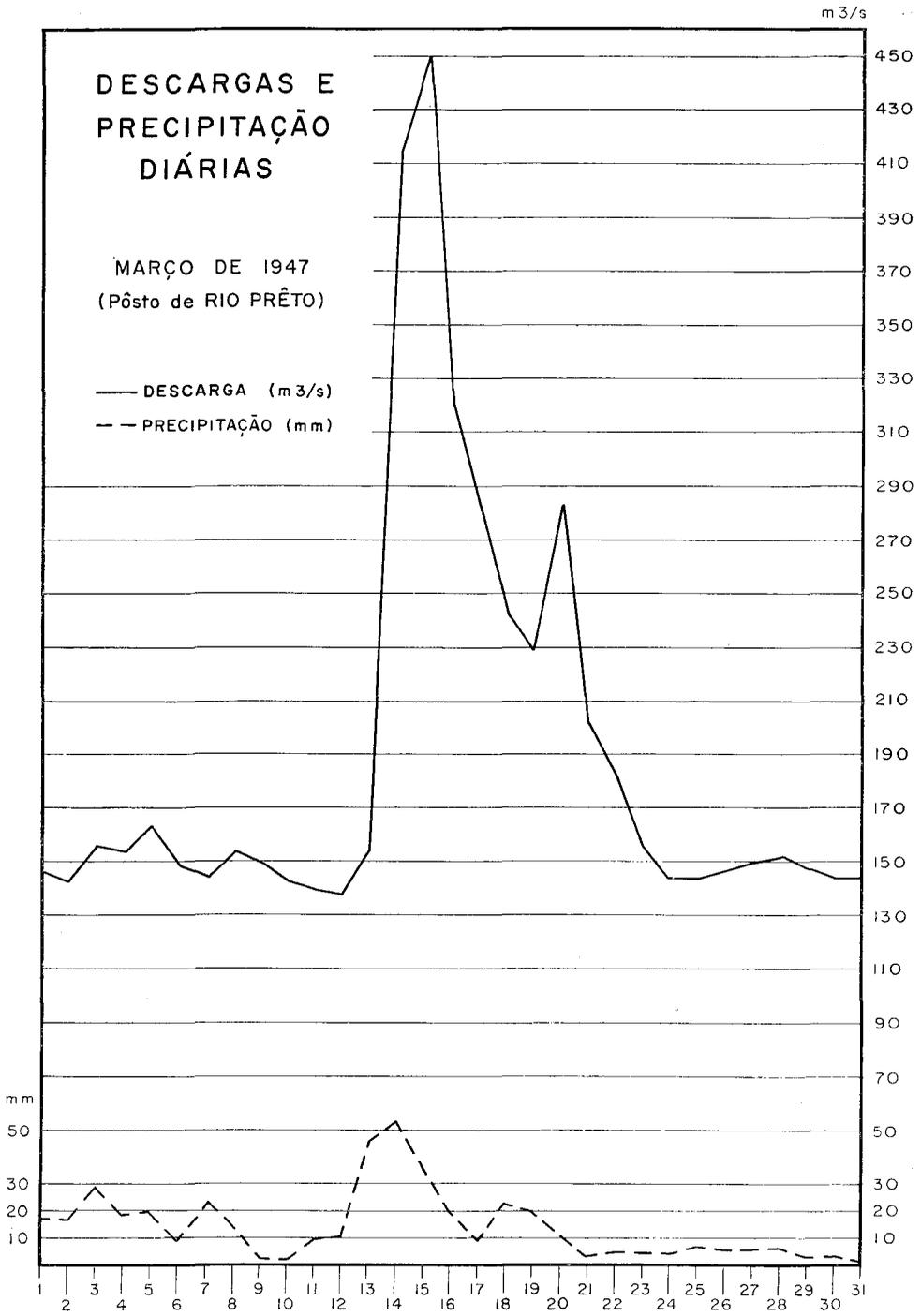
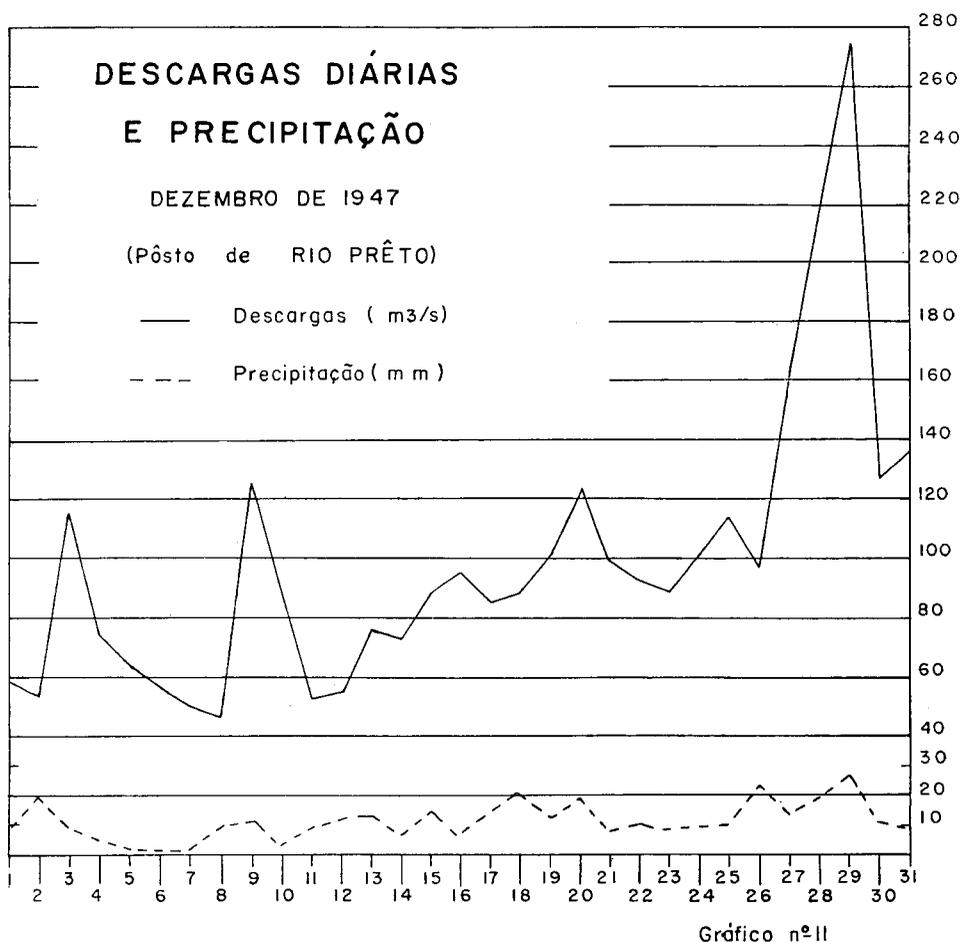


GRÁFICO nº 10



Os demais períodos de enchentes, representados nos gráficos 8, 9, 10 e 11 correspondem ao que se convencionou chamar enchentes ordinárias³. Ocorreram elas em janeiro 47, fevereiro 44, março 47 e dezembro 47; isto vem corroborar o que já dissemos em relação à grande enchente: os maiores máximos (em épocas especiais) verificam-se nos meses de maior precipitação. Pode-se observar nessas épocas uma estreita relação entre a pluviosidade e o escoamento, ou seja, uma resposta imediata do rio à precipitação, ocorrendo isto em função da saturação dos solos com as chuvas de primavera e início de verão. Tal fato pode ser observado nos gráficos supra citados.

Também aí se pode verificar como é importante a análise do gráfico das curvas de vazante que mostra o comportamento do lençol.

No verão, nos períodos sem chuvas, em média, como nos mostra o gráfico das curvas de vazante, a contribuição do lençol é de 49 m³/s. Isso nos permite concluir que: 1.º) se a contribuição do lençol é tão alta, mesmo em épocas em que não houve chuva ou então foi mínima, se após êsse período sêco houver uma grande concentração de chuvas

³ Foram escolhidos êsses períodos porque são êles, depois do período da grande enchente (a maior em 10 anos) os que melhor caracterizam outras épocas de águas altas.

haverá em conseqüência uma enchente pois o lençol se encontra suficientemente provido de água para se saturar rapidamente e provocar tal enchente; 2.º) se esta contribuição é alta nas épocas sem chuva, nas épocas chuvosas o lençol estará praticamente saturado, dando origem, com muito mais razão, a enchentes e não sendo necessário grandes chuvas para isso.

O rio Prêto não apresenta vazantes consideráveis. Para a comprovação dê-se fato faz-se necessário observar que o menor débito ocorrido foi de $181 \text{ m}^3/\text{s}$ no semestre de inverno, época de chuvas escassas. Isto vem mostrar o papel relevante dos solos na manutenção de débitos razoáveis durante o período de estiagem. Por outro lado, essa importância também se evidencia ao se comparar as duas estações, quando, então, se observa que não se registra amplitude considerável entre os débitos mínimos de inverno e de verão⁴.

Como já foi dito, a época das águas baixas, corresponde ao semestre de inverno, ou seja os meses de maio a outubro. A menor descarga média corresponde, como se pode observar no gráfico 12 ao mês de setembro. Por outro lado, o mínimo de precipitação se dá no mês de julho, havendo, portanto, um atraso de 2 meses do mínimo de descarga em relação ao mínimo de chuva. Ainda os solos vão explicar êste fato. Durante a estação das chuvas os solos absorvem o excesso d'água que, com a diminuição das chuvas, será devolvido ao rio. Desde abril, como se pode observar no gráfico 2, as chuvas começam a diminuir sensivelmente e grande parte da água será fornecida pelo lençol, mas, ao chegar o mês de outubro, apesar de já haver aumento de precipitação, a descarga será mínima porque o lençol já não possui água para fornecer ao rio e, ao contrário, absorve as águas das primeiras chuvas. Observando, ainda, o gráfico 12 pode-se verificar que não há grande disparidade entre os mínimos médios mensais e as médias mensais de descarga ou seja, não existem vazantes muito pronunciadas.

CONCLUSÃO

Pelo exposto pode-se verificar que, como foi dito inicialmente, sem uma análise prévia do quadro natural e das suas relações com os fatos de geografia humana, a interpretação dos fenômenos hidrológicos não teria, como se pretendeu, sentido geográfico.

Isto fica provado pelas correlações que a todo momento se pode estabelecer entre o regime, as cheias e vazantes de modo geral e, mais particularmente, o coeficiente de deflúvio e as curvas de vazante (que são elementos para análise daqueles fatos mais gerais) e os solos, a vegetação, os aspectos particulares do relêvo, ligados êstes últimos, ao papel que o homem representa como agente modificador da paisagem física.

⁴ Êste fato é comprovado através da análise das curvas de vazante, do período de inverno feita anteriormente. Ai se verifica que apesar da ser nula ou quase nula houve uma descarga de aproximadamente $29 \text{ m}^3/\text{seg.}$, descarga essa devida exclusivamente à contribuição do lençol.

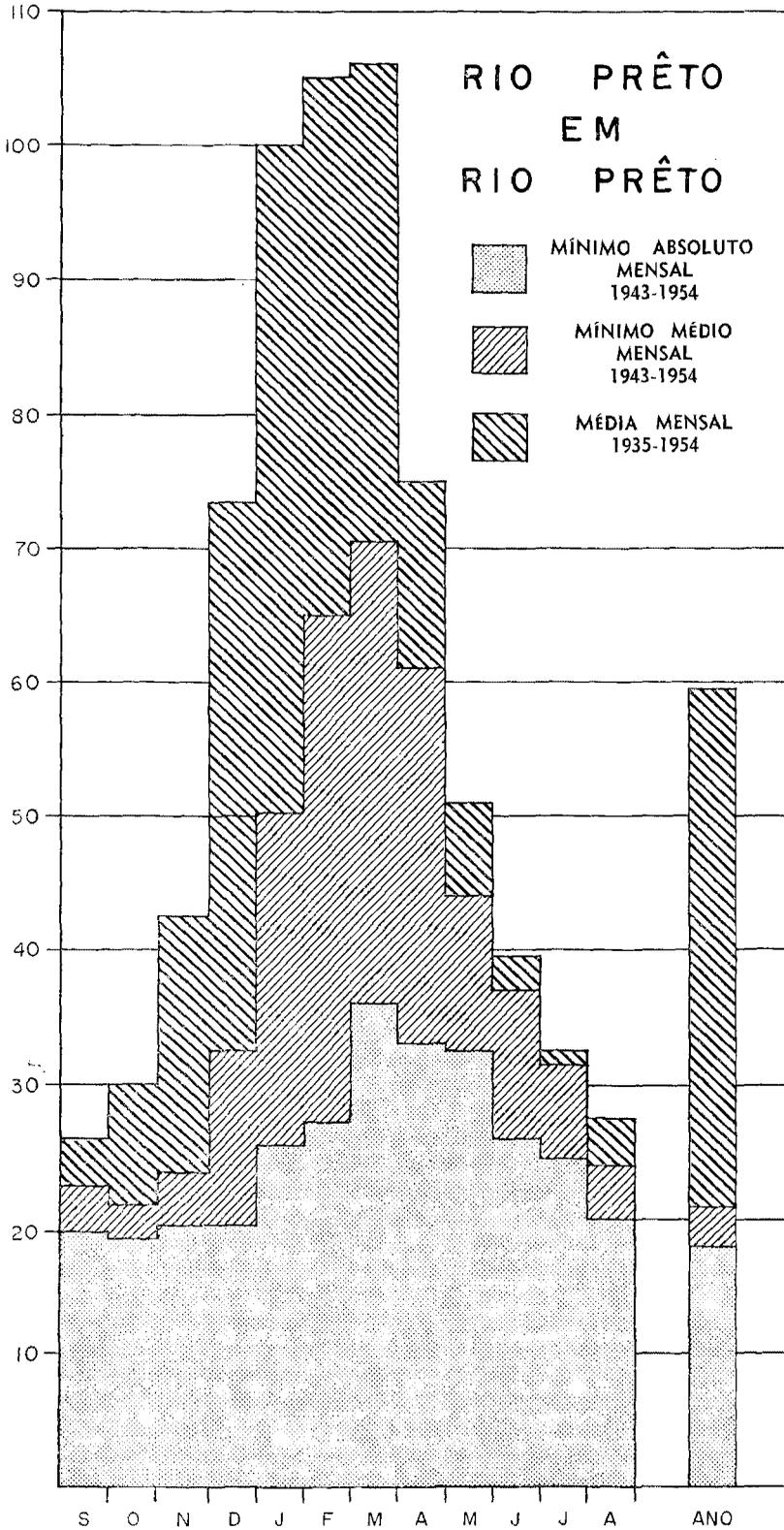


GRÁFICO nº 12

O rio Prêto é de regime tropical austral, apresentando, portanto um período de elevação das águas correspondente ao verão e um período de águas baixas correspondente ao inverno. Não há entretanto, exata correspondência entre o mês de maior precipitação (dezembro) e o de maior descarga (março); o mesmo acontece em relação aos mínimos pois o mínimo de descarga ocorre em setembro e o mínimo de precipitação ocorre em julho.

Com relação às cheias pode-se verificar que apenas um período se salienta, correspondendo ao ano hidrológico 45/46, quando a descarga no dia 30-12-45 atingiu o valor de 601 m³/s, mantendo-se as águas muito elevadas no período — que vai de 5-12-45 a 11-2-46 considerando-se como crítico o período de 26-12-45 a 6-1-46. É o que se convencionou chamar de enchente do período de 10 anos. Deve-se observar ainda, que o coeficiente de deflúvio atingiu nesse ano 65%.

É preciso assinalar também a existência de 4 períodos menores de enchente verificados em janeiro de 43, fevereiro de 44, março de 47 e dezembro de 47 aos quais se convencionou chamar de enchentes ordinárias e que pouco ressaltaram em relação à descarga média.

Quanto às vazantes pode-se verificar que não existem mínimos de descarga muito pronunciados, pois se compararmos os mínimos médios mensais de descarga com as médias mensais veremos que não há grande amplitude entre as duas curvas consideradas (gráfico 12).

Esse fato que acabamos de expor resumidamente é o resultado da análise dos dados hidrológicos e se acha, por outro lado, intimamente relacionado com os fatores de ordem física e humana que analisamos no início deste trabalho. Assim, é fundamental a relação solo-escoamento. Só os solos podem explicar a defasagem entre os máximos de descarga e o escoamento, o mesmo se dizendo em relação aos mínimos, desempenhando assim, importante papel de agente regularizador do regime, como já foi observado no decorrer do trabalho⁵. Assim, os solos explicam a inexistência de vazantes acentuadas e a pequena frequência de grandes cheias que vão depender de dois outros fatores básicos: a distribuição da precipitação no tempo e no espaço e o relevo, responsável em grande parte pela distribuição espacial das chuvas. Dêsse modo, a grande enchente de dezembro de 45/ janeiro de 46 teve como causa fundamental a concentração das chuvas num pequeno número de dias.

O elevado coeficiente de deflúvio do ano hidrológico 47/48 (65%) explica-se pela maior precipitação registrada em determinados postos situados no sopé da escarpa da Mantiqueira (2.º degrau), nas proximidades do posto fluviométrico de Rio Prêto. Aí, o relevo desempenhou papel importante no aumento da precipitação e, portanto, conseqüente aumento da descarga dos afluentes que descem da encosta que, por sua vez, provocaram através, de sua grande contribuição ao rio principal, essa descarga muito elevada registrada em Rio Prêto.

⁵ É necessário fazer-se distinção entre os solos das encostas e os solos de fundo de vale, desempenhando estes últimos, do ponto de vista qualitativo, papel mais importante no que tange à retenção de água.

BIBLIOGRAFIA

AB'SÁBER, AZIZ Nacib e BERNARDES, Nilo — *Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Arredores de São Paulo*, 303 páginas. Guia n.º 4 do XVIII Congresso Internacional de Geografia. Rio de Janeiro, 1958.

BERNARDES, Lysia Maria Cavalcanti

- 1) "Clima do Brasil", pp. 727/739, *Boletim Geográfico* n.º 103; CNG — IBGE. Rio de Janeiro, 1951.
- 2) "Tipos de Clima do Brasil", pp. 988/997; *Boletim Geográfico* n.º 105; CNG — IBGE. Rio de Janeiro, 1951.

KING, Lester C. — "Geomorfologia do Brasil Oriental", pp. 147/265; *Revista Brasileira de Geografia*; ano XVIII; n.º 2; CNG — IBGE. Rio de Janeiro, 1956.

MARTONNE, Emmanuel de — "Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico"; pp. 523/550 e pp. 155/178; *Revista Brasileira de Geografia*; ano V; n.º 4 e ano VI, n.º 2; CNG — IBGE. Rio de Janeiro, 1943/1944.

PARDÉ, Maurice

- 1) "Alguns aspectos da hidrologia brasileira"; pp. 161/219; *Boletim Geográfico* n.º 143; CNG; IBGE. Rio de Janeiro, 1958.
- 2) *Fleuves et Rivières*; 219 páginas; Collection Armand Colin; Paris, 1955.

ROCHFORD, Michel

- 1) Notas de aula para o "Grupo de Hidrologia"; 1961. Inédito.
- 2) *Rapports entre la pluviosité et l'écoulement dans le Brésil Subtropical et le Brésil Tropical Atlantique. (Étude comparée des bassins du Guaíba et du Paraíba do Sul)*; 261 páginas.; Institut des hautes études de l'Amérique Latine.

SETZER, José "Pequeno curso de pedologia"; 121 páginas.; *Boletins Geográficos*; números 59, 61, 63, 64, 66, 67 e 69; CNG — IBGE. Rio de Janeiro, 1948.

TAUNAY, Affonso d'Escragnole — *Pequena História do Café no Brasil*; 558 páginas.; Departamento Nacional do Café; Rio de Janeiro, 1945.

SUMMARY

The object of this work, which consists in a geographical interpretation of hydrological phenomena, suggested its division into two stages: the first, basic, an analysis of the natural setting and the influence of human settlement upon it, and arising therefrom the second stage, an analysis strictly speaking of the hydrological phenomena on the basis of data collected at 25 pluviometric stations and 1 (one) fluviometric station.

Thus the first topic deals with the analysis of the regional morphology, its origin and evolution, soil formation, plant cover, human settlement and its influence on these physical factors, bearing in mind the integration of all such factors as a background for the second stage of the work.

This preparatory survey includes a brief study of the climate, followed by an analysis of the river regime, a subject that belongs to the second stage, where amongst other things, the investigation covers the relationship between discharge and precipitation, the behaviour of the water table, the outflow coefficient, major floods and low water levels. This analysis is accompanied by graphs which are at the same time the result of the compilation of hydrological data and another element for the analysis of hydrological phenomena.

In the conclusion, proof is given of the correlation that can be established at any moment between the regime, the spates, the low waters, in a general way, and more specifically the outflow coefficient and low water curves (elements for the analysis of those more general data), and the soils, vegetation and particular aspects of the relief, these last features being linked to the part that man plays in altering the physical landscape.

RESUME

Le but de ce travail qui est l'interprétation géographique de phénomènes hydrologiques conduit à le diviser en deux étapes: la première, basique, qui fut l'analyse du cadre naturel et de l'influence de l'occupation humaine sur celui-ci, sur laquelle s'appuie la seconde, l'analyse proprement dite des phénomènes hydrologiques sur la base de données recueillies dans 25 postes pluviométriques et 1 (un) poste fluviométrique.

On analyse donc dans le premier topique, la morphologie régionale, son origine et son évolution, la formation des sols, le recouvrement végétal, l'occupation humaine et son influence sur ces facteurs physiques visant à appuyer la seconde phase du travail.

Egalement comme préparation pour la phase suivante, on a fait une étude succincte du climat car, à partir de là on passe à analyser le régime de la rivière, topique qui fait déjà partie de la seconde étape ou on analyse par surcroît les relations entre la décharge et la précipitation, le comportement de la nappe souterraine, le coefficient de l'écoulement des eaux fluviales, les grandes crues et jusants. Cette analyse est accompagnée de graphiques qui sont en même temps le résultat de l'élaboration des données hydrologiques ainsi qu'un élément pour l'analyse des phénomènes hydrologiques.

On démontre dans la conclusion les corrélations qui peuvent s'établir à tout moment entre le régime, les crues, les jusants, de façon générale et plus spécifiquement le coefficient de l'écoulement des eaux fluviales et les courbes de jusant (éléments pour l'analyse de ces faits plus généraux) et les sols, la végétation, les aspects particuliers du relief, ces derniers liés au rôle que l'homme joue comme agent modificateur du paysage physique.