

GEOMORFOLOGIA.

O PLANALTO BASÁLTICO DA BACIA DO PARANÁ

FERNANDO F. M. DE ALMEIDA

Depois de estudar o relevo de "cuestas" na Bacia do Paraná (Boletim Paulista de Geografia, nº 3, outubro de 1949), volta agora sua atenção para o Planalto Basáltico dessa porção do continente sul-americano o prof. FERNANDO FLÁVIO MARQUES DE ALMEIDA, sócio efetivo da A.G.B., livre-docente de Geologia e Mineralogia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, professor de Geologia na Universidade Católica de São Paulo e geólogo do Departamento Nacional da Produção Mineral.

Trata-se de uma comunicação apresentada ao XVIII Congresso Internacional de Geografia reunido na cidade do Rio de Janeiro (agosto de 1956), que nosso Boletim tem a satisfação em publicar em absoluta primeira mão.

Introdução. — O planalto basáltico da bacia do Paraná é uma grande província fisiográfica com cerca de um milhão de quilômetros quadrados, estendendo-se em sua maior parte através do sul do Brasil e penetrando nas vizinhas repúblicas da Argentina, Paraguai e Uruguai. É, em seu gênero, o maior do mundo, tendo resultado de uma imperial inundação de lavas basálticas havida durante o triássico superior na principal bacia gonduânica do continente. Morfológicamente se apresenta como uma sucessão de grandes plataformas estruturais de relevo suavizado, inclinadas maiormente para seu interior, onde fluem os rios Paraná e Uruguai. Em seu setor norte as lavas acham-se parcialmente recobertas por sedimentos arenosos mesozóicos. Em sua terminação sul, drenada para o rio Uruguai, desaparecem sob mantos marinhos e continentais dos Pampas. Em quase toda sua periferia finda o planalto em elevadas escarpas, frentes de "cuestas" voltados para as bordas da grande bacia sedimentar.

Além de representar o planalto basáltico do Paraná uma das mais conspícuas feições do relevo sul-americano, é uma província fisiográfica que acolhe a maioria da cultura do café no Brasil, bem como apreciável porcentagem da população do sul do País.

Ainda em 1923 Charles Laurence Baker havia anunciado ser esse o maior planalto basáltico do mundo, quase ultrapassando em

área os do Deccan e Colúmbia juntos. Baker apresentou, nessa ocasião, um bom sumário das características estruturais e fisiográficas da província, sendo seu trabalho correntemente citado na literatura geológica internacional. Todavia, nos meios geomorfológicos, o planalto basáltico do Paraná só incidentalmente vem sendo referido, quando não totalmente ignorado, como em moderna obra sobre a morfologia das regiões vulcânicas, em que duas dezenas de páginas são dedicadas a êsse tipo de relêvo (C. A. Cotton, 1952).

É forçoso convir ser a ignorância relativa ao planalto basáltico do Paraná devida em grande parte à falta de divulgação, nos meios geográficos internacionais, do que já conhecem os geógrafos sul-americanos dessa região. A literatura sobre o assunto é devida sobretudo a geólogos, que nem sempre tiveram sua atenção voltada para descrições e interpretações do relêvo. No Uruguai e região vizinha, do Rio Grande do Sul, J. Chebataroff definiu geomorfológicamente a área basáltica, descrevendo-a rapidamente. Da Argentina, onde os basaltos constituem quase todo o Território de Missões e parte de Corrientes, não conhecemos trabalhos geomorfológicos que a eles se refiram, mas descrições rápidas de seu relêvo são encontradas em algumas obras de geólogos ou agrônomos que percorreram a região. Praticamente nada se sabe sobre a morfologia da zona basáltica na República do Paraguai, podendo-se unicamente inferir seus caracteres com base no que se conhece do sul de Mato Grosso e através da recente obra de H. Harrington (1950) sobre a geologia da região oriental dessa República. No Brasil há já diversos trabalhos em que áreas limitadas do planalto são descritas à luz da geomorfologia, interessando sobretudo setores mais povoados e acessíveis dessa vasta região. Tais conhecimentos facultam uma idéia de conjunto da província e bem a caracterizam como uma unidade geográfica complexa, susceptível de menores divisões.

No presente trabalho, o Autor propõe-se caracterizar a geomorfologia do grande planalto e busca reconhecer bases morfoestruturais que sirvam à sua subdivisão. Ao fazê-lo, além das informações colhidas na literatura, valeu-se de conhecimentos próprios da região, hauridos em numerosas viagens realizadas nestes 15 anos. Procurando torná-lo mais útil ao leitor que não tenha fácil acesso à literatura sul-americana, descreve também feições das áreas basálticas nas repúblicas vizinhas ao Brasil, sobre as quais ainda não dispõe de conhecimentos pessoais de campo.

Paleogeografia e estrutura. — Sendo o planalto uma região que desde o terciário vem se sujeitando a intensa erosão e achando-se geralmente em estágio de maturidade do ciclo geomórfico, suas formas de relêvo apresentam-se sempre muito ligadas à estrutura, que

por sua vez depende sobretudo da natureza do vulcanismo basáltico e do modo como às lavas se associam sedimentos.

A bacia sedimentar do Paraná apresenta uma longa história geológica, tendo sido sede, a partir do carbonífero inferior, da principal sedimentação gonduânica da América. A espessura conhecida dos sedimentos aí acumulados desde então atinge localmente 2 000 metros, a que se somam, em certas áreas, não menos que 500 metros de depósitos marinhos do devoniano inferior. Foi algumas vezes inundada pelo mar procedente de oeste, mas seus sedimentos são sobretudo continentais, terrígenos ou depositados em grandes bacias confinadas, de água doce ou salobra. Dado o caráter de autogeosinclíneo dessa bacia, de tectonismo muito brando, as camadas inclinam-se suavemente para seu interior, com mergulhos regionais, maiores às suas bordas, que normalmente não excedem 2,5%. A erosão diferencial, expondo essa faixa de sedimentos a norte e leste do planalto basáltico, nela desenvolveu imponente sistema de "cuestas", que se apresenta muito evoluído (A. N. Ab'Saber, 1949; F. Almeida, 1949).

No triássico superior imperava, na bacia, clima de aridez crescente, que deu causa, no rético, ao estabelecimento de um deserto de imensa extensão, o *deserto Botucatu* (F. Almeida, 1953). Área superior a 1 300 000 km² foi entulhada por dunas, tocadas por ventos que sopravam do norte, removimentando aluviões trazidas por "oueds" procedentes dos planaltos cristalinos às bordas da bacia. Constituem essas dunas o chamado *arenito Botucatu*, possivelmente o mais extenso e volumoso depósito eólico do mundo. Associam-se-lhe camadas arenoso-argilosas pouco espessas e de extensão limitada, representando deposição em lagos e planícies aluviais dos "oueds".

Já grande espessura de dunas se havia acumulado no interior da bacia quando teve início o vulcanismo basáltico, cujas lavas constituem as chamadas *eruptivas da Serra Geral*. Associadas ao arenito Botucatu e a certos depósitos não eólicos do *keuper*, existentes no Rio Grande do Sul, constituem a *série São Bento*.

O vulcanismo basáltico processou-se sobretudo através de imensas geoclases de traçado sub-retilíneo, que no sul de São Paulo, no Paraná e em Santa Catarina têm direções vizinhas de 45° NW. Nesses Estados, diques existem aos milhares, variando suas espessuras desde decímetros a mais de 100 metros. São geralmente subverticais, podendo os maiores (que chegam a constituir serras na alta bacia do rio Ribeira, no Paraná) apresentar extensões conhecidas superiores a 30 quilômetros. Em contraste com a abundância de diques nas regiões acima citadas, eles são muito raros na maior parte dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso.

Além dos diques, formaram êsses basaltos numerosos "sills", alguns com área conhecida, de centenas de quilômetros quadrados.

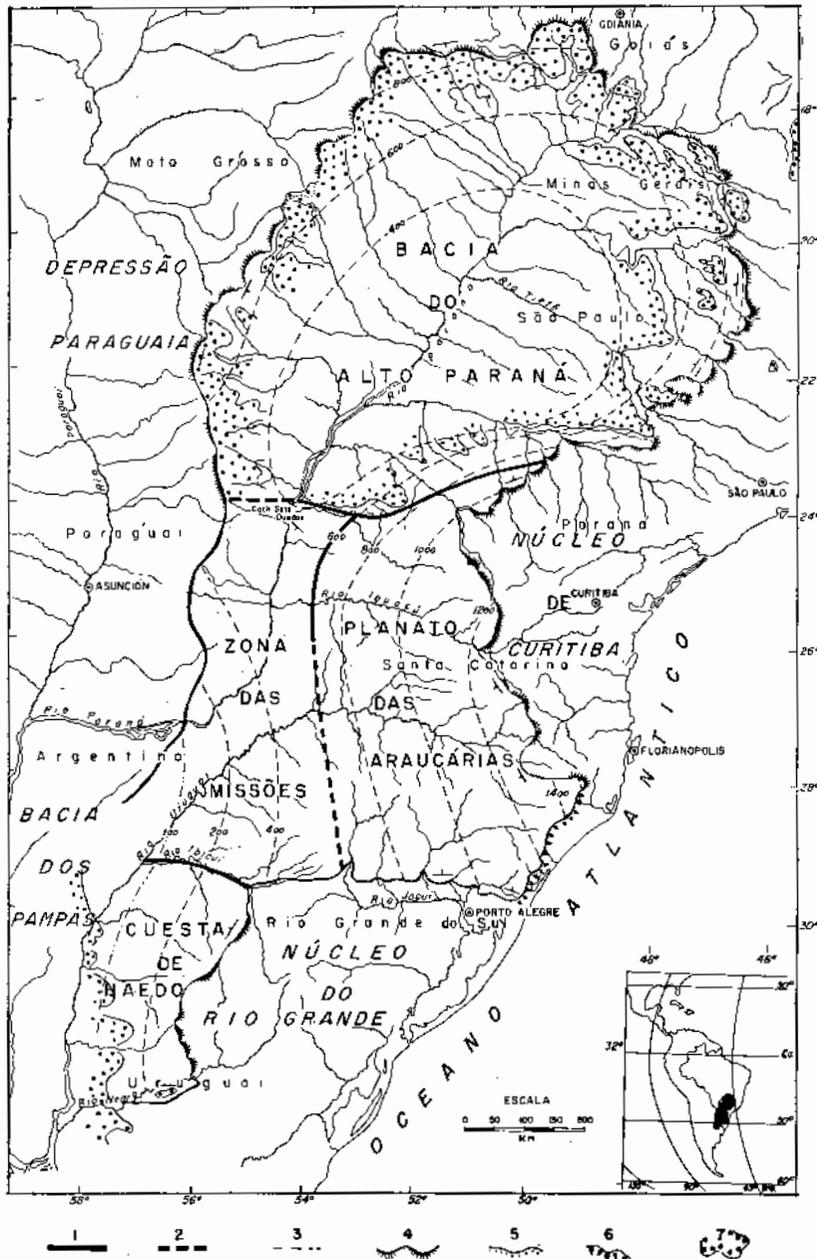


Fig. 1 -- O planalto basáltico da bacia do Paraná.

1 — Limites propostos para a subdivisão do planalto basáltico. 2 — Limites imprecisos. 3 — Conformação aproximada da superfície de erosão pré-Baurú. 4 — "Cuestas" terminais. 5 — Interrupções das "cuestas" terminais, onde a cobertura cretácea transgride sobre os sedimentos pré-basálticos. 6 — Escarpas de linha de falha. 7 — Limite da cobertura mesozóica dos basaltos.

Descempenham, em São Paulo, relevante papel geográfico, por constituírem zonas de excelente *terra rosa* isoladas na faixa sedimentar, de solos arenosos pobres.

A emissão das lavas à superfície fazia-se sem fenômenos explosivos violentos, sendo muito raros os depósitos piroclásticos. As erupções não eram contínuas no tempo ou no espaço, e em certas zonas, sobretudo no setor norte do planalto, pausas possivelmente de milhares de anos permitiram ao vento acumular "ergs" com dezenas de metros de espessura de areias, repousando sobre um conjunto de derrames, antes que outros viessem encobri-las. A superfície dos derrames devia ser praticamente plana e quase horizontal, como sóe acontecer em tal tipo de vulcanismo (I. C. Russell 1902, p. 98; D. N. Wadia 1944, p. 213), mas é provável que no sul de Santa Catarina e nordeste do Rio Grande do Sul, onde o acúmulo de lavas foi particularmente espesso, existissem grandes domos achatados que não foram galgados pelas dunas, seja devido à rapidez com que se sucediam os derrames ou à altura que atingiam. De fato, aí as intercalações de arenito Botucatu nas lavas são pouco espessas ou inexistentes (V. Leinz, 1949).

Quando um derrame recobria o "erg", preenchia suas depressões, às vezes quase que sem modificar a conformação das dunas, de tal modo que sua base pode apresentar irregularidades de dezenas de metros.

Em São Paulo, as espessuras totais do arenito Botucatu alcançam 320 metros, na região de São Pedro (F. Almeida e O. Barbosa, 1953, p. 61). No nordeste deste Estado há até 160 metros de arenito eólico intercalado nos derrames, o que deu origem ao aparecimento de uma dupla "cuesta" basáltica. A espessura de cada derrame podia ultrapassar 100 metros, sendo conhecido valor de até 130 metros (V. Leinz, 1949, p. 13), mas normalmente não excedia 50 metros. A parte basal desses grandes derrames é de rocha maciça, de textura afanítica fina, com juntas horizontais; a mediana, de textura mais grosseira, tem importantes juntas colunares, enquanto que na superior ressurgem as juntas horizontais, sendo a rocha muito vesiculada ou amigdalóide, de fácil alteração meteórica e via de circulação de água subterrânea.

A região que tem apresentado maiores espessuras totais dos derrames situa-se no nordeste do Rio Grande do Sul, na divisa com Santa Catarina, onde V. Leinz (1949, p. 9) refere espessura atual de 1.025 m, numa pilha de 13 derrames, na seção Tainhas a Três Forquilhas. Afastando-se desse local, as espessuras diminuem nas escarpas terminais, nos dois Estados, para se limitarem a valores que em média não parece ultrapassarem 400 metros. Elas são menores nas "cuestas" do setor norte do planalto, em Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás e São Paulo, onde raramente atingem 400 metros, valor

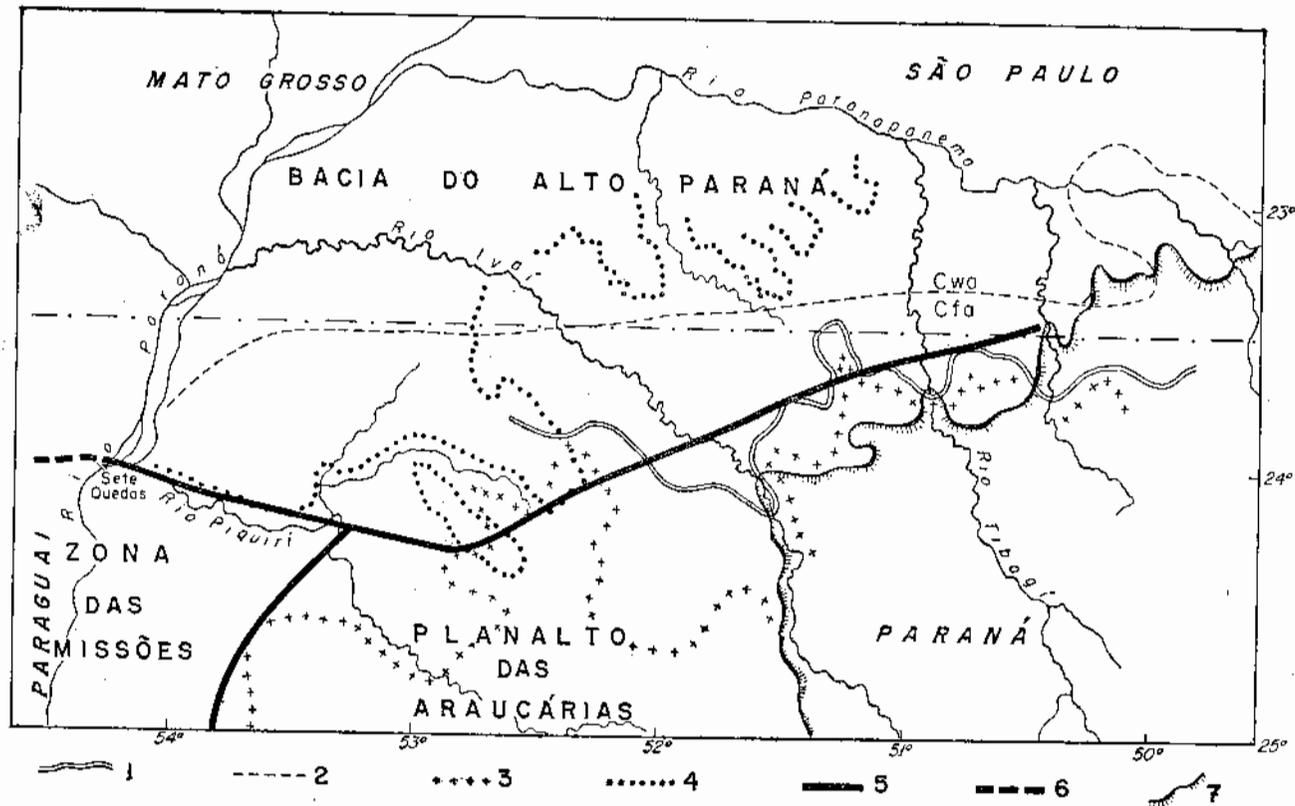


Fig. 2 — Análise da delimitação das unidades geomórficas do planalto basáltico.
 1 — Limite sul da área de cultura do café (R. Maack). 2 — Limite dos climas Cwa e Cfa. (R. Magnanini).
 3 — Limite norte da área das matas de Araucárias (R. Maack). 4 — Limite sul da cobertura mesozóica dos basaltos (arenito Caiuá, R. Maack). 5 e 6 — Delimitação proposta para as unidades geomórficas. 7 — "Cuestas" basálticas terminais.

que é frequentemente ultrapassado no setor sul. Por outro lado, sabemos que as espessuras observadas nas "cuestas" terminais da borda do planalto basáltico foram frequentemente reduzidas por erosão anterior à sedimentação cretácea, que truncou em bisel a borda dos derrames. O fato observa-se claramente no Triângulo Mineiro e no sul de Goiás (F. Almeida, 1956), onde a borda dos derrames pode ter somente alguns metros de espessura, quando no reverso da "cuesta", recuados de seu fronte, os vales expõem 100 metros ou mais de basaltos, como o ilustram as figuras 4 e 5.

Ao longo do vale do rio Paraná, nos Estados de São Paulo e norte do Paraná, existem, recobrando os "trapps" (R. Maack, 1947, p. 138), até 270 metros de espessura de sedimentos em parte eólicos, que se supõe haverem se depositado após cessado o vulcanismo, o que aliás não nos parece provado. Constituem o arenito *Caiuá*. O estudo da tectônica do planalto acha-se ainda em estágio incipiente, mas é certo que a grande chapa basáltica sofreu deformações, com abatimentos por flexuras e por falhamentos, sobretudo orientados a NW, como verificamos em fotografias aéreas do Estado do Paraná. Prova-o o fato de, em grandes áreas, acharem-se os derrames bem abaixo do nível do mar, apesar de o vulcanismo se haver processado em condições subaéreas, como o mostram intercalações de arenitos eólicos, generalizadas em toda a bacia.

A observação das relações entre as superfícies de erosão, senís, cujos restos e vestígios se encontram sobre os planaltos cristalinos a norte e leste da bacia sedimentar, e as bordas em "cuestas", dos derrames basálticos, provam haverem sido estes atingidos por aqueles processos erosivos (v. fig. 4); daí, a conformação atual da superfície dos derrames dar-nos uma idéia das deformações que sofreram após os ciclos de aplainamento néo-mesozóicos. Por outro lado, mostra a observação que essa primitiva superfície escultural próximamente coincide com as superfícies estruturais originais, supostas sub-horizontais por ocasião do vulcanismo, à semelhança do que se observa em áreas de mesma origem. Disso, aliás, resulta o fato de em nenhum local da vasta superfície coberta pelos derrames emergir o substrato infra-basáltico, a despeito da espessura proporcionalmente pequena, do conjunto de lavas. Deve-se ainda dizer que não são conhecidos mergulhos diastróficos apreciáveis, mas tão somente apresentam as lavas suaves mergulhos regionais. Forçoso é convir serem escassas as observações geológicas de detalhe, através da área basáltica.

Com base nessas considerações procuramos reconstituir a conformação da superfície do planalto à época, logo antes da sedimentação senoniana (série Baurú), em que as lavas foram deformadas após terem sido aplainadas pela superfície de erosão cretácea (superfície de Pratinha, de F. Almeida, 1956). Para o setor norte do

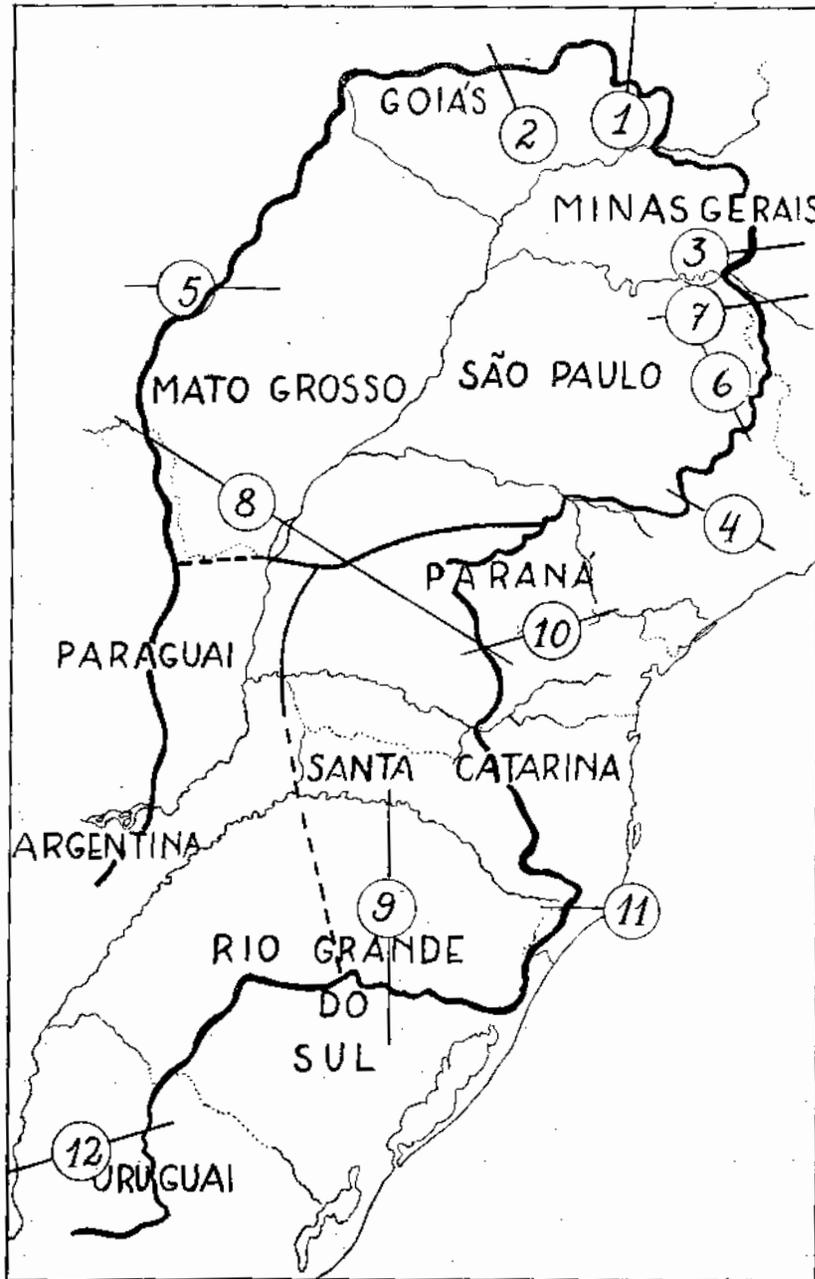


Fig. 3 — Carta de localização das seções das figuras 1 a 7.

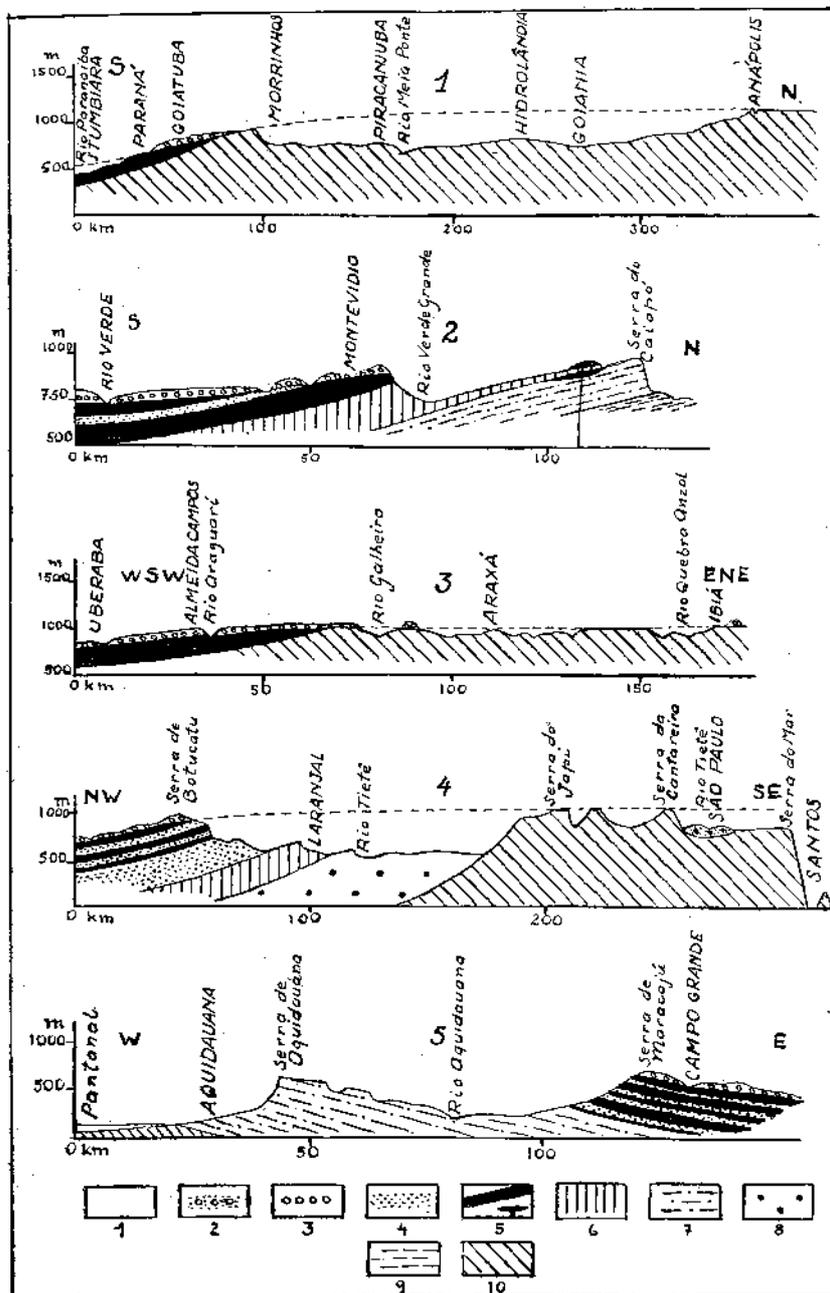


Fig. 4 — Seções morfoestruturais às bordas da Bacia do Alto Paraná.
 1 — Aluviões do Pantanal. 2 — Camadas de São Paulo. 3 — Série Baurú.
 4 — Arenito Botucatu. 5 — Derrames basálticos e intrusivas diabásicas. 6 — Série Passa Dois. 7 — Série Aquidauana. 8 — Série Tubarão. 9 — Folhelho Ponta Grossa. 10 — Pré-cambriano.
 O traçado das seções 1, 3 e 4 representa a posição da superfície de erosão de Pratinha, flexurada às bordas da bacia.

planalto, onde é extensa a cobertura cretácea, anotamos numa carta as altitudes conhecidas da base dessa sedimentação. Quanto ao setor sul, onde as lavas estão descobertas, com auxílio de cartas topográficas anotamos as altitudes dos principais divisores, admitindo que neles a superfície topográfica atual se aproxime da primitiva, o que sabemos ser verdadeiro para áreas apreciáveis nos Estados de Santa Catarina e Paraná e talvez no Uruguai. Na área dos sedimentos tidos como Caiuá, no noroeste do Paraná, consideramos a altitude dos divisores sobre eles, pois que precedem a elaboração da superfície cretácea.

Os resultados obtidos (fig. 1) são necessariamente imperfeitos, queremos reconhecê-lo, mas sua imprecisão não nos parece invalidar conclusões importantes que decorrem do exame dessa figura. A primeira delas é a existência de uma bacia perfeitamente definível, interessando a zona dos derrames a norte do Estado do Paraná. Não há como fugir à conclusão de ter resultado a sedimentação cretácea do abatimento dessa bacia relativamente às regiões pré-devonianas à borda da área basáltica. Mostra-o ainda, a figura, que em torno do núcleo curitibano, uma área de rochas pré-devonianas cuja tendência ascensional se vem manifestando reiteradamente desde o paleozóico, a chapa basáltica acha-se soerguida, conformando amplo dorso ("warping") com maiores elevações a leste. Percebe-se como as altitudes caem desse dorso para oeste, em direção à *Bacia Pampeana*, do nordeste argentino, onde as lavas se encontram a centenas de metros (1) abaixo do nível do mar. Também esta bacia recebeu uma sedimentação senoniana, sincrônica da série Baurú, à qual se identifica paleontológica e litologicamente (sugerindo idêntica origem), o arenito de Guinchon, no Uruguai (R. Lambert, 1941, pgs. 56-57).

Ainda a figura 1 indica achar-se a chapa basáltica acomodada aos quatro grandes elementos estruturais que a estratigrafia mostra terem uma longa história, vinda do paleozóico: as bacias do Alto Paraná e Pampeana, de tendência historicamente subsidente; e os dois núcleos do Escudo Atlântico, o curitibano e o riograndense, de antigo caráter ascensional, limites como o são da bacia gonduânica. A volta desses dois núcleos os sedimentos gonduânicos, e com eles os derrames, dispõem-se com mergulhos regionais centrífugos, como o mostra a fig. 1. Entre ambos, no sul de Santa Catarina e nordeste do Rio Grande do Sul, os derrames inclinam-se para uma calha em que se aloja a alta bacia do rio Pelotas. A ela, em parte, corresponde o eixo tectônico Torres-Posadas, suposto por V. Leinz (1949, pgs. 41-43), aí se tendo acumulado a maior espessura, ora conhecida, dos derrames basálticos.

(1) Em San Cristobal (Santa Fé), meláfiros e arenitos da série São Bento acham-se entre 707,6 e 826,3 m abaixo do nível do mar, segundo R. Stappenbeck (1926, pgs. 393-394).

A única área, à borda dos derrames, em que uma importante tectônica de falhas foi até agora verificada com seguras observações de campo (E. A. Pinto, 1938 pg. 25; V. Leinz, 1949, pgs. 38-41; H. Putzer, 1953, pgs. 42-63) é a que se estende desde o sul de Santa Catarina ao nordeste do Rio Grande do Sul, tendo sido recentemente mapeadas por Putzer, na região sedimentar. Não se sabe até que grau essa tectônica interessou o conjunto de derrames, que certamente foi atingido.

Os sedimentos senonianos que recobrem os derrames no setor norte do planalto basáltico constituem a *série Baurú*. Trata-se de uma sucessão de camadas predominantemente arenosas, cuja máxima espessura atual alcança cerca de 300 metros em São Paulo (W. M. Novaes, 1949, pg. 203). Elas representam a acumulação de detritos trazidos pelos rios, do interior e das bordas da bacia paranáica, que se depositaram em canais fluviais, planícies de inundação e extensos lagos, no ambiente confinado de uma bacia em subsidência moderada e progressiva, de difícil escoamento exorrêico. Condições ambientais favoreceram a precipitação do carbonato de cálcio, em clima tropical quente e úmido com estação seca acentuada (L. F. Moraes Rego, 1935, p. 240; R. O. Freitas, 1955, p. 118-121).

Após a sedimentação da *série Baurú*, prosseguiu o afundamento da bacia em que ela se acumulou, relativamente aos planaltos cristalinos a norte e leste e ao planalto basáltico a sul. Tal fenômeno é bem manifestado pelos mergulhos regionais centrípetos dessas camadas. A oeste do planalto basáltico, todavia, os abatimentos realizaram-se em escala muito mais ampla, a ponto de darem origem à grande depressão que aloja a bacia do rio Paraguai, fenômenos que temos analisado em outras oportunidades (F. Almeida, 1949, pgs. 431-432 e 1956, pgs. 46-50).

As unidades geomorfológicas do planalto. — A estrutura do planalto basáltico do Paraná, acima descrita, permite nêle distinguir menores unidades geomorfológicas, com caracteres próprios. Salientam-se, *ab initium*, dois setores. O setentrional é uma bacia cuja zona mais deprimida é percorrida pelo alto curso do rio Paraná, assim considerado seu trecho a montante da cachoeira de Sete Quedas. Chamamo-la *Bacia do Alto Paraná*. Tem como feição geral a existência de extensa cobertura sedimentar revestindo os basaltos. As espessuras conhecidas das lavas são mais reduzidas que no setor sul, e mais contínuas e espessas as intercalações de arenito eólico nos derrames. As formas de relêvo são geralmente suavizadas, apontando maior maturidade do ciclo geomórfico que no setor sul, mas seus rios jovens desenvolvem-se quase sempre em leitos rochosos, com numerosas corredeiras e cachoeiras.

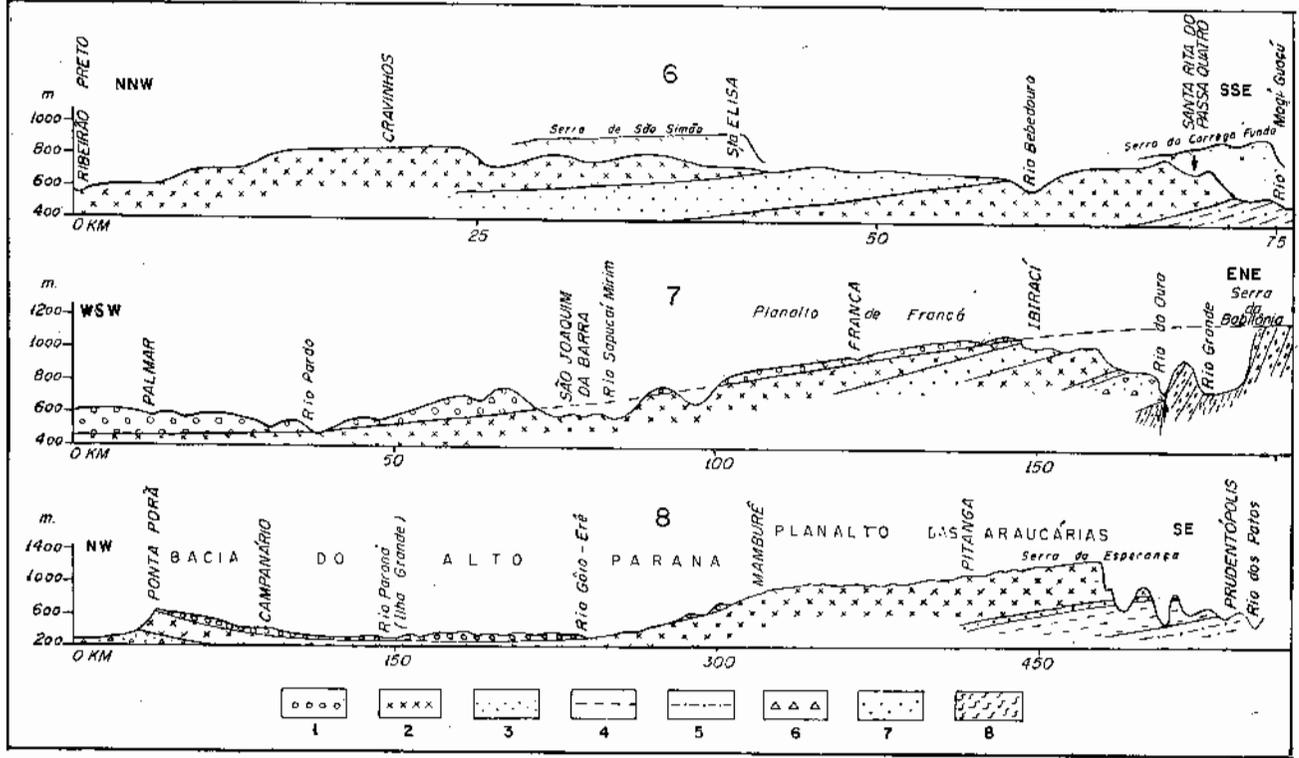


Fig. 5 — Seções de detalhe da Bacia do Alto Paraná.
 1 — Série Baurú. 2 — Derrames basálticos. 3 — Arenito Botucatú. 4 — Série Passa Dois. 5 — Série Tubarão. 6 — Arenito Aquidauana. 7 — Quartzitos pré-cambrianos. 8 — Migmatitos e micaxistos. As duas primeiras seções mostram a dupla "cuesta" basáltica; a terceira evidencia as relações entre o Planalto das Araucárias e a Bacia do Alto Paraná.

O setor sul é bem menos uniforme, sendo maiores as amplitudes do relêvo e mais encaixados seus vales. Drena-se para o rio Uruguai ou o médio rio Paraná, assim considerado seu trecho entre Sete Quedas e Encarnación, na Argentina. Cáem as altitudes abaixo de 150 metros, nos vales de ambos êsses rios.

Reconhecida a distinção dos dois setores, procuraremos delimitá-los, problema que se não apresenta fácil, pois que há transição entre ambos. A linha indicada na figura 2 parece-nos responder a tal objetivo, pelo menos na área mais conhecida do Estado do Paraná. Vê-se, na figura, que os depósitos arenosos suprabasálticos, conforme mapeados por R. Maack (2), estendem-se a norte dela; a êles corresponde relêvo característico não existente a sul. Sob outros aspectos, é tal linha importante limite geográfico. Aí findam as matas de Araucárias, bem como a área cultivável do café. É essa divisa também um limite climático no planalto, separando os climas tropicais mega e mesotermiais, com inverno sêco, que caracterizam o setor norte, dos climas temperados úmidos com chuvas distribuídas em todo o ano, que se estendem pelo setor sul do planalto. Fazêmo-la atravessar as cachoeiras de Sete Quedas, que consideramos o mais natural limite entre o alto e médio cursos do rio Paraná.

Essas duas subprovíncias são ainda susceptíveis de menores divisões. No setor norte poder-se-ia distinguir as "cuestas" basálticas marginais e os planaltos sedimentares interiores, onde os basaltos só desempenham papel importante nos principais vales. No setor sul, a fig. 1 mostra conveniência em se distinguir do restante, a zona mais elevada, em que as altitudes geralmente excedem 600 metros. Denominâmo-la *Planalto das Araucárias*, nome das belas coníferas que aí dominam em extensas florestas, apesar de se não limitarem tais matas à região basáltica, mas, sobretudo no Paraná, estenderem-se em menor área aos planaltos sedimentares.

Vê-se, na fig. 1, que para oeste do Planalto das Araucárias as altitudes dos derrames decrescem progressivamente em direção à Bacia Pampeana, constituindo o flanco da grande dorsal, ao qual chamaremos *Zona das Missões*. O nome está ligado às atividades missionárias, cujos indícios se vêem por toda parte, que aí desenvolveram, durante mais de dois séculos, os padres jesuítas.

É-nos impossível, por ora, fixar limites geográficos precisos, mesmo na pequena escala da figura 1, entre o Planalto das Araucárias e a Zona das Missões, pois aí se situam algumas das menos conhecidas áreas do planalto basáltico. A linha provisoriamente adotada, indicada na figura 1, justifica-se pelas diversidades morfológicas, climáticas e fitogeográficas que separa. As altitudes superiores a 600

(2) R. Maack — Mapa Geológico do Estado do Paraná. Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas. Curitiba, 1953.

metros nos principais interflúvios e, com elas, relêvos de maior amplitude, matas de Araucárias e climas temperados de verão brando (tipo Cfb), ficam a oriente de tal linha, caracterizando o Planalto das Araucárias.

Finalmente, convém distinguir da Zona de Missões a porção meridional da área basáltica, em que os derrames terminam, a leste, ante uma região sedimentar deprimida que os separa do núcleo riograndense. Foi o geógrafo uruguaio J. Chebataroff (1951, pg. 31) que primeiro definiu essa zona, a sul do rio Ibicuí, como típica "cuesta", aplicando-lhe a designação "*Cuesta*" de Haedo, nome tomado de uma cochilha existente na região limitrofe entre o Uruguai e o Rio Grande do Sul.

1. *Bacia do Alto Paraná* — Termina a bacia, em suas bordas outras que a meridional, em "cuestas" de traçado arqueado suportadas pelos derrames (v. figs. 4 e 5 e foto 1). Têm extensão total de cerca de 2 500 km, mas apresentam interrupções locais. Suas altitudes máximas, alcançando cerca de 1 100 m, encontram-se em São Paulo, embora na cobertura cretácea, sobre seu reverso e próximo à crista, elas excedam um pouco esse valor, no planalto de Franca. Em Mato Grosso, as altitudes atingem cerca de 850 m, e 1 000 m em Goiás e Minas Gerais. Os máximos desníveis no fronte possivelmente são também encontrados em São Paulo. Nas serras do Limoeiro (serra de Botucatu) e Itaqueri, portais do grande funil através do qual o rio Tietê se lança na "percée" de Barra Bonita, os desníveis abruptos atingem cerca de 450 m. Na serra de Rifaina, na entrada do boqueirão do rio Grande, anotamos desníveis de até 500 m, para as escarpas basálticas.

Várias circunstâncias ditam os aspectos locais dos frontes escarpados das "cuestas". Influem particularmente a espessura total dos derrames, o número e espessura das camadas de arenito neles intercaladas e a posição relativamente às principais drenagens conseqüente e obseqüente. A espessura dos derrames exposta nessas "cuestas" não tem necessariamente relações com a original, pois, via de regra, foram os basaltos talhados em bisel pela superfície de erosão de Pratinha, como já se disse. A fig. 5, seção 7, ilustra um desses casos, o do planalto de Franca, onde uma sondagem, ora em execução nessa cidade, já atravessou 150 m de basalto, enquanto que na escarpa da "cuesta" a leste, a chamada serra das Goiabas, na rodovia para Ibiraci, a cornija basáltica, recoberta pela série Baurú, tem somente cerca de 30 m de espessura. Na serra da Urtiga, em Mato Grosso, a espessura pode se reduzir a tão somente 4 m, enquanto no reverso da "cuesta" expõe-se espessura muito maior de basalto. Na serra de Camapuan, a norte de Campo Grande, em Mato Grosso, as escarpas chegam a não mostrarem basalto, jazendo

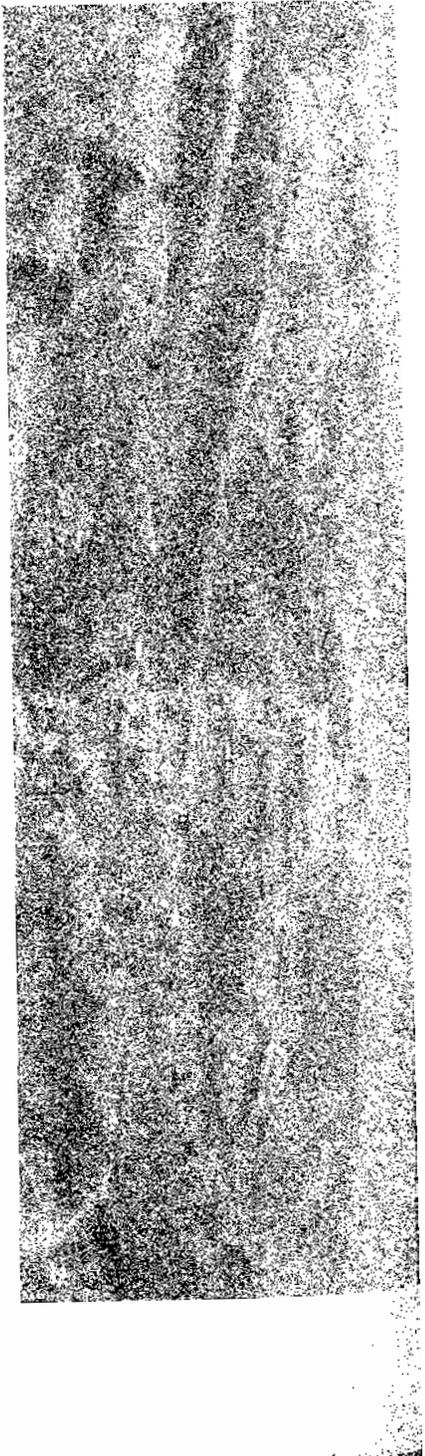


Foto 1 — Serra de Santana, no alto vale do rio Corumbataí. Os derrames basálticos sustentam os altos da "cruzeira". O escalonamento das vertentes, às faldas da serra, é devido às intercalações lacustres contidas no arenito eólico Botucatu, leitoço comum em São Paulo.

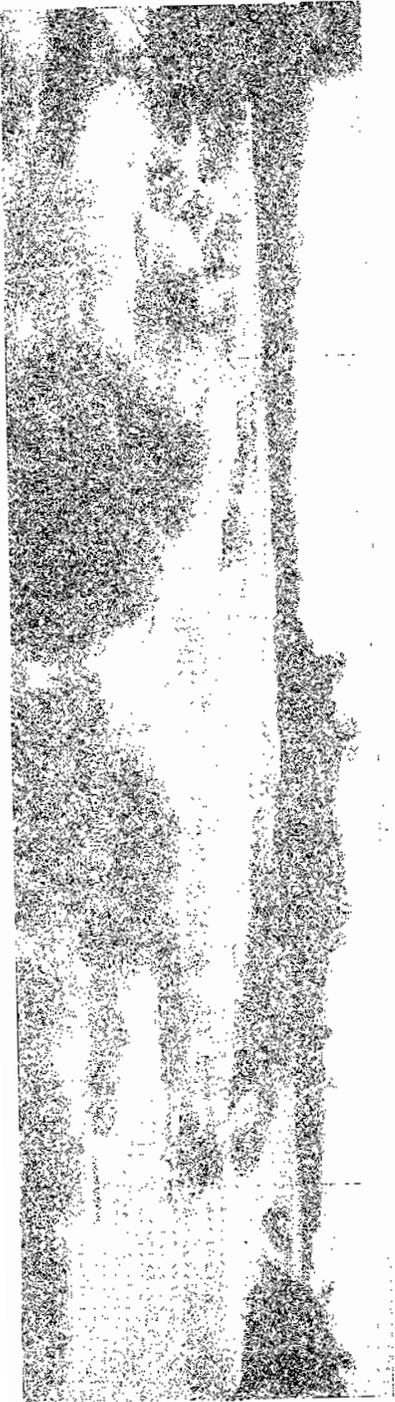


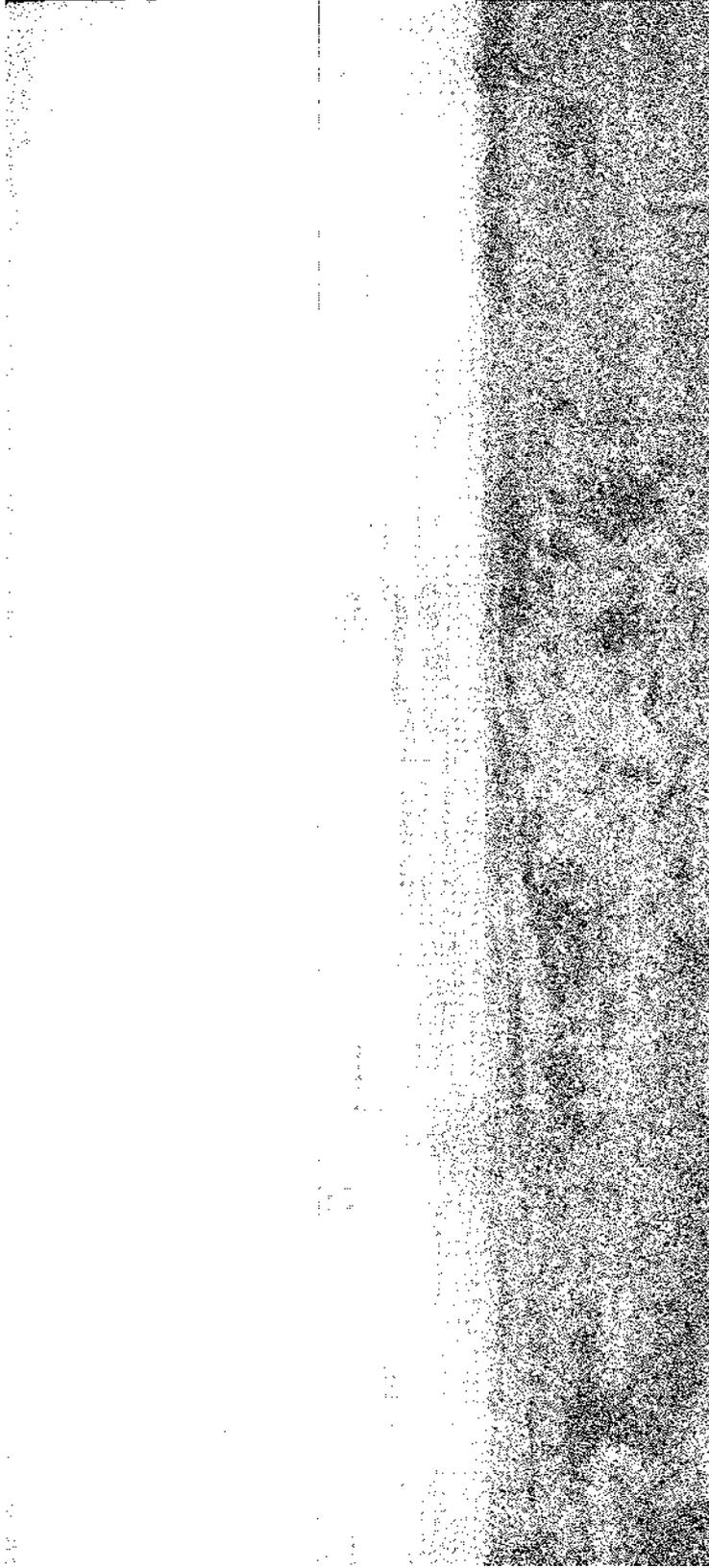
Foto 2 . . . A cachoeira Dona-Ada, no rio Paranubá, é um dos belos saltos manufados pelos derames basálticos. Seu aspecto escalonado é devido sobretudo ao desenvolvimento de juntas horizontais no topo de um grande derrame.

a série Baurú diretamente sobre os arenitos néo-paleozóicos, mas no interior do planalto, a poucos quilômetros da serra, as nascentes de rios tributários do Pardo já expõem a erupitiva. Tal situação, aliás, repete-se em outros locais à borda do planalto, como indicado na figura 1.

Quando no fronte das "cuestas" se apresenta grande espessura de basaltos, 200 m ou mais, sem intercalações importantes de arenito, ele se mostra maciço, um continuar de escarpas sem muitos festões, com poucos testemunhos isolados. O divisor de águas situa-se na crista da serra, cujos perfis, tomados convexos mercê do clima tropical úmido, apresentam degraus correspondentes a cada derrame. Como exemplos, a serra de Botucatú na antiga ferrovia e a de Capetinga, em Minas Gerais. Localmente, tais serras podem mostrar ladeiras de taludes moderados que favorecem o acesso a rodovias e ferrovias, como existem na serra de Maracajú em Mato Grosso, a oeste de Campo Grande, e nas nascentes do rio Apa.

Quando pequenas as espessuras dos basaltos e grandes os desníveis, o fronte da "cuesta" apresenta-se fortemente lobulado, abrigoando-se a drenagem obsequente entre múltiplos festões e morros testemunhos-vanguardas, como se observam na serra do Cuscuteiro, entre Analândia e São Carlos, bem como na de Franca (serra das Goiabas). O fronte, muito escarpado, é sobretudo constituído pelo arenito Botucatú, em São Paulo, e pelo Aquidauana, em Mato Grosso. Há acentuada tendência para o desenvolvimento de longos perfis côncavos, terminados em seus altos pela cornija basáltica, (v. foto 1) que não existe no caso anterior. Nos portais dos grandes entalhes da drenagem obsequente, onde se apresentam maiores desníveis e são menores as espessuras dos basaltos devido ao já referido biselamento, são comuns tais feições. Aí se mostram grandes e numerosos testemunhos-vanguardas, continuando os promontórios que pelos interflúvios avançam às bordas da bacia. É feição comum na "cuesta" basáltica interna do nordeste do Estado de São Paulo e particularmente desenvolvida a SE. de Botucatú, na região entre Bofete e Torre de Pedra.

Quando são numerosas e espessas as intercalações de arenito entre as lavas, os perfis escalonados adquirem grande desenvolvimento, originando-se mesmo plataformas estruturais que terminam em ante-"cuestas". O caso extremo observa-se no nordeste de São Paulo, onde as lavas intercalam um conjunto contínuo de arenitos que pode ultrapassar 100 m de espessura. Aí há claramente duas "cuestas" basálticas, de comparável desenvolvimento, separadas por planaltos arenosos, de solos sáfaros, que contrastam com a terra-roxa, coberta de cafezais, das "cuestas". A fig. 5 ilustra uma seção típica, nessa região.



Form 3 ... Aspecto do relevo que se mostra na área da cobertura cretácea, sobre o planalto basáltico, na região de Uberaba, Minas Gerais.

A norte e leste da Bacia do Alto Paraná, as "cuestas" basálticas são atravessadas, em grandes entalhes, por uma dúzia de rios que procedem dos planaltos cristalinos às bordas da bacia sedimentar. Os frentes serranos recuam, conformando vastas áreas afuniladas, onde aflora arenito Botucatu. A do rio Ticutê, a maior delas, tem cerca de 2.800 km².

No reverso das "cuestas", quando a superfície topográfica muito se aproxima da estrutural, extensas áreas de basalto foram descobertas do capcamento sedimentar, para darem origem às principais zonas de terra-roxa, cultivadas para café em São Paulo, como no reverso da "cuesta" de Franca e na região de Ribeirão Preto-Orlândia. Como tal nem sempre se verifica, sobretudo em Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás, os reversos das "cuestas" são planaltos arenosos que se podem estender mesmo às suas cristas. Grandes áreas de basalto podem ser, em tais casos, descobertas às bordas das principais "percées" epigênicas, determinando importantes zonas de cultura de café em São Paulo, como a região de Jaú-Pederneras-São Manoel.

O reverso das "cuestas" foi, por vezes, profundamente esculpido pela drenagem consequente que sobre ele teve origem, dando causa a feições locais de "canyons" consequentes e escarpas interiores. Existem entre os rios Ivaí e Tibagi, ao sul de Apucarana, no Paraná; na bacia do Jacaré Guaçu, ao sul de Araraquara, em São Paulo; no reverso da "cuesta" de Franca, a NE de Ituverava, em São Paulo, etc. Levado ao extremo, êsse processo deu origem a áreas afuniladas, lembrando entalhes mortos ("wind gaps") devidos a capturas. Cremos ser essa a origem do planalto de Campo Alegre, a sul de São Carlos, em São Paulo.

Os planaltos sedimentares do interior da bacia são zonas geomorfologicamente poucos conhecidas. Há, aí, diversidades de relevo a notar. Predominam, por toda parte, formas extremamente suavizadas, com longos perfis convexos de grandes raios, conformando relevo cuja monotonia é acentuada pela cobertura vegetal, dos campos com gramíneas e ervas ou "cerrados" subxerófilos. Em certas regiões, a série Baurú contém apreciáveis espessuras de arenitos calcíferos ou mesmo de calcários, mais ou menos silicificados. Compõem no relevo formas tabulares, às vezes vastas plataformas estruturais ou estreitos espigões de topo chato, grandemente lobulados, terminando em escarpas abruptas. Assim, os "chapadões" do Triângulo Mineiro, como entre Uberaba (foto 3) e Uberlândia, e os que existem em São Paulo, na região de Carça a Marília, no divisor dos rios Peço, do Peixe e Paranapanema. Também a serra de Jaboticabal, em São Paulo, deve ser considerada como resto de um desses chapadões. Em Goiás e Mato Grosso parece não existirem

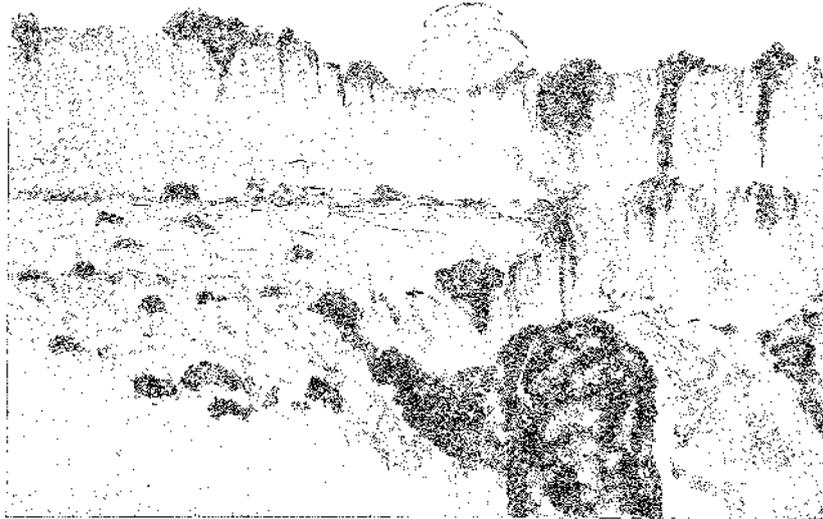


Fig 6 — *As cataratas de Iguazú (Santa Maria).*

As cataratas do rio Iguazú, situadas na fronteira do Brasil com a Argentina, têm altura de 80 metros e extensão de 2 700 metros. São tidas como das mais notáveis belezas naturais da América, aqui mostradas através de dois desenhos do Prof. Pierre Deffonaines (agosto de 1956).



tais feições, mas relêvos residuais sustentados por arenitos silicificados, calcíferos ou não, formam diversos serrotes isolados.

A amplitude de todo esse relêvo não excede geralmente 250 metros, desnível que a extrema suavização da topografia torna pouco aparente.

Vem o relêvo dos planaltos sedimentares do interior da bacia evoluindo em função de níveis de base locais estabelecidos nos basaltos, rochas que afloram no fundo da maioria dos principais vales, originando nos rios, rápidos e corredeiras, ou mesmo grandes cachoeiras, utilizadas em usinas hidroelétricas.

Não se conhecem, nesse relêvo, testemunhos de superfícies de erosão antigas que o tenham nivelado. Geralmente, as formas mais evoluídas coincidem com estruturas resistentes, como nos chapadões supra-referidos, ou são de extensão reduzida, ligadas a ciclos modernos desenvolvidos nos vales principais, em função de níveis de base locais. Todo esse relêvo perde altitude e amplitude em direção ao interior da bacia, acompanhando a queda das camadas cretáceas, inferior geralmente a 0,1%, e que se tornam horizontais na região central.

Sobressai, na análise da rede de drenagem, o fato de os principais coletores acharem-se perfeitamente acomodados aos declives centrípetos das camadas, constituindo um sistema convergente, de rios consequentes de grande extensão, que a norte e leste trazem suas águas de muito além dos fronts das "cuestas" basálticas. Tal situação só pode ser explicada se admitirmos a origem dessa rede numa região quase plana em que, durante o abatimento da bacia, os rios puderam mudar seus cursos em obediência às deformações. O processo foi tão perfeito que faltam resquícios de uma drenagem pretérita, de moldes outros que a radial hoje existente. Os rios cortam perpendicularmente as "cuestas" basálticas e as sedimentares, que lhes são periféricas. O Paranapanema, aparente exceção, tem seu médio curso acomodado a uma situação que só tarde se apresentou: a exposição da orla dos sedimentos cretáceos ante o flanco, fortemente flexurado, da borda da bacia basáltica. É, assim, um rio subsequente.

Temos procurado demonstrar que a "superfície das cristas médias", de E. de Martonne (1940), a que recentemente denominamos "superfície de erosão de Fratinha", mergulha por baixo dos sedimentos senonianos a oeste de Araxá, em Minas Gerais, truncando em bisel a borda dos derrames basálticos (F. Almeida, 1956). Supomos que, peneplanada a região basáltica, no início da subsidência a drenagem não teve dificuldade em se acomodar à nova situação. À medida que se continuava o movimento diastrófico, forte retomada de erosão encravou-a na região periférica à bacia, ao mesmo tempo em

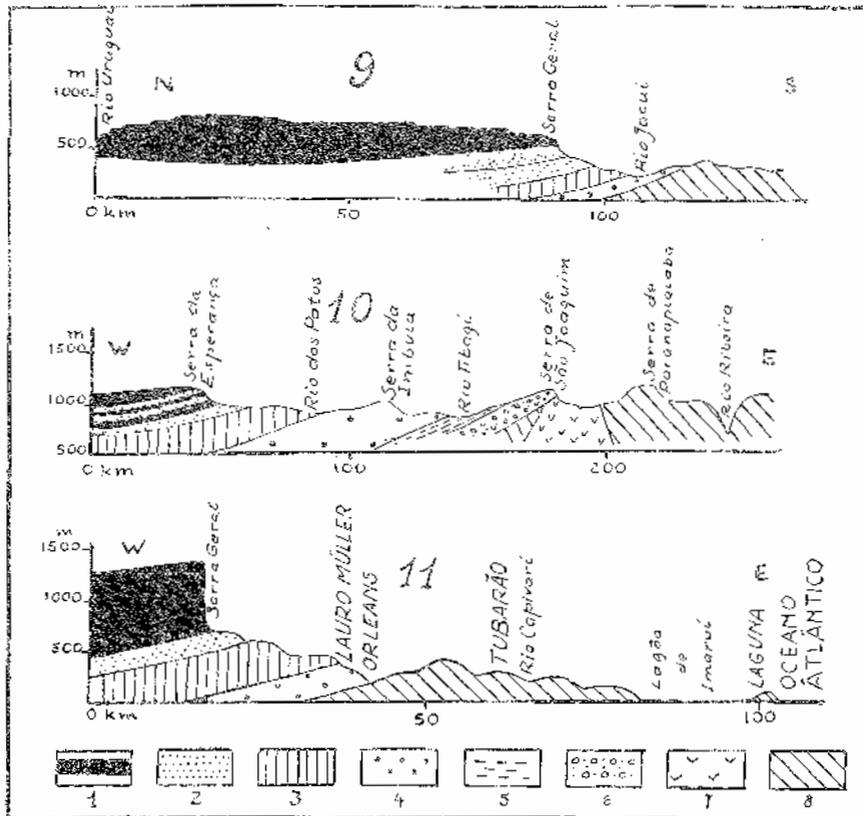


Fig. 7 - Estrutura do Planalto das Araucárias.

- 1 - Derrames basálticos. 2 - Arenito Botucatu. 3 - Série Passa Dois. 4 - Série Tubarão. 5 - Folhelho Ponta Grossa. 6 - Arenito Ituaçu. 7 - Granito. 8 - Metassedimentos e cruptivas pré-cambrianas.

que, nesta, estabelecido importante nível de base interior, processava-se a acumulação da série Baurú, à custa dos detritos provenientes dessa erosão. Sem dúvida, a subsidência continuou após a deposição da série, facilitando ainda mais a acomodação consequente da drenagem, agora desenvolvida sobre cobertura detrítica.

A zona mais deprimida é a percorrida pelo rio Paraná nos 200 km a montante de Sete Quedas. Ai não só se conservou o arenito Caiuá como existem depósitos cenozóicos, possivelmente quaternários, que se encontram dobrados (O. Barbosa (3)), atestando atividade diastrófica moderna.

A drenagem radial centrípeta, em busca de um antigo coletor, predecessor do rio Paraná, existia por ocasião da formação da série Baurú; atesta-o sua litologia, em que se mostram componentes que procedem de fora da bacia, como seixos de granito, quartzito ou turmalinito, conhecidos em muitos lugares. Tal bacia naturalmente se escoava para sul, como hoje o faz, em direção à Bacia Pampeana. Esta, no terciário sofreu forte subsidência, chegando a ser inundada pelos mares enterrriano e ricnegrense, no mioceno e plioceno, que provavelmente atingiram o Paraguai. Tais abatimentos, estabelecendo baixos níveis de base no interior do continente, devem ter provocado intensas retomadas de erosão na Bacia do Alto Paraná, com enclavamento de sua drenagem radial, realce das "cuestas" periféricas e ativação da drenagem subsequente a elas ligada. Deve datar de então o início do aparecimento das grandes cachoeiras da bacia e da Zona das Missões.

Ao mesmo tempo que tais fatos se processavam, à borda ocidental da bacia afundava-se a depressão paraguaia, acompanhando a ascensão da cadeia andina. Os movimentos, suficientemente rápidos, não permitiram à drenagem procedente de oeste manter seus cursos, que foram decapitados. Assim parece explicar-se a ausência de entalhes consequentes nas "cuestas" ocidentais da bacia sedimentar paranáica, entalhes que só existem a leste e norte, onde as áreas periféricas se têm conservado elevadas.

O médio rio Paraná foi, como ainda o é, via de ingresso das vagas de erosão oriundas da Bacia Pampeana, que atingiram a Bacia do Alto Paraná, onde ficaram assinaladas por numerosas cachoeiras, níveis de terraços, etc. Ainda não foi tentada a correlação desses acidentes visando distinguir, se isso for possível, as sucessivas vagas de erosão.

2. *Planalto das Araucárias* — Caracterizam o Planalto das Araucárias a grande escultura do relevo e as elevadas altitudes, que alcançam 1 860 metros no morro da Igreja, e diz-se que 2 000 metros,

(3) Informação verbal.



Foto 4 -- A Serra Geral no sul de Santa Catarina, vista das proximidades de Siderópolis, município de Uruguaçu. As escarpas desenvolvem-se sobretudo no espesso conjunto de derrames basálticos.

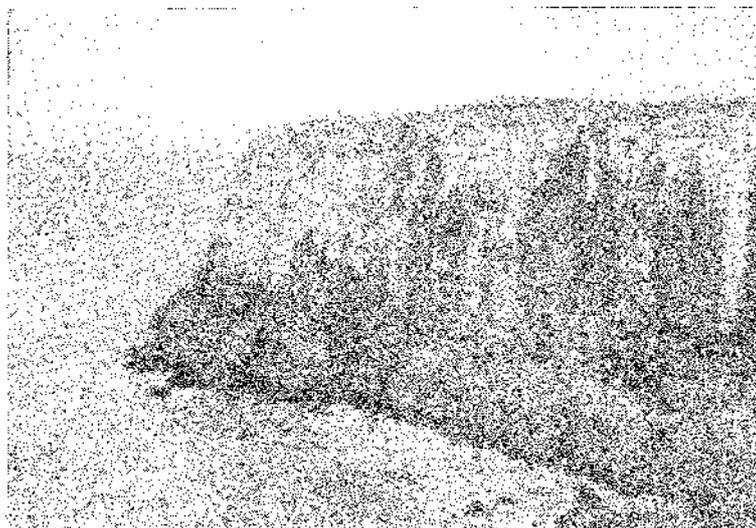


Foto 5 -- A falésia abrupta do rochedo de Torres, no Rio Grande do Sul. Parece tratar-se de dois derrames separados por uma intercalação de arenito Botucatu, que vêm ter ao nível do mar graças a falhas (Foto L. Feltes)

no Campo dos Frandes, na Serra Geral, sul de Santa Catarina. Em sua maior parte, as superfícies topográficas são subparalelas às estruturais, não emergindo o substrato sedimentar senão no Planalto de Lajes, mercê de deformação tectônica.

O Planalto das Araucárias termina a leste numa sucessão de grandiosas "cuestas", com frente voltado para o núcleo curitibano. O estudo de tais feições é incipiente, mas seus aspectos parece não diferirem em essência dos das "cuestas" da Bacia do Alto Paraná, mais conhecidas. As intercalações de arenitos eólicos nas lavas são menos espessas que a norte, tornando muito escarpados, mas em conjunto menos festonados que em São Paulo, os fronts das "cuestas". Há, contudo, intercalações de tais arenitos, com 25 m de espessura, como conhecemos na serra da Esperança, capazes de causarem acentuado escalonamento.

O reverso dessas "cuestas" atinge frequentemente altitudes entre 1 000 e 1 300 metros, maiores no extremo sul do Paraná e em Santa Catarina. Naquele Estado, o desenvolvimento da importante drenagem subsequente do alto curso do Ivaí, que ao longo de 150 km perlonga a "cuesta", deu causa a funda penetração da drenagem obsequente, sua tributária, que se afastando até 30 km do fronte da "cuesta", aí originou grande festonamento.

A chamada *Serra Geral*, no sul de Santa Catarina (foto 4) e nordeste do Rio Grande do Sul, é uma colossal sucessão de escarpas abruptas, que a oeste de Torres alcançam quase 1 000 metros de desnível. Não coincidem, em seu traçado, com a direção das camadas. Sabe-se (V. Leinz, 1949; Putzer, 1952, 1953) que a área sedimentar às suas faldas apresenta importantes falhas, subparalelas à direção geral da serra. Nos rochedos de Torres (foto 5), à beira-mar, os derrames acham-se abatidos por falhas, de 120 a 150 metros, em relação ao bloco ocidental. As atuais escarpas, entre Torres e Osório, são puramente formas de erosão, numa zona onde a pluviosidade deve atingir cerca de 2 500 mm (4). Todavia, é de se admitir tenham evoluído a partir de importante zona abatida por falhas, dirigida a 30°NE, achando-se o bloco oriental submerso no mar, como supôs Leinz. Este autor e H. Putzer provaram que os falhamentos afetaram os derrames nessa região. Putzer (1953, pags. 69-70) chega mesmo a provar que os "canyons" que retalham o fronte da Serra Geral em Santa Catarina têm os mesmos rumos NE, NNE e NNW, das falhas regionais.

A área de Lajes, à borda da Serra Geral, no sul de Santa Catarina, apresenta-se como outro campo de tectônica complexa, onde vasto dôm (G. Paiva, 1933), complicado por falhas, alojando em

(4) 2 456 mm em São Francisco de Paula, no Rio Grande do Sul, segundo o *Atlas Pluviométrico do Brasil*, da Divisão de Águas do Departamento Nacional de Produção Mineral.

seu núcleo grande "stock" fonolítico, ergueu cerca de 500 metros os sedimentos carboníferos (P. Almeida, 1952, p. 15). A erosão, à borda da intrusão, fez recuar a frente da "cuesta" basáltica até 60 quilômetros.

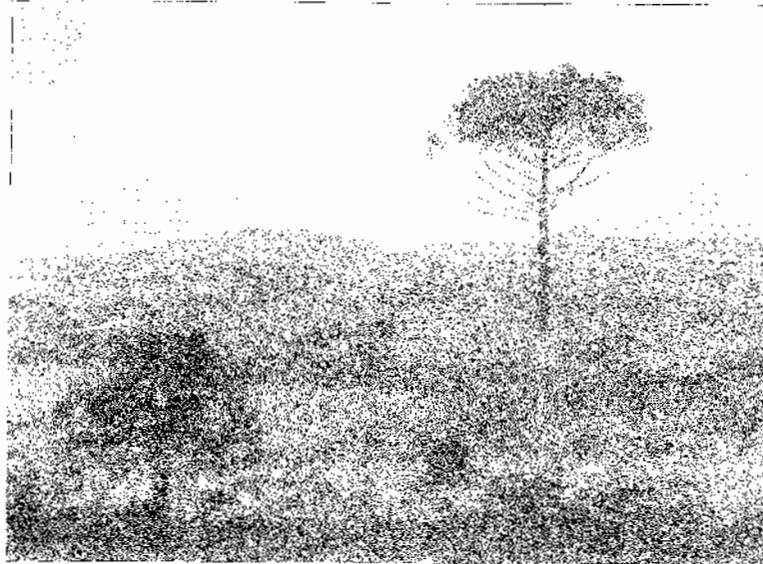


FIG. 6 — Feição do Planalto das Araucárias no alto vale do rio Canoas a norte de Lajes, Santa Catarina.

A terminação meridional do Planalto das Araucárias, no Rio Grande do Sul, é um extenso fronte serrano muito recortado, cuja altitude cai para oeste, ao passo que as camadas mergulham periclinalmente para NE, N e NW, contornando o núcleo riograndense. Não cabe falar em "cuesta", mas num planalto maturamente dissecado, profundamente entalhado pelo fronte de erosão obsequente que fez recuar o divisor de águas de até cerca de 150 quilômetros, na região de Passo Fundo, desde a orla dos derrames. Nesse fronte cai o relêvo para sul através de sucessivos patamares estruturais e divisores de perfis escalonados, equivalentes a uma dúzia de grandes derrames. As maiores altitudes, sobre a Serra Geral nas nascentes do rio Tainhas, formador do Pelotas, e na serra das Autas entre Vacaria e Bom Jesus, ultrapassam um pouco 1.000 metros.

Também em Santa Catarina e Paraná, o Planalto das Araucárias perde altura para oeste, através de patamares estruturais em que vigorosa drenagem, engastada 300 metros ou mais, em amplos vales de acidentado relêvo escalonado, escoar-se em busca dos rios Uruguai

e médio Paraná (foto 6). Tal relêvo muito se suaviza e uniformiza a oeste, na zona vizinha à de Missões, tornando-se a drenagem menos densa, mais amplos os vales e menos acentuada a influência dos sucessivos derrames nos perfis das vertentes, embora as lavas continuem a determinar, aí, o desenvolvimento de extensas plataformas estruturais.

O reverso das "cuestas", em Santa Catarina e no Paraná, pode mostrar cimos nivelados, geralmente não florestados mas cobertos de campos, em altitudes compreendidas entre 1050 e 1300 metros, que parece atestarem a existência de uma antiga superfície de erosão senil, que seria a de Fratinha, deformada e suavemente inclinada para oeste. Em certas áreas, os indícios dessa superfície são muito claros, e nós próprios tivemos ocasião de examiná-los no Estado do Paraná, sobre a serra do Espigão a norte de Santa Cecília, bem como no divisor entre os rios Piquerí e Iguaçu, de Cascavel para leste. Como à borda da Bacia do Alto Paraná, também aqui essa superfície trunca em bisel os derrames basálticos, determinando menores espessuras expostas nos frontes serranos que nos vales do interior do planalto.

O fato que mais ressalta na análise da hidrografia do Planalto das Araucárias é a disposição radial centrífuga dos principais cursos d'água, que togem da área do núcleo curitibano, com traçados consequentes perfeitamente acomodados à conformação geral da superfície basáltica (v. fig. 1). As "cuestas", no Paraná, são atravessadas quase ortogonalmente por esses rios. Note-se, desde logo, a analogia com o traçado centrípeto da drenagem da Bacia do Alto Paraná, como o descrevimos. Parece-nos que também no Planalto das Araucárias tal estado de coisas só pode se explicado como herança de uma situação pretérita, em que o relêvo não oferecia obstáculos à adaptação consequente da rede de drenagem aos declives que se creavam pela deformação hemidômica da chapa basáltica. Como não há qualquer indício de cobertura pós-basáltica, é-nos lícito supor ter essa drenagem imposto aos basaltos seus traçados a partir de uma superfície aplainada que se estendia desde o núcleo curitibano, de onde ainda hoje procede a drenagem, para sobre a área basáltica, numa situação idêntica à que se verifica à borda oriental da Bacia do Alto Paraná. Os movimentos diastróficos, acentuando a deformação, e as já referidas vagas de erosão remontante que se expandiram desde a Bacia Pampeana, penetrando pelas bacias do Uruguai e médio Paraná, provocaram o encravamento da rede de drenagem e o realce das "cuestas" situadas à borda oriental do planalto basáltico. É uma história análoga à que reconstituimos para a Bacia do Alto Paraná, contrastando somente na oposição do sentido em que, nas duas áreas, se processaram os movimentos verticais.

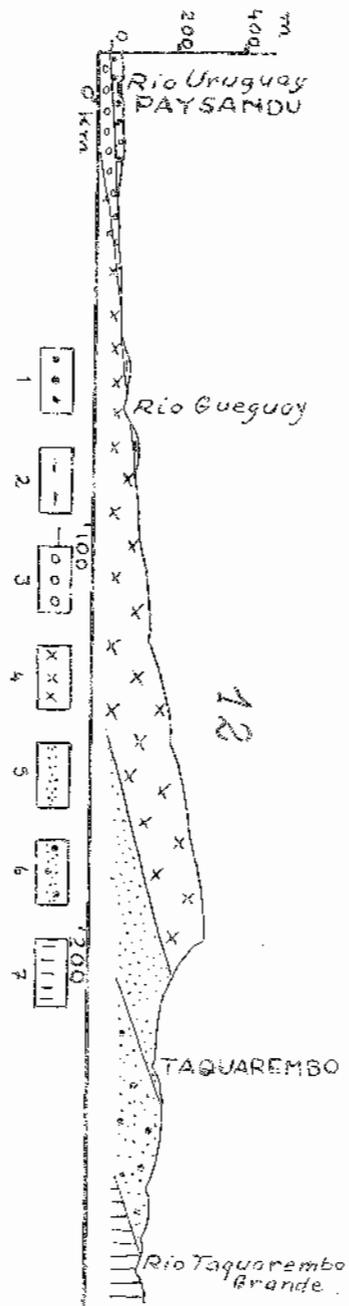


Fig. 8 — *Levantamiento da "cuesta" na Hacienda.*

- 1 — Camadas miceno-jujocénicas (estratos de Mery Bentos). 2 — Camadas de Orquiay (encóns-2).
 3 — Crático superior: 4 — Derrames basálticos. 5 — Arenita (Taquerembo) (— Horricari). 6 — Camadas
 Estrada Nova, Lrati e Palermu. 7 — Série Tuharto (vide *plano geológico de la República Oriental del*
Uruguay, publicado pelo Instituto Geológico del Uruguay en 1946).

3. *Zona das Missões*. — A região das Missões, no Rio Grande do Sul, é uma perfeita continuação do flanco ocidental do Planalto das Araucárias. O relêvo, de suaves ondulações, cai gradualmente de leste para oeste, as maiores altitudes, na serra de São Xavier, a norte de São Pedro, mal alcançando 500 metros. As serras interfluviais das zonas mais elevadas transformam-se em cochilhas cada vez mais baixas e suavizadas, em direção ao rio Uruguai. A drenagem tem seus principais coletores dirigidos, cataclinalmente, para este rio.

Além dos depósitos aluviais modernos dos vales dos rios Paraná e Uruguai, o Território das Missões, na Argentina, é constituído pela pilha de lavas basálticas, com menores intercalações de arenito Botocató, conhecidas sobretudo no sul do Território, desde Corpus e San Ignacio para sul (V. Angelelli, 1937, pgs 8 e 11). O espigão divisor de águas entre os rios Paraná e Uruguai é a Serra das Missões. Na fronteira com Santa Catarina, na região de Barracon, já no Planalto das Araucárias, ela alcança 800 metros de altitude, daí baixando gradualmente para sudoeste, no relêvo colinoso da região da serra de San José e, mais além, nas baixas elevações que se destacam das planícies na provincia de Corrientes. De acôrdo com as descrições de A. Fourous (1904), J. Hausen (1919) e V. Angelelli (1936), a serra das Missões apresenta um relêvo acidentado, com perfís escalonados e vales cada vês mais engravados para nordeste, onde chegam a adquirir feições de "canyons." Dêsse grande interflúvio partem ramificações serranas que separam as águas de afluentes dos rios Uruguai e Paraná, como as serras del Chapa, de Iman, de Victoria, etc. As matas de Araucárias limitam-se às maiores elevações a nordeste, onde claramente a serra de Missões entronca-se com o Planalto das Araucárias. As regiões mais baixas cobrem-se com mata latifoliada.

O planalto basáltico na República do Paraguai é praticamente desconhecido em suas feições estruturais e geomorfológicas. Sabe-se que suas bordas determinam o divisor de águas Paraná-Paraguai, constituindo uma sucessão de baixas escarpas voltadas para oeste, com vários nomes locais, sendo Caaguazú a mais importante. Suas altitudes decrescem desde cêrca de 650 m na região fronteira com o Brasil, na zona das cabeceiras do rio Apa, a pouco mais que 100 metros, nos morros que vão ter às vizinhanças de Vila Encarnación, no rio Paraná. Cáem também para leste, como fruto de intensa erosão realizada pelos afluentes do médio Paraná. Verificamos existir na região de Pedro Juan Caballero, justamente na zona limite entre a Bacia do Alto Paraná e Missões, cobertura detrítica dos basaltos, correlacionável à série Baurú (F. Almeida, 1944, pg. 70). Os arenitos, tidos como suprabasálticos por Baker (1923, pg. 76), são

provavelmente da mesma faixa, acima referida, que atravessa o território argentino e que supomos serem intertrapeanos.

A jusante de Guaira, o rio Paraná tem seu leito talhado nos arenitos suprabasálticos (arenito Caiuá), num curso superficial, entrecortado por numerosas ilhas, cujo caráter anastomosado atesta o importante processo de sedimentação que se vem realizando a montante da soleira basáltica de Guaira. Nesta cidade erguem-se os basaltos de sob a cobertura arenosa, para formarem o relêvo, alto de algumas dezenas de metros, que constitui a borda da Bacia do Alto Paraná. As cachoeiras de Sete Quedas acham-se exatamente onde as águas do rio despejam da borda do grande pires, que é essa bacia, para dentro do "canyon" de 530 km de extensão (via fluvial) do médio curso do Paraná. Tem o rio, entre Guaira (208 m) e Posadas (80 m), um desnível de cerca de 128 m, mais de metade do qual é vencido nos 180 km que separam Guaira da foz do rio Iguazú. É tal "canyon" talhado quase inteiramente nos derrames basálticos, que às suas margens abruptas sustentam vertentes com dezenas de metros de altura. Os principais afluentes do rio, nesse trecho, apresentam grandes cachoeiras, como os saltos de Santa Maria (80 m) no Iguazú (fig. 6; v. II. Putzer, 1953a), e os dos rios Mondai (35 m) e Acaraí, na República do Paraguai.

A origem do grande "canyon" e das cachoeiras é assunto controvertido. A idéia, que perfilhamos em trabalhos anteriores, de resultarem tais feições de uma captura em favor do rio Paraguai, de águas que antes buscavam o rio Uruguai, não nos parece hoje aceitável, ante o que conhecemos do terreno e do exame foto-estereoscópico de fotografias aéreas. Pensamos caber razão a C. Washburne (1930, pgs. 119-120) quando supôs ter-se tal "canyon" originado por erosão linear vertical, processada por uma profunda corrente, carregada da areia, que se diz ter 70 000 m³/sg nas águas médias, e que em certos trechos a jusante de Sete Quedas não tem mais que 80 m de largura. Para que se faça idéia da energia desenvolvida por essa corrente, diga-se que em Sete Quedas, nas cheias do rio, para um desnível de tão somente 17 m, desenvolve-se uma energia correspondente a cerca de 40 000 000 CV.

Parece-nos ainda ter cabido razão a Washburne quando julgou Sete Quedas situada num alto anticlinal, que pensamos corresponder à extensão do dorso do Planalto das Araucárias (v. fig. 1). Logo a jusante das quedas vê-se claramente mergulharem os basaltos rio abaixo, com declive superior ao da corrente, como já o notara Washburne (1930, pgs. 121-122). Do mesmo modo, desde o campo de aviação de Guaira pode-se nitidamente perceber perderem os basaltos altitude para norte, a montante das quedas, para mergulharem sob o arenito Caiuá e as aluviões que aí se vêm acumulando. A

cachoeira, que se teria originado a uns poucos quilômetros somente a jusante de seu sítio atual, representaria o fronte recuado das mais recentes vagas de erosão quaternárias, que vêm penetrando pelo médio Paraná a partir da Bacia Pampeana, e que só agora estão a ponto de invadirem a Bacia do Alto Paraná.

4. "*Cuesta*" de Haedo — No oeste do Rio Grande do Sul e na República do Uruguai, as camadas basálticas inclinam-se para o rio Uruguai, com declive médio que calculamos seja da ordem de 0,3%. Terminam a leste, numa festonada sucessão de escarpas, que se elevam até duas centenas de metros sobre o relevo ondulado dos vales do rio Taquarembó e do arroio Santa Cruz, ambos cursos subsequentes que perlongam o fronte da "cuesta", recolhendo sua drenagem obsequente. As maiores altitudes, próximo à crista, aproximam-se de 400 metros, segundo a Carta Geral do Rio Grande do Sul (1941), daí caindo regularmente em direção ao rio Uruguai, para se recobrirem com camadas cenozóicas e cretáceas. Essa estrutura tem cerca de 350 quilômetros de norte a sul. Apresenta drenagem consequente em seu reverso, oriunda de sua crista. Dois grandes rios subsequentes impõem-lhe vales epigênicos: o Ibicuí, a norte e o Negro, no extremo meridional da estrutura. Ambos parecem oriundos de uma drenagem pretérita procedente do núcleo riograndense. O Ibicuí parece ter sido decapitado em favor da bacia do Jacuí. Segundo V. Leinz (1949, p. 48-49), teria existindo, no terciário, uma drenagem subsequente, entre o núcleo riograndense e a orla dos derrames, localizada na faixa de sedimentos permocarboníferos e escoando para oeste, em busca do rio Uruguai. Os abatimentos por falha havidos na zona litorânea, estabelecendo nível de base mais baixo, teriam provocado o recuo de um curso d'água a partir do mar, o atual Jacuí inferior, ao longo do antigo vale drenado para oeste. Tal recuo já alcançou hoje as imediações da "cuesta" de Haedo, com a captura da bacia do Vacacaí, na região de São Gabriel. Lembremos que os traçados para sudoeste, dos rios Cai, Taquarí e alto Jacuí refletem um caráter geral da drenagem do Planalto das Araucárias e podem estar ligados à deformação da antiga superfície de erosão que entalhou os basaltos.

OBRAS CITADAS

- AB'SABER, A. N. — 1949 — *Regiões de circundesnudação pós-cretácea no Planalto Brasileiro*. Assoc. dos Geog. Bras., Bol. Paul. de Geog., n.º 1, março de 1949, pgs. 3-21. São Paulo.
- ALMEIDA, F. F. M. DE
— 1944 — *A serra de Maracajú — a paisagem e o homem*. Assoc. dos Geog. Bras., Bol., ano IV, n.º 5, pgs. 60-78. São Paulo.

- 1949 — *Relêvo de cuestras na bacia sedimentar do rio Paraná*. Assoc. Geog. Bras., Bol. Paul. de Geog., n.º 3, outubro 1949, pgs. 21-33. São Paulo.
- 1950 — *Relêvo de cuestras na bacia sedimentar do rio Paraná, Brasil*. Compt. Rend. XVI^e Cong. Int. Geog., pgs. 762-771. Lisboa.
- 1952 — *Contribuição à geomorfologia da região oriental de Santa Catarina*. Assoc. dos Geog. Bras., Bol. Paul. de Geog., n.º 10, março 1952, pgs. 3-32. São Paulo.
- 1953 — *Botucatu, a triassic desert of South America*. XIX^e Cong. Geol. Int., Completes Rendus, Section VII, Fasc. VII, pgs. 9-24. Alger.
- 1956 — *General outlines of the Geomorphology of West-Central Brazil*. XVIIIth Intern. Geog. Cong., Excursion Guidebook n.º 1, pgs. 5-55. Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, F. F. M. DE, BARBOSA, O. — 1953 — *Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo*. Div. Geol. Miner., Min. Agric., Bol. n.º 143, 96 pgs.. Rio de Janeiro.
- ANGELELLI, V. — 1937 — *Reconocimiento geológico del Territorio de Misiones en busca de bauxita*. 25 pgs.. Buenos Aires.
- BAKER, C. L. — 1923 — *The Lava field of the Paraná basin, South America*. Jour. of Geol., v. XXXI, n.º 1, pgs. 66-79. Illinois, Chigaco.
- CARNIER, K. — 1911 — *Paraguay. Versuch zu einer morphologischen Betrachtung seiner Landschaftsformen*. Mitt. Geol. Gesells., Iena, v. XXXIX.
- CIEBATAROFF, J. — 1951 — *Regiones naturales del Uruguay y del Río Grande del Sur*. Assoc. Geog. del Uruguay, Rev. Urug. de Geog., ano II, n.º 4, pgs. 5-40. Montevideo.
- COTTON, C. A. — 1952 — *Volcanoes as landscape forms*. John Wiley & Sons, Inc., 416 pgs., New York.
- FOUROS, A. — 1904 — *Reconocimiento geológico del Territorio de Misiones*. Anales del Min. de Agricultura, Sección Geología, tomo I. Buenos Aires.
- FREITAS, R. O. DE — 1955 — *Sedimentação, estratigrafia e tectônica da série Baurú (Estado de São Paulo)*. Fac. Fil. Ciên. Letr. Univ. São Paulo, Bol. n.º 194, Geol. n.º 14, 185 pgs., São Paulo.
- HARRINGTON, H. T. — 1950 — *Geologia del Paraguay oriental*. Fac. Ciên. Exat. Fis. y Natur., Univ. de Buenos Aires, série Geol., t. 1, 82 pgs. Buenos Aires.
- HAUSEN, J. — 1919 — *Contribución al estudio de la petrografia del Territorio Nacional de Misiones*. Dir. Gener. de Minas, Geol. e Hidrol., Min., Agric. de la Nación; Bol. n.º 21, Série B, 39 pgs.. Buenos Aires.
- LAMBERT, R. — 1939 — *Memoria explicativa de un Mapa Geologico de reconocimiento del Departamento de Paysandú y de los alrededores de Salto*. Inst. Geol. de Uruguay, Bol. n.º 27b, 41 pgs.. Montevideo.
- 1941 — *Estado actual de nuestros conocimientos sobre la geología de la Republica del Uruguay*. Inst. Geol. del Uruguay, Bol. n.º 29, 89 págs.. Montevideo.
- LEINZ, V. — 1949 — *Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil*. Fac. Filos., Ciên. e Letr., Bol. CIII, n.º 5, 61 pgs. São Paulo.
- MAACK, R. — 1947 — *Breves noticias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina*. Inst. de Biol. e Pesq. Tecnol. do Est. do Paraná, Arq. de Biol. e Tecnol., v. II, art. 7, pgs. 63-154. Curitiba.

- MARTONNE, E. DE — 1940 — *Problèmes morphologiques du Brésil Tropical Atlantique*. Ann. de Geog., n.ºs. 278-279, ano XLIX. Paris.
- MORAES REGO, L. F. — 1935 — *Camadas cretácicas do sul do Brasil*. Esc. Politécnica de São Paulo. Anuário, 1935, pgs. 231-274. São Paulo.
- NOVAES, W. M. — 1950 — *Notas sobre a geologia e geomorfologia da região entre São Carlos, Novo Horizonte e Garça, Estado de São Paulo*. Fac. Fil. Sedes Sapientiae, Univ. Cat. São Paulo, Anuário 1949-1950, pgs. 200-205. São Paulo.
- PAIVA, G. DE — 1932 — *Reconhecimento geológico de Rio Verde ao Araguaia*. Serv. Geol. Miner. do Brasil, Min. Agric., Bol. n.º 59, 34 pgs. Rio de Janeiro.
- 1933 — *Geologia do município de Lajes, Santa Catarina*. Serv. Geol. e Miner. do Brasil, Min. da Agri., Bol. n.º 69, 14 pgs. Rio de Janeiro.
- PINTO, E. A. — 1938 — *Reconhecimento geológico no Estado de Santa Catarina*. Serv. Geol. Miner. do Brasil, Bol. n.º 92, 30 pgs. Rio de Janeiro.
- PUTZER, H. — 1952 — *Camadas de carvão mineral e seu comportamento no sul de Santa Catarina*. Div. Fom. Prod. Miner., Min. Agric., Bol. n.º 91, 182 pgs., Rio de Janeiro.
- 1953 — *Diastrofismo "germanótipo" e sua relação com o vulcanismo basáltico na parte meridional de Santa Catarina*. Soc. Bras. Geol., Bol., v. 2, n.º 1, pgs. 37-74. São Paulo.
- 1953a — *Os saltos do rio Iguaçu, Paraná, e sua geologia*. Rev. da Esc. de Minas, março de 1953, pgs. 1 — 7. Ouro Preto.
- RUSSEL, I. C. — 1902 — *Geology and water resources of the Snake River Plains of Idaho*. U. S. Geol. Surv., Bull. 199. Washington.
- STAPPENBECK, R. — 1926 — *Geologie und Grundwasserkunde der Pampa*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, 409 pgs..
- WADIA, D. N. — 1944 — *Geology of India*. 460 pgs., Macmillan & Co. Ltd., London.
- WASHBURN, C. — 1932 — *Petroleum geology of the State of São Paulo*. Com. Geog. e Geol. de São Paulo, Bol. n.º 22, 272 pgs..
- WOODWORTH, J. B. — 1912 — *Geological expedition to Brasil and Chile, 1908-1909*. Harvard College. Mus. Comp. Zool., v. LVI, n.º 1, 137 pgs.. Cambridge, Mass.