

José Guilherme de Campos Fernandes

A CALDEIRA DO FOGO

**GÉNESE E EVOLUÇÃO
DAS FORMAS DO RELEVO**



**PONTA DELGADA
1985**

*Projecto de investigação apresentado à
Universidade dos Açores para obtenção
do grau de doutor em Geografia.*

S U M Á R I O

= = = = =

INTRODUÇÃO.....	1
1. Enquadramento do maciço de Água de Pau na ilha de São Miguel.....	4
2. As características geo-estruturais do vulcão de Água de Pau. As formas de vulcanismo.....	5
3. O vulcanismo pliniano recente e a formação da caldeira do Fogo.....	9
4. As condições do clima em altitude no maciço de Água de Pau. A precipitação.....	12
5. Características litológicas e estruturais da caldeira do Fogo.....	23
6. As formas do relevo.....	26
6.1 - Generalidades.....	26
6.2 - As formas do relevo nas vertentes de rocha traquítica.....	26
6.3 - As formas do relevo nas vertentes de piroclastos pomíticos.....	28
7. Discussão e conclusões.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	40

I N T R O D U Ç Ã O

= = = = =

Olhado no passado como peça fundamental na contextura da expansão europeia e, no presente, como fonte inexgotável de recursos, o mar foi, e ainda é, um obstáculo de declarada importância no desenvolvimento econômico dos Açores, porque quebra a continuidade do espaço territorial do arquipélago, porque o torna longe dos dois continentes mais próximos e porque condiciona a ocupação humana à escassez do chão insular.

Para uma sociedade de tradições agro-pastoris como a açoriana que do amanhã da terra retira a sua maior riqueza, o último aspecto referido reveste-se de particular acuidade. Não são as águas confinam as suas terras como, do eterno antagonismo entre o oceano e a terra firme, aquele sai sempre vitorioso. Outrossim, o mar é, por excelência, a bacia receptora dos solos que, no interior das ilhas, a erosão pouco a pouco vai roubando.

O lento, mas persistente recuo da costa, é um processo natural que resulta da continuada agressividade das ondas: contra a poderosa força destas, pouca ou nenhuma oposição pode o habitante ilhéu oferecer.

A erosão, tomada aqui como desgaste, é um processo de denudação dos continentes, natural também e tão antigo como estes o são. Neste campo porém, a interferência do homem pode revestir-se de aspectos significativos que visem retardar ou minimizar o mecanismo erosivo ou de outros que, pelo contrário, criem condições ao disparar do processo ou à sua aceleração.

No arquipélago dos Açores, e apesar do prejuízo irreparável que actualmente representa o transporte de camadas de solo pelas escorrência superficial, os efeitos da erosão têm sido descorados pelo homem ou olhados com alguma negligência. Da-

das as condições do relevo e do clima, as ilhas foram ocupadas apenas nas faixas periféricas, limitadas por cotas não superiores aos 350-400 metros. Nestas faixas nasceram a maioria dos núcleos populacionais (exceptuando os raros exemplos que são as caldeiras das Sete Cidades e das Furnas) e nelas o solo foi intensamente agricultado e, por tal, armado de forma a tornar menores os efeitos da erosão. Em oposição, as áreas interiores montanhosas permaneceram vazias de gentes: ali crescem as matas indígenas de louros (*Laurus azoriens*) e faias (*Miryca faia*) associadas aquelas outras introduzidas, como as de eucaliptos (*Eucalyptos globulus*), de criptoméria (*Cryptoméria japonica*) e de pinheiros (*Pinus pinaster*). Ainda mais para o interior, nos andares mais elevados, onde a temperatura média anual é mais baixa e a humidade do ar e a pluviosidade conhecem valores extremos, florescem os musgos, líquenes e urzes (*Erica azorica*). Superfícies de solo não eram quase inexistentes, mesmo nas vertentes mais declivosas e quando a terra aparecia despida de vegetação aflorava a rocha sã ou formações eruptivas muito recentes.

O quadro ecológico acima referido de forma resumida, era o existente ainda há poucas décadas atrás. Nos dias actuais, e nomeadamente na ilha de São Miguel, a de maiores dimensões, mais populosa e onde os recursos económicos se encontram mais explorados, ele mostra-se sensivelmente alterado. As causas são antrópicas. As consequências podem vir a revestir-se de aspectos preocupantes e até mesmo irremediáveis, pela perda irreversível de solos. No disparar deste mecanismo vamos encontrar acções como a desmatagem de áreas no interior da ilha para ampliação das pastagens e a apanha desordenada, nos pontos mais elevados, de "leiva" (musgo branco ou musgão - *Sphagnum*) usada na preparação de "camas" para a produção de ananases em estufa, dois processos de despimento da superfície do solo que assim passa a ficar directamente exposta à agressividade meteórica. Então, factores como o acentuado declive das vertentes, as condições de permeabilidade dos horizontes superficiais, os elevados valores da precipitação e a velocidade de escorrência das

águas superficiais, agindo de mãos dadas, podem acentuar exageradamente toda a dinâmica do processo de transporte de materiais facilmente mobilizáveis e trazer, como consequência, o rápido aparecimento de formas de erosão acelerada.

Cicatrizes profundas causadas pela erosão são hoje visíveis nas ilhas, principalmente nas áreas mais elevadas dos maciços. Em São Miguel encontramos um bom exemplo dessas formas no maciço de Água de Pau. Na metade cimeira do cone vulcânico central, as vertentes surgem dissecadas em profundas "grotas" (ravinas) abertas por uma rede radial de cursos torrenciais, e que conferem à paisagem, simultaneamente bela e agressiva, um aspecto caótico e descarnado.

No topo do cone abre-se a caldeira denominada do Fogo. No fundo dela, uma lagoa atesta as condições de endorreísmo em como se organizou a rede hidrográfica no interior da depressão. Esta, por sua vez, parece optimamente dimensionada para ali definir processos e formas de erosão que amanhã, tomadas como padrão, possam ajudar a compreensão dos mecanismos que imperam na generalidade do maciço. O interior da caldeira é suficientemente vasto para que se tenha esboçado um modelo de drenagem superficial mas não tão vasto que não seja fácil percorrê-lo a pé. As vertentes são de rocha traquítica compacta, constituídas em material pomítico muito recente ou em mantos já ligeiramente pedogeneisados. Finalmente, o nível médio das águas da lagoa define o nível de base da rede endorreica.

1. Enquadramento do maciço de Água de Pau na ilha de São Miguel

A ilha de São Miguel situa-se 300 quilómetros para leste da Crista Média do Atlântico, assente sobre uma faixa tectónica activa, com tendência direccional WNW-ESE. Esta faixa, considerada por *Krause e Watkins (1970)* como um centro de expansão secundário da junção tripla dos Açores e denominado de Rift da Terceira, controla a actual posição da ilha.

A ilha alicerça-se numa série de complexos vulcânicos compostos por vulcões centrais, caldeiras e cones escórias que, geneticamente condicionados pelo tectodinamismo local, conferem ao cão emerso forma alongada, desenvolvida no sentido Leste-Oeste.

Destes complexos, o mais antigo é o denominado de Nordeste. Ele forma toda a extremidade oriental da ilha (figura 1) e constitui-se de uma série espessa de mantos de basaltos e traquibasaltos com idades que variam entre os 4 000 000 de anos e os 950 000 anos (*Aquarter, 1982*). Aqui o vulcanismo é considerado extinto e a morfologia não revela já vestígios de eventos eruptivos.

Imediatamente a oeste deste complexo e a ele colado, localiza-se o vulcão da Povoação. Também essencialmente basáltico e traquibasáltico este aparelho terá emergido das águas do mar aqui à cerca de 3 650 000 anos (*B. Booth, 1978*). A actividade vulcânica, que se prolongou provavelmente até ao Plistocénico Superior (*Aquarter, 1982*), culminou em fase eruptiva altamente explosiva com a formação de uma grande caldeira, ainda hoje bem conservada. O vulcão da Povoação é também considerado extinto.

Mais para oeste, emergiu o maciço das Furnas, o mais jovem dos três grandes vulcões activos da ilha. O apare -

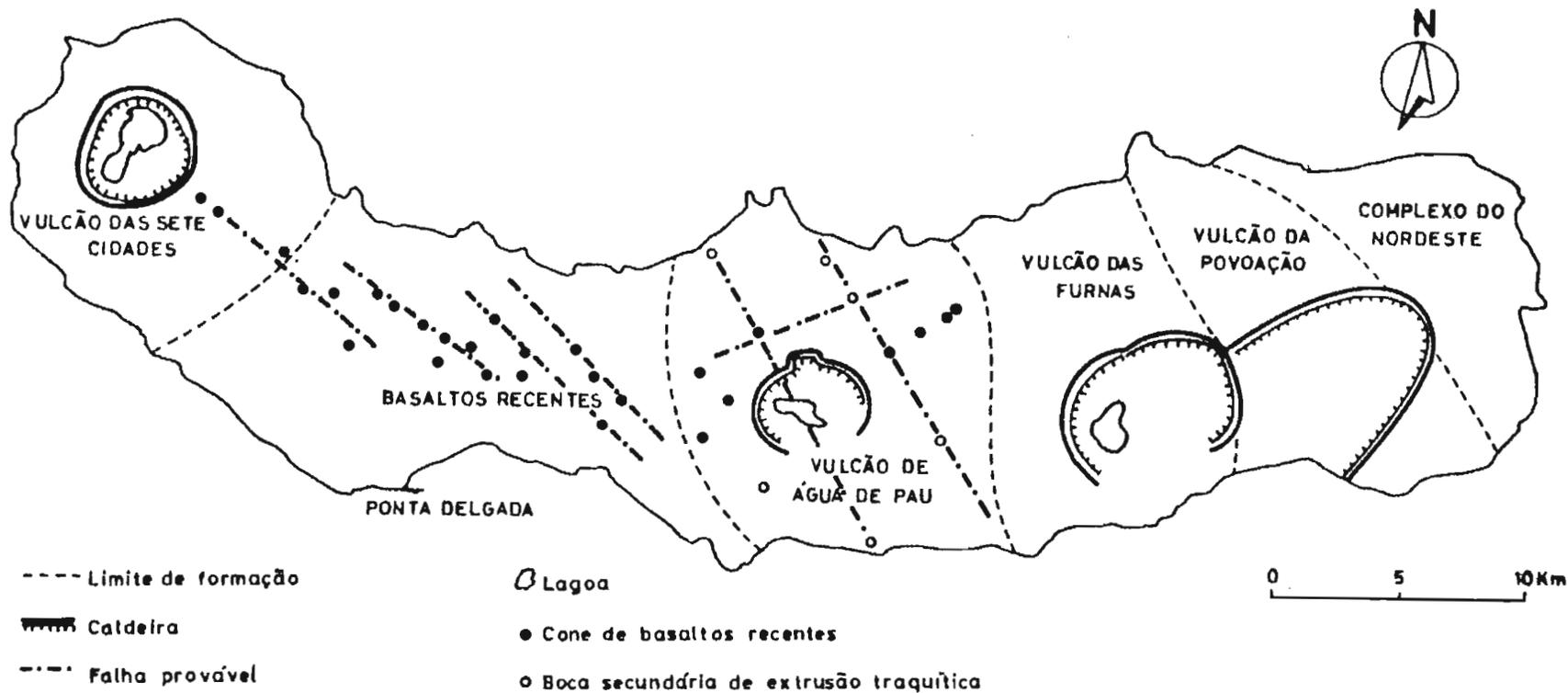
lho é encimado por uma vasta caldeira formada possivelmente há 12 000 000 de anos atrás (Moore, 1984) após violenta erupção pliniana: no fundo da caldeira repousa a bonita lagoa das Furnas. As últimas erupções aqui acontecidas (cinco, nos últimos 1 100 000 anos) que culminaram no episódio de 1630, foram preferencialmente de carácter explosivo e originaram a edificação de domos traquíticos e a deposição de grande volume de material piroclástico no rebordo da caldeira. No presente, o vulcanismo local manifesta-se através de intensa actividade secundária patente na existência de numerosas fontes de águas quentes, fumarolas e sulfataras.

Na extremidade ocidental da ilha ergue-se o vulcão das Sete Cidades, o mais antigo dos ainda activos e o de forma to mais regular. O imenso cone truncado é encimado por uma caldeira com 5 quilómetros de comprimento máximo por 550 metros de profundidade no fundo da qual repousam dois lagos.

Finalmente, no centro aproximado da ilha está edificado o vulcão de Água de Pau, separado do anteriormente referido por uma área estrutural baixa onde uma actividade basáltica estromboliana, deu origem a mantos de lava e cones de escórias.

2. As características geo-estruturais do vulcão de Água de Pau. As formas de vulcanismo

O vulcão de Água de Pau localiza-se na área de reunião da tendência direccionada definida pelo alinhamento do complexo do Nordeste-vulcão da Povoação-macijo das Furnas com a orientação WNW-ESE do Rift da Terceira (figura 2) e denuncia uma longa história eruptiva que evoluiu através de três fases declaradamente distintas. A mais antiga de entre elas está rela



cionada com o vulcanismo submarino: a acumulação de materiais expulsos durante prolongada e certamente intermitente actividade eruptiva submersa levou à emergência do aparelho, talvez aqui há 280 000 anos (*Muecke, 1974*). O topo desta formação submarina é assinalado por um nível de lavas em almofada individualizado, a 786 metros abaixo do nível actual das águas do mar, no furo experimental brocado nas proximidades da cidade da Ribeira Grande.

A partir deste nível a actividade eruptiva do aparelho, que se prolongou até aos tempos actuais adquiriu, definitivamente, características sub-aéreas.

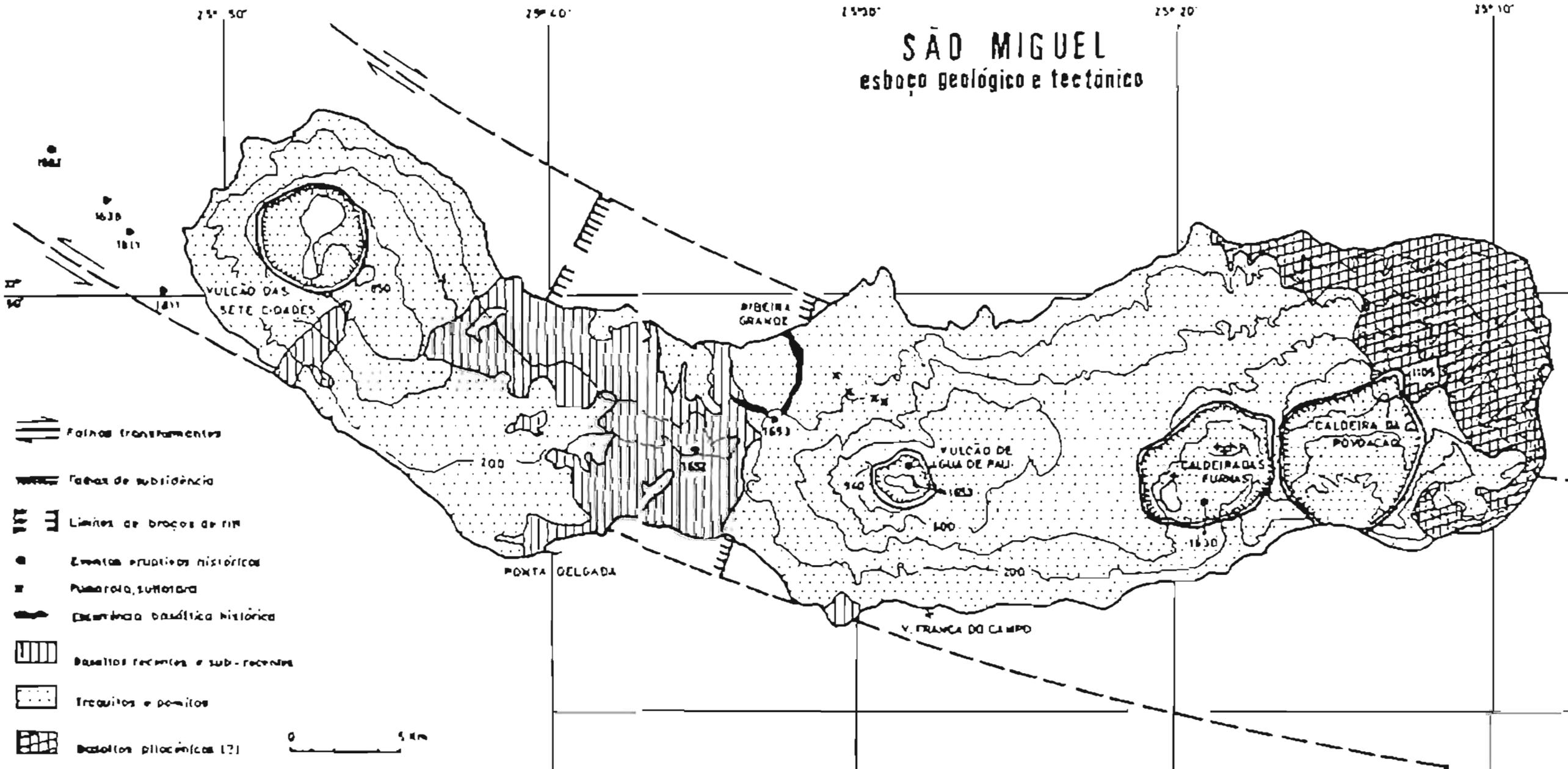
A segunda fase é caracterizada por actividade sub-aérea quase essencialmente basáltica que se prolongou por cerca de 100 000 anos (*Muecke, 1974*). Ela expressa-se, até um pouco acima do actual nível das águas do mar, através de três sequências eruptivas sub-aéreas distintas que fizeram empilhar materiais numa espessura de 762 metros e perfeitamente individualizadas no furo experimental acima referido. Cada uma destas sequências iniciou-se por uma sub-fase de emissão de lavas seguida por uma outra de actividade explosiva. Esta última, acaba por adquirir características plinianas, como indicam os dois níveis de pedra pomes traquítica intercalados nas formações basálticas e detectados respectivamente a 208 metros e 57 metros abaixo do nível do mar. O mais superficial deles foi datado em 117 000 anos ($117\ 000 \pm 24\ 000$ anos) pelo método do Potássio-Argon.

Nos 786 metros de crusta furada abaixo do nível do mar através das três sequências em foco as lavas constituem 72% do material acumulado formando 140 mantos, enquanto que os materiais piroclásticos se fazem representar em apenas 22% da espessura do furo. As lavas são predominantemente basaltos alcalinos, hawaítos e mugearitos.

A terceira fase da história eruptiva do vulcão de Água de Pau inicia-se poucos metros acima do nível do mar, so-

SÃO MIGUEL

esboço geológico e tectônico



brepondo-se aos basaltos cimeiros da sêrie anterior que afloram no centro-norte e centro-sul da ilha. De características predominantemente traquíticas, esta fase é responsável pela edificação de todo o volume emerso do enorme estratocone que se eleva até aos 949 metros de altitude (Pico da Barrosa).

A parte saliente do vulcão aparece-nos hoje como uma estrutura complexa significativamente alterada pelos eventos ocorridos após a sua formação. Sendo um vulcão central, ela originariamente teria o perfil de um cone com cerca de 15 quilómetros na base e 1 000 metros de altura, edificado por basaltos e traquitos, acumulados numa sequência alternada de escorrências de lava e depósitos piroclásticos de espessura variada. É de admitir que este estratocone se tenha formado no interior de um graben (Aqater, 1982): o certo é que aqui o vulcanismo foi sempre controlado por intensa actividade tectónica, detectável nos dias de hoje por algumas evidências morfo-estruturais e pelos alinhamentos, respectivamente a leste e a oeste da vertente norte do aparelho, de alguns cones e domos secundários (Pico da Ribeirinha-Pico do Serrado Novo e Pico Barnabé-Pico Queimado, por exemplo).

No interior deste suposto graben a actividade vulcânica foi sempre muito intensa, intercalando-se fases efusivas com fases explosivas de emissão de materiais traquíticos. Aqui há entre 86 000 anos e 74 000 anos, sucessivos colapsos acontecidos após violentas erupções plinianas conduziram à formação de uma primeira e mais vasta caldeira exterior à actualmente existente (Aqater, 1982).

3. O vulcanismo pliniano recente e a formação da caldeira do Fogo

Como é frequente acontecer nos Açores (vulcão do

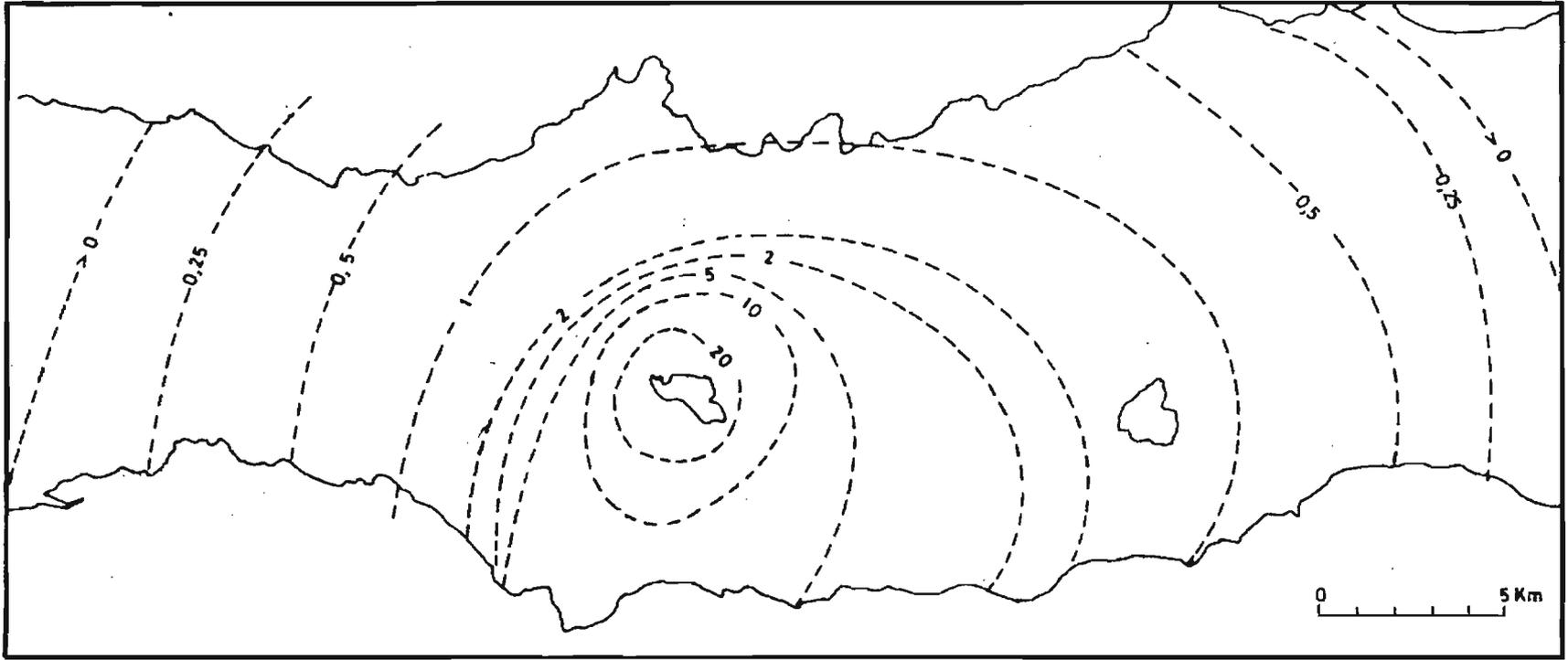
Pico Alto e vulcão de Santa Bárbara, por exemplo) lavas e piroclastos expulsos de bocas sediadas no interior da caldeira do vulcão de Água de Pau acabaram por obliterá-la quase completamente, até que, há cerca de 5 000 000 de anos atrás uma violenta erupção pliniana com expulsão de abundante volume de pedra pomes, deu origem a nova subsidência da parte cimeira do aparelho com a formação da actual caldeira, inscrita de forma excêntrica no interior dos limites da primeira (Moore, 1984).

O manto pomítico que resultou desta erupção foi arbitrariamente tomado por Walker e Kroasdale, (1970), como formação de base da sequência estratigráfica dos produtos acumulados em erupções no interior ou nas proximidades da caldeira do Fogo, e que hoje constituem as formações aflorantes em grande extensão da escarpa da referida depressão.

Denominado por aqueles autores como "Fogo A" e data do pelo método do Carbono 14 em 4 550 anos, este depósito teve origem numa erupção pliniana acontecida no interior da caldeira. Ele é particularmente expesso (1,40 km³ de volume em terra firme-Booth, 1978) e cobre todo o centro da ilha, numa área de 440 km² (figura 3). O depósito apresenta uma espessura máxima de 20 metros na área circundante da caldeira do Fogo e a pedra pomes, já muito argilificada, tem cor amarela-avermelhada.

Uma outra erupção acontecida há 3 242 anos numa boca localizada dois quilómetros a norte da caldeira (Booth, Croasdale e Walker, 1978) originou nova deposição de material pomítico que se sobrepõe à do Fogo A. Este depósito, denominado de "Fogo B" cobre uma área de 330km² no centro-norte da ilha atingindo a espessura máxima de dez metros junto da presumível localização da boca eruptiva (figura 4). Ele é formado por mantos de pedra pomes e material lítico, separados por estreitas bandas de cinza.

Mais recentemente, uma outra erupção pliniana localizada possivelmente também nas proximidades e a norte da caldeira, originou a deposição da formação denominada por "Fogo C".



A erupção terá sido menos violenta pelo que os produtos resultantes cobrem uma área bastante menor (figura 5-C). O depósito é constituído por cinzas finas e atinge uma espessura máxima de dois metros na parede noroeste da caldeira.

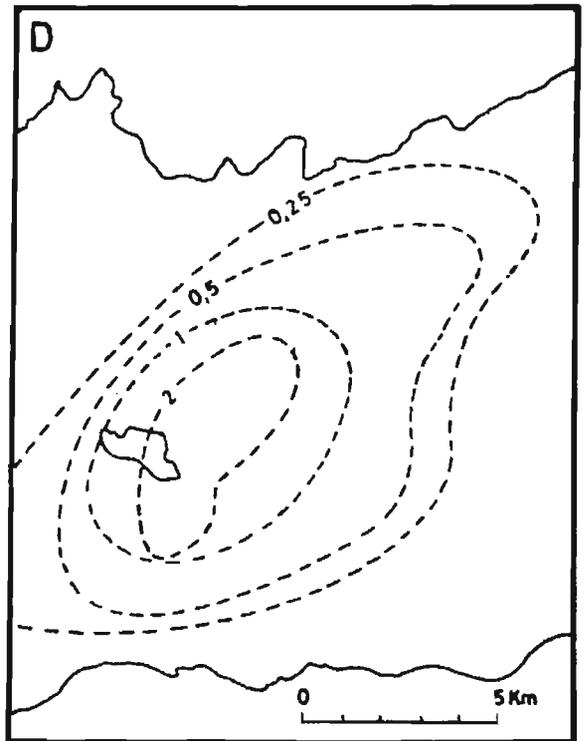
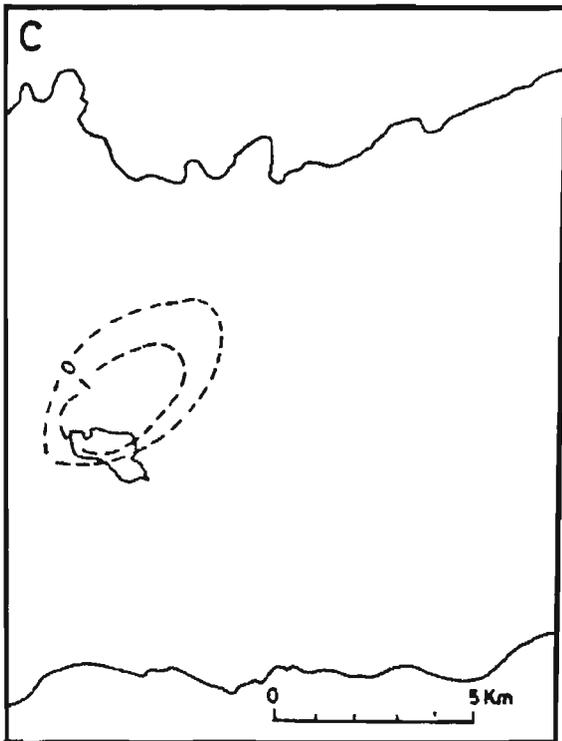
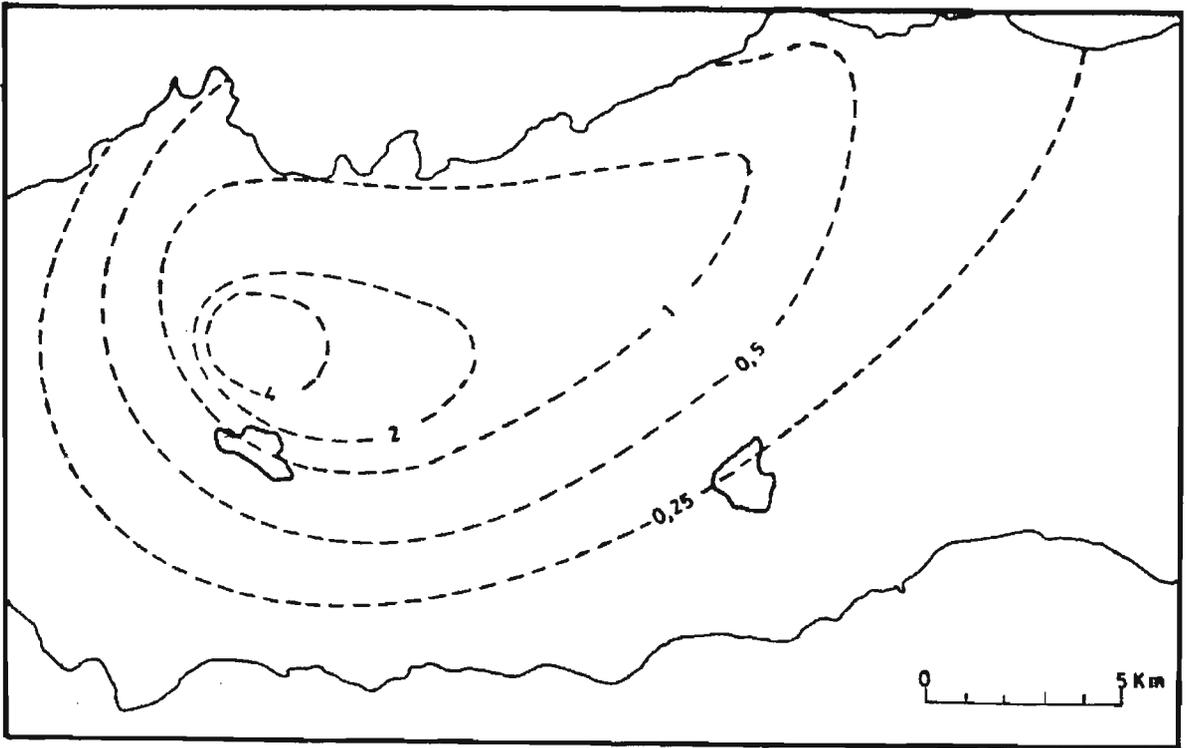
Nova erupção pliniana veio a acontecer, sediada possivelmente na extremidade sul da lagoa. Os piroclastos traquíticos resultantes expalharam-se preferencialmente para nordeste da caldeira formando um depósito pomítico de cor amarela-acastanhada, bem estratificado e de granulometria fina (figura 5-D).

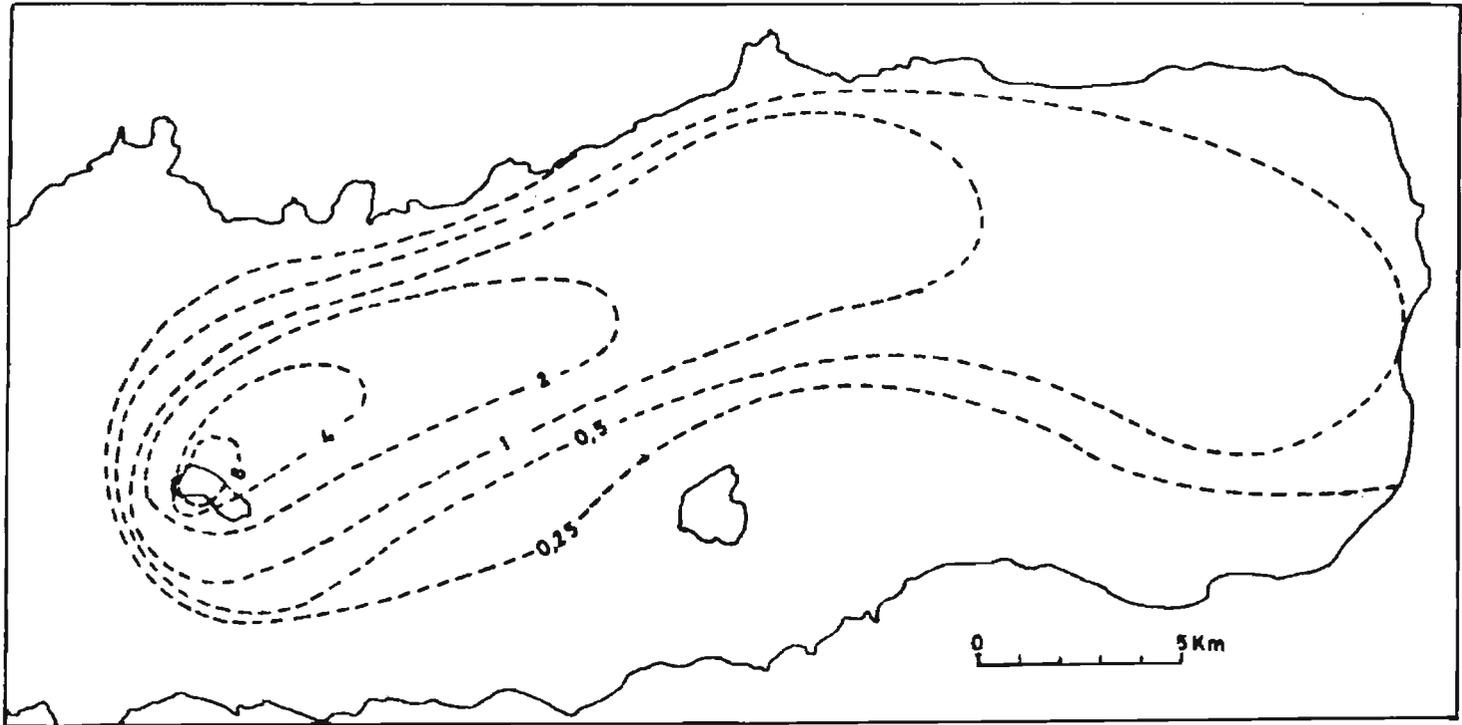
Finalmente, em 1563, ocorre no interior da caldeira nova erupção pliniana. Desta feita a boca abriu-se na extremidade norte da depressão, onde os materiais expulsos (pedra pomes e cinzas) construíram um cone, hoje já muito ravinado e truncado pela erosão (figura 12).

A erupção ocorreu sob vento intenso vindo de oeste o que obrigou à dispersão dos piroclastos por toda a metade leste da ilha (figura 6). O depósito originado tem um volume aproximado de $0,33\text{km}^3$ e cobre uma área superior a 200km^2 em terra firme (Walker e Coasdale, 1970). Ele é maioritariamente constituído por pedra pomes traquítica grosseira que se dispõe em leitões espessos intercalados com outros mais delgados e mais compactos de cinzas traquíticas finas e ricas em elementos líticos. A espessura máxima do depósito é superior a oito metros no topo das paredes da caldeira mais próximas da boca eruptiva.

4. As condições do clima em altitude no maciço de Água de Pau. A precipitação

Os Açores têm localização quase central no oceano





Atlântico Norte entre latitudes que definem a faixa de transição de massas de ar quentes e húmidas, caracteristicamente de origem tropical, para aquelas outras, mais frescas e mais secas da circulação polar. A vastidão das águas oceânicas circundantes e o dinamismo das massas de ar naquelas latitudes, definem as condições gerais do clima no Arquipélago. Localmente, o relevo é o factor que mais significativamente contribui para a caracterização das condições climáticas de cada ilha uma vez que o essencial das precipitações é de origem orográfica.

Em São Miguel, durante pelo menos três quartas partes do ano, os ventos dominantes sopram de norte e de nordeste, direcções que são normais ou sub-normais ao sentido do maior desenvolvimento da ilha. Na metade oriental desta, a massa emersa formada pela coalescência do complexo do Nordeste e dos vulcões da Povoação, das Furnas e de Água de Pau, constitui uma extensa barreira orográfica uniformemente elevada que, pela altitude e orientação, é capaz de intersectar com eficiência os ventos dominantes. Assim, as áreas cimeiras desta cordilheira registam sempre valores de precipitação muito elevados, talvez os mais volumosos do Arquipélago.

Circunscrevendo a nossa atenção ao maciço de Água de Pau, procurámos definir algumas das condições do clima reinante nas altitudes correspondentes à caldeira do Fogo. Para tal fim, fizemos uso dos dados meteorológicos registados em vários postos udométricos de altitude, ali instalados pela Divisão de Hidráulica da Secretaria Regional do Equipamento Social. Ressalve-se no entanto que os registos em causa se reportam a um curto espaço de não mais de 14 anos para além de se referirem apenas a valores de queda pluviométrica.

Os postos udométricos são três: um deles, o posto udográfico da Lomba, localiza-se a 580 metros de altitude, no interior da caldeira, na margem da lagoa e poucos metros acima do nível médio das águas desta; um outro, o chamado de Fogo II, situa-se sobre o rebordo superior sul da parede da caldeira, a

779 metros de altitude; finalmente, o terceiro e denominado de Fogo III, está a 887 metros de altitude na vertente sudeste do maciço e a cerca de 1 500 metros do limite da caldeira. O primeiro de entre eles conhece registos regulares a partir do ano de 1974, enquanto que os dois últimos os conhecem a partir de 1968.

Com base nos valores disponíveis elaborámos gráficos pluviométricos para os três postos, seleccionando em cada caso, anos de máxima e mínima queda pluviométrica no espaço de tempo de registo (figuras 7, 8 e 9). Da análise desses gráficos, várias conclusões de âmbito geral tirámos, como a seguir indicaremos:

a) a maneira como as chuvas se distribuem durante o ano, é aqui semelhante ao regime que vigora, em todo o Arquipélago, à beira mar; assim, os valores pluviométricos mensais definem duas estações anuais claramente distintas: uma, menos húmida, que se desenha desde o fim da Primavera até meados do Outono e outra, francamente mais húmida, que se estende desde meados do Outono até fins da Primavera;

b) a estação menos húmida não pode ser tomada como seca uma vez que, ao longo de todos os meses que a compõem, se registam acontecimentos pluviométricos;

c) o factor altitude tem influência determinante na variação do valor da pluviosidade, levando a que no posto do Fogo III (887 metros) o máximo anual de precipitação registado (4 768 milímetros em 1977) seja mais do quádruplo dos valores máximos anuais registados, no mesmo espaço de tempo, nas estações da beira mar de Santana (55 metros-costa norte) e de Afonso Chaves (36 metros-costa sul), como mostram as figuras 9 e 10.

O exame, na particularidade, dos dados disponíveis permitem a obtenção de uma imagem mais completa, embora que ainda deficiente, dos regimes pluviométricos que vigoram no interior e na área circunvizinha da caldeira.

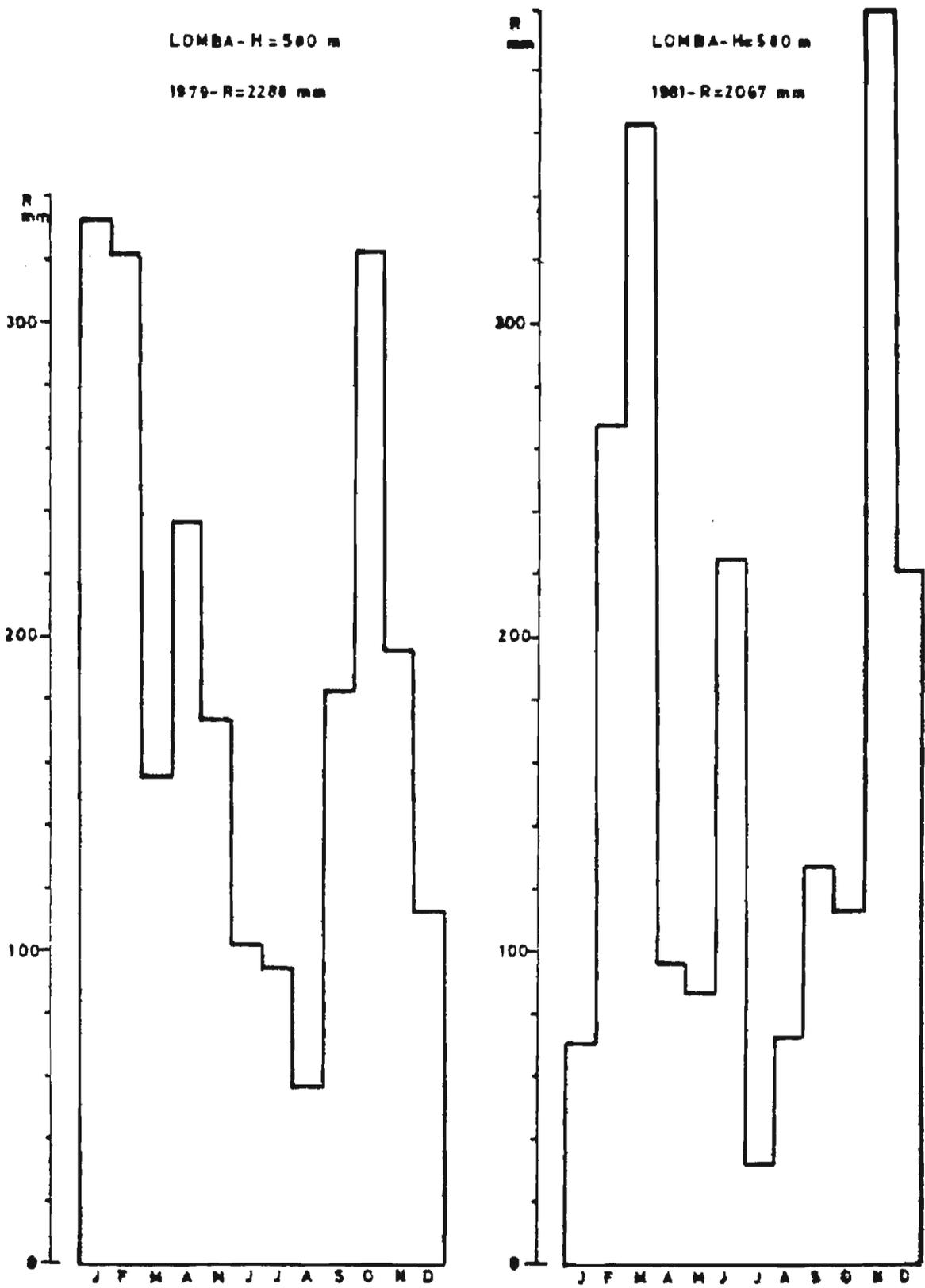
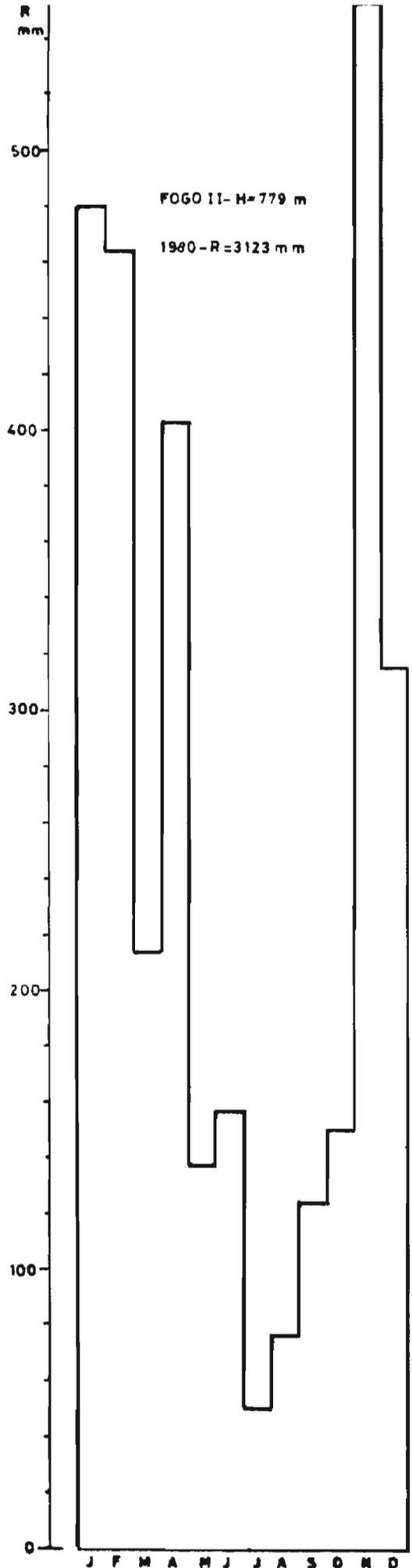
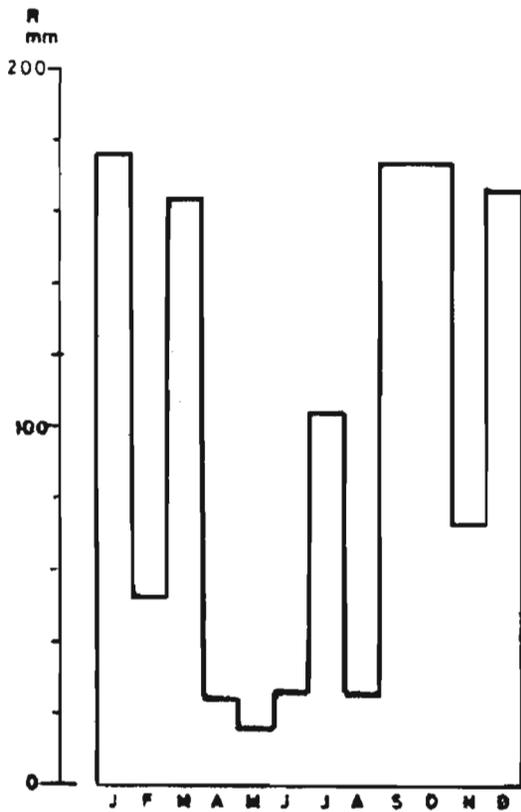


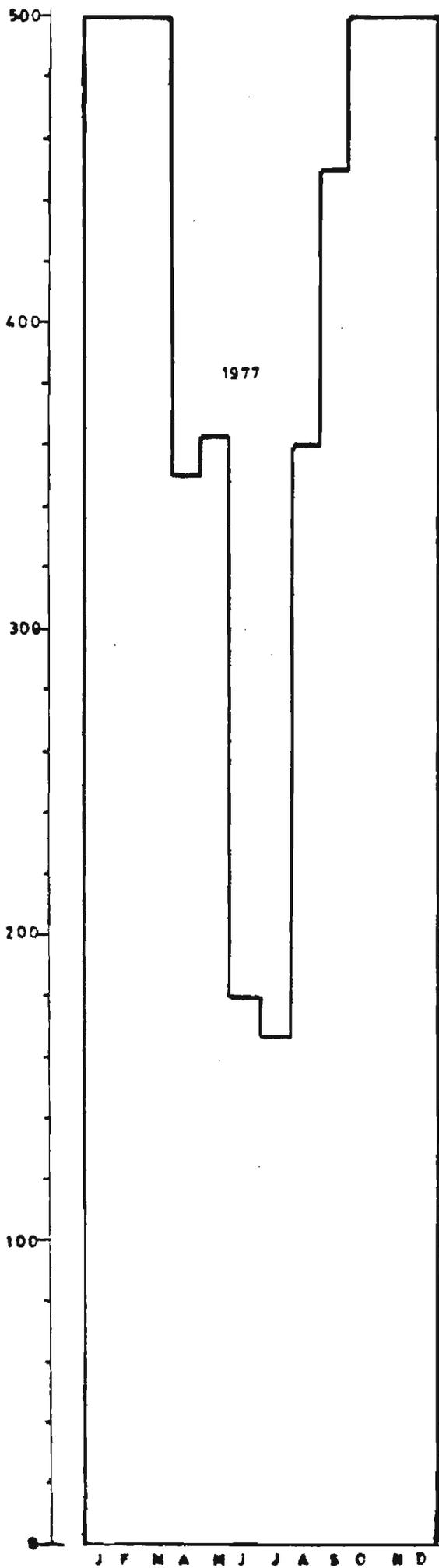
FIGURA 7 - GRÁFICOS PLUVIOMÉTRICOS PARA O POSTO DA LOMBA (1979 E 1981)

FOGO II-H=779 m

1972-R = 1176 mm

FIGURA 8 - GRÁFICOS PLUVIOMÉTRICOS PARA O POSTO FOGO II (1972 E 1980)





PO60 III H=687 m

1977 - R=4.768 mm

1982 - R=2.550 mm

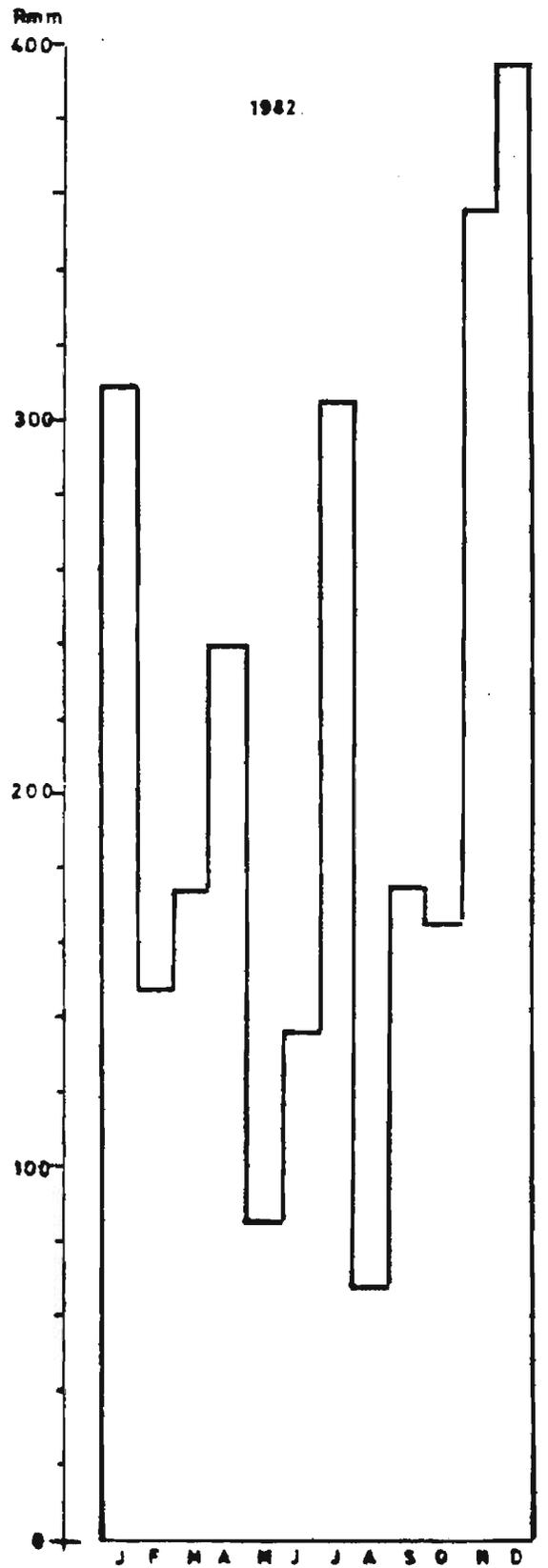


FIGURA 9 - GRÁFICOS FLUVIOMÉTRICOS PARA O POSTO PO60 III (1977 E 1982)

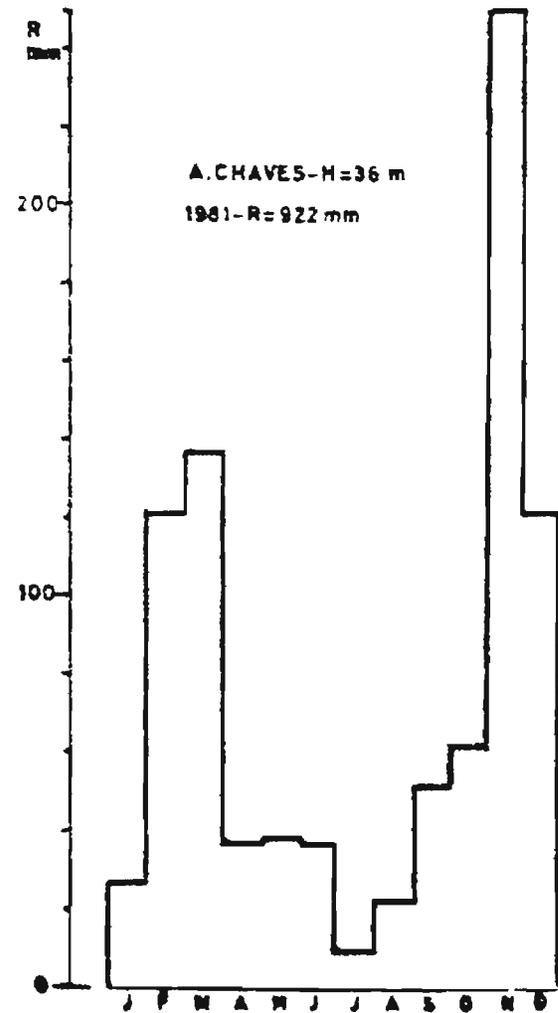
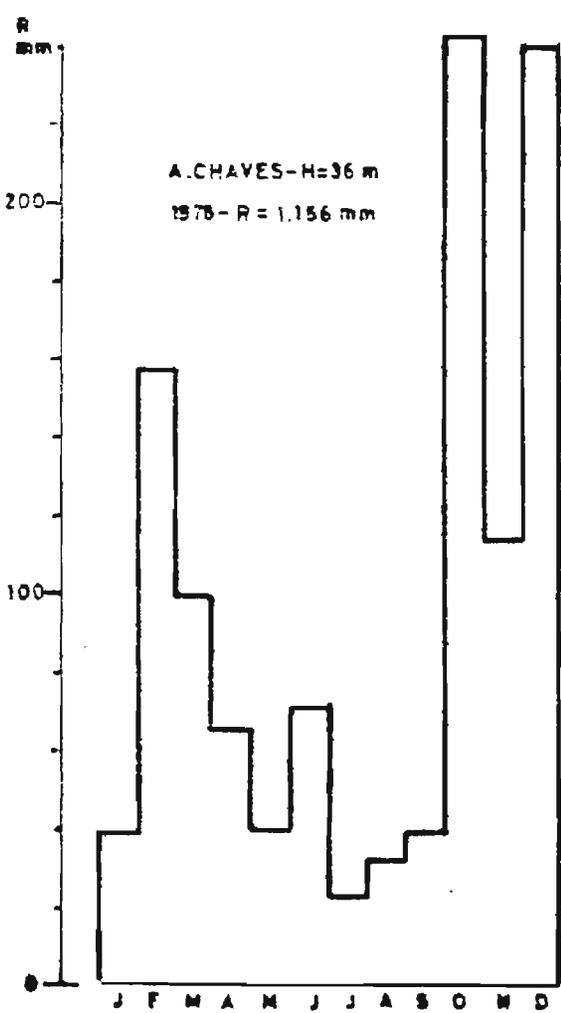
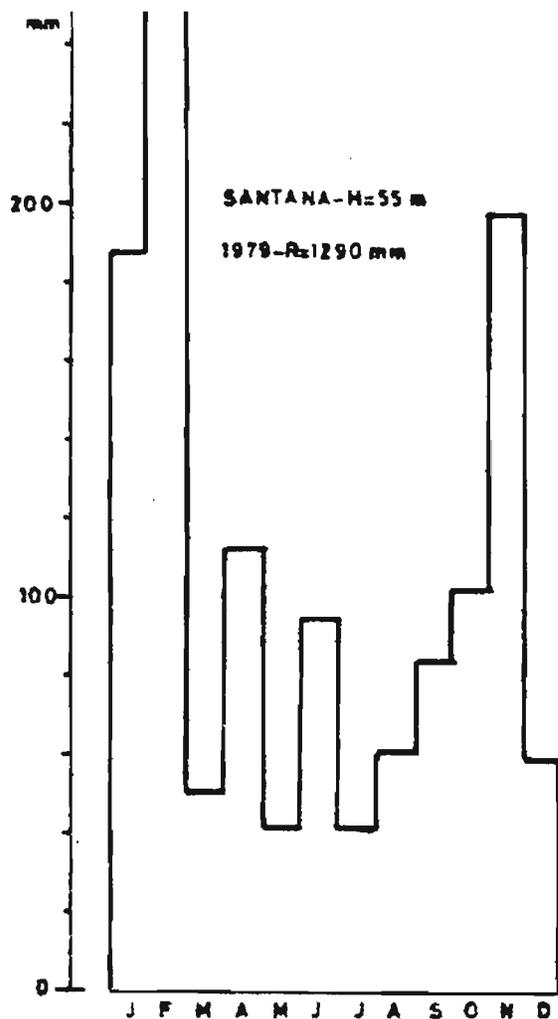
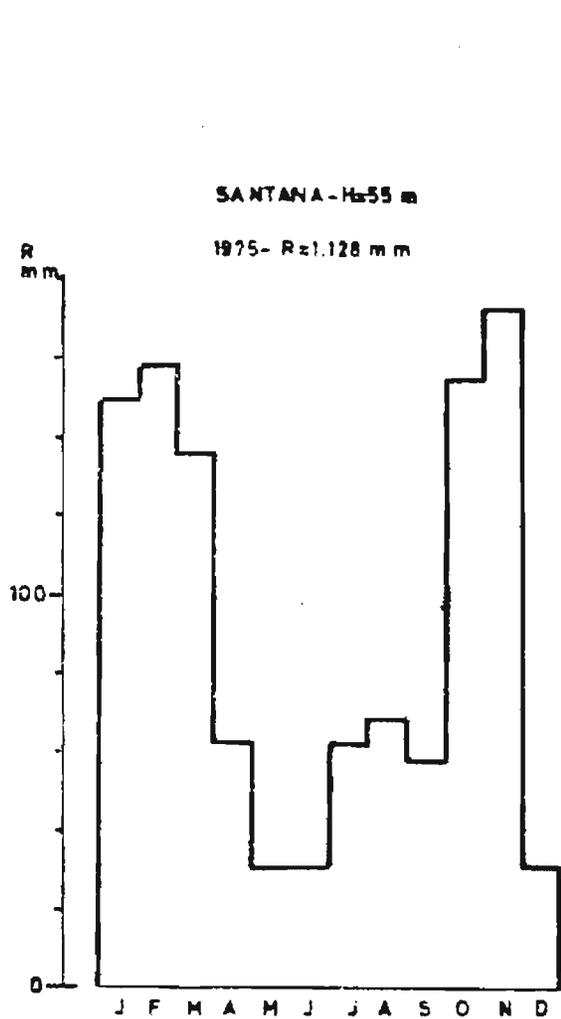


FIGURA 10 - GRÁFICOS PLUVIOMÉTRICOS PARA AS ESTAÇÕES DE SANTANA (1975 E 1979) E DE AFONSO CHAVES (1978 E 1981)

Os valores fornecidos pelos postos udográfico da Lomba são os menos significativos de entre todos, vista a sua localização praticamente à cota do nível das águas da Lagoa. Da do este facto, a queda pluviométrica registada à altitude do udografo não traduz aquela verificada sobre as vertentes interiores da caldeira, que se desenvolvem daí para cima. No entanto, sendo ele o único posto com registos diários de valores, presta significativa ajuda no prognóstico das intensidades e frequências diárias de precipitação nas áreas mais elevadas do aparelho.

No período de tempo compreendido entre 1974 e 1983, registaram-se naquele posto, um número máximo anual de 286 dias com precipitação (1975) e um número mínimo anual de 245 dias. No primeiro caso houve 107 dias com precipitação inferior a 1 milímetro, 116 dias com precipitação de valor compreendido entre 1 milímetro e 10 milímetros e 63 dias com precipitação de valor superior a 10 milímetros, totais que, na globalidade, significam registos de queda pluviométrica em cerca de 80% dos dias do ano. Acusando os outros dois postos totais pluviométricos anuais bastante mais elevados, é de admitir que o aumento de altitude conduza não só a precipitações diárias mais intensas como também mais frequentes.

Os gráficos das figuras 8 e 9 mostram-nos a distribuição mensal dos valores de precipitação nos postos Fogo II e Fogo III. O primeiro deles acusa um valor total mínimo anual de 1 176 milímetros em 1972 (1 331 milímetros de Outubro de 1971 a Setembro de 1972 e 1 306 milímetros de Outubro de 1972 a Setembro de 1973) e um total máximo anual de 3 123 milímetros, em 1980. O posto do Fogo III, localizado 106 metros acima, regista um valor mínimo anual de 2 550 milímetros em 1982 e um valor máximo de 4 768 milímetros em 1977, evidenciando assim a forma como interfere, neste capítulo, o factor altitude. Assinale-se entretanto o facto, aparentemente estranho, de os dois postos em foco, embora localizados na costa sul e separados apenas por

uma distância horizontal de 1 350 metros, denunciarem uma disparidade evidente na forma como se distribuem, no tempo, o registos dos valores pluviométricos extremos. De facto, no ano em que o posto do Fogo II acusou um valor mínimo pluviométrico (1972-1 116 milímetros) o do Fogo III registou um dos seus valores máximos (4 220 milímetros) enquanto que, em contrapartida, o ano em que o posto do Fogo II acusa o valor máximo de registo (1980-3 123 milímetros) constitui um dos quatro exemplos em que o Fogo III regista valor pluviométrico anual inferior a 3 000 milímetros (2 575mm).

Em forma de resumo conclusivo e tendo em conta que interpretarmos apenas valores de pluviosidade na vertente sul, podemos sintetizar o regime pluviométrico no terço cimeiro do maciço de Água de Pau nos seguintes termos:

- 1 - ali são registados sempre elevados valores de precipitação anual que aumentam progressiva e significativamente com a altitude. Assim, no posto Fogo III estes valores ultrapassam com frequência a cifra dos 4 200 milímetros (50% dos anos em que houve registo);
- 2 - ao longo do ano não se conhecem meses sem ocorrência de queda pluviométrica. A época mais chuvosa do ano é o Inverno, chegando o posto Fogo III a conhecer valores de pluviosidade mensal que se aproximam dos valores anuais à beira mar (Janeiro de 1970-894,9mm);
- 3 - mostra-nos a experiência que durante três quartas partes do ano, o terço cimeiro do maciço se esconde, quase permanentemente sob um espesso manto de nuvens; nestes períodos, não só a evaporação da água do solo não se processa como este é ainda enriquecido, no conteúdo hídrico dos seus níveis mais superficiais, pela intensa de-

posição de água das nuvens; nestas condições a capacidade de retenção superficial do solo fica extraordinariamente diminuída e criam-se situações favoráveis à escorrência superficial, que se processará fácil, desde que ocorra precipitação.

5. Características litológicas e estruturais da caldeira do Fogo

Pelo que expusemos anteriormente, é lícito concluir que o maciço de Água de Pau é constituído quase essencialmente por materiais traquíticos alcalinos, emitidos por uma cratera central. Numa fase recente de actividade vulcânica, as erupções acontecidas na parte cimeira do aparelho foram predominantemente explosivas, resultando delas a abertura da caldeira do Fogo e a deposição, sobre as lavas traquíticas mais antigas, de mantos de materiais piroclásticos também de natureza traquítica.

A caldeira do Fogo é a mais jovem e a mais pequena das que existem na ilha de São Miguel e a sua origem está relacionada com violenta erupção pliniana acontecida no topo do maciço de Água de Pau aqui há cerca de 4 550 anos. Após este evento eruptivo, vários outros se verificaram nas proximidades ou no interior da depressão, dos quais resultaram depósitos mais ou menos espessos que, fossilizando as paredes da caldeira ou atulhando-a parcialmente, alteraram significativamente a sua fisionomia primitiva.

Hoje a caldeira tem como dimensões maiores cerca de 3 500 metros, medidos de noroeste para sudeste, por cerca de 2 500 metros, medidos de norte para sul e está parcialmente preenchida

por um lago cuja profundidade máxima ronda os 30 metros. No formato, ela é extraordinariamente irregular e está limitada por arcos escarpados distintos que parecem resultarem de sucessivas fases de subsidência e ou de explosão.

A escarpa aparece claramente definida na metade norte da caldeira onde ela não consegue ser disfarçada pela espessura de material pomítico de projecção acumulado nas mais recentes erupções (figuras 11-A e 12). Ali, ela constitui um vigoroso paredão sub-vertical cujo rebordo superior se desenha uniformemente por altitudes compreendidas entre os 700 750 metros. Os afloramentos de rocha são muito raros e circunscritos a áreas quase inexpressivas. Na extremidade norte da caldeira, a erupção pliniana de 1563 edificou um cone de escórias pomíticas com cerca de 160 metros de altura, encaixado numa bolsa em forma de ansa que poderá ter sido aberta, na anterior parede da caldeira, pela violência explosiva daquele acontecimento eruptivo (figuras 11-A e 12).

A vertente da metade sul da caldeira é bem distinta da anteriormente referida, quer na fisionomia, quer na estrutura. A oeste, ela é muito elevada, definida como está no flanco leste do Pico da Barrosa, um possível domo traquítico que culmina a 949 metros de altitude (figura 11-B). A vertente inclina-se fortemente para o interior da depressão acusando um desnível superior a 300 metros, mas não apresenta, no entanto, indícios claros de haver evoluído a partir de uma escarpa de abatimento. Assim, é de admitir estarmos em presença de uma forma dômica herdada do passado e talvez contemporânea da formação de uma primeira e mais vasta caldeira, acontecida há entre 86 000 e 74 000 anos. Nesta vertente, o traquítico aflora de forma quase contínua em toda a extensão da sua metade inferior, constituindo abruptos alcantilados que contactam directamente a superfície do lago. A metade superior cobre-se de depósitos de pedra pomes já muito alterada, bastante menos espessos que os referidos para a vertente norte da caldeira, onde ou na proximidade da qual se localizaram preferencialmente as mais recen-

tes erupções plinianas.

Para oriente, no sopé do domo da Barrosa e no centro-sul da Lagoa do Fogo vamos encontrar o troço menos elevado das paredes da caldeira, que aqui não ultrapassa os 600 metros de altitude. Neste local, um quase alti-plano, separado da superfície das águas do lago por um pequeno desnível de três metros, constitui uma reduzida bacia hidrográfica onde a confluência de uma rede organizada de ravinas está na origem da ribeira da Praia (figura 12). Aqui também, o sub-estrato traquítico, certamente muito diaclasado, permite a drenagem, por infiltração, das águas do lago, levando ao aparecimento, no flanco exterior sul da caldeira, de algumas ressurgências que explicam o carácter de permanência da escorrência na ribeira da Praia. De entre estas, torna-se notada, pela importância do caudal, a nascente hertziana localizada na margem ocidental da dita ribeira, 50 metros abaixo do nível das águas da Lagoa do Fogo.

Deste local para leste, a parede sul da caldeira desenha-se em traçado quase rectilíneo, tornando-se progressivamente mais elevada, até atingir cotas vizinhas dos 700 metros. Em simultâneo o escarpado interior passa a adquirir vigor sub-vertical próprio de uma estrutura de colapso. Como mostram as figuras 11-B e 12, os afloramentos de rocha traquítica voltam a acontecer em grandes extensões da vertente, nomeadamente no campo sudeste da caldeira, onde eles contribuem para a acentuação do vigor do alcantilado. Daqui foram retiradas duas amostras que, tratadas pelo método do Potássio-Argon, permitiram atribuir às formações traquíticas locais idades de 74 000 anos e 34 000 anos (Aqwater, 1982), datações essas que nos levam a admitir algumas delas como formações herdadas do passado e relacionadas com estruturas de subsidência da caldeira mais antiga, à qual já fizemos referência.

6. As formas do relevo

6.1 - Generalidades

É sabido que, na maneira como evoluem, as formas do relevo são fortemente condicionadas por factores de ordem variada tais como, o clima, a litologia, a estrutura (tomada aqui como arquitectura do relevo) e o tempo (duração).

O factor clima foi referido, com o pormenor possível e apenas no domínio em que ele se relaciona com a precipitação (intensidade e frequência). Os factores litologia, estrutura e tempo foram também alvos de análise com o pormenor julgado necessário. Dessa análise, ressalta, como evidente, um dualismo possível de definir na caldeira do Fogo, quando olhadas as formações que constituem as suas vertentes nos aspectos etário, litológico e genético. Assim, em conformidade com este ponto de vista, distinguimos no perímetro que delimita a depressão duas classes de vertentes. Uma, a que margina a metade norte da caldeira, é herdada de estruturas de subsidência e de explosão e aparece esculpida em formações muito jovens, algumas das quais históricas, constituídas de depósitos espessos e pouco consolidados de materiais de projecção extremamente leves (pedra pomes, areias e cinzas): outra, aquela que circunscreve a caldeira na sua metade austral, é também parcialmente definida em estruturas de colapso; no entanto, as formações aflorantes na maior parte da sua extensão são bastante mais antigas e constituem-se de espessos e compactos mantos de rocha traquítica resultante da solidificação de lavas de escorrências e de domos.

6.2 - As formas do relevo nas vertentes de rocha traquítica

Na vertente da metade sul da caldeira as formas do

relevo são pouco diversificadas. Elas foram talhadas na rocha dura do domo do Pico da Barrosa e das escorrências lávicas do terço leste da depressão. Em ambos os casos, a inclinação das vertentes é muito acentuada obrigando a escorrência rápida das águas caídas em abundantes precipitações. Estas arrastaram facilmente, nos locais mais declivosos, a cobertura pomítica formada no decorrer das últimas erupções plinianas, pondo a nú a rocha subjacente (figuras 11-B e 12).

Na generalidade, aqui o desgaste deve-se essencialmente às acções mecânicas. As escarpas constituem-se de blocos prismáticos denunciadores da tendência para a disjunção paralelipipédica do traquito: o diaclasamento da rocha é assim frequente, levando à individualização de blocos (alguns de grandes dimensões) que, caídos por acção gravítica, podem construir depósitos de sopé que passam a jazer semi-mergulhados nas águas da lagoa.

No campo sudeste da caldeira o diaclasamento da rocha foi intensamente explorado pela escorrência superficial. Aqui, a vertente do Pico da Barrosa eleva-se em mais de 250 metros e inclina-se fortemente para o interior da depressão: nestas condições de declive e permeabilidade, a escorrência superficial torna-se muito veloz e as águas, arrastando blocos de menores dimensões, individualizados por disjunção, exploram as diaclases mais abertas. Deste intenso trabalho abrasivo resultou a abertura de profundas ravinas que cortam a vertente rochosa no sentido do maior declive, separadas por interflúvios estreitos e elevados que tomam, às vezes, forma de crista (figura 12). Na boca de algumas destas ravinas, o material abrasivo arrastado construiu caóticos cones de dejecção de blocos ainda semi-angulosos que mergulham, em plano inclinado, nas águas do lago. Noutras, o material transportado é derramado directamente na lagoa.

No Leste da caldeira, o diaclasamento da rocha aflorante é menos intenso. Ali, a vertente parece ter evoluído directamente a partir de uma falha de abatimento, pelo que a sua

inclinação se aproxima da verticalidade. Ela é menos elevada que a anteriormente referida, pois não apresenta desníveis superiores a 100 metros, mas tem o aspecto de um vigoroso paredão rochoso sub-vertical que mergulha directamente nas águas da lagoa.

6.3 - As formas do relevo nas vertentes de piróclastos pomíticos

Na vertente da metade norte da caldeira as formas do relevo apresentam uma diversidade bastante maior, talhadas como foram em formações com características litológicas e estruturais distintas das do Pico da Barrosa.

Como referimos em páginas anteriores, nos últimos 5 000 anos, vários acontecimentos vulcânicos de características plinianas, sediados preferencialmente a norte do local da Lagoa do Fogo, ejectaram um volume considerável de clastos pomíticos que passaram a constituir espessos depósitos de cobertura na metade setentrional da caldeira. Os depósitos em foco são formados essencialmente de pedra pomes, areias finas e cinzas e, porque originados por acumulação de materiais expulsos em episódios eruptivos distintos e bem individualizados no tempo, dispõem-se no terreno mostrando grande irregularidade estratigráfica pois neles se intercalam níveis de granulosidade, compactidade e espessura heterogêneas. Assim, leitos espessos e mal compactados de pedra pomes alternam com outros de areias pomíticas e ou com outros ainda de material tufáceo muito fino, menos espessos mas mais compactos. Dispersos no seio desses níveis existem também blocos xenolíticos de traquito, arrancados certamente às paredes das chaminés no decorrer das erupções explosivas.

Todos estes materiais de projecção são de natureza

traquítica e, por tal razão, acusam, na composição química ponderal, evidente predomínio precentual de sílica (mais de 60% de SiO_2) e de alumínio (mais de 15% de AlO_3): eles dispõem-se em formações espessas mas extremamente permeáveis, cujos níveis superficiais se mostram permanentemente humedecidos pelas chuvas abundantes e quase regularmente distribuídas ao longo do ano. Nestas condições evoluem muito rapidamente dando origem a solos silico-aluminosos hidratados (solos alofânicos) compactos e impermeáveis.

Atendendo ao exposto, facilmente se compreende que, aqui, a escorrência superficial mostra forte propensão para a concentração e, por tal, para o encaixe linear. Assim, a hierarquisação do escoamento foi extraordinariamente facilitada pela natureza dos materiais de cobertura e seu modo de jazida, levando a que o relevo local evoluísse muito rapidamente e adquirisse o aspecto ruiniforme que hoje apresenta.

Na particularidade e tendo em conta as reduzidas dimensões espaciais do local em estudo, nele podemos destacar, com nitidez, as três unidades que coexistem numa fase média da linha geral de evolução do relevo à escala de um conjunto mais vasto.

A montante, individualiza-se a primeira unidade, uma área de dissecação do relevo, que coincide com as paredes no roeste, norte e nordeste da caldeira (figura 12). Ali, o gradiente altimétrico é elevado, facto que facilita o forte encaixe linear dos numerosos cursos de água torrenciais que, temporária mas regularmente enriquecidos na capacidade de carga, procedem à exportação de material desta para as outras áreas. Dada a natureza dos depósitos de cobertura, os detritos a transportar são facilmente mobilizáveis: por outro lado, são também frequentes os movimentos de conjunto de grandes massas componentes do solo, pelo que, se processa muito rapidamente o recuo das cabeceiras das ribeiras. Assim, nos locais despídos de vegetação (particularmente no centro-norte da caldeira), as ravinas suce-

dem-se profundas e separadas por interflúvios em forma de cristas que, no conjunto, representam uma multiplicação de longos e estirados espigões prismáticos que, em sucessão contínua, cortam toda a extensão da vertente no sentido do maior declive.

A unidade seguinte é a área intermédia de acumulação aluvionar. Ela estende-se em arco muito aberto circundando a Lagoa do Fogo a nor-noroeste, norte e nordeste e separa-se da área de dissecação por uma brusca ruptura de declive, possível de se desenhada com nitidez ao longo da base da parede da caldeira (figura 12). No seu aspecto global esta área é uma pequena planície quase perfeita, ligeiramente inclinada no sentido da lagoa e ocupada por um prado hidromorfo. Os aluviões são essencialmente de natureza pomítica, de granulometria muito heterogênea, razoavelmente compactados e compostos por calhaus rolados de pedra pomos, areão pomítico, finas areias também pomíticas e cinzas.

Na extremidade oeste da superfície plana existe um pequeno lago (225 m x 125 m) subsidiário da Lagoa do Fogo, reminiscência possível de uma lagoa mais vasta que outrora ocuparia todo o fundo da caldeira. O lago é alimentado por águas de escorrência superficial mas também e principalmente, por águas de infiltração que, através de um lençol freático detectado a dois metros abaixo da superfície do solo, estabelece um sistema de sifão entre o lago e a lagoa principal.

Imediatamente a nordeste do pequeno lago abre-se um amplo e profundo vale que se estende em arco perfeito para leste, encaixado entre a parede da caldeira e a semi-vertente norte do cone de escórias pomíticas edificado pela erupção pliniana de 1563 (figuras 11-A e 12). Nesta pequena bacia de recepção, instalou-se uma reduzida rede organizada de ribeiras semi-permanentes que, descendo as vertentes, coalescem para, já fora do vale, correrem num estreito e pouco profundo leito de fundo plano para a Lagoa do Fogo. À boca do vale, a escorrência torrencial construiu um bonito cone de dejecção que atesta a pro-

veniência dos aluviões que se acumularam na extremidade oeste da planície e que acabarão por atulhar completamente o pequeno lago.

Como mostra a figura 12, mais a leste, no centro norte aproximado da caldeira, existe um outro cone de dejectão. A nitidez com que ele se destaca no terreno, a perfeição das suas formas e a maneira quase didáctica como ele está inserido no sistema que lhe deu origem, tornam-no espectacular e convidam-nos a uma referência mais detalhada ao conjunto.

O cone foi construído à boca de um estreito e curto vale do tipo canhão, aberto na parede da caldeira. Quase sem reserva podemos afirmar que o vale resultou da exploração, por águas de escorrência, de uma fractura radial alargada que afectava a parede da caldeira e que, posteriormente, foi completamente colmatada pela deposição de pedra pomes proveniente de erupções muito recentes, entre elas a de 1563. Naturalmente, a escorrência já se processava na fractura antes do seu enchimento pela imposição dos recentes depósitos. Imediatamente a montante abria-se uma pequena bacia de recepção em forma de anfiteatro, de vertentes muito inclinadas; ela terá sido também total ou parcialmente preenchida por materiais de cobertura. À saída da fractura, o nível médio das águas da lagoa determinava o nível de base local.

A magnitude da erupção de 1563 e a proximidade da boca eruptiva permite admitir ter acontecido o enchimento da fractura em quase toda a sua altura. O material pomítico muito leve e rapidamente acumulado foi facilmente transportado pela escorrência concentrada que se encaixou fortemente no depósito pouco compactado, cavando um canhão de três metros de largura, por 100 metros de comprimento e de paredes perfeitamente verticais que se elevam a mais de 30 metros de altura. No talvegue plano do canhão aflora a rocha traquítica mais antiga. Sucessivas rupturas de declive no leito de escorrência originaram outras tantas cascatas que o obrigam a elevar-se acentuadamente e em esca

daria para montante. Nestes locais, o polimento das rochas do leito é muito intenso, fazendo admitir que a escorrência se processa ali há muito tempo e que possa ter conhecido carácter permanente.

A boca do canhão serviu de ponto de distribuição dos materiais transportados. A partir daqui, as águas torrenciais, perdendo rapidamente velocidade, depositaram o material pomítico transportado dando origem à formação de um cone de dejecção em forma de leque aberto que ultrapassou a margem da lagoa.

Na actualidade a superfície do cone mostra-se coberta por um "mato" denso mas rasteiro de urze que atesta a ausência de deposição de material nos tempos mais recentes. A escorrência torrencial, condicionada pela ocorrência de chuvas, continua a processar-se no talvegue do canhão e sobre a superfície do cone de dejecção. Aqui, as águas talharam um leito estreito, meandrizado, de fundo plano e pouco profundo, nas margens abruptas do qual podemos apreciar a selecção, na calibragem, do material transportado, feita de montante para juzante. Este, compõe-se quase essencialmente de pedra pomes rolada e de variado calibre: no entanto, para montante, encontramos também alguns blocos razoavelmente rolados de rocha traquítica, arrancados certamente ao leito da ribeira no interior do canhão.

No canto nordeste da caldeira a planície de aluviões torna-se mais estreita e termina bruscamente contra a parede traquítica que margina a caldeira a oriente. Ali dois enormes blocos que aparentam ser formados essencialmente por pedra pomes, muito ravinados e encimados por cristas, aparecem destacados da parede da caldeira, na qual aflora a rocha traquítica. Dado não parecerem ser dois cones de escórias, é possível olhá-los como massas individualizadas que, por deslizamento conjunto, descolaram da parede da caldeira que anteriormente haviam fossilizado.

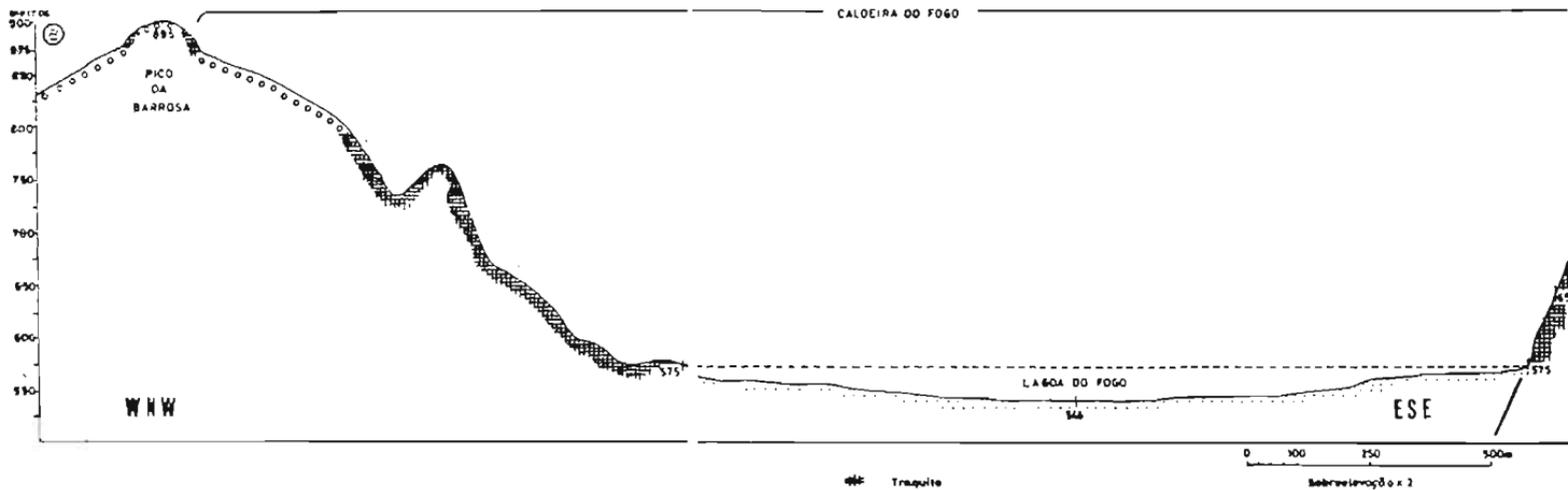
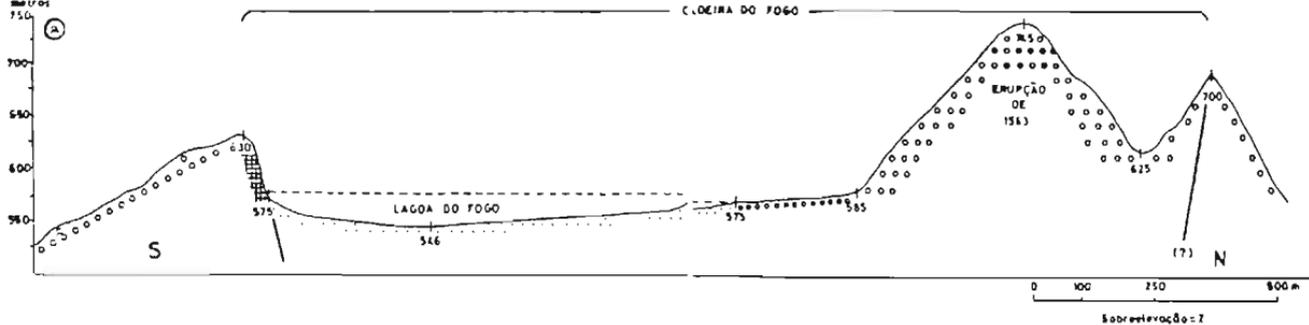
Finalmente, a terceira unidade deste sistema é a Lagoa do Fogo. A sua existência está directamente ligada à pre-

cipitação e à afluência das águas de escorrência superficial na bacia endorreica limitada pelas paredes interiores da caldeira. A lagoa tem 1 800 metros medidos na direcção oeste-leste por 940 metros de extensão na direcção norte-sul, por cerca de 30 metros de profundidade máxima. O seu fundo está impermeabilizado por cimento argiloso derivado da alteração do material pomítico: sendo ela a bacia de recepção final dos detritos arrastados pela escorrência endorreica, acabará irremediavelmente por ser também por eles colmatada.

A superfície das águas da lagoa define o nível de base local. Este conhece oscilações estacionais que atingem mais de um metro de amplitude e que aparecem marcadas na praia de areão pomítico que cerca a lagoa, a norte e a nordeste, por pequenos níveis de abrasão. Como é natural, o nível mais elevado das águas coincide com o início da Primavera.

7. Discussão e conclusões

A área em estudo é uma caldeira de abatimento recente (cerca de 5 000 anos), de formato irregular e com cerca de 3 500 por 2 500 metros de dimensões horizontais máximas. O ponto culminante da parede da caldeira é o topo do Pico da Barrosa (949 metros acima do nível do mar) que acusa um desnível de 374 metros em relação ao chão da depressão. Na ilha de São Miguel, a essas altitudes, o valor da precipitação anual é muito elevado, chegando a quadruplicar os registados à beira mar: as chuvas são abundantes e distribuem-se ao longo de todo o ano embora com maior incidência nos finais do Outono, no decorrer do Inverno e no início da Primavera. A humidade do ar é também e sempre muito elevada. Devido a ela, o terço cimeiro do maciço



PIDRARI11 - PERFIS GEOMORFOLÓGICOS DA CALDEIRA DO FOGO

A - DE SSW PARA NORTE

B - DE DES-NOROESTE PARA ES-SUDESTE

- Traquete
- o Pedra pomal
- Depósito (granítico) de praia
- Depósito lacustre
- ▨ Pedra de pavimento da caldeira



FIGURA 12 - ESBOÇO GEOMORFOLÓGICO DA CALDEIRA DO VULCÃO DE ÁGUA DE PAU

de Água de Pau esconde-se frequentemente sob um espesso manto de nuvens que, não ocasionando chuvas, contribuem no entanto, e de forma eficaz, para que os níveis superficiais do solo se mantenham permanentemente muito enriquecidos no conteúdo hídrico. A existência de uma depressão fechada, embora que no cume de um maciço, e de chuvas abundantes são condições que quase bastam para que aconteça uma farta escorrência superficial endorreica.

No interior da caldeira coexistem formações rochosas distintas na litologia, no modo de jazida e na idade. Uma são resultantes da solidificação de lavas traquíticas ejectadas em episódios efusivos acontecidos há várias dezenas de milhares de anos; outras devem-se à acumulação de clastos traquíticos (pedra pomes, areias e cinzas) expulsos violentamente no decorrer de vários episódios plinianos acontecidos muito recentemente (cinco nos últimos cinco mil anos); ambas são parcialmente afectadas por estruturas de colapso que estão na origem da formação da caldeira.

No primeiro caso, a rocha compacta aflora em grandes extensões, no flanco do domo do Pico da Barrosa (sudoeste da caldeira) ou ao longo das escarpas de falha que limitam a caldeira a sudeste, constituindo vertentes muito declivosas ou mesmo sub-verticais. Dada a impermeabilidade da rocha no acentuado gradiente altimétrico, a escorrência superficial é violenta mas de carácter torrencial, uma vez que condicionada pela ocorrência de chuvas. Nestas condições, a importância da alteração química, como requisito na formação de detritos finos facilmente mobilizáveis, é minimizada, pese embora os elevados valores da humidade atmosférica. Assim, o essencial do trabalho erosivo sobre as vertentes fica a dever-se à acção mecânica das águas de escorrência que, arrastando blocos individualizados por disjunção, levam a cabo um intenso desgaste abrasivo das paredes das diaclases mais largas existentes na massa rochosa. Em conformidade com este conjunto de acções, as vertentes mostram

-se sulcadas por profundas ravinas nos locais menos declivosos mas mantêm o vigor da sub-verticalidade nas escarpas de falha.

No segundo caso as formações são espessas e constituídas por mantos alternados de piroclastos traquíticos jovens e de granulometria diversa. O depósito mais superficial foi formado no decorrer da erupção pliniana de 1563 e contém níveis espessos de pedra pomes que aumenta de calibre com a proximidade da boca eruptiva.

A pedra pomes é uma rocha rica em sílica (+ de 60% de SiO_2) e em alumínio (+ de 15% de AlO_3). Ela é extremamente leve, porosa e acumula-se em mantos pouco compactos e muito permeáveis. Atendendo às características de espessura, compactidade e permeabilidade destes depósitos, eles tem, quando muito recentes, enorme capacidade de absorção de água pelo que, sobre eles, a escorrência superficial não se processa ou fá-lo com grande dificuldade durante episódios de fortes chuvadas. Nestas condições de escorrência, o desgaste do solo é nulo, mesmo quando este é razoavelmente declivoso e se encontra despido de cobertura vegetal.

A razão pela qual este tipo de solo passa a ficar sujeito a acções de desgaste acelerado reside na facilidade em como, sob determinadas condições de clima, eles se alteram quimicamente dando origem a argilas. Como fizemos referência, nas áreas mais elevadas do maciço de Água de Pau, a precipitação conhece valores elevados durante todo o ano e a evaporação é reduzida: assim, os níveis superficiais do solo mantêm-se permanentemente humedecidos e as soluções em contacto com o material em alteração são constantemente renovadas. Nestas condições de clima, os solos pomíticos, mesmo que muito recentes, evoluem muito rapidamente dando origem a alofanos, argilas amorfas silico-aluminosas hidratadas.

A partir da altura da formação de alofanos nos horizontes superficiais, as condições de escorrência conhecem uma

alteração radical. Com o solo tornado impermeável, a capacidade de retenção de água passa a ser nula e a totalidade daquela derivada da precipitação escorrerá à superfície. Ficam deste modo criadas condições ótimas para um escoamento superficial organizado com forte tendência para o encaixe linear e, dali para diante, o relevo passará a evoluir muito rapidamente. A escorrência concentrar-se-á em ravinas cada vez mais profundas e as águas, correndo rápidas nos talwegues, arratarão com facilidade os componentes pomíticos muito leves e mal soldados das camadas sub-jacentes.

Em modo de conclusão, julgamos poder olhar a caldeira do Fogo como uma unidade previligiada para a condução de estudos que visem a descrição das formas e a compreensão da maneira como se conjugam e se interaccionam os diversos factores ligados à génese e à evolução do modelado vulcânico no Arquipélago.

As dimensões da caldeira, não sendo exíguas, permitem que ela seja abarcada na totalidade por um observador colocado num dos pontos mais elevados da sua periferia. Nela coexistem formações extremamente recentes, edificadas em curto espaço de tempo em fases de vulcanismo explosivo em contraste com outras mais antigas e devidas a um vulcanismo que se expressou através de manifestações efusivas. Nela também, o tectovulcanismo se manifestou, marcando o relevo com formas de colapso e de fracturas.

Finalmente, as condições do clima, extremamente agravadas pela altitude, acentuam na caldeira, de maneira significativa, o dinamismo de todo o processo erosivo, permitindo pôr em evidência a acção diferencial da erosão (tomada aqui envolvendo o conjunto das acções de desgaste, transporte e deposição) ao actuar sobre formações distintas na génese, na idade,

na dureza e no modo de jazida.

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

= = = = =

- AQUATER, S. P. A., 1982 - *Feasibility study of geothermal power plant of Ribeira Grande - S. Miguel. I Step. Report. Anex A-Geological Survey*, S. Lorenzo in Campo, s. n. (fotocopiado).
- ASSUNÇÃO, C. Torre da, 1961 - *Estudo petrográfico da ilha de S. Miguel (Açores)*, comunicação dos Serviços Geológicos de Portugal, Part. 45.
- BOOTH, B., CROASDALE, R. e WALKER, G. L., 1978 - *A quantitative study of five thousand years of volcanism on São Miguel, Azores*, Philos. Trans. R. Soc., London, p. 231-319 (fotocopiado).
- BRITO, R. Soeiro de, 1955 - *A ilha de São Miguel. Estudo Geográfico*, Lisboa, Instituto de Alta Cultura, Centro de Estudos Geográficos.
- FURTADO, A. F. A. S., 1975 - *Os minerais argilosos de solos da ilha de S. Miguel (Açores)*, Sep. do vol. XXXV dos Anais do Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, p. 41-76.
- KRAUS, D. C. e WALKINS, N. D., 1970 - *North Atlantic crustal genesis in the vicinity of the Azores*, Geophys. Journal Research Astr. Soc., 19, p. 251-283 (fotocopiado).
- MACHADO, Frederico, 1973 - *Acid volcanoes of San Miguel, Azores*, Bull. Volcan., s. n., 36, p. 310-327 (fotocopiado).
- MARQUES, M. M. e MADEIRA, M. A. V., 1975 - *Aspectos gerais da defesa da paisagem na ilha de S. Miguel (Açores). 1 - O Maciço das Lagoas*, Separata do volume XXXV dos Anais do Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, p. 31-40.
- MARRINER, G. F. e NORRY, M. J., 1982 - *The petrology and geochemistry of the Água de Pau volcano, São Miguel, Azores*, Arqui

pêlago, Universidade dos Açores, 3, p. 159-173.

MARTINS, J. Ávila, 1982 - *Excursion Guide for field trip VI Island of São Miguel*, Symposium on the Activity of Oceanic volcanoes, Arquipêlago, Universidade dos Açores, 3, p. 315-328.

MOORE, Richard B., 1984 - *Late Quaternary stratovolcanoes of São Miguel, Azores*, U. S. Geological Survey, Hawaiian Volcano Observatory, Hawaii (fotocopiado).

MUECKE, G. K., ADE-HALL, J. M., AUMENTO, F., et. al., 1974 - *Deep Drilling in a active geothermal area in the Azores*, Nature, s. l., vol. 252, p. 281-284.

SALGUEIRO, Mário A. e ALMEIDA, M. H. M., 1984 - *Estudo litológico-estrutural da bacia da lagoa do Fogo*, Universidade dos Açores, Ponta Delgada.

STOREY, M., 1982 - *Petrogenesis of the recent trachytic pyroclastic succession of Água de Pau volcano (San Miguel, Azores)*, Com. Int Symp on the Activity of Oceanic Volcanoes, Arquipêlago, Universidade dos Açores, 3, p. 175-176.

WALKER, G. P. L. e CROASDALE, R., 1971 - *Two plinian-type eruptions in the Azores*, J. Geol. Soc., London, 127, p. 17-55.

ZBYSZEWSKI, G. et. al., 1958 - *Carta Geológica de Portugal na escala 1:50 000; Notícia Explicativa da folha B, S. Miguel (Açores)*, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

1959 - *Carta Geológica de Portugal, na escala 1:50 000; Notícia Explicativa da folha A, S. Miguel (Açores)*, Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.

ZBYSZEWSKI, G., 1961 - *Etudes geologique de l'ile de S. Miguel (Açores)*, Com. Serv. Geol. de Portugal, Lisboa, 45, p. 5-79 (fotocopiado).

BIBLIOGRAFIA CARTOGRÁFICA

Carta Geológica de Portugal - Ilha de São Miguel (Açores), folhas A e B.

E - 1:50 000

Serviços Geológicos, Lisboa, 1959 e 1958

Levantamento batimétrico da Lagoa do Fogo.

E - 1:5 000

Secretaria Regional do Equipamento Social, Divisão de Hidráulica, Ponta Delgada, s. d. (não publicado).

Planta topográfica da bacia da Ribeira da Praia.

E - 1:5 000

Empresa Insular de Electricidade, Ponta Delgada, 1970.

Volcano-tectonic Map (do maciço de Água de Pau)

E - 1:25 000

Secretaria Regional do Comércio e Indústria, Laboratório de Geociências e Tecnologia, Ponta Delgada, 1982 (não publicado).

Fotografia Aérea da Ilha de São Miguel

s/escala

Instituto Geográfico e Cadastral, Lisboa, s. d..