

A INTENSIDADE DO EFEITO OROGRÁFICO SOBRE AS PRECIPITAÇÕES NA REGIÃO DO PUY-DE-DÔME (França) *

JOSÉ BUENO CONTI
(Sócio cooperador da S.R.S.P. da A.G.B.)

INTRODUÇÃO

O efeito orográfico sobre as precipitações é bastante conhecido. Ele é, com efeito, notável nas grandes cadeias do Globo, como por exemplo, nos Andes, nas Montanhas Rochosas, etc. Por outro lado, um fenômeno também bastante freqüente é o da formação de nuvens orográficas sobre montanhas sensivelmente mais baixas. Seria de se esperar, portanto, a constatação do efeito orográfico sobre as precipitações em barreiras montanhosas de pequena escala.

O presente estudo procura determinar, estatisticamente, esse efeito, na região do Puy-do-Dôme (França), que é bastante favorável a uma pesquisa desse gênero em virtude de suas condições topográficas.

Foram escolhidas quatro estações: PONTGIBAUD, PUY-DE-DÔME, CLERMONT-FERRAND (Aulnat) e CHABRELOCHE. As observações limitaram-se a quatro anos (1962-1965) e aos meses de primavera (março-junho) que são, normalmente, bastante chuvosos.

A escôlha das estações foi determinada por suas situações topográficas em relação às correntes de Oeste, que constituem o fator primordial da circulação atmosférica da região estudada.

Essas quatro estações, em consequência de suas situações geográficas e topográficas, recebem, em certos dias, totais de precipitação comparáveis ao passo que em outros, totais muito contrastantes. O problema consistiu em determinar os fatores meteorológicos responsáveis pelos totais de precipitação nessas diferentes estações e, sobretudo, precisar a intensidade do fator orográfico. Foram, portanto, examinados, com particular atenção, os excedentes

(*) — Trabalho entregue em Setembro de 1966.

de precipitação dos altos relêvos em comparação com sua periferia imediata, o que nos permitiu avaliar seu poder condensador.

O trabalho começou por um levantamento, de 24 em 24 horas, dos totais de chuva e de neve fundida no decorrer dos meses de março, abril, maio e junho, de 1962 a 1965, extraídos do Boletim de Observações do Observatório de Clermont-Ferrand (Aulnat). Os Resumos Quotidianos forneceram a velocidade média e a direção prevalecente do vento de superfície durante os meses citados. A análise dos Boletins Quotidianos de Estudos (B.Q.E.) permitiu conhecer a variação diária da temperatura e do nível da superfície de 500 milibares para o conjunto da Europa Ocidental durante o período estudado. Finalmente, procurou-se encontrar uma explicação do mecanismo das precipitações pelo estudo comparativo dos diversos dados.

SITUAÇÃO TOPOGRÁFICA DAS QUATRO ESTAÇÕES

O escudo cristalino do Maciço Central Francês é um bloco compacto que foi afetado por deslocamentos em vários pontos, especialmente em seu trecho central (Falhas de Forez, da Margeride, etc.), onde surgiram montanhas vulcânicas em cujos flancos acumularam-se cones de cinzas e corridas de lavas. É o caso da Serra dos Puys, que bordeja a planície da Grande Limagne, ampla fossa tectônica entulhada de sedimentos recentes.

As quatro estações escolhidas situam-se nessa área, aproximadamente na mesma latitude ($45^{\circ}48'N$), porém em condições de exposição às correntes de Oeste nitidamente diferentes (v. fig. 1).

PONTGIBAUD é um vilarejo situado no fundo do vale do Sioule, a uma altitude de 672 m. e a 11 km. em linha reta do cume do Puy-de-Dôme. Traia-se de um vale alongado no sentido geral Sul-Norte, limitado por vertentes íngremes. A Oeste estende-se uma região de relêvo amorreado, de níveis altimétricos superiores a 800 m. enquanto que, a Leste, aparece um planalto cujas altitudes vão aumentando à medida que se aproxima da Serra dos Puys. A localidade está exposta aos ventos de Oeste possuindo apenas um ligeiro abrigo.

O PUY-DE-DÔME é uma saliência nítida (1.460 m.) que se ergue a mais de 400 m. acima do planalto circundante e a mais de 1.000 m. em relação à planície da Grande Limagne, estando, portanto, livremente exposto aos ventos de tôdas as direções. É um antigo cone vulcânico em forma de dômico maciço com encostas muito inclinadas.

O Observatório Meteorológico de CLERMONT-FERRAND, situado no subúrbio de Aulnat, localiza-se no limite ocidental da

SITUAÇÃO DAS QUATRO ESTAÇÕES

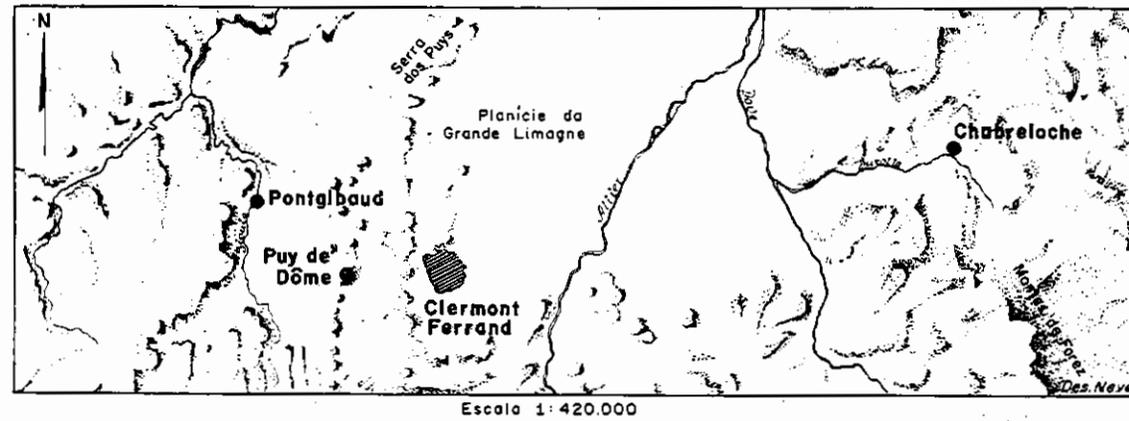


Figura 1

com características continentais, porém com o máximo de precipitações na primavera, segundo informações que pudemos obter através da bibliografia consultada e das séries que pudemos examinar, existentes nos registros do observatório, fator que nos levou a escolher essa estação, sem dúvida, a mais adequada para o tipo de trabalho a que nos propusemos.

**TOTAL DAS PRECIPITAÇÕES CAIDAS
DURANTE OS QUATRO ANOS (1962/65)**

(Primavera)

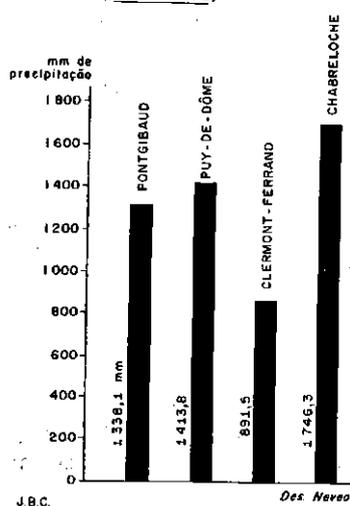


Figura 3

O exame dos totais de precipitação (v. fig. 3 e tabela I) revela que Chabreloche é a localidade mais chuvosa enquanto que Clermont-Ferrand, se apresenta como a mais sêca. Pontgibaud e Puy-de-Dôme possuem totais quase idênticos com uma ligeira diferença em favor do Puy.

TABELA I — TOTAIS DE PRECIPITAÇÃO (Primavera)
— em milímetros —

	1962	1963	1964	1965	Totais
Pontgibaud	265,5	361,9	345,0	368,7	1.338,1
Puy-de-Dôme	316,7	340,8	385,7	370,6	1.413,8
Clermont-Fd.	198,2	219,3	268,6	205,4	891,5
Chabreloche	383,2	503,5	345,3	514,3	1.746,3

Essas cifras nos mostram que a altura da coluna de precipitação de Clermont-Ferrand é 37% inferior à do Puy-de-Dôme e 32,6% à de Pontgibaud.

No conjunto das quatro estações a média mensal dos dias em que ocorreu precipitação foi ligeiramente superior a 50% conforme demonstra a tabela abaixo:

TABELA II

<i>Estação</i>	<i>n.º de dias de precipit. (média mensal)</i>	<i>porcentagem</i>
Pontgibaud	14,8	49,8
Puy-de-Dôme	15,2	50,6
Clermont-Ferrand	16,0	53,2
Chabreloche	15,0	50,0

A comparação desta tabela com a anterior mostra que, embora o número médio de dias de precipitação tenha sido quase o mesmo nas quatro estações, o total de precipitações recolhido foi sensivelmente diferente o que significa que os fatores locais desempenharam um papel preponderante na determinação da quantidade das precipitações.

A distribuição das precipitações durante a primavera nas quatro localidades estudadas revelou-se bastante irregular. No conjunto da região as máximas se situaram tanto no mês de maio (1962, 1964 e 1965), como no mês de junho (1963), ao passo que os meses mais secos foram os de abril (1963) e junho (1962, 1964 e 1965), tendo sido a média das precipitações diárias de 3 mm. aproximadamente.

As formas de precipitação, conforme consta dos relatórios quotidianos dos boletins do observatório foram, também, muito variadas, tendo-se registrado chuvas leves, aguaceiros, temporais, granizo e neve.

Verificou-se, simultaneamente, nas quatro estações, um dia excepcionalmente chuvoso (18 de maio de 1965), quando os pluviômetros recolheram as seguintes quantidades de água (em mm.):

<i>Pontgibaud</i>	<i>Puy-de-Dôme</i>	<i>Clermont-Fd.</i>	<i>Chabreloche</i>
9,5	69,6	44,6	56,4

Em razão de seu caráter evidentemente excepcional, decidimos suprimir os dados desse dia da *figura 9-A* e da *tabela III* para que os mesmos pudessem dar uma idéia mais próxima da realidade ha-

bitual. A explicação dessa queda excessiva de chuvas encontra-se na situação sinótica pois a carta do B. Q. E. mostrou que, nesse dia, a área estava sob a ação de uma frente fria vinda de Noroeste, responsável pelo fenômeno.

Houve também um caso notável de chuva local, no alto Puy-de-Dôme, ocorrido no dia 31 de maio de 1965 quando caíram ali 59,2 mm. enquanto que as outras estações não registraram uma só gota. (Esse dado também foi suprimido da *figura 9-D e da tabela III*, assim como os 18,1 mm. caídos em Pontgibaud a 26-3-1963).

Esse exemplo de chuva localizada deveu-se, certamente, a movimentos vigorosos de ascensão. Todavia, o mesmo só poderia ser explicado de maneira satisfatória através do conhecimento da estrutura vertical da atmosfera, ignorada por nós em virtude da inexis-

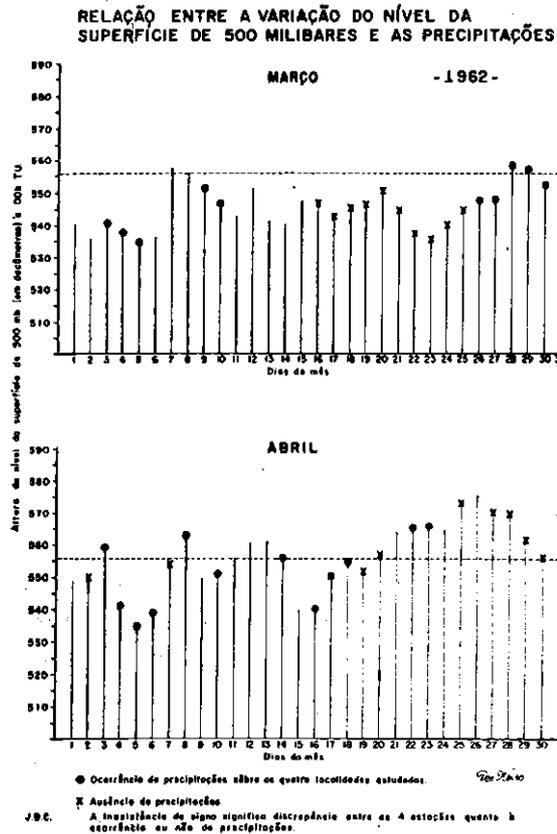


Figura 4

tência de rádio-sondagens que teriam permitido determinar, com precisão, a estabilidade das camadas.

AS OSCILAÇÕES DA SUPERFÍCIE DE 500 MILIBARES E AS PRECIPITAÇÕES

Para tentar compreender o fenômeno das precipitações primaverais, procuramos, primeiramente, observar as oscilações quotidianas

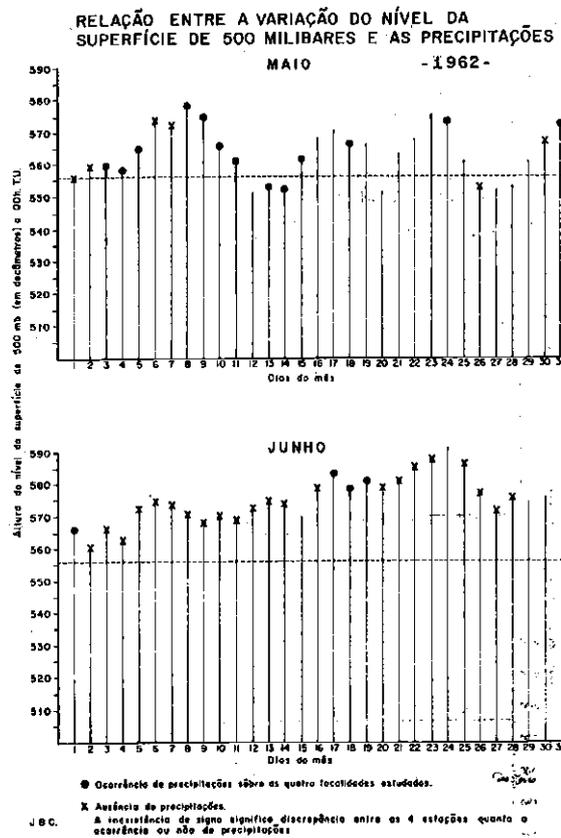


Figura 5

do nível da superfície de 500 mb e suas conseqüências quanto às precipitações.

Constatou-se uma certa correlação, embora fraca, entre o abaixamento da superfície de 500 mb e a queda de chuvas. Por exem-

plo, de 8 a 11 de maio de 1962 verificou-se uma queda brusca do nível da superfície isobárica em questão, que desceu de 5.780 m. para 5.600 m. (v. figura 5) ao mesmo tempo que as precipitações aumentaram consideravelmente nas quatro estações. Os totais médios recolhidos pelas quatro estações, em cada dia, foram os seguintes:

dias:	8	9	10	11	(de maio de 1962)
precipitação:	4	17,1	3,6	4,4	(em mm.)

O fenômeno inverso, isto é, a subida da superfície de 500 mb, mostrou-se, por outro lado, responsável por uma diminuição notável e mesmo ausência total de precipitações. Um caso típico foi

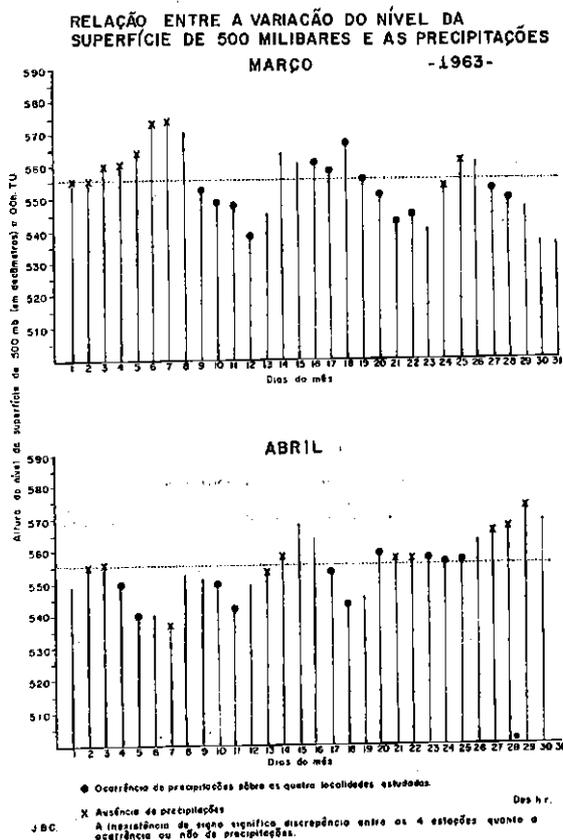


Figura 6

notado de 4 a 7 de maio de 1963 quando a superfície de 500 mb subiu de 5.600 para 5.740 m e não caiu um só milímetro de chuva em nenhuma das quatro estações estudadas (v. figura 7).

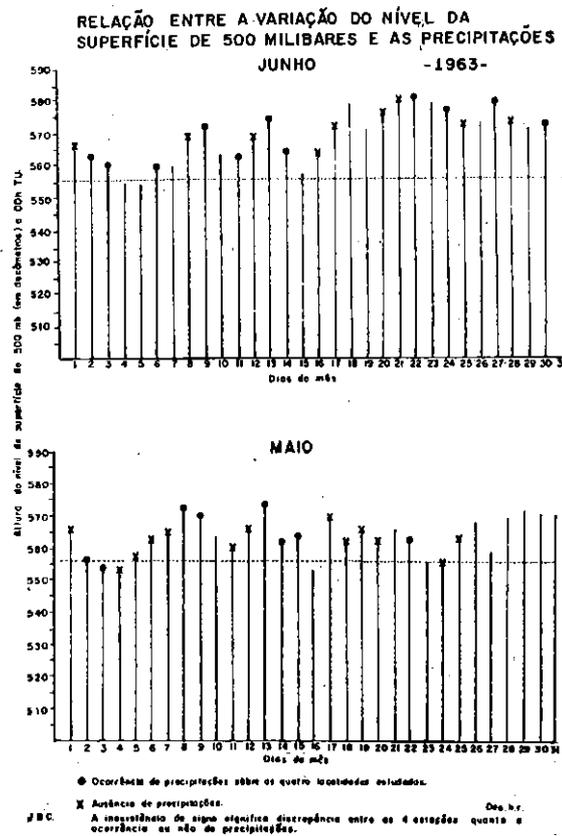


Figura 7

Todavia, êsses resultados não nos deram uma explicação satisfatória pois a correlação nem sempre se verificou. Foram encontradas, com bastante freqüência, situações completamente inversas, demonstrando que a variação do nível da superfície de 500 mb não desempenhou um papel decisivo nas precipitações.

Provavelmente essa constatação resulte do fato de não ter sido suficientemente longa a série de dados observada.

Decidimos, portanto, analisar mais atentamente as correlações entre o regime de ventos e o das precipitações.

OS VENTOS E AS SITUAÇÕES SINÓTICAS

Os Resumos Quotidianos do Observatório de Clermont-Ferrand permitiu-nos conhecer a direção prevalectente do vento em cada dia, dados que adotamos para o conjunto da região uma vez que Clermont-Ferrand encontra-se no centro da área estudada e inexistem registros da direção do vento nas demais estações. Devemos assinalar, ainda, que se trata somente do vento de superfície pois não há observações do vento de altitude em virtude dos balões-sonda não serem lançados nos dias de chuva.

Num total de 496 dias os setores prevalectentes foram os de Norte (78 dias), Noroeste (74 dias), Sul (63 dias) e Oeste (40 dias), sendo muito raros os ventos de Nordeste, Leste e Sudeste, respectivamente 9, 1 e 9 dias (v. figura 8).

FREQUÊNCIA DE VENTOS EM CLERMONT-FERRAND E TOTAIS DE PRECIPITAÇÃO CORRESPONDENTES
 - Os dados referem-se aos anos de 1962 a 1965 (Primavera) -

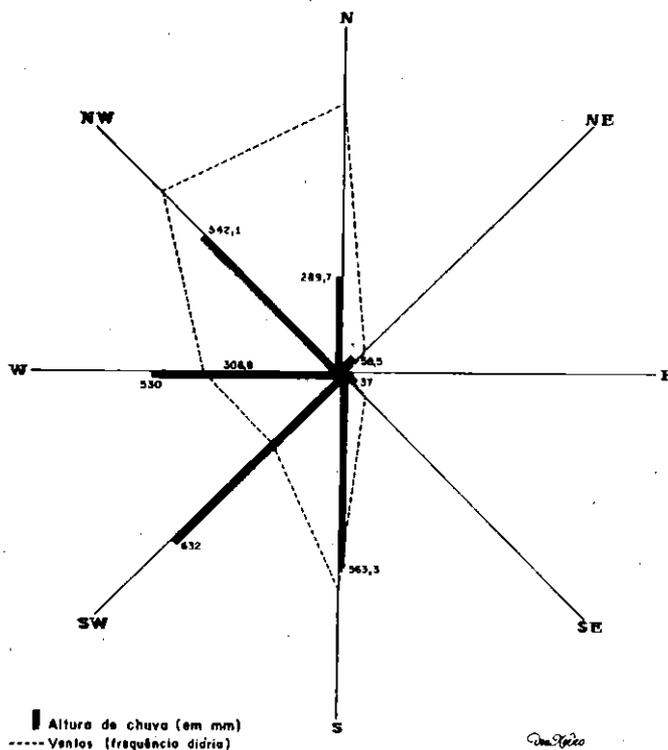


Figura 8

A direção do vento foi determinada, sobretudo, pela situação sinótica reinante, das quais examinamos quatro casos típicos nos parágrafos que se seguem:

1 — Em princípios de março de 1965 manifestou-se uma situação característica de vento Norte, quando uma importante zona depressionária recobria a Europa Central, enquanto que o Oceano Atlântico, da Islândia aos Açores, estava submetido a um vasto anticiclone *(veja figura 9)*. Essa situação verifica-se freqüentemente segundo constatamos pelo exame quotidiano das cartas sinóticas dos Boletins Quotidianos de Estudos e provoca a formação de correntes vindas do Norte, ou seja, a invasão de ar polar que afeta todo o território da França.

2 — A situação responsável pela formação de correntes de Noroeste é semelhante à precedente. Tomamos como exemplo o período de 20 a 24 de março de 1963 (*v. figura 10*) quando uma zona depressionária se estendia do Golfo de Gênova ao Mar Cáspio e um importante anticiclone dominava o Atlântico Norte, da Grã-Bretanha aos Açores; uma tal disposição dos centros de ação faz convergir sobre a França massas de ar vindas de Noroeste.

3 — Os ventos sopram de Oeste quando as altas pressões dos Açores expandem-se em forma de apófises para Leste, ao mesmo tempo que importantes zonas de depressão instalam-se sobre a Islândia e as Ilhas Britânicas. A consequência desta disposição é que o ar marítimo úmido invade a França provocando a intensificação da condensação e das precipitações de uma maneira generalizada. Trata-se de uma situação sinótica muito freqüente, da qual escolhemos a carta de 5 de abril de 1962 (*v. figura 11*).

4 — Quando um anticiclone recobre a maior parte da Europa Central e as Ilhas Britânicas estão submetidas a um regime depressionário, as correntes que afetam a França são procedentes do Sul ou do Sudoeste. A carta de 19 de abril de 1964 (*v. figura 12*) mostra-nos, exatamente, essa disposição.

Outras situações são raras e podem ser consideradas como excepcionais.

O PAPEL HIGROMÉTRICO DOS VENTOS E A INTENSIDADE DO EFEITO OROGRÁFICO

As alturas de precipitação registradas, conforme a direção do vento prevalecte foram as seguintes (em mm.):

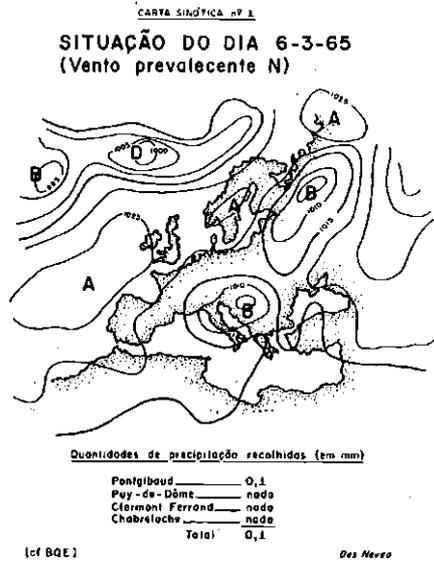


Figura 9

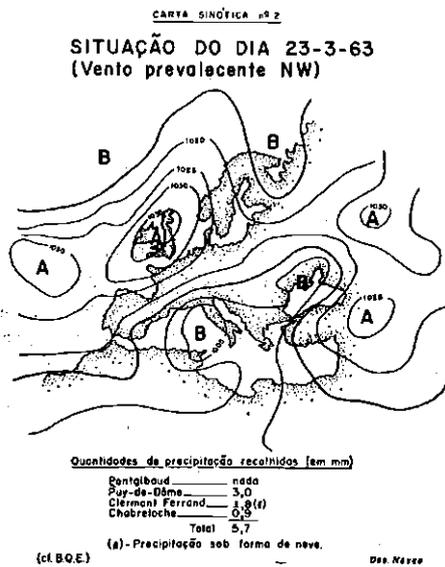


Figura 10

TABELA III

Dir. vento	Pontgibaud	Puy-de-Dôme	Clermont-Fd.	Chabreloche	TOTAIS
Norte	28,1 (*)	28,6 (*)	14,0 (*)	38,9 (*)	109,6
Oeste	122,6	119,4	42,1	245,9	530,0
Noroeste	102,2	160,4	68,7	210,8	542,1
Sul	121,4 (**)	116,6 (***)	90,0	163,0	491,0
Sudoeste	163,2	182,5	98,5	187,8	632,0

As outras direções não têm praticamente significação (figura 13).

O exame da tabela acima revela que 1.704,1 mm., isto é, 73,3% do total corresponde aos ventos de componente Oeste. Isso nos mostra que os ventos prevaletentes, ou seja, Norte, Noroeste e Sul não são os mais importantes do ponto de vista higrométrico.

Se, ao invés de acumularmos as cifras, estabelecermos as médias diárias de precipitação caída em cada localidade, conforme a direção do vento prevaletente, obteremos os seguintes resultados:

TABELA IV

	N	NO	O	SO	S
Pontgibaud	0,3	1,5	3,3	5,2	1,9
Puy-de-Dôme	3,0	2,1	2,9	5,1	1,8
Clermont-Fd.	0,1	0,9	1,0	3,1	1,4
Chabreloche	0,4	2,8	6,1	6,0	2,4

O alto grau de umidade do fluxo de Sudoeste chama, particularmente, a atenção quando se examinam as tabelas III e IV.

As correntes de Sudoeste, nada mais são do que as ondulações da Frente Polar, formada entre o ar tropical e o ar polar, e, atingem, frequentemente a Europa Ocidental através do Golfo de Gasconha, ocasionando precipitações consideráveis uma vez que o ar é fortemente humidificado ao longo de sua trajetória oceânica. É preciso considerar, ainda, o papel desempenhado pelo Maciço Central para se compreender sua importante função higrométrica. Em seu avanço para Nordeste, essa corrente de ar vai encontrar o mencionado obstáculo montanhoso e terá que se elevar para transpô-lo.

(*) — Com a supressão de um dia excepcional: 18-5-65.

(**) — " " " " " " " " 26-3-65.

(***) — " " " " " " " " 31-5-64.

CARTA SINÓTICA Nº 3
 SITUAÇÃO DO DIA 5-4-62
 (Vento prevalecente W)



Quantidades de precipitação recolhidas (em mm)

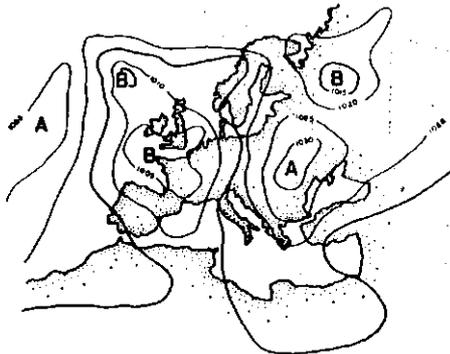
Pontigbaud	4,7
Puy-de-Dôme	1,7
Clermont Ferrand	2,3
Chabreloche	2,4
Total	11,1

(cf BQ.E)

Das Neves

Figura 11

CARTA SINÓTICA Nº 4
 SITUAÇÃO DO DIA 19-4-64
 (Vento prevalecente SW)



Quantidades de precipitação recolhidas (em mm)

Pontigbaud	4,9
Puy-de-Dôme	6,3 (g)
Clermont Ferrand	3,3
Chabreloche	5,9
Total	20,4

(g) - Precipitação sob forma de neve.

(cf BQ.E)

Das Neves

Figura 12

Deve-se assinalar, ainda que existe sôbre os altos planaltos da região central da França, uma camada fria bastante extensa durante o inverno e a primavera pelo fato da neve aí permanecer até o mês de março e mesmo após. Ora, essa camada fria provoca a acentuação do movimento ascensional de ar procedente do Su-

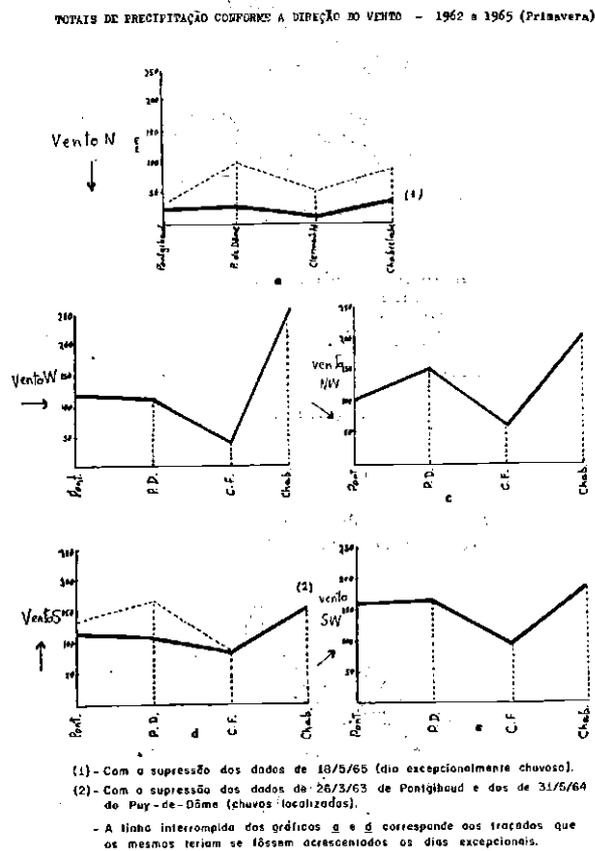


Figura 13

doeste e o resultado é, forçosamente, o aumento da pluviosidade (v. figuras 8 e 11).

As correntes de Noroeste são dirigidas pela apófise polar do anticiclone dos Açôres (v. "Os ventos e as situações sinóticas" - caso 2) e, em virtude de procederem de latitudes bastante setentrionais,

DIREÇÃO DO VENTO E PRECIPITAÇÕES

Ano de 1962		Dias																														
Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Março	↓	↙	○	↑	↘	↓	Σ	↑	↘	↑	Σ	↑↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	○	↑	↘	↓	↓	↓	↓	↘	Λ	↘	↘	↘	→	
Abril	↘	↘	↘	→	→	↘	Σ	↘	Λ	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↑	Σ	Σ	↑	↘	↑	Σ	Σ	Σ	Σ	↘	↓	↓	↓	↓		
Maio	↓	Σ	↘	↘	↘	Σ	↑	↘	↘	→	Σ	↓	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Junho	↓	↓	↓	↑↓	↓	Λ	↘	↓	↓	↘	Σ	Σ	↑	↑	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	Σ	↓	↓	Σ	Σ	Σ	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

Ano de 1963		Dias																														
Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Março	Σ	Σ	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↘	↘	↘	↘	↑	↘	↘	↑	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↑	↑	↘	○	↘	↘	↘	
Abril	↓	↓	↓	Σ	○	↘	→	↑	↑	↑	↘	↘	↓	Σ	↘	↑	↘	Σ	Σ	↘	Σ	↓	→	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
Maio	○	Λ	↘	↓	↑↓	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	
Junho	↘	Σ	Σ	↑	↑	↘	Σ	Λ	↘	↘	Σ	Σ	↘	→	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	

J.B.C.

↓ Precipitação
 ○ Ausência de precipitação

↑ Direção prevalecente do vento da data indicada (período de 24 horas) considerando como Norte a cabeceira da figura.
 ↘ Mudança de direção de vento no período de 24 horas.
 Σ Direção não definida.
 ○ Calmaria.

Cada signo representa uma estação, que estão colocadas, da esquerda para direita, na seguinte ordem: PONTGIBAUD, PUY-DE-DÔME, CLERMONT-FERRAND e CHABRELOCHE.

Figura 14

trazem massas de ar frio. Essa corrente muitas vezes se manifesta por uma sucessão de frentes frias que determinam bruscas pancadas de chuva.

O fluxo de Oeste se verifica quando há um centro ciclonal sobre o Atlântico Norte ao mesmo tempo que o sul da Europa está sob um anticiclone (v. "Os ventos e as situações sinóticas" — caso 3). As ondulações da corrente de Oeste se desenvolvem entre o ar quente (tropical ou polar de retôrno) e o ar frio (polar ou ártico) e atingem a Europa determinando um tipo de tempo nublado e chuvoso em consequência de sua origem oceânica.

As correntes de Norte aparecem quando o anticiclone formado sobre o Atlântico atinge a latitude de 65°N (v. "Os ventos e as situações sinóticas" — caso 1) e suas isóbaras são dispostas no sentido dos meridianos. O ar ártico é impulsionado para o Sul, principalmente na primavera, quando há um grande excedente de ar gelado acumulado no Polo durante o inverno e as frentes vindas do Norte provocam violentas quedas de chuva, neve ou granizo.

Já as correntes de componente Leste têm um papel muito menos significativo conforme os dados obtidos pela pesquisa puderam demonstrar (v. *figura 8*).

Os fluxos de Nordeste e Leste circulam entre o Anticiclone Escandinavo e uma área depressionária formada sobre a Europa Central e Meridional e resultam de perturbações velhas, originadas do Atlântico, que efetuaram uma longa volta pelo continente antes de atingir a Europa Ocidental, trajetória que determina uma diminuição sensível de sua carga higrométrica.

As correntes de Sudeste, de origem saariana, apesar de sua passagem sobre o Mediterrâneo, ocasionam precipitações medíocres na região pesquisada uma vez que descarregam a maior parte de sua umidade na orla litorânea e na parte Sul do Maciço Central. A área estudada encontra-se na porção Norte do referido maciço, estando, portanto numa posição abrigada (v. *figura 16*).

Se calcularmos a média de chuva caída (em mm.) segundo a direção predominante do vento, tomando-se somente os dias chuvosos, isto é, aquêles em que o teor de umidade do ar foi próxima de 100%, ter-se-á um resultado ainda mais expressivo:

TABELA V

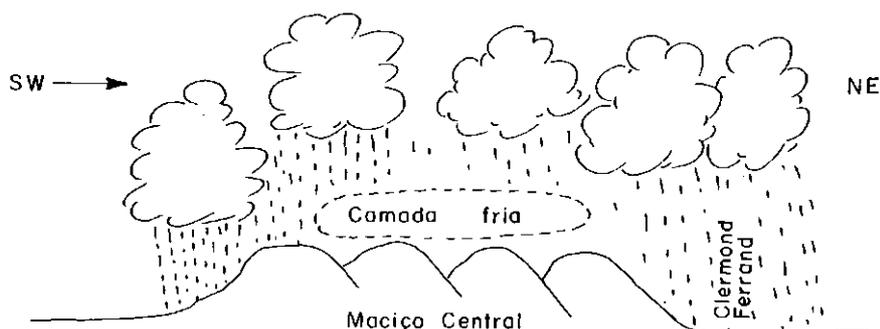
	N	NO	O	SO	S
Pontgibaud	1,4	2,4	4,1	6,0	2,9
Puy-de-Dôme	3,7	3,2	5,9	6,3	3,6
Clermont-Fd.	3,1	1,6	1,4	3,6	1,9
Chabreloche	3,6	4,3	8,1	6,9	3,4

Nota-se que Clermont-Ferrand apresenta uma situação verdadeiramente excepcional, verificando-se um aumento considerável da média quando o vento é de direção Norte ao passo que o vento de Oeste determina uma média de precipitações medíocre. Nas outras três estações é incontestável a preponderância dos ventos de Sudoeste e Oeste na queda de precipitações.

Tal fato resulta, evidentemente, da posição especial da cidade em relação às correntes de Oeste e nos leva a examinar o papel do fator orográfico.

Com efeito, a cidade situa-se em uma bacia protegida dos ventos de Oeste pela Serra dos Puys, que se estende longitudinalmente entre Pontgibaud e Clermont-Ferrand e explica as diferenças entre os totais de precipitação das duas localidades (v. figura 3).

Figura 15 — EFEITO OROGRÁFICO DO MACIÇO CENTRAL



1. O ar proveniente de SW eleva-se em altitude, esfria-se e condensa-se provocando chuvas.
2. Transpõe o Maciço Central mantendo a umidade relativa elevada.
3. Ocasiona chuvas na região de Clermont-Ferrand.

Para melhor compreendermos o efeito orográfico, analisemos o que se passa com um vento úmido vindo de Oeste. Admitamos que a corrente de Oeste, ao passar sobre Pontgibaud (altitude 672 m.), tenha uma temperatura de 14°C e contenha 11,99 g. de vapor d'água por metro cúbico, isto é, esteja saturada. Chegando ao alto da Serra dos Puys (1.000 m.) sua temperatura deverá ser de 12,1°C em virtude do gradiente médio da adiabática úmida (0,6°C no ar saturado). Em consequência dessa diminuição da temperatura o ar não poderá conter mais que 10,60 g. de vapor d'água por metro cúbico. A umidade excedente é, portanto, depo-

sitada durante sua ascensão, sob forma de chuva ou de neve. Ao contrário, quando desce para Clermont-Ferrand (altitude 325 m.) o ar se aquece por compressão adiabática à razão de 0,6°C por 100 m. o que significa que êle atinge a cidade com uma temperatura de 16°C, temperatura que o permite conter 13,53 g. de vapor d'água por metro cúbico. A corrente de ar chega, por conseguinte, a Clermont-Ferrand mais quente e com menor quantidade de água sob forma líquida.

Esse efeito de "föhn" exercido pela Serra dos Puys explica a quantidade medíocre de precipitação caída em Clermont-Ferrand quando sopra o vento de Oeste (v. *tabelas IV e V*). Em Clermont-Ferrand os ventos de Oeste são nitidamente descendentes, razão pela qual as precipitações diminuem de maneira notável (v. *figura 17*).

Por outro lado, a importância considerável do vento Norte para as precipitações em Clermont-Ferrand (v. *tabela V*) cuja média diária, levando-se em conta apenas essa direção do vento, foi de 3,1 mm. (2,2 vezes mais elevada que a das precipitações causadas pelos ventos de Oeste), explica-se também por razões orográficas. A localização do observatório de Clermont-Ferrand no sul da planície da Grande Limagne o expõe livremente aos ventos vindos do Norte ao mesmo tempo que o relêvo circundante o mantém mais ou menos ao abrigo das correntes procedentes de outras direções (v. *figura 1*). Esse fato explica porque os ventos do Norte desempenham um papel importante no caso particular de Clermont-Ferrand.

A diferença insignificante entre os totais de precipitação de Pontgibaud e do cume do Puy-de-Dôme, ou seja, apenas 5,3% (v. *tabela I e figura 3*) demonstra que a função condensadora dêste último é pouco nítida. Isso acontece, muito provavelmente, porque, sendo o Puy-de-Dôme uma montanha isolada, as nuvens podem contorná-la, sem necessidade, portanto, de elevar-se. Quando as precipitações são causadas por nuvens de grande espessura o efeito orográfico do Puy-de-Dôme deve ser ainda menos marcado.

A altura da coluna de água de Chabreloche (v. *tabela I e figura 3*) é uma constatação que surpreende o pesquisador. Com efeito, ela é o dôbro da de Clermont-Ferrand e 19% maior que a do Puy-de-Dôme. O exame da situação quotidiana mostra, também, a freqüente superioridade de Chabreloche como ocorreu no dia 23 de abril de 1964 quando, sob um vento prevalecente do setor Oeste, as quantidades de chuva nas quatro estações foram as seguintes (em mm.):

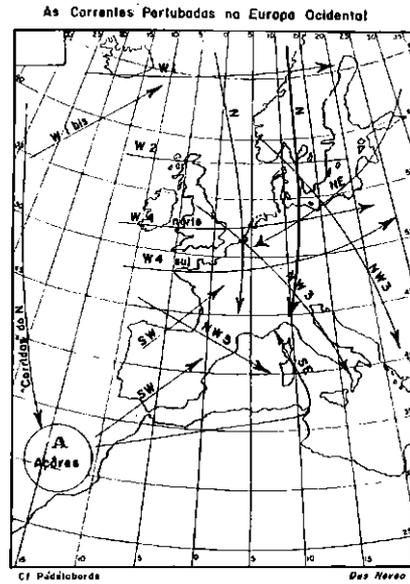
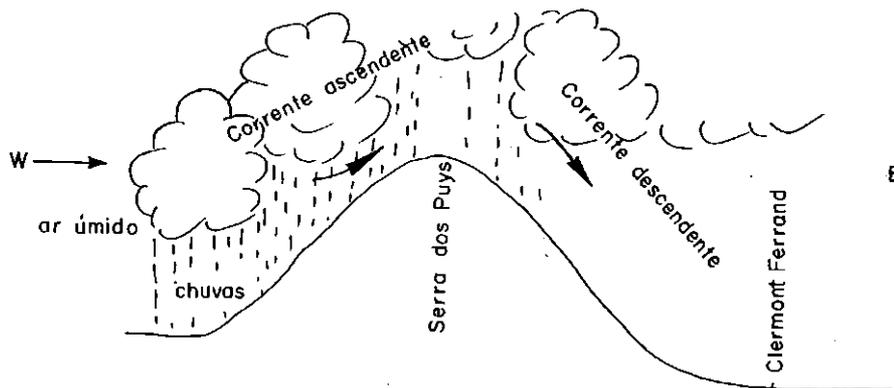


Figura 16

Figura 17 — EFEITO OROGRÁFICO DA SERRA DOS PUYs



1. O ar se aquece durante o movimento descendente.
2. A quantidade de água sob forma líquida diminui.
3. A quantidade de chuva também diminui.

Pontgibaud	Puy-de-Dôme	Clermont-Fd.	Chabreloche	TOTAL
9,9	10,8	1,2	20,4	41,8

Tal fato também é determinado pelo efeito orográfico pois Chabreloche situa-se no sopé de uma cadeia que, embora não seja muito elevada (a altura da linha de crista oscila entre 900 e 1290 m.) estende-se no sentido dos meridianos (v. figura 1), constituindo, portanto, uma barreira contínua aos ventos úmidos de Oeste. Tratando-se de uma cadeia maciça, as nuvens devem, forçosamente, elevar-se para transpô-la e diíso resultam as precipitações abundantes que pudemos constatar.

QUANTIDADES COMPARADAS DE PRECIPITAÇÃO RECOLHIDAS EM PONTGIBAUD E NO PUY-DE-DÔME
Os dados referem-se às precipitações registradas nos meses de março e abril, de 1962 a 1965, nos dias em que o vento prevalecente foi Oeste e Sudoeste.

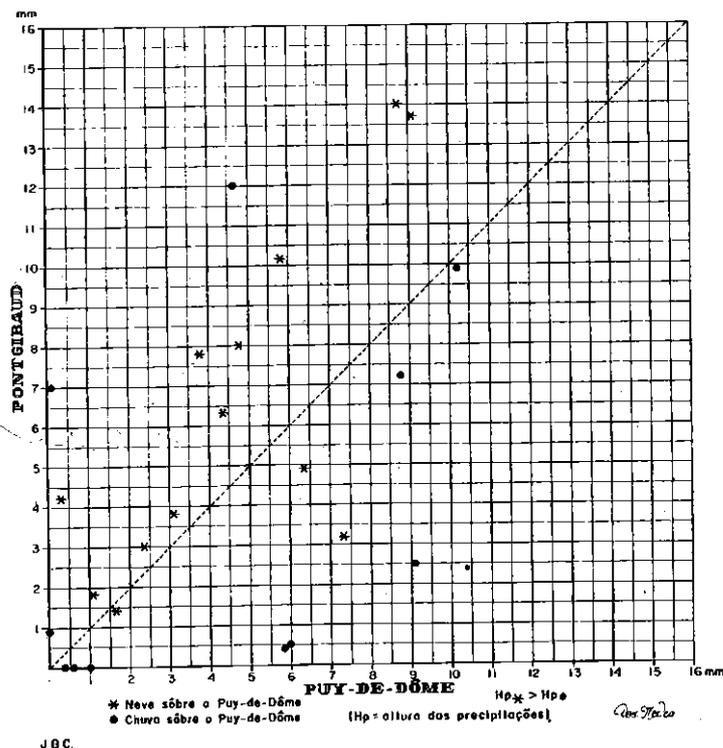


Figura 18

Quando as precipitações são ocasionadas pelo fluxo de Oeste o efeito orográfico exercido pela Serra dos Puys e pelos Montes de Forez se faz sentir nitidamente (*v. figura 9-B*). Verificou-se um caso bastante expressivo no dia 14 de maio de 1963 quando as quatro estações, submetidas ao vento Oeste, recolheram as seguintes quantidades de chuva (em mm.):

<i>Pontgibaud</i>	<i>Puy-de-Dôme</i>	<i>Clermont-Fd.</i>	<i>Chabreloche</i>	<i>TOTAL</i>
3,0	5,8	0,5	20,8	30,1

Sob vento do setor Sul, o efeito orográfico é menos importante, embora um pouco mais acentuado no caso de Chabreloche (*v. fig. 9-C*). A explicação do fato poderá ser encontrada se considerarmos a situação especial dessa localidade, na extremidade de um "colo" que liga a planície da Grande Limagne ao vale do Loire, ao longo do qual a circulação atmosférica se canaliza, intensificando as precipitações.

O efeito orográfico não se faz sentir da mesma maneira quando as precipitações são determinadas pelo vento Norte, em função da disposição longitudinal do relêvo, formando "corredores" pelos quais penetram as correntes Norte-Sul sem encontrar obstáculos importantes que desenvolvam os fenômenos de condensação (exceto no caso particular de Clermont-Ferrand, conforme explicamos).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos por este trabalho parecem demonstrar com certa nitidez o efeito orográfico exercido pela Serra dos Puys e pelos Montes de Forez. A intensidade desse efeito varia conforme a direção do vento, sendo bem marcada quando as chuvas são causadas por ventos de componente Oeste, e muito menos significativa quando se trata de ventos do setor Norte.

Todavia, a diferença demasiadamente pequena entre os totais de precipitação do cume do Puy-de-Dôme e de Pontgibaud (*v. figura 3*), nos surpreendeu, pois, era de se esperar que o efeito orográfico se fizesse sentir aí com um pouco mais de nitidez. Tal verificação nos fez supor que tivessem ficado camuflados alguns resultados, em virtude de havermos considerado, conjuntamente, neve e chuva. Para elucidar a dúvida, elaboramos um gráfico (*v. fig. 18*) no qual foram lançadas as quantidades comparadas de precipitação de Pontgibaud e do Puy-de-Dôme, separando-se a neve da chuva. O confronto entre a quantidade de neve (avaliada em água de fusão) recolhida no cume do Puy-de-Dôme e o total de chuva caído

em Pontgibaud, em datas correspondentes, mostrou um excedente sistemático em favor de Pontgibaud. Isso não se verificou nos dias em que o Puy-de-Dôme recebeu precipitação sob forma de chuva, ocasiões em que as quantidades recolhidas foram mais uniformes. Essa constatação demonstrou a existência de um fator que reduz de maneira sistemática a quantidade de neve recolhida no Puy-de-Dôme. Ora, sabe-se que a quantidade de neve caída é mais difícil de medir que a de chuva, pois, quando a velocidade do vento é grande, como é, exatamente, o caso do Puy-de-Dôme, há uma diminuição do coeficiente de captação dos flocos de neve em relação ao das gotas de chuva. A mesma análise comparativa entre os dados do Puy-de-Dôme e os de Clermont-Ferrand produziu idênticos resultados. Na realidade, portanto, o efeito orográfico do Puy-de-Dôme deve ser maior do que aquilo que nos dizem as cifras.

Considerando, finalmente, que o efeito orográfico na região estudada demonstrou ser muito variável, seria interessante que estas conclusões fossem completadas por uma pesquisa utilizando dados mais numerosos, inclusive observações de rádio-sondagens, indispensáveis num estudo deste gênero.

B I B L I O G R A F I A

- 1 — BARQUIN, P. — "Les pluies en Limagne". Diploma de Estudos Superiores (D.E.S.) apresentado à Universidade de Caen (França).
- 2 — BILLAUT, M., BIROT, P., CAVALIER, D. e PEDELABORDE, P. — "Problèmes climatiques sur la bordure Nord du monde méditerranéen". Ann. de Géographie n.º 347, ano LXV, jan./fev. 1956, p. 15-39.
- 3 — DERRUAU, M. — "La Grande Limagne Auvergnate et Bourbonnaise". Imprimerie Alier, Grenoble, 1949.
- 4 — ESTIENNE, P. — "Recherches sur le climat du Massif Central Français". (Tese de doutoramento). Paris, 1956.
- 5 — CACHON, L. — "Les Limagnes du Sud et leurs bordures montagneuses". Tours, 1939.
- 6 — CODARD, A. — "Climatologie Générale" — Publicação do "Groupe Lorrain d'Études Géographiques", Nancy, 1963.
- 7 — PEDELABORDE, P. — "Un exemple de circulation atmosphérique régionale: la circulation atmosphérique sur l'Europe Occidentale". Ann. de Géographie n.º 334, ano LXII, nov./dez. 1953, p. 401-417.
- 8 — "Introduction à l'étude scientifique du climat". Centre de Documentation Universitaire (C.D.U.), Paris, 1954.
- 9 — "Le climat du Bassin Parisien". Ed. M. Génin. Librairie de Médecis, Paris, 1957.