

REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA

Ano XVIII

ABRIL - JUNHO DE 1956

N.º 2

A GEOMORFOLOGIA DO BRASIL ORIENTAL

LESTER C KING

University of Natal South Africa

INTRODUÇÃO

A presente pesquisa é parte integrante de estudos que há muito desejava realizar, mais especificamente, uma comparação, fase a fase, entre o desenvolvimento da paisagem brasileira e a geomorfologia africana que me é familiar há muitos anos. Estas pesquisas tornaram-se possíveis através da generosidade do governo brasileiro, expressa em convite do Conselho Nacional de Pesquisas, ao qual manifesto gratidão não só pelas facilidades para pesquisa científica em um magnífico país, mas também pela oportunidade de conhecer um povo acolhedor e culto. Com especial prazer registro o interesse e assistência do Dr DJALMA GUIMARÃES que contribuiu grandemente para a eficiência com que pude trabalhar.

O transporte por *jeep* foi fornecido pelo Instituto Tecnológico de Belo Horizonte e em todas as viagens fui acompanhado pelo geólogo Dr. MANUEL TEIXEIRA DA COSTA e pelo motorista MÁRIO DEMAS, ambos do mesmo Instituto. A leal cooperação destes homens é devido o fato de termos podido percorrer uma área tão vasta, mais de três vezes a área total das Ilhas Britânicas, no curto período de dois meses e meio.

Ao Sr DEMAS, que à época conduziu o *jeep* com consumada capacidade através de 21 000 quilômetros em toda espécie de estradas, sobre areia, lama e poeira, através de rios e altas montanhas, registro aqui minha especial admiração.

Enquanto viajavamos, as superfícies de erosão cíclica (as unidades da paisagem brasileira) foram mapeadas continuamente, e os nossos itinerários foram escolhidos de modo a realizar uma série de circuitos transversais que cobriram a maior parte dos estados de Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Os resultados das nossas observações puderam, assim, ser confirmados periodicamente, bem como a acuidade da interpretação assegurada. As altitudes foram determinadas com auxílio de um barômetro aneróide, verificando-se o mesmo, sempre que possível, em pontos cotados. O instrumento, de acordo com as verificações realizadas, desempe-

* Traduzido por ROBERTO GALVÃO, da Divisão de Geografia do C N G

nhou fielmente sua função, porém não é possível garantir que pequenos erros não tenham tido efeito sobre algumas das determinações

O relatório exhibe as limitações comuns a um rápido reconhecimento, mas o autor espera que os grandes traços da geomorfologia brasileira estejam bem interpretados e expostos de modo claro. Durante todo o trabalho o principal objetivo foi deixar que a paisagem brasileira se revelasse ao invés de procura enquadrá-la em idéias derivadas de outros continentes: este foi um modo de aproximação essencial. A comparação com a África será feita em relatório posterior.

A presente pesquisa cobre a maior parte do planalto oriental e fornece respostas a muitos problemas; porém, muito resta ainda a ser feito: uma investigação minuciosa do vale de afundimento do São Francisco, as zonas de feição tabular do oeste, em Goiás e Mato Grosso, as feições morfológicas dos estados semi-áridos do norte, incluindo as relações da formação Pirabas, de *facies* marinha e, naturalmente, a vasta bacia do Amazonas, todos demandam estudos posteriores. Se bem que tenhamos consultado a maior parte da bibliografia quer em inglês ou português, tememos que, pelas falhas nos serviços de bibliotecas, tenham escapado à nossa apreciação importantes contribuições de colegas brasileiros. Se assim fôr, apresentamos aqui as nossas excusas.

Uma grande lacuna é constituída pelo fato de que as folhas da carta topográfica a 1 : 100 000 não puderam ser obtidas para alguns estados, seja aqui ou na África, embora tivéssemos consultado algumas, há vários anos, nas coleções de mapas da Real Sociedade de Geografia (Royal Geographical Society), em Londres. A falta destes elementos trouxe algumas dúvidas tanto no campo quanto durante os estudos subsequentes.

O ASPECTO DO BRASIL ORIENTAL

A região aqui estudada se acha compreendida entre o vale do rio São Francisco e o litoral atlântico, continuando-se em direção sudoeste até São Paulo. Inclui partes de seis estados e cobre, aproximadamente, um milhão de quilômetros quadrados. No âmbito desta área ocorre uma grande variedade de aspectos. Existem vários planaltos de erosão e escarpadas serras, amplos vales e os espetaculares picos gnáissicos arredondados (*bornhardts* ou pontões) pelos quais as paisagens brasileiras são famosas. Alguns aspectos da paisagem são predominantemente produto de erosão, outros de agradaciação e outros, ainda, são considerados como tendo tido origem tectônica. Algumas dessas feições do relevo mostram os efeitos de pesadas chuvas tropicais, enquanto outras apresentam a nudez das formas de relevo desenvolvidas em ambiente semi-árido. No Itatiaia apresenta-se uma paisagem modelada pelo gelo pleistocênico; em Minas, encontra-se uma característica topografia subterrânea de grutas calcárias. Todas as variedades de paisagens costeiras são exibidas, desde os declives abruptos da serra do Mar às longas restingas e lagoas das baixadas litorâneas, tão bem descritas por A. R. LAMEGO. Provas tanto de elevação quanto de subsidência em relação ao nível do mar, aparecem com

abundância. O vulcanismo moderno, considerado como fator isolado, não se acha presente.

Nossa tarefa consiste em descrever êsses vários tipos de paisagem e, se possível, classificá-los de modo a que possam ser imediata e sistematicamente compreendidos. Procederemos a essa análise comparando as inúmeras feições existentes a um número relativamente reduzido (cêrca de meia dúzia) de ciclos de desnudação, seguindo-se sucessivamente através do tempo geológico, e de tal modo ativos que cada um dêles, no seu desenvolvimento a partir do litoral em direção ao interior, abarca as formas esculpidas pelo anterior e é, êle próprio, recoberto pelo novo modelado de seu sucessor. Nesta concepção de um desenvolvimento ordenado por ciclos de erosão subseqüentes é que reside o segredo da compreensão da geomorfologia brasileira.

Naturalmente, as formas pertinentes a um determinado ciclo podem assemelhar-se, até certo ponto, às de ciclos anteriores ou posteriores, já que tôdas essas feições morfológicas foram esculpidas sôb a ação de agentes desnudantes similares; todavia, nem todos os ciclos atuaram durante o mesmo período, antes que fôssem substituídos e, portanto, alguns dêles atingiram, mais do que outros, um estado de aplainamento (peneplanação) mais avançado. Além disso, as superfícies cíclicas mais antigas existem há tanto tempo que foram destruídas na maior parte do país, permanecendo atualmente como altos planaltos ou truncamentos de cristas *; as superfícies cíclicas mais recentes, ao contrário, não existem há bastante tempo para que pudessem aplainar grandemente a região e são, assim, representadas principalmente por vales, jovens ou maduros. As superfícies intermédias, de idade terciária inferior, como veremos, são as que exibem as maiores extensões e a maior perfeição de aplainamento. O observador logo aprende a reconhecer essas superfícies terciárias antigas que tomam o horizonte (Foto 1), e a usá-las como referência à qual as características dos ciclos mais antigos e mais jovens podem ser comparadas a fim de que sejam datados.

Assim, em poucas palavras, o elemento fundamental do cenário brasileiro foi uma vasta planície, produzida pela desnudação, entre o Cretáceo inferior e o Terciário-médio, quando foi soerguida, sendo mais tarde reduzida a um planalto dissecado pela erosão policíclica, ** que escavou vales em quase toda a superfície, ou, localmente, uma série de elevações de tôpo coincidente, sôbre as cristas. Apesar disso, êsse planalto dissecado ainda permanece e é possível reconhecê-lo desde a bacia do Paraná, através de Minas, no sul da Bahia, onde forma feições tabulares, e no Espírito Santo, onde constitui a concordância de cristas das montanhas. Esta vasta peneplanação, que concorda com superfícies de deposição nos contrafortes andinos e abaixo dos pampas argentinos, é denominada *peneplanação Sul Americana*.

Resíduos mais antigos ocupam atualmente apenas uma pequena porção da paisagem brasileira, principalmente na zona montanhosa ao sul de Belo Horizonte e ao longo dos divisores entre os rios que drenam para o norte, para o Amazonas e o Tocantins.

* N do T — *Ridge, bevels*, no original inglês

** N do T — *Polycyclic stream incision*, no original inglês

É claro que o ciclo Sul-Americano atuou durante um tempo muito longo, permitindo que superfícies anteriormente aplainadas sobrevivessem, já que tão poucos remanescentes de ciclos pré-terciários ainda são visíveis. Porém, os indícios de vários aplainamentos cíclicos anteriores são claros e com uma distribuição tal que mostra que também esses ciclos, nas suas respectivas eras, reduziam as primitivas paisagens brasileiras à condição de aplainamento intenso ou ondulação suave, em escala que interessou a todo país. Estes aplainamentos mostram também extensas formações que os recobrem, espessas ou delgadas, concordantes ou discordantes, e participam, até certo ponto, da natureza das paisagens fósseis.



FOTO 1 — A ampla chapada do ciclo de erosão Sul-Americano (Terciário inferior) no nordeste de Minas

Em ordem decrescente, estas superfícies são: *post-Gondwana*, de idade cretácea superior, que não se apresenta nunca completamente aplainada e cuja topografia é freqüentemente acidentada; *Gondwana*, uma superfície extremamente aplainada que apresentou durante o Cretáceo inferior uma inclinação quase tão grande como a da superfície Sul-Americana, posterior; uma superfície desértica (sub-Botucatu), de desenvolvimento local e de idade triássica superior; finalmente, uma superfície fóssil, a mais antiga de todas, que emerge localmente de um espesso manto (centenas de metros) de rochas do tipo gondwânico. Trata-se de terrenos que sofreram uma glaciação antiga, e de idade Carbonífera. Todas estas superfícies antigas serão revistas a seguir, juntamente com os indícios que inferem sobre suas idades.

Os ciclos de erosão que se sucederam ao ciclo Sul-Americano e que atuaram durante o Terciário superior e o Quaternário, após os soerguimentos epirogênicos do Terciário médio, e posteriores, são marcados pelo entalhamento e abertura de vales que destruíram a maior parte do planalto produzido pelo ciclo Sul-Americano e que ocupam agora quase toda a paisagem (ver mapas morfológicos); só localmente, todavia, esses ciclos posteriores atingiam uma

fase avançada de aplainamento. O ciclo de erosão denominado Velhas, que sucedeu imediatamente o Sul-Americano e atingiu um nível de base no Terciário superior, por exemplo, acha-se presente, tipicamente, sob a forma de vales que dissecam o planalto produzido pelo ciclo Sul-Americano; porém, no nordeste baiano, os últimos vestígios do aplainamento Sul-Americano foram destruídos pela erosão, e o ciclo de erosão do Terciário superior (Velhas) acha-se representado pelos tabuleiros.

De modo geral, os dois ciclos são co-extensivos e na área examinada o aspecto mais típico é uma superfície sobre a qual intervieram dois ciclos, formando planaltos referidos ao ciclo Sul-Americano ou concordâncias de cristas e vales devidos ao ciclo Velhas, comumente com uma altitude de 100 metros, se bem que esta seja localmente variável, como é óbvio.

A erosão cíclica quaternária acha-se representada na área adjacente à costa (ciclo Paraguaçu), onde algumas vezes destrói todas as topografias anteriores. O ciclo apresenta duas fases, mas em nenhum local atingiu a fase de aplainamento generalizado (ver mapa morfológico). Trata-se, essencialmente, de um ciclo de vales recentes que marginam o continente.

Após o entalhamento dos vales do ciclo Paraguaçu, no Pleistoceno, somente pequenas variações dos níveis da costa e do mar estão marcadas no litoral. Digno de nota é o pronunciado afogamento (Foto 2) que afetou as extremidades inferiores dos vales principais, a profundidades de 50 a 80 metros, e que foi observado em toda a costa estudada. A este afogamento deve o Brasil muitos excelentes portos (Salvador, Vitória, Rio de Janeiro e Santos) e as lagoas que constituem uma das mais interessantes características do litoral (Ilhéus). Esses leitos afogados, porém, são seguidos, imediatamente para o interior, por desníveis apreciáveis marcados por um patamar rochoso que apresenta uma série de rápidos e cachoeiras, como se vê nos rios Itabuna e Contas. O curso inferior afogado do rio Itapemirim e as famosas cachoeiras do mesmo, 35 quilômetros a montante, bem como o rio Paraíba, que apresenta um patamar rochoso em São Fidélis, onde a altitude é de 24 metros a poucos quilômetros a montante do delta, constituem outros exemplos. Uma tal combinação de características contrastantes só pode representar o resultado de um de dois processos: a) que os rios, recentemente soerguidos, não conseguiram escavar seus leitos antes que uma elevação do nível do mar rapidamente afogasse os seus cursos inferiores, ou b) que uma inclinação em direção ao mar ocorreu segundo um eixo situado a poucos quilômetros do litoral, de tal modo que a costa foi soerguida enquanto o mar foi deprimido. O levantamento eustático do nível do mar que se seguiu à glaciação de Würm pode ser invocado para a explicação da última hipótese, enquanto a conhecida inclinação em direção ao mar da superfície sub-Barreiras (vide), anterior, que bem pode ter-se repetido, fornece uma base adequada para a primeira hipótese. Provas que permitam concluir em favor de uma das hipóteses, a ponto de excluir a outra, não foram encontradas; porém, enquanto o levantamento do nível do mar na época post-Würm é fora de dúvida, a elevação contínua de todas as superfícies de erosão cíclica, no interior, é uma indicação clara de que o principal papel deve ser relacionado à inclinação para o mar.

(abaixamento da costa) É este um importante princípio ao qual nos deveremos referir novamente no texto: enquanto a zona adjacente à costa e o interior do Brasil se elevarem repetida e intermitentemente desde os períodos Mesozóico-médio até o Recente, a zona marinha adjacente ao litoral foi outras tantas vezes deprimida, ocorrendo os movimentos, simultaneamente, segundo um eixo situado próximo à linha de costa atual. Do mesmo modo, segundo o eixo esteja para o interior ou para fora, em relação ao litoral, as características locais da costa são do tipo soerguido ou submeiso, respectivamente.

As razões contra a tese do afogamento são reveladas principalmente pela ocorrência de terraços marinhos soerguidos e praias, nos níveis de 50-60 metros, 20-30 metros e 5-7 metros (RUI OSÓRIO DE FREITAS, 1951, p. 36). Os dois últimos apresentam continuidade com terraços fluviais em altitudes concordantes, e suas relações com a fase de submergência são também discutidas por FREITAS. Todas as feições observadas na costa são referidas aos períodos Pleis-

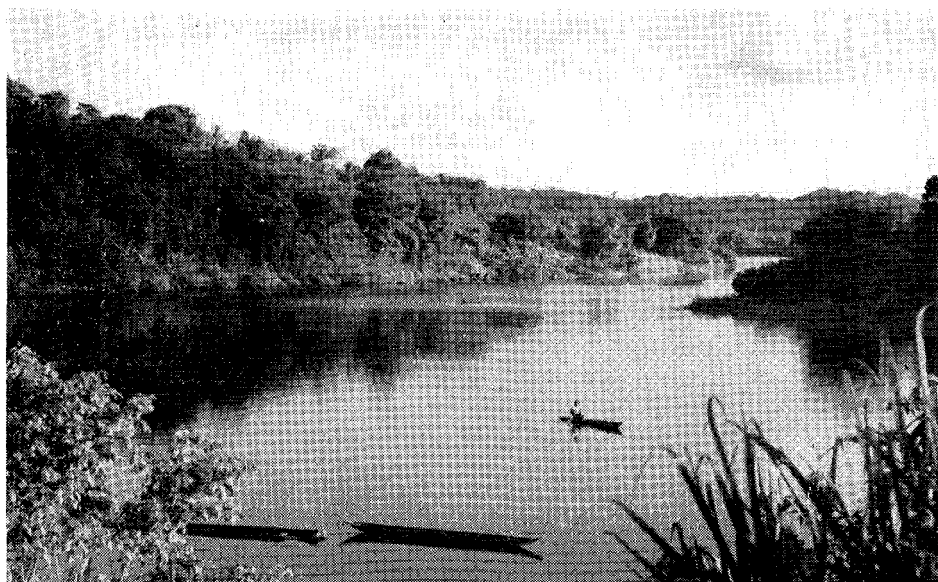


FOTO 2 — Curso inferior afogado do rio Itabuna, Bahia, típico da maior parte dos rios que atingem a costa leste, antes de atingirem o mar. Fotografia tirada a 12 quilômetros do litoral em Ilhéus

toceno e Recente, e como acumulações posteriores à série Baneiras (areias avermelhadas), que é geralmente considerada do Plioceno

Desde a afogamento, também, a linha de costa tem sido consideravelmente regularizada pela deposição. Deltas pantanosos desenvolveram-se nas barras das lagoas; longas restingas ligaram os pontos salientes da costa e planícies costeiras (baixadas litorâneas) aumentaram progressivamente por linhas de praias sucessivas. Na embocadura dos rios de maior porte (como o Doce e o Paraíba) deltas foram depositados em direção ao mar. Estudos especiais sobre essas feições foram realizados por LAMEGO (1940, 1948) que assinalou um abaixamento bem como um levantamento eustático do nível do mar, no Pleistoceno.

As baías de Guanabara, no Rio de Janeiro, e Todos os Santos, em Salvador, apresentam interêsse especial já que vários autores sugeriram que sua origem é tectônica. A baía do Rio de Janeiro, conhecida mundialmente por seu magnífico cenário, exhibe uma forma de afogamento típica, com escarpas abruptas descendo rapidamente sobre águas profundas, próximo à barra, e com planícies deltaicas em torno de sua periferia, mais ao interior. Ao fundo levanta-se a magnificente escarpa da serra do Mar. Se é verdade que estas formas são produto de tectonismo, então o falhamento acha-se associado à formação da baía; porém, se são somente formas de erosão, a famosa baía de Guanabara é semelhante às formas de afogamento do resto da costa, desde Aracaju até o Rio Grande do Sul. As únicas faturas que foram demonstradas são as descritas por LAMEGO (1945) no lado oriental da baía, em Niterói, e que possivelmente são anteriores à topografia moderna, como quase todas as fraturas do estado do Rio de Janeiro. De modo geral, vejo-me inclinado a considerar as formas encontradas (produto de afogamento e entulhamento posterior) nessa famosa baía, como similares e simultâneas com as mesmas formas encontradas no resto da costa e a reduzir os supostos efeitos de movimentos diferenciais em sua formação.

Para a baía de Todos os Santos, outros autores (veja-se OLIVEIRA e LEONARDOS, 1943, p. 583) demonstraram que ocupa um vale de afundimento cretáceo, entulhado pelas séries cretáceas Santo Amaro, Ilhas e São Sebastião, constituídas por areias e vasas. O flanco ocidental é constituído por granitos e gnaisses arqueanos, enquanto o lado oriental é formado por um outro bloco de granito, o de Salvador. A que distância, para o norte, chegou esse *graben* cretáceo é difícil precisar, mas a 200 quilômetros nessa direção, e a mais da metade dessa distância, até a depressão cretácica do baixo São Francisco, estão preservadas camadas dessa idade nas quais se encontram remanescentes de plantas e *Estherias* (OLIVEIRA e LEONARDOS, 1943, p. 578), em uma depressão que bem poderia ter sido um *graben* cretáceo que se estenderia até Araci, Tucano e até além do baixo São Francisco. A baía atual pouco deve a essas estruturas mesozóicas, já que no Terciário superior a área foi aplainada pela superfície cíclica que denominamos "Velhas" e que cortou através das camadas cretáceas e do granito do bloco de Salvador, se bem que numerosas elevações residuais tenham permanecido a oeste de Feia de Sant'Ana. Sobre essa superfície de desnudação, acumulou-se uma espessa cobertura de argilas e areias pliocênicas (barreiras).

Somente mais tarde os movimentos tectônicos do fim do Terciário ou do Pleistoceno inclinaram essas formações para o mar, em direção ESE, tornando mais íngreme o curso do rio Paraguaçu que escavou, então, um largo vale no seu baixo curso, já próximo da baía de Todos os Santos. O afogamento desse vale pleistocênico do baixo Paraguaçu e seus afluentes, produziu a atual baía.

Os deslocamentos modernos por falhamento parecem, portanto, não estar estabelecidos por observações concretas na costa leste do Brasil ao sul do rio São Francisco.

O MODO DE DESENVOLVIMENTO DA PAISAGEM BRASILEIRA

Não são conhecidas, no vasto interior do Brasil, formações marinhas de idade post-paleozóica, nem existem razões para suspeitar que tais formações existiram e que foram subsequenteiramente arrasadas pela desnudação. As formações post-paleozóicas que aí ocorrem em larga escala, são tôdas, sem dúvida, de tipo continental, existindo portanto razões para que se acredite que, a não ser pela faixa adjacente à costa e pela depressão subandina a oeste, o Brasil constituiu como que uma “terra firme” durante todo o tempo geológico que importa aos objetivos do presente trabalho

As feições morfológicas podem ser divididas, de modo geral, em duas grandes classes: de agiadação e de degradação, das quais as últimas são as mais comuns. Os dois tipos são freqüentemente encontrados no Brasil e podemos exemplificá-los, o primeiro, pelas extensas aluviões da bacia amazônica, o segundo pelas chapadas e planaltos dissecados de Minas. As planícies costeiras (baixadas) e os tabuleiros da Bahia, recobertos por areias da formação Barreiras, bem como os antigos planaltos do interior, recobertos por areias e xistos (*shales*) cietáceos, das séries Bauru e Urucuiá, constituem um tipo complexo no qual a superfície moderna é produto da desnudação, recobrindo uma fase anterior de agiadação que, por sua vez, encobre uma superfície ainda mais antiga, cuja origem foi produto de desnudação

No âmbito da área estudada, predominam as superfícies de desnudação e o desenvolvimento dessas feições deve ser procurado principalmente no modo pelo qual evoluem tais superfícies. Esta questão do modo pelo qual evoluem as superfícies de desnudação foi recentemente posta em evidência (KING, 1953) e a publicação de uma tradução inglesa da obra de WALTHER PENCK — *Die Morphologische Analyse*, deverá trazer novas discussões sobre o assunto. Não desejamos, porém, entrar aqui em exposições teóricas nem impor ou discutir os processos de evolução de encostas defendidos por DAVIS, PENCK, KING ou qualquer outro autor. Nosso único propósito é determinar o que mostram as paisagens brasileiras, na região estudada, quanto à maneira pela qual se originaram e evoluíram

Os vastos aplainamentos da paisagem são aparentes a qualquer observador e parece fora de dúvida que constituem as unidades com que qualquer topógrafo (sic) terá que lidar. Estes aplainamentos ocorrem a várias altitudes sobre (e mesmo abaixo) o nível do mar, em certos casos devido ao fato de uma única superfície inclinar-se consistentemente em uma direção; em outros porque duas (ou mais) superfícies aplainadas ocorrem justapostas em níveis diferentes. Um exemplo deste último caso é encontrado na superfície (ciclo Velhas) que emerge de sob o nível do mar em Aracaju, Sergipe, e que, com seu recobrimento de areias da formação Barreiras, eleva-se gradualmente para sudoeste até além de Cícero Dantas e Jeremoabo, na Bahia, onde constitui tabuleiros (ainda recobertos pela formação Barreiras) em altitudes que ultrapassam 500 metros sobre o nível do mar. Em outros locais, esta mesma superfície pode ser observada elevando-se a quase 1 000 metros de altitude. Um exemplo do primeiro caso acima citado (uma única superfície) é visto em Vitória da Conquista, onde escarpas abruptas se elevam da superfície da vasta chapada que ocorre

no norte de Minas e no sul baiano (ciclo Sul-Americano), até um planalto mais elevado (ciclo post-Gandwana) que é claramente mais antigo

Sempre que dois de tais aplainamentos são observados em justaposição, acham-se separados por escarpas relativamente abruptas. Estas escarpas mostram tôdas as características das escarpas de erosão. Seus contornos, suas relações com os aplainamentos superiores e inferiores e suas relações com a rocha matriz afastam qualquer interpretação que as considere de origem tectônica e eliminam, portanto, qualquer possibilidade de que os aplainamentos superiores e inferiores constituam partes de uma única superfície que tivesse sido deslocada por movimentos da crosta. Não se trata de uma única forma de erosão mas sim de *dois aplainamentos distintos*, sendo cada um, bem como a escarpa que os separa, produto de erosão. Este fato é demonstrado em inúmeros exemplos, cobrindo milhares de quilômetros, pelas próprias paisagens brasileiras; e elas ali estão para que sejam consideradas e usadas pelos observadores.

São, com efeito, essas escarpas, que tornam possível a definição das unidades aplainadas e que fornecem um meio de mapear as unidades de erosão cíclica representadas pelos aplainamentos.

É impossível que tais escarpas fôsem estáticas, resistindo aos processos erosivos que sobre elas operam; e, na verdade, o material residual delas derivado constitui prova evidente de sua natureza regressiva e, se outras provas fôsem necessárias, seriam representadas pelos pedimentos que se lançam do sopé das escarpas para a planície inferior, mostrando pelo menos uma parte do terreno sobre o qual as escarpas regrediam e demonstrando, ainda, a maneira pela qual a própria planície foi criada, pelo desenvolvimento e coalescência de pedimentos isolados. Sobre as planícies mais jovens, as formas de muitos pedimentos são claramente visíveis, porém, onde o aplainamento foi prolongado, e onde os depósitos superficiais e solos profundos são generalizados, as formas dos pedimentos só podem ser definidas através de medidas feitas a instrumento. Uma cobertura arbustiva dificulta, também, a investigação de muitas superfícies. Todavia, em tôdas as superfícies de aplainamento em que procedemos a cuidadoso exame, não houve nunca fato algum que nos levasse a duvidar que sua origem e desenvolvimento são devidos a múltiplos pedimentos (pediplanícies)

A paisagem brasileira, na extensa região estudada, mostra, portanto, que evoluiu, e evolui, pela regressão de escarpas e pedimentação, uma conclusão em concordância satisfatória com observações realizadas em outras regiões do globo terrestre

Uma precaução é, porém, necessária. Sempre que uma superfície é policíclica, as feições de um ciclo podem suceder-se tão rapidamente umas às outras que não houve tempo ou espaço suficiente para o desenvolvimento de pedimentos de largura apreciável. Assim acontece nas proximidades de Belo Horizonte, onde quatro ciclos se acham representados e onde os pedimentos não se acham claramente visíveis (Foto 3); porém, mais ao norte, na direção de Sete Lagoas, os pedimentos são bastante desenvolvidos, alcançando distâncias consideráveis a partir das escarpas intercíclicas



FOTO 3 — Vista para oriente, em Belo Horizonte, mostrando a cidade no vale do ciclo Velhas, o truncamento de tópo do ciclo Sul-Americano no esporão baixo, de cor mais clara, além da cidade (esquerda), o ciclo post-Gondwana na crista mais escura acima (também à esquerda) e traços do truncamento Gondwana na serra do Curral (extrema direita)

As próprias escarpas intercíclicas mostram muitas vezes íntima concordância de declive em certas regiões, como se tôdas tivessem atingido uma forma estável de pendente. Nas superfícies de desnudação dos terrenos arqueanos a oeste e noroeste de Feira de Sant'Ana, por exemplo, os inúmeros morros residuais e montes que se elevam dos largos pedimentos e pediplanícies mostram uma notável concordância na forma e no declive. Esta condição só deve ocorrer se, após atingir a forma estável, a escarpa regride paralelamente a si mesma. Isto é o que parece ocorrer com as escarpas intercíclicas em toda a região em estudo.

Após essas considerações, é possível compreender o aspecto escalonado da paisagem brasileira. Cada superfície aplainada permanece virtualmente inalterada até que é alcançada e destruída pela escarpa do ciclo de erosão subsequente, abaixo e além da qual se desenvolve a pediplanície do novo ciclo.

Cada um dos ciclos de erosão sucessivos é gerado por um soerguimento do bloco subcontinental, do que resultam dois grupos de feições morfológicas, um relacionado à linha de costa, outro ao sistema de drenagem. O primeiro grupo é relacionado a uma escarpa desenvolvida pela erosão nas adjacências da costa. À medida que essa escarpa regride para o interior, as feições do novo ciclo de erosão desenvolvem-se entre ela e o litoral. Um exemplo de tais escarpas é a da serra do Mar, tanto ao fundo da baía de Guanabara quanto em Santos. Ao mesmo tempo, um segundo grupo de feições morfológicas desenvolve-se onde os rios mais importantes e seus tributários estão afundados na superfície soerguida anterior, talvez a grandes distâncias no continente, como acontece em São Paulo e no oeste mineiro, onde o aplainamento devido ao ciclo Sul-America-

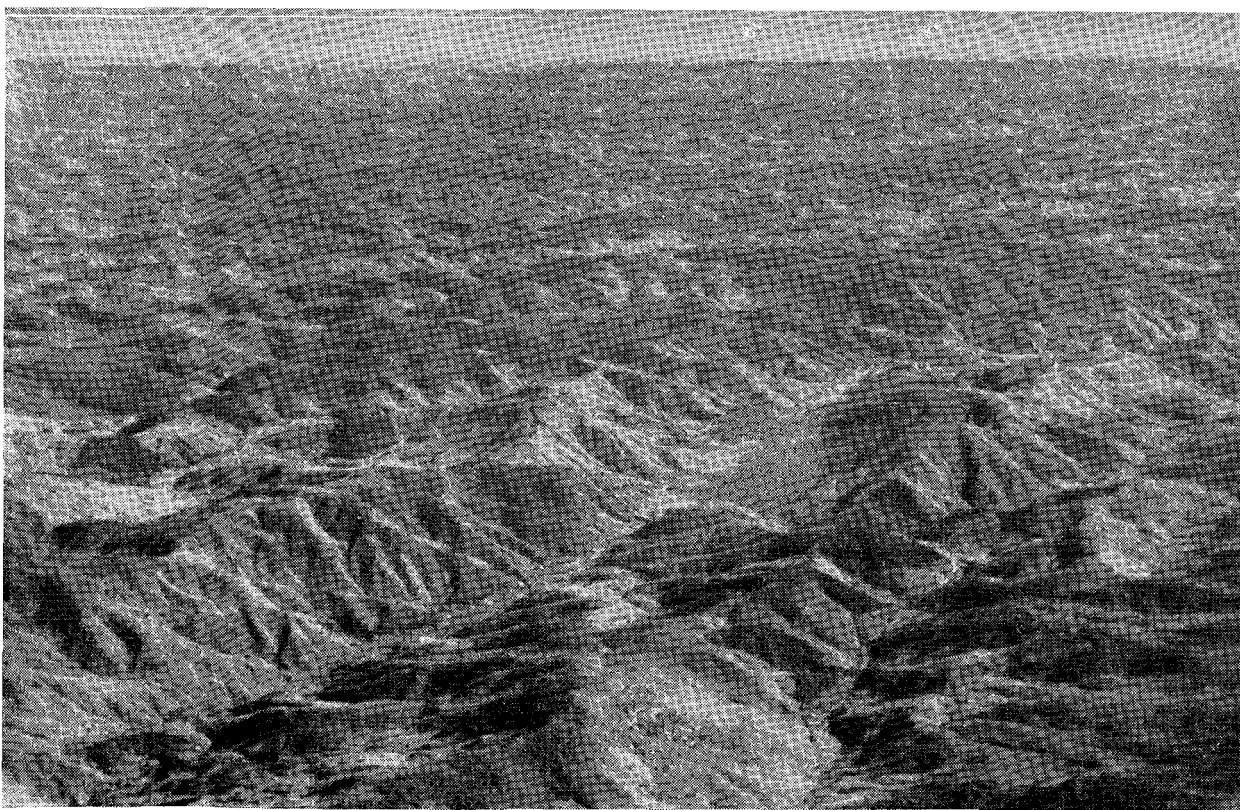


FOTO 4 — O planalto dissecado além da serra do Mar, a cerca de 98 milhas a leste de São Paulo; vista para o norte, de 23° 15' S., 45° 5' W (Prof J. L. RICH, "The face of South America", American Geographical Society)

no foi reduzido a um planalto dissecado pelos tributários do rio Grande. As vertentes dos vales regridem, por sua vez, em direções opostas aos eixos desses vales, reduzindo rapidamente o restante do planalto anterior. Dêste modo, muito comumente no Brasil, as vertentes regressivas do ciclo "Velhas" (Terciário superior) destroem rapidamente as chapadas do ciclo Sul-Americano (Foto 4).

Sob todos os aspectos, a evolução da paisagem brasileira segue muito de perto os princípios estabelecidos como "Cânones da evolução das paisagens" (KING) *

A SUCESSÃO DE SUPERFÍCIES DE DESNUDAÇÃO E AGRADAÇÃO

Desde o Paleozóico médio que o Brasil foi quase continuamente u'a massa continental. Através do país deslocaram-se duas séries de formas de relevo, presentes por vêzes, lado a lado, e alternando-se outras vêzes, no tempo. A primeira série compreende ciclos de desnudação ou erosão, e a segunda ciclos de agradação ou sedimentação. Na combinação dessas duas seqüências acha-se escrita a história da evolução da paisagem do leste brasileiro desde a sua emersão dos vastos mares silurianos (Bambuí).

A preservação de fósseis nos membros sedimentares permite que as duas seqüências sejam datadas com acuidade razoável, de modo que podemos relacioná-los como segue:

* N do T — *Canons of landscape evolution*, KING, Lester C — 1953

Períodos alternados de deposição e desnudação no Brasil oriental:

Reoente — areias da costa, aluviões, calcários superficiais e poeiras vermelhas do interior.

Pleistoceno — profunda incisão de vales e regressão das escarpas de erosão mais importantes. *Ciclo de desnudação Paraguaçu* Duas fases

Plioceno (provavelmente superior) — Série Barreiras e séries relacionadas compostas de areias vermelhas. “Silcretes” Ausência de fósseis

Terciário superior — incisão de vales em Minas e São Paulo, com aplainamentos no norte baiano, do ciclo de erosão Velhas

Mioceno inferior — vários depósitos arenosos jazendo sobre a superfície do ciclo Sul-Americano, difíceis de datar pela ausência de fósseis

Terciário inferior — aplainamento generalizado do ciclo Sul-Americano, que forma o lineamento fundamental no qual a erosão subsequente modelou

Cretáceo superior — Arenitos vermelhos e leitos de seixos das séries Bauru e a maior parte da paisagem brasileira

Urucuaia. Em Sergipe, em seguida a flexuras regeneradas, rochas marinhas do cretáceo superior. Fósseis tanto na série marinha quanto na continental.

Cretáceo superior — Em seguida ao soerguimento da massa continental, um ciclo de erosão “post-Gondwana” cortou vales e planícies na paisagem pré-existente, do ciclo Gondwana.

Cretáceo inferior — em áreas restritas, arenitos vermelhos de tipo continental. Em Sergipe a superfície gondwânica foi flexionada por sub o nível do mar e recebeu um capeamento de sedimentos marinhos do Cretáceo inferior (Albiano).

Jurássico — Na maior parte do Brasil desenvolveu-se uma superfície de erosão que apresenta um aplainamento excepcionalmente intenso. Representa o ciclo de desnudação Gondwana.

Triássico superior — Arenitos vermelhos da série Botucatu, seguidos por vastos derrames basálticos nos estados do Sul.

Triássico — Uma superfície de agradação sob regime desértico; representada pela discordância na base da série Botucatu Poucos detalhes conhecidos; aparentemente de grande extensão e com relêvo baixo

Triássico-carbonífero — Uma grande fase de sedimentação sobre uma massa continental em processo de afundamento (subsidência) Acumulação de rochas do tipo Gondwana começando com tilitos, rochas de clima temperado frio e, finalmente, rochas de clima temperado quente (série Estrada Nova). Fósseis de répteis e plantas. Ausência de série marinha.

Carbonífero-devoniano — Uma superfície cujo relêvo variou de moderado a baixo; modelada finalmente sob lençóis de gelo

A fase mais antiga, do Carbonífero ao Triássico, foi predominantemente de sedimentação sobre uma massa continental em processo de subsidência; a mais moderna, do Jurássico ao Recente foi predominantemente de desnudação sobre uma massa continental em elevação intermitente. Podemos, agora, discutir esses acontecimentos com maior detalhe.

Os terrenos carboníferos de glaciação

Em seguida à retirada dos vastos mares silurianos, somente pequenas áreas inundadas permaneciam no Amazonas, em Goiás e no Paraná. Em outras áreas, o Brasil oriental parece ter sido inteiramente continental durante o Devoniano e o Carbonífero. Poucos pormenores das superfícies antigas são conhecidos, todavia, até o Carbonífero superior, quando geleiras continentais se estendiam sobre uma paisagem cujo relêvo era essencialmente baixo. As geleiras exerceram ação abrasiva sobre essa superfície, aplainaram-na e poliram-na, removendo o solo proveniente das rochas até que a superfície veio a



FOTO 5 — Rochas arqueanas da superfície de glaciação carbonífera emergindo dos varvitos e tilitos do primeiro plano. O uniforme aplainamento glacial é evidente. Vista tomada próximo de Indaiatuba, São Paulo.

consistir, na maior parte, de elevação rochosas desnudadas (*roches moutonnées*) e depressões irregulares sem drenagem. Esta superfície trabalhada pelo gelo pode ser observada atualmente nos estados do Sul do Brasil, onde as formações glaciais carboníferas sobrejacentes, menos resistentes, estão sendo removidas pela erosão. Exemplos típicos foram estudados nas proximidades de Itu e Indaiatuba, São Paulo, formando como que uma pequena escarpa na área de rochas de tipo gondwânico da bacia do Paraná (Foto 5). Tanto RICH (1953, p. 11) quanto DE MARTONNE (1940, p. 7) visitaram essa área, declarando, o primeiro, que esta superfície fóssil não apresenta o espesso recobrimento de-

composto geralmente observado nas áreas graníticas brasileiras, e notando, o segundo, que “esta superfície pré-permiana era sem dúvida uma planície perfeita”. Sua declividade de 1 a 3%, desde Salto de Itu (altitude 550 metros), para o norte, até Campinas, foi considerada por DE MARTONNE como produto de movimentos tectônicos posteriores

No oeste de Minas, DJALMA GUIMARÃES (1951, pp 132-5) assinalou, seguindo B. FREYBERG, um certo número de ocorrências, tôdas muito pequenas, de leitos de seixos cimentados e que parecem ser mais antigos que os arenitos Areado (triássicos). Alguns dos seixos são facetados e pensa-se que os depósitos são associados às glaciações carboníferas. Se esta interpretação fôr correta, os depósitos devem se achar sobre uma superfície carbonífera. O mapa que acompanha o mesmo relatório mostra várias ocorrências sobre os divisores, onde provavelmente são também subjacentes ao aplainamento Gondwana (Cretáceo). Permanece a dúvida, porém, quanto à superfície carbonífera ao norte e a oeste de Abaeté; não se sabe se sofreu glaciação tão intensa como a de São Paulo

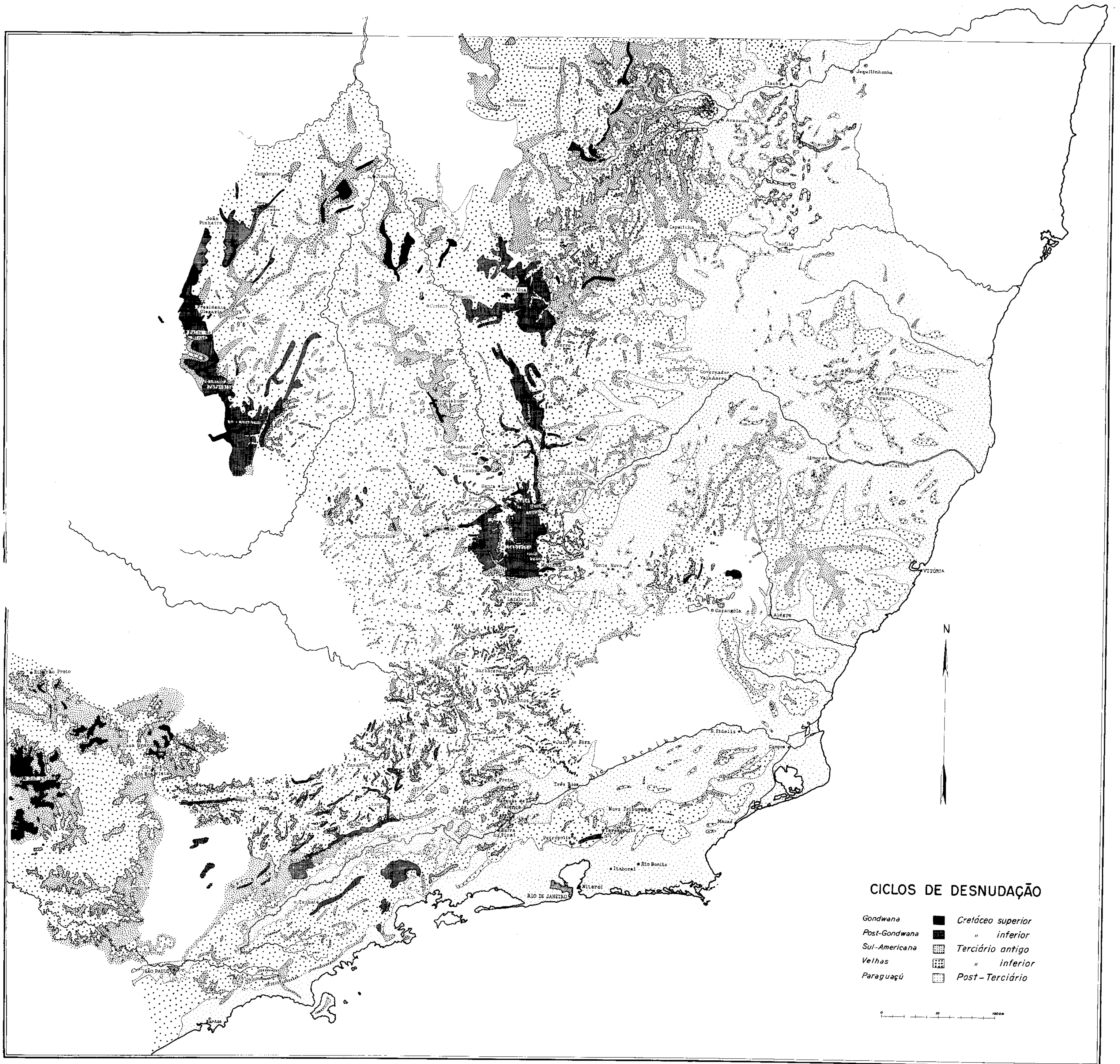
A seqüência de rochas do tipo gondwana

Jazendo sobre a superfície de glaciação do Carbonífero superior, encontra-se uma série de varritos e tilitos que englobam os detritos que permaneceram quando os lençóis de gelo estagnaram e se dereteram. Esse depósito é seguido por xistos (*shales*) escuros contendo fósseis de plantas e carvão que se acumularam sob condições de clima temperado frio; a esses xistos sucedem-se, por sua vez, xistos e arenitos verde-cinzentos e vermelho-ocre (com répteis fósseis) — série Estrada Nova, que indicam um ambiente temperado quente. Estas formações, como é possível observar no mapa geológico do Brasil, cobrem uma vasta área do interior, entre as latitudes de 4 e 32° Sul. As minúcias da estratigrafia local acham-se resumidas no texto da obra de OLIVEIRA e LEONARDOS (1943); pelo presente, apenas anotamos que esta vasta e espessa formação de Santa Catarina, tão semelhante ao sistema Karroo da África do Sul e à formação Gondwânica da Índia, na sua seqüência e litologia características, acumulou-se em meio continental. Presumivelmente apresentou, durante a sua formação, uma série de fases de aggradação, muitas das quais em massas de água interiores

O deserto triássico

A acumulação dos sedimentos de tipo gondwânico foi seguida por um curto intervalo de desnudação durante o qual uma paisagem verdadeiramente árida foi desenvolvida.

Se bem que a extensão original dêste deserto triássico seja imprecisa, êle foi generalizado, e F. de ALMEIDA opina que foi esta uma das maiores áreas desérticas conhecidas em épocas post-Cambrianas. A própria superfície é revelada na discordância da base do arenito Botucatu e é marcada, em algumas áreas, por uma delgada camada irregular de calcário silicificado, congênere,



geològicamente, do *calcrete* arenoso que cobre grandes extensões do deserto de Kalahari, na África do Sul.

Se bem que apresente considerável importância estratigráfica, êste deserto triássico exumado tem pouca significação na paisagem moderna.

Em alguns locais parece coincidir com o aplainamento gondwânico, posterior, e existem lugares (na região do divisor São Francisco-Paranaíba, a oeste do Paranaíba, na grande bacia de sedimentos páleo-mesozóicos; próximo à confluência Araguaia-Tocantins) onde três superfícies cíclicas — o deserto triássico, a superfície Gondwana e a superfície atual, convergem e concordam intimamente em posição. Tanto sedimentos Botucatu quanto basaltos triássicos também aparecem, em discordância, abaixo do Cretáceo em duas áreas de Mato Grosso e, ainda aqui, provavelmente subsiste a correlação entre as três superfícies cíclicas.

O abaciamiento (*basining*) da bacia do alto Paraná é bem conhecido através da posição das camadas de tipo Gondwana. Até onde é válida a interpretação nos mapas geológicos, o abaciamiento verificou-se antes da acumulação das camadas cretácicas e algumas talvez sejam anteriores à série Botucatu e relacionadas aos processos que originaram o plano desértico triássico. Algumas deformações aparecem também mais ao norte do Brasil, onde os arenitos Botucatu quase não ocorrem, assentando os basaltos réticos, algumas vezes, diretamente sobre o Permiano ou mesmo sobre o Carbonífero de *facies continental*. A desnudação triássica aparece, então, abaixo das lavas

Os arenitos Botucatu e as lavas réticas

O deserto triássico transformou-se rapidamente em deserto arenoso, com ocorrência generalizada de dunas de areia avermelhada e cursos d'água temporários, pelos quais as águas pluviais ocasionalmente corriam para lagos temporários, antes de desaparecerem (*facies* de Sant'Ana).

As características do arenito Botucatu típico foram descritas por GUIMARÃES (1951, p. 53): "O arenito Botucatu apresenta grã-fina, com grãos de quartzo bem rolados, uma pequena porcentagem de ortoclase e microclina granular cimentada por produtos de decomposição. Sua cor é rósea ou vermelha". Nos afloramentos-tipo, em São Paulo, a espessura máxima não excede 250 metros, as cores são vermelho, rosa e amarelo e a grã varia de média a fina e é muito uniforme. A rocha é friável, exceto quando silicificada junto ao contacto com o basalto sobrejacente. A estratificação entrecruzada é muito comum (Foto 6). O aspecto geral da formação faz pensar em um meio arenoso, de um deserto de *ergs* quase livre de vegetação.

O triássico marinho só é conhecido em uma pequena área próxima à embocadura do rio São Francisco, em Sergipe.

Durante o Rético, lençóis basálticos invadiam o deserto e desviavam-se, por vezes, para o norte, onde assentam sobre rochas mais antigas, além do deserto arenoso. Nos estados do Sul, onde as lavas ocorrem de modo generalizado constituindo capeamentos de planaltos, em toda a bacia do Paraná, e onde recobrem a escarpa voltada para o mar, a espessura é geralmente da or-

dem de 100 metros. As rochas apresentam tipos bastante uniformes e filiam-se ao tipo toleítico (*tholeitic type*). Muitos diques de alimentação cortam o arenito Botucatu subjacente, e são responsáveis por alguns efeitos do metamorfismo de contacto.

Provavelmente será da mesma idade uma associação de intrusões em alcalis que mostra notável associação com a elevada faixa de terrenos que se estende de oeste para leste através do estado do Rio de Janeiro, onde atinge uma altitude de mais de 2 800 metros nas Agulhas Negras, no maciço do Itatiaia. A importância dessas eruptivas já foi ressaltada por GUIMARÃES (1947).

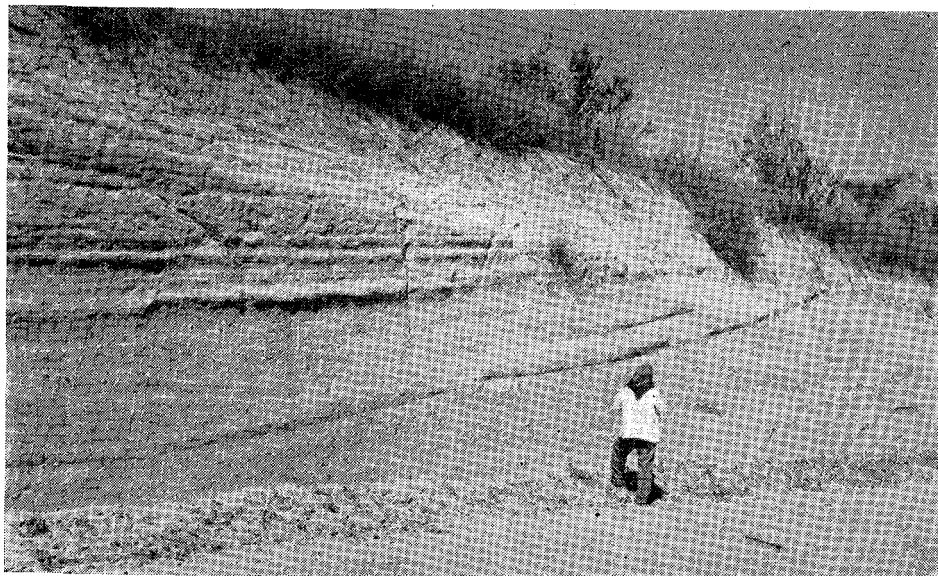


FOTO 6 — Estratificação entrecruzada no arenito Botucatu na estrada para São Pedro, a noroeste de Piracicaba, São Paulo

O ciclo de desnudação "Gondwana"

Após a emissão das lavas réticas, a desnudação prevaleceu praticamente em todo o Brasil. Só localmente se acumularam arenitos vermelhos (série Uberaba). Prolongando-se durante todo o período jurássico, a fase erosiva reduziu a superfície, em todos os lugares, a uma planície extraordinariamente uniforme, que inclui, algumas vezes, fragmentos já arrasados da superfície desértica triássica ou sub-Botucatu.

No todo, as formações triássicas parecem ter sido removidas em grandes áreas pelo ciclo Gondwana antes que os depósitos terrestres cretáceos fôssem sedimentados. Permaneceu, porém, evidentemente, uma concordância geral, no jazimento e na forma, entre as superfícies triássicas e Gondwana.

Como só ocorre nos divisores mais importantes, ocupando a posição mais alta em relação aos próprios cumes (Foto 7) a superfície Gondwana apresenta boas razões para que seja considerada como a superfície mais antiga do Brasil atual.

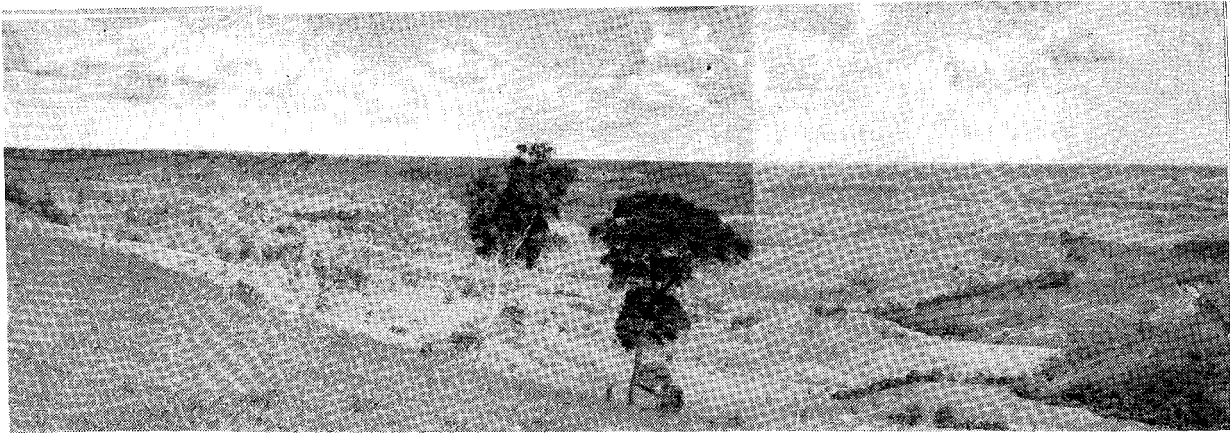


FOTO 7 — A superfície Gondwana aparece na linha de cristas dissecadas por vales dos ciclos Sul-Americano e post-Gondwana. Vista para sudoeste, da estrada principal, ao sul de Carmo do Paranaíba, Minas

Além do mais, tôdas as superfícies anteriores são exumadas ou fósseis. Enquanto que a maior parte da superfície Gondwana permanece atualmente em estado fóssil sob um capeamento cretácio, em outras regiões, tais como área montanhosa ao sul de Belo Horizonte, essa superfície parece não ter tido nenhuma cobertura sedimentar e foi exposta continuamente aos elementos desde o Cretáceo até os dias atuais.

Já foi sugerido que (KING, 1950, p. 124) a superfície Gondwana é, mesmo, mais antiga do que o Brasil e fazia parte da topografia do antigo continente austral Gondwana, que já existia antes que os atuais contornos da América do Sul fossem estabilizados e antes que a bacia do oceano Atlântico fosse criada.

Vistos a distância, os aplainamentos desse ciclo aparecem, frequentemente quase perfeitamente uniformes (Foto 7), porém a observação de um ponto mais próximo geralmente revela pequenas irregularidades resultantes de processos erosivos posteriores.

Sempre que a rocha matriz forneceu o material adequado, a superfície Gondwana apresenta-se protegida por uma camada de canga, parte da qual é bastante rica para que tenha sido trabalhada como minério de ferro, como no planalto a sudeste de Belo Horizonte.

Os sedimentos do cretáceo inferior

No nordeste da Bahia e Sergipe, a superfície Gondwana apresenta uma flexão e, próximo à costa, passa por baixo de uma sequência sobrejacente de rochas cretácicas marinhas (Albianas) de modo que é, ali, de idade cretácea inferior. Estas formações (Riachuelo) são constituídas de siltitos e xistos (*shales*) de cor amarelo-castanho, apresentando os xistos (*shales*) delgadas lentes de calcário, ocasionalmente fossilíferas. Aparecem arenitos próximo à base da formação.

A superfície Gondwana acha-se sob formações cretácicas, de norte a sul, na porção central do Brasil. Aqui a discordância do Cretáceo em relação às lavas triássicas, ao arenito Botucatu e às formações permianas e carboníferas, representa a superfície em estudo (Gondwana), que aparece algo modificada por um ciclo post-Gondwânico.

Ao observador parece que, entre as areias cretácicas (*facies* terrestre) do interior, duas séries deveriam estar presentes, uma referida ao Cretáceo in-

feior, provavelmente de distribuição-restrita e recobrimdo sòmente a superfície Gondwana, e outra, referida ao Cretáceo superior, generalizada e assentando tanto sôbre a superfície Gondwana quanto sôbre a post-Gondwana. A última série é bem conhecida na posição estratigráfica indicada e com a extensão observada. É datada por répteis fósseis. Quanto à primeira série, porém, parece não existir referência concreta na bibliografia. Este fato não constitui surpresa, de vez que as duas séries seriam litologicamente idênticas e só seria possível distingui-las pela existência de fósseis.

O problema será novamente discutido neste relatório, quando analisarmos as formações de areias vermelhas do interior.

O ciclo de desnudação Post-Gondwana

A superfície post-Gondwana raramente se apresenta bem aplainada e, sendo quase tão antiga como a superfície Gondwana (ambas são de idade mesozóica superior), só se mostra preservada em uns poucos locais favoráveis.

Esta superfície ocorre, assim, formando bancos ou terraços * sôbre os flancos das montanhas que são cortadas pela superfície Gondwana; permanece, como a superfície mais alta, sôbre elevações que não apresentam altura suficiente para que tivessem sido atingidas pela superfície Gondwana; ocasionalmente, como acontece próximo de Vitória da Conquista, constitui um planalto que se eleva sôbre uma chapada mais jovem que o circunda por um ou mais lados. Ainda mais freqüentemente, esta superfície forma uma zona de terrenos acidentados entre um remanescente da superfície Gondwana e a superfície Sul-Americana (Foto 8), como acontece na região do divisor entre o oeste e o leste mineiro.

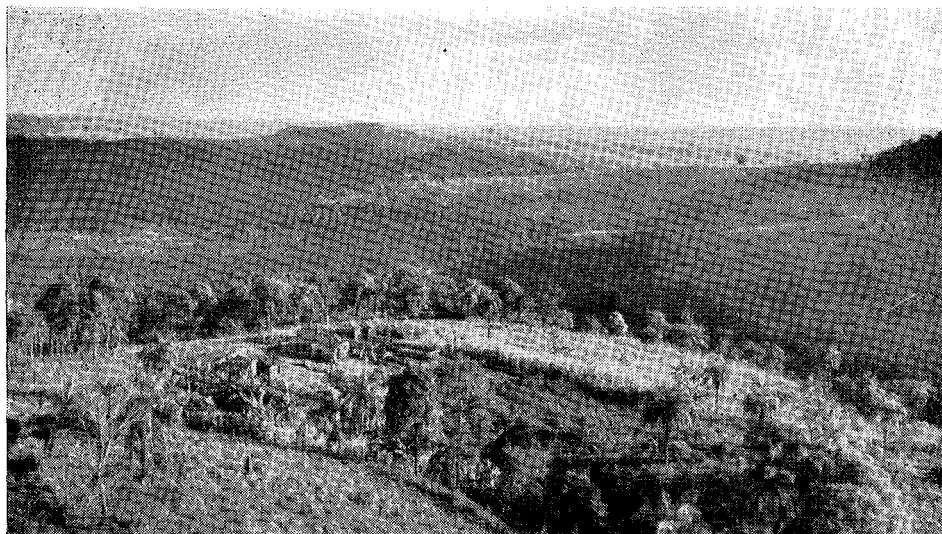


FOTO 8 — Terrenos da superfície post-Gondwana no primeiro plano, aparecendo o aplainamento Sul-Americano a distância. Ao norte de Carmo do Paranaíba, Minas

* N do T — Benches no original em inglês

Os sedimentos do cretáceo superior

Em contraste com o restrito desenvolvimento dos sedimentos do Cretáceo inferior, as formações do Cretáceo superior são generalizadas no Brasil. A maioria dessas formações apresenta a *fácies* terrestre “areia vermelha” e são tão semelhantes à formação Botucatu que chegam a não apresentar diferenças litológicas. No sul, os arenitos, siltitos e xistos são referidos à série Bauu (Foto 9a), na qual foram encontrados fósseis de quelônios, crocodilos e outros

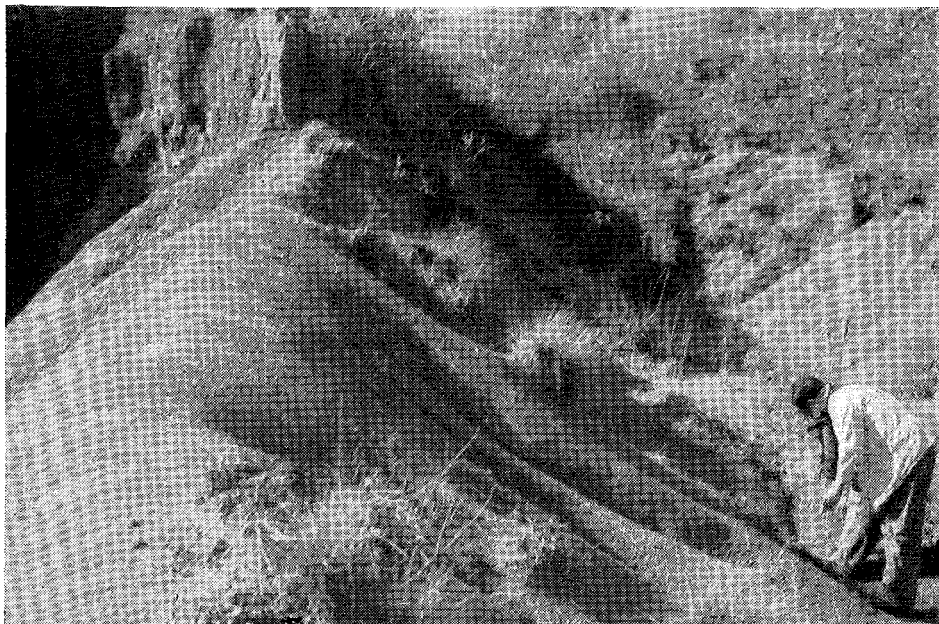


FOTO 9a. — Areias e argilas vermelhas (Cretáceas) da série Bauu. No planalto ao norte de São Pedro, São Paulo, estas areias e argilas assentam sobre uma superfície Gondwana (ou possivelmente post-Gondwana, em parte) que truncou levemente as lavas basálticas (Rético).

répteis, fósseis destes que, acrescidos de peixes e invertebrados, constituem provas suficientes para que se possa colocar aquela série no Cretáceo superior.

No oeste de Minas, a série Urucuia, bem semelhante, que recobre os divisores a oeste do vale do São Francisco, é presumivelmente da mesma idade, porém não existem fósseis que corroborem essa opinião; mais para oeste, em Goiás e Mato Grosso, ocorre de modo generalizado a formação Parecis, que também se assemelha à série Bauu. Bem a oriente ocorre a série Biotas (avermelhada) do Recôncavo, contendo plantas fósseis e *Asterias*, bem como a sucessão comparável de arenitos e xistos vermelhos de idade cretácea que ocorrem no antigo *graben*, que se prolonga para o norte, a partir do Recôncavo, passando por Aiuru e Tucano, até além do baixo vale do São Francisco.

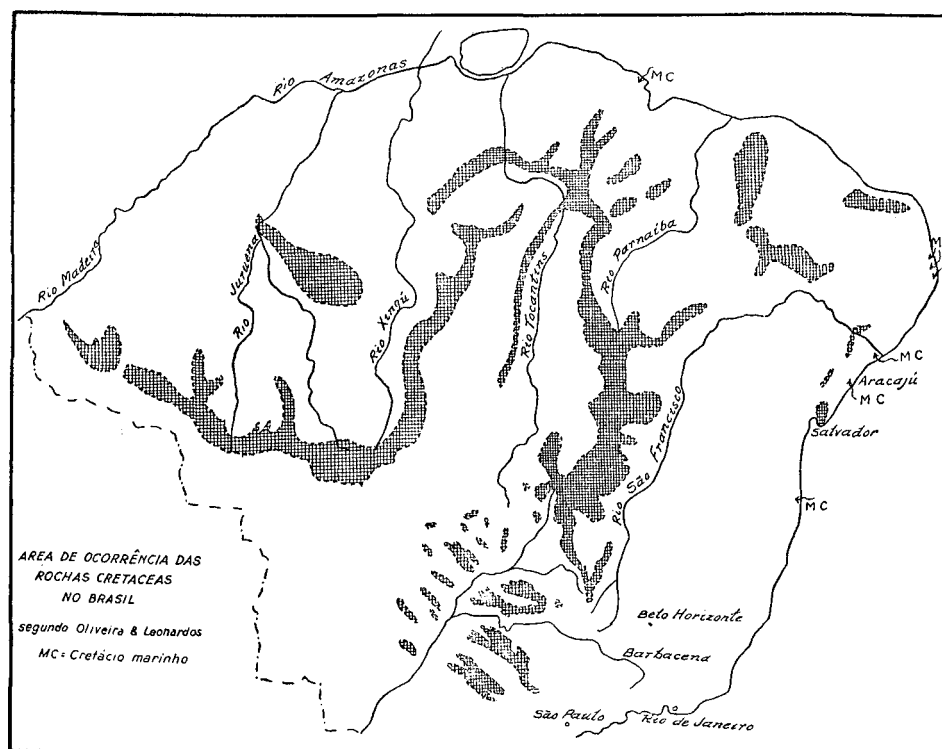
Todas essas ocorrências constituem, todavia, remanescentes que apresentavam maior extensão. Com efeito, como pode ser visto na figura 1, tudo indica que a maior parte do interior brasileiro foi um deserto arenoso durante o Cretáceo superior, como também aconteceu durante o Triássico.

As camadas de *fácies* continental do Cretáceo superior, no interior, assentam diretamente sobre a superfície Gondwana e os vales da superfície post-



FOTO 9b — Formações marinhas do Cretáceo superior com grande abundância de fósseis
Pinheiro, Sergipe

-Gondwana se afundaram até ela, a não sei pelo fato de que, nos vales referidos, aparecem, por vêzes, na base, leitos de seixos de quartzo bem rolados que atingem espessuras de vários metros. Estas ocorrências de seixos de quartzo aparecem esporadicamente em áreas de muitos quilômetros quadrados



Fl 1 — Distribuição das séries de rochas cretáceas no Brasil. Essas séries são de tipo continental a não sei, quando marcadas "M" (marinho) (Segundo OLIVEIRA e LEONARDOS)

Na sucessão costeira a desnudação é representada pelo hiato Albiano-Senoniano (descontando-se uma curta transgressão de idade Turoniana inferior). Assim como a superfície que a antecedeu (Gondwana), a superfície post-Gondwana foi basculada em direção ao mar, na região da costa, e tornou-se assim sujeita à deposição das formações marinhas (Senoniana e Daniana). De acordo com as observações dos técnicos do Conselho Nacional do Petróleo, o calcário Laranjeiras apresenta uma espessura de quase 500 metros. Sua cor é creme ou cinzenta, nodular ou finamente granulado, com fósseis marinhos e, pelo fato de ser compacto, tende a formar elevações, algumas das quais ainda se apresentam cobertas por formações terciárias. A formação Sapucaí, sobrejacente e com 250 metros de espessura, é constituída por calcário com estratificação delgada, interestratificado com xisto e marga (*marl*). O mergulho regional é para sudeste, para o oceano, mas existem várias estruturas anticlinais.

Mais ao sul, ao longo da costa baiana, porém ao norte de Ilhéus, aparece a formação Algodões, marinha e referida ao Cretáceo superior, do baixo rio Maraú.

Além desta, ocorrem outras formações marinhas cretáceas, que se acham do lado do mar, na plataforma continental, por motivos tectônicos, a não ser em Itaboraí, a leste da baía de Guanabara.

O ciclo Sul-Americano

A superfície Sul-Americana foi esculpida durante um longo período no decorrer do Terciário inferior e atingiu grande uniformidade de aplainamento.

Esta superfície aparece freqüentemente como chapadas que se elevam sobre sistemas de vales ou planícies onduladas, produto da ação de ciclos posterior-

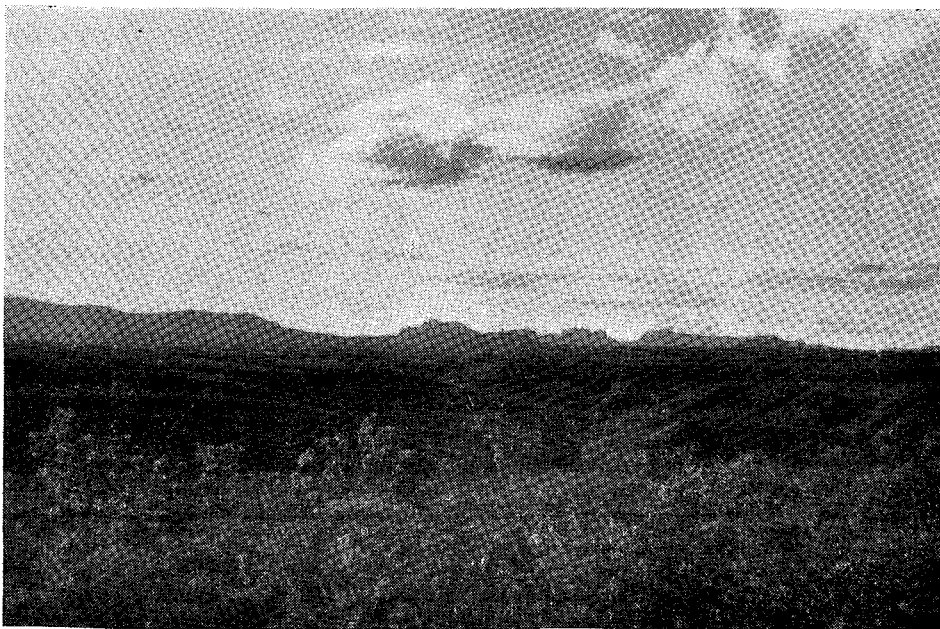


FOTO 10 — Típicos elementos cíclicos da paisagem brasileira: o aplainamento do Terciário médio com testemunhos mais antigos da serra do Machado, sobre os resistentes quartzitos Itacolomi, e o vale cíclico do rio Jequitinhonha (Terciário superior) Próximo de Caracatiba, Minas

ies (Foto 10) As largas chapadas entre Senador Mouão e São Domingos do Aiaçuai (Foto 1) são típicas desta superfície cíclica. Constituído um planalto dissecado, ela recobre a maior parte do oriente paulista (Foto 11). Depósitos superficiais de canga aparecem sobre a superfície, como no caso da chapada no sopé oriental da serra do Caraça (Foto 12) e em Barão de Cocais (Foto 13).

Como foi declarado anteriormente, os remanescentes aplainados desta superfície ainda a individualizam, apesar da dissecção subsequente, como a superfície fundamental da qual a topografia moderna foi esculpida. Vários au-

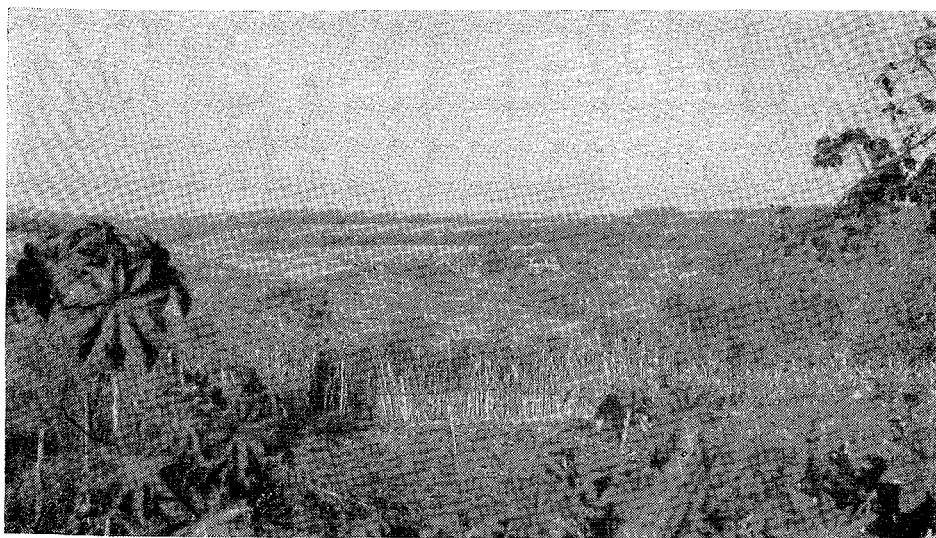


FOTO 11 — A superfície sobre a qual atuaram dois ciclos, a superfície Sul-Americana dissecada por vales do ciclo de erosão Velhas ($\pm$ 160 metros de profundidade) 8 quilômetros, a noroeste de Campinas, São Paulo

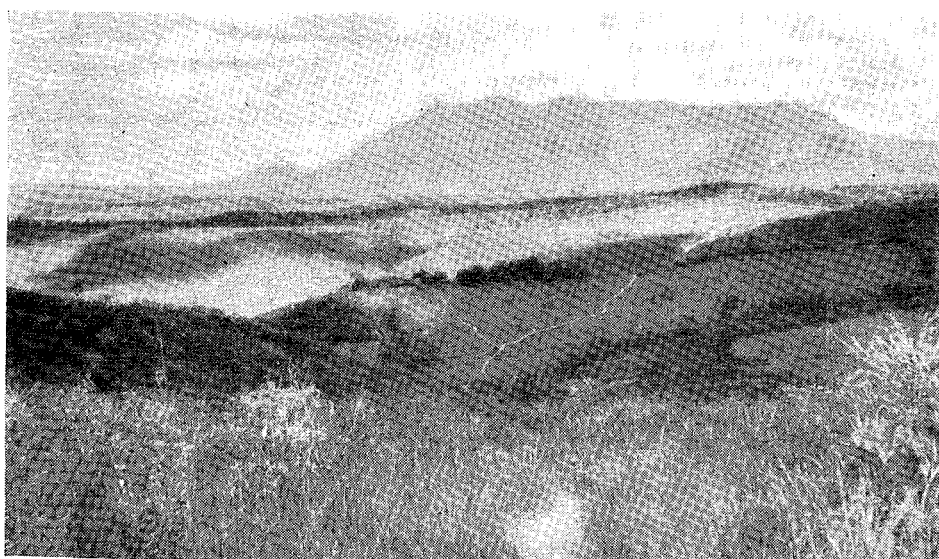


FOTO 12 — O flanco oriental da serra do Caraça (que apresenta o aplainamento de topo Gondwana) com a chapada Sul-Americana partindo de sua base para leste. A chapada é dissecada por vales (ciclo Velhas) tributários do rio Doce. A altitude do ciclo Gondwana ultrapassa 2 000 metros, a superfície Sul-Americana atinge 1 000 metros. Vista para o sul, em direção a Fonseca, tomada próximo a Santa Bárbara, Minas Gerais



FOTO 13 — *Mineração de ferro superficial em terraço do ciclo Sul-Americano em Barão de Cocais, Minas Gerais. Contrafortes da região montanhosa são vistos para oeste*

tores têm atribuído à superfície Sul-Americana idades que vão desde o Eoceno ao Plioceno, como MORAIS RÊGO (1936). As provas são escassas, porém, consideraremos, por enquanto, que essa superfície foi aplainada no intervalo entre o fim do Cretáceo e o início do Mioceno.

A sedimentação no terciário-médio

As intermináveis planícies do ciclo Sul-Americano, pontilhadas de lagos e lagoas, foram soeigidas no Terciário-médio, provavelmente no fim do Oligoceno. Nas várias depressões, acumularam-se, então, numerosos depósitos paludais e lacustres, cujo desenvolvimento era restrito e local, como os descritos por C. F. HARTT e L. J. DE MORAIS, na região das cabeceiras dos rios Jequitinhonha e Pardo. Estas camadas apresentam-se freqüentemente como areias brancas, compactas, que aparecem nas cristas das escarpas, e nas quais ocorrem lentes mais espessas e seixos intercalados; apresentam-se, também, por vezes, como areias vermelhas.

A altitude sobre o nível do mar varia entre 750 e 950 metros. Algumas das areias vermelhas do oeste mineiro, cuja distribuição é esporádica sobre a mesma superfície cíclica, são presumivelmente de formação análoga; em outros casos a areia ali se encontra por transporte eólico. Muitos desses depósitos foram convertidos em *silcrete* compacto pela silicificação, como próximo ao lago Jatobá, a oeste de Pirapora, Minas Gerais. Infelizmente, nenhuma dessas ocorrências se acha suficientemente bem datada (por elementos fósseis) para que se possa deduzir a idade exata da superfície Sul-Americana adjacente.

Vários autores se têm referido a pacotes de depósitos continentais em Fossaca e Gandarela, Minas Gerais, que contêm plantas e peixes fósseis e que, pensa-se, lançariam alguma luz sobre o problema das relações de idade da topografia. Essas duas ocorrências se apresentam, todavia, em situação peculiar e as provas que fornecem não são seguras. Na obra de OLIVEIRA e LEONARDOS (1943, p. 686) essas duas ocorrências são citadas como sendo de idade Miocênica, com base nas plantas fósseis; o Dr. L. PRICE informou-me, porém por cor-

respondência, que a opinião atual (1954) não as considera mais antigas do que o Plioceno. Esta nova opinião está em melhor conformidade com a situação fisiográfica de cada depósito.

As camadas que ocorrem em Fonseca consistem de arenitos de grã angulosa*, arenitos e argilas mal consolidados expostos em pequenas cabeceiras de vales a aproximadamente 730 metros de altitude, a oeste da vila, onde aparentemente, êsse material foi acumulado *in situ*. As próprias cabeceiras dêsses vales apresentam-se encaixadas na superfície Sul-Americana, que corta as cristas mais elevadas pertencentes ao ciclo de desnudação seguinte (Velhas).

As camadas são, portanto, posteriores à abertura dos vales e, com efeito, depósitos semelhantes podem ser observados presentemente em fase de acumulação. Lança-se, assim, certa dúvida quanto à identificação inicial dos fósseis como miocênicos, enquanto a disposição fisiográfica vem ao encontro da conclusão mais moderna, isto é, que os depósitos não seriam de idade anterior ao Plioceno.

As camadas que ocorrem em Gandarela consistem de uma pequena mancha de sedimentos, contendo linhito, que aparece no flanco oriental da serra da Moeda a 1 280 metros de altitude. O depósito acha-se cortado e exposto por uma pequena ravina.

BRAJNÍKOV (1948) citou as seguintes características do depósito: a) a sequência assenta sem discordância angular sôbre as rochas da série Minas (Algonquiano); b) a estrutura regional é monoclinal; c) as formações são profundamente falhadas na margem; e d) as camadas foram provavelmente acumuladas numa pequena bacia (depressão) local.

A situação das camadas, na falda de uma serra e sujeitas a intensa desnudação, bem como seu deslocamento por falhas, torna qualquer correlação com os ciclos de erosão que atingiam o Brasil praticamente impossível. Além do mais, mesmo o datamento paleontológico original é suspeito. A idade pliocênica é quase tão plausível como a miocênica, já que, na verdade, os linhitos que aí ocorrem são bastante semelhantes aos linhitos pleistocênicos de Deepwalls, próximo a Knysna (África do Sul), que se encontram em situação muito parecida.

Só se conhecem formações sedimentares marinhas de idade miocênica no norte do Brasil: a formação Pirabas do Pará (MAURY, 1925), que apresenta notável riqueza em fósseis. Estas formações assentam, presumivelmente, sôbre uma superfície que representa o ciclo de desnudação Sul-Americano.

Na área abrangida por êste relatório, as condições tectônicas foram de tal ordem, que a superfície Sul-Americana não foi projetada abaixo do nível do mar antes de atingir a linha da costa, em nenhum local a não ser em Aracaju e no baixo Paraguaçu. Portanto, em nenhum local é possível comprovar a passagem da superfície Sul-Americana sob camadas miocênicas; esta correlação deve, todavia, ocorrer além da costa, na plataforma continental, tendo em vista vários indícios observados (Fig. 2).

* N do T — *Grit*, no original inglês

O ciclo de erosão velhas

O ciclo de erosão denominado Velhas raramente atinge a fase de aplainamento generalizado na área em estudo. Nos curtos sistemas fluviais do leste do Espírito Santo, profundos vales dêsse ciclo escavam terrenos da planície soerguida produto da ação do ciclo Sul-Americano; porém, em direção à Bahia, onde o soeiguimento foi menor entre os dois ciclos, os terrenos tornam-se progressivamente mais atacados pelo ciclo Velhas, sendo que no norte daquele estado vastos tabuleiros emprestam à paisagem seu aspecto característico (Foto 14)



FOTO 14 — O amplo tabuleiro do ciclo de desnudação Velhas, à altitude de 250 metros. Vista ao sul de Carira, nordeste da Bahia. A superfície apresenta-se pedimentada e sem o recobrimento de areias da formação Barreiras

Mesmo quando atinge o aplainamento, a superfície Velhas freqüentemente apresenta remanescentes, isolados ou em grupos, que se elevam à semelhança de *inselbergs*

O aspecto geral é, assim, o de uma paisagem ondulada, esplêndidamente pedimentada, cuja superfície se apresenta dissecada por profundos vales do ciclo seguinte (Paraguaçu). Em alguns locais o ciclo apresenta duas fases

No interior, onde o ciclo penetrou até centenas de quilômetros da costa, ao longo dos rios principais, não chega a atingir um aplainamento extenso mas acha-se representado por uma incisão de cerca de 100 metros que diseca a chapada mais antiga produzida pelo ciclo Sul-Americano (Fotos 11 e 12). Mesmo assim, como os vales se ramificam em tôdas as direções e se apresentam bem alagados*, a distribuição do ciclo Velhas é bastante extensa e é possível observar, em um mapa morfológico, que destruiu a maior parte da superfície anterior (Terciário interior)

Assim acontece no oeste de Minas e no leste de São Paulo onde a superfície difásica é característica, apresentando linhas de cristas truncadas e um relevo de aproximadamente 100 metros; esta superfície desenvolveu-se principalmente durante o Terciário superior (Figs 2, 3 e 4)

* N do T — Flated, no original inglês



Fig. 2 — Relações entre as superfícies cíclicas de desnudação e a costa do Espírito Santo (A superfície Gondwana foi omitida)

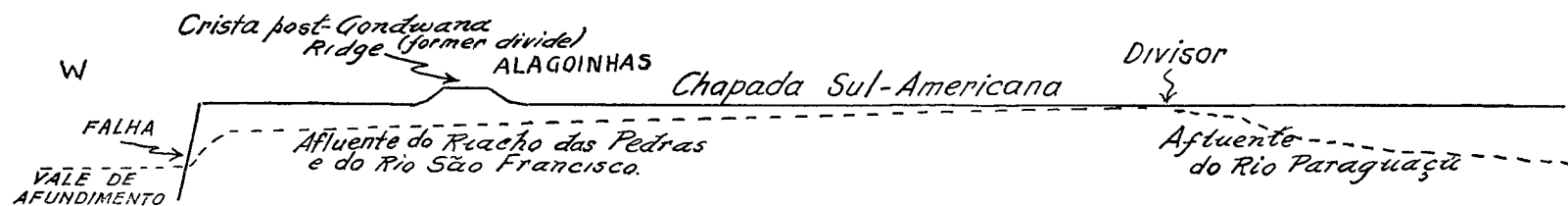


Fig. 3 — Os aplainamentos cíclicos e suas relações com a drenagem ao sul de Morro do Chapéu, Bahia.



Fig. 4 — Secção hipotética da serra do Mar (serra dos Órgãos) ate o mar, mostrando a estrutura monoclinal fraturada.

A formação Barreiras e as formações correlatas

A superfície cíclica Velhas apresenta extensos depósitos arenosos denominados "barreiras" na região costeira, onde são considerados de idade pliocênica, apesar da ausência de fósseis. O estudo de alguns fósseis de plantas encontrados próximo a Alagoinhas, Bahia, por E. W. BERRY confirmam a idade pliocênica naquele local.

No interior, depósitos arenosos semelhantes são assinalados, em muitos locais, assentando sobre a superfície Velhas, como em Paracatu, mas esses depósitos podem ter sido derivados, em grande parte, de deposição anterior sobre a superfície Sul-Americana. A cimentação pela sílica converteu parte das areias da formação Barreiras em massas de "silcrete" compacto que são muito resistentes à meteorização e que constituem, em alguns casos, carapaças que protegem elevações e escarpas, como acontece nos tabuleiros ao sul de Jeremoabo, Bahia.

O ciclo de erosão Paraguaçu

O ciclo Paraguaçu caracteriza-se essencialmente, pela abertura de gargantas e vales que, na área abrangida pelo presente relatório, só aparecem nos menores sistemas fluviais que atingem diretamente o mar. Assim, o presente ciclo agiu sobre área relativamente grande na Bahia, mas sobre uma área relativamente pequena em Minas Gerais. Nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo este ciclo é responsável pelo aspecto magnificamente escarpado da zona costeira, como, por exemplo, a escarpada "frente" da serra do Mar.

Em quase toda a região esse ciclo é representado por duas fases, das quais a primeira é exemplificada por terraços elevados sobre os fundos dos atuais vales nivelados ou não (Foto 15). As cachoeiras ou rápidos que marcam o

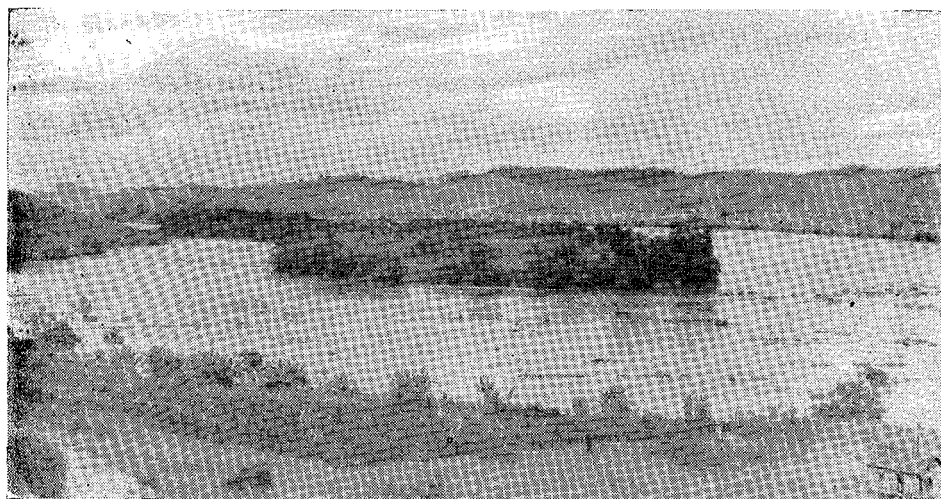


FOTO 15 — O rio Doce a jusante de Governador Valadares, mostrando terraços e o atual fundo do vale, ambos do ciclo Paraguaçu

curso dos principais rios, também constituem elementos que demarcam as fases intermediárias

De Sergipe para o sul estas duas fases aparecem freqüentemente, até o Ribeira de Iguaçu, em São Paulo, onde foram assinaladas por RICH (1953, pp. 27-29) As duas fases são particularmente generalizadas na Bahia

Além dos aspectos descritos, algumas vezes são notadas pequenas depressões * introduzidas por diferenças locais na dureza e estrutura das rochas Os detalhes morfológicos que daí resultam constituem apenas sintomas da juventude do ciclo.

As feições semelhantes que provavelmente existiram nos ciclos de desnudação anteriores foram eliminadas com a continuidade da desnudação, porém o curto período desde o início do Pleistoceno, quando o ciclo Paraguaçu iniciou sua ação, só foi suficiente para mascarar as diferenciações e não para obliterá-las completamente.

Acumulações recentes:

Sobre a superfície trabalhada pelo ciclo Paraguaçu acumularam-se aluviões, depósitos pantanosos e dunas, a maior parte dos quais somente aparecem nas proximidades da costa

Assim acontece no Recôncavo, onde os vales do ciclo Paraguaçu se aprofundaram na formação Baneiras e na plataforma subjacente do ciclo Minas sobre rochas arqueanas e cretácicas; os vales rasos apresentam, muitas vezes, seus fundos recobertos por aluviões que descem até depósitos pantanosos próximo à baía de Todos os Santos Os rios Doce e Paraíba constituíam grandes deltas na costa leste.

Das sete superfícies que se desenvolveram no Brasil desde o Paleozóico médio, cada uma apresenta características próprias que são memorizadas pelo observador que aprende a interpretá-las, de modo a que possa identificá-las à primeira vista.

Estas características são as seguintes: forma; distribuição, altitude e jazimento, e camadas de recobrimento associadas. É claro que as características de qualquer superfície dada podem variar localmente de acordo com a distância a que se encontra do mar, medindo-se esta distância ao longo da rede hidrográfica, de modo que uma superfície que pode apresentar-se irregular nas cabeceiras, torna-se progressivamente uniforme à medida que é observada para jusante Mesmo tendo em conta essas variações, cada superfície apresenta comumente certa individualidade que, para o observador experimentado, pode servir para identificá-la prontamente

Com o decorrer da nossa viagem, foi interessante observar como se tornavam familiares ao Dr. TEIXEIRA, nosso companheiro, as várias superfícies cíclicas, se bem que não tivesse experiência anterior nesse tipo de trabalho.

* N do T — O autor refere-se a *nickpoints* no original; *nick* seria, mais propriamente, indentação, isto é, indentações na linha de cristas, produzidas pela erosão diferencial

AREIAS, SOLOS E DETRITOS VERMELHOS NO BRASIL:

Muitas referências têm sido feitas a formações de areias vermelhas largamente distribuídas no interior brasileiro e às areias semelhantes da formação Barreiras, junto à costa

Com efeito, o enorme desenvolvimento dessas areias, cuja cor varia do vermelho ao rosa e que apresentam leitos de seixos próximos à base (ocorrendo com intervalos na coluna geológica, desde o Mesozóico inferior até o Recente), é de causar admiração.

As várias séries observadas podem ser relacionadas como se segue:

Idade	Características	Ocorrência
Pleistoceno	Areia de grãos mais finos do que os das séries precedentes; grande quantidade de detritos (poeiras) finos. Ocorrem sobre todas as superfícies de erosão anteriores. Detritos finos acumulam-se em locais protegidos.	Generalizado nas proximidades de Campinas e em depressões nas encostas próximo a Patos de Minas. Depósitos mais jovens das cavernas de Minas.
Plioceno superior	Assentam sobre superfícies do ciclo Velhas. Correlacionadas a formação Barreiras da costa leste.	Nos vales dos rios Paracatu e São Francisco. Depósitos mais antigos das cavernas de Minas.
Terciário médio	Assentam sobre a superfície Sul-Americana e são cortados pela escarpa do ciclo de erosão Velas.	Próximo à lagoa — Jatobá, Pirapora, Minas, e no vale do Jequitinhonha.
Cretáceo superior (séries Bauru e Urucuiá)	Podem ser tanto argilosos quanto arenosos. Mais jovens que os basaltos réticos. Assentam sobre a superfície Gondwana ou em vales rasos (post-Gondwana) nela escavados. Leitos e lentes de seixos de quartzito na base, quando — nos vales rasos.	Planaltos ao norte de São Pedro SP; divisores a leste e a oeste do alto São Francisco.
Jurássico ou Cretáceo inferior (séries Caiuá e Uberaba)	As duas séries contêm material tufo e assentam em alguns lugares sobre os basaltos réticos, quando podem ser de idade eo-jurássica. Em outros locais, podem ser posteriores à superfície Gondwana. Provavelmente constituem uma continuação das condições em que surgiu a série Botucatu, acrescida de material vulcânico. Menos generalizada que as séries seguintes.	Em São Paulo e no Triângulo Mineiro.
Triássico (Botucatu)	Apresenta-se frequentemente com grande espessura e com estratificação entrecruzada. Pode ser seccionada pela superfície Gondwana.	Botucatu, São Paulo.

Qualquer que seja sua idade geológica, os vários solos e areias vermelhas são praticamente idênticos, litologicamente, o que sugere que houve *apenas uma origem*, isto é, o elemento mais antigo ou arenito Botucatu, que foi desagregado e redistribuído, periodicamente, de um para outro lado. Este conceito parece o mais plausível já que a grande massa de todos os arenitos apresenta distribuição devida à ação dos ventos. Aparentemente, quando o mate-

rial de origem foi desagregado pela erosão, as areias e argilas foram espalhadas em leitos fluviais periodicamente secos bem como depósitos de *playa*, de onde migraram mais uma vez, sob a influência do vento, espalhando-se sobre a área anexa e formando, então, uma nova série

O quadro das formações, acima apresentado, faz parecer que cada ciclo de desnudação sucessivo foi seguido de uma fase de acumulação de areias vermelhas. Não existe uma só fase final de acumulação que cubra todas as superfícies anteriormente aplainadas, apesar das respectivas idades: cada superfície apresenta sua própria camada de acumulação. Permanece em dúvida, no entanto, se existiram épocas sucessivas e de duração limitada, durante as quais as condições foram favoráveis à formação e acumulação de areias vermelhas (isto é, por oscilação climática) ou se as condições climáticas foram uniformemente favoráveis. Mas as areias eram impedidas de acumular-se até que a força erosiva de cada ciclo diminuísse de intensidade e até que uma superfície plana se desenvolvesse localmente a fim de que aí se realizasse a deposição.

No seu conjunto, este ponto de vista parece o mais aceitável: a acumulação foi impedida pela desnudação, em cada ciclo, até que a pediplanação atingiu um determinado ponto a partir do qual os detritos eólicos se acumularam em quantidade suficiente para dissipar, por absorção, o fluxo normal da água meteorica sobre os pedimentos. De acordo, ainda, com este ponto de vista, o interior do Brasil pode ter sido persistentemente árido ou semi-árido, com inundações periódicas, desde o início do Mesozóico até o Recente.

Enquanto os fatores climáticos podem ter permanecido uniformemente favoráveis à acumulação de areias e solos vermelhos, o desenvolvimento de novas escarpas de erosão é controlado basicamente por movimentos tectônicos. Assim, a alternância aparente de fases de agradiação e de desnudação, no Brasil, nos últimos 150 milhões de anos, bem pode ser função de atividades tectônicas intermitentes.

As séries mais antigas (Mesozóicas), Botucatu, Caiuá, Bauru e Urucuiá são todas bem comprovadas na bibliografia, porém, surpreendentemente, pouca atenção foi dedicada às várias séries mais jovens que assentam sobre os vários planaltos (*plateaux*) terciários e mesmo nos fundos dos vales dos principais rios, de modo que são referidas ao Terciário ou ao Quaternário. A extrema raridade de fósseis nas séries mais antigas e a ausência virtual nas mais recentes (a não ser em cavernas), também priva o pesquisador de um meio prático de distinguir as várias séries litologicamente semelhantes. Muitas incertezas permanecem, assim, durante seu estudo e algumas das idades estabelecidas no quadro acima devem ser consideradas como condicionais.

Podemos, agora, rever sumariamente as várias séries, dedicando especial atenção às séries mais modernas, que não foram tratadas na bibliografia com a acuidade que seria de desejar.

A série *Botucatu* é muito bem conhecida no estado de São Paulo (OLIVEIRA e LEONARDOS, 1943, pp. 462-5), onde consiste de arenitos vermelhos, róseos ou amarelos que apresentam estratificação cruzada pronunciada (Foto 6) e outras provas de que a acumulação se deu sob condições de extrema aridez. Os grãos de areia são bem arredondados. Alguns horizontes apresentam grã mais fina e são

mais tipicamente loéssicos. Para a área estudada, suas características são re-vistas por ALMEIDA e BARBOSA (1953).

A *série Uberaba* do Triângulo Mineiro, e as areias vermelhas da *série Caiuá* de São Paulo, contêm, ambas, materiais tuftícos que bem podem ter surgido durante as fases finais das lavas São Bento, sobre as quais assentam, quando essas lavas eram menos fluídas e móveis. Este fato sugeria uma idade eo-jurás-sica para estas formações. Por outro lado, essas séries podem representar, em alguns locais, as primeiras camadas arenosas que foram depositadas sobre a superfície Gondwana, o que as colocaria no Cretáceo inferior (Veja-se OLIVEIRA e LEONARDOS, 1943, p. 438). As duas séries são afossilíferas. O que serão possí-velmente as mesmas areias, aflora ao longo da estrada para São Gotardo, a 319 quilômetros de Belo Horizonte (próximo à estrada para Tiros).

As séries *Bauru* e *Urucuiá* são, provavelmente, períodos de uma única fase de deposição eólica no Cretáceo superior. Na base encontram-se leitos de seixos de quartzo que ocorrem em vales rasos do ciclo post-Gondwana.

Para a série *Urucuiá* O BARBOSA e V. OPPENHEIM julgam que os arenitos de Minas, particularmente as ocorrências no planalto de Boa Vista, em Pandeiro, em Paracatu e em Urucuiá, diferem do arenito Botucatu "por apresentarem estratificação normal e não entrecruzada, concreções e as seguintes caracte-rísticas petrográficas: os grãos de quartzo de maior tamanho são rolados ao passo que os menores são angulares ou subangulares e são ligados por um cimento opalino impregnado de limonita. Os minerais acessórios são: biotita, zircônio e, raramente, magnetita".

Próximo a Piracicaba, no entanto, ALMEIDA e BARBOSA (1953, p. 73) acham a série *Bauru* litologicamente idêntica à série Botucatu, onde recobre as serras de Itaquei, Sant'Ana, São Carlos e Cuscuzeiro. Em alguns locais, o arenito *Bauru* assenta, com uma possança de 100 metros, sobre o Botucatu, caso em que podem ser distinguidos pela presença de pequenos seixos de lavas que fo-ram lançadas e erodidas após a formação dos arenitos Botucatu, porém antes da acumulação dos arenitos *Bauru*. "A base da série *Bauru*, nesta região, segue um bem marcado hiato que representa um período de erosão que trabalhou pro-fundamente a série São Bento e que é notável pelos vales que apresenta, deno-tando a passagem de importantes cursos d'água, também apontados pelo conglo-merado basal freqüentemente encontrado".

É este o modo pelo qual se apresentam, em São Paulo e em Minas Gerais, as superfícies Gondwana e post-Gondwana.

SETZER (1943), nos seus estudos sobre os solos do noroeste paulista, re-conheceu duas divisões da série *Bauru*; uma, superior, caracterizada pela ocor-rência de cimento calcário abundante, que não aparece na segunda, inferior. Esta subdivisão foi confirmada, na maior parte do estado, por ALMEIDA e BAR-BOSA. Talvez que essa diferença constitua um traço da desnudação post-gon-dwânica que, em certos locais, cortou completamente a camada inferior e mo-delou vales nas rochas do Mesozóico inferior, subjacentes, como também pode ser visto nas proximidades de Araraquara.

BRAJNIKOV (1949) e outros têm referido os cascalhos diamantíferos do oeste mineiro, bem como os depósitos de areia argilosa vermelha e de grã-grossa, ao

Cretáceo inferior, sendo claramente mais antigos, portanto, do que a série Bauru normal. Estas formações mais antigas constituem, possivelmente, correlações das areias inferiores, ou sub-Bauru, de SEITZER.

A divisão superior da série Bauru apresenta fósseis de dinossauros e é igualada às camadas do mesmo tipo que ocorrem na Patagônia, onde assentam sobre rochas marinhas cenomanianas ou turonianas, sendo consideradas como de idade senoniana. A parte superior da série Bauru, pensamos, parece ser senoniana e contemporânea dos arenitos Palácio do Uruguai

A espessura máxima medida para a série Bauru é de 310 metros, na serra dos Agudos, no noroeste de São Paulo. A maior altitude dessas camadas, sobre o nível do mar, está entre 900 e 1 000 metros, na serra da Mata da Corda, onde assentam tanto sobre a superfície uniforme do ciclo Gondwana quanto sobre vales do ciclo post-Gondwana, nas faldas da serra, onde ocorrem seixos de aproximadamente dois centímetros de diâmetro. Estas últimas camadas de areia parecem de há muito estabilizadas e são bem consolidadas, apresentando-se silicificadas * a dois quilômetros de São Gotardo

A ocorrência de areias continentais provavelmente cretáceas, muitas vezes soltas ou em condição de semi-coerência, em tantos divisores, e cobrindo uma área tão vasta do interior, constitui prova positiva da interpretação exposta páginas atrás: a paisagem brasileira evoluiu inteiramente por pediplanação, isto é, regressão de escarpas e pedimentação. Durante todo o Terciário houve apenas um rebaixamento insignificante das partes mais elevadas do país. Este pensamento encontra maior base na natureza escalonada — multicíclica, da paisagem de desnudação, sendo as áreas mais baixas do país, e os vales, modificadas de modo relativamente rápido sob a ação de cada um dos ciclos, enquanto as partes mais elevadas permanecem quase inalteradas

As areias do Terciário médio — Sobre as chapadas da superfície do Terciário médio (ciclo Sul-Americano) (Fotos 1, 10) nas proximidades do vale do Jequitinhonha, assenta uma série de areias vermelhas, amarelas e brancas que se acumularam em lagos e lagoas de pouca profundidade. O exame dos grãos, no entanto, indica transporte eólico. Pouco temos a acrescentar às descrições dessas camadas feitas por MORAIS RÊGO (1936) e outros

Outras ocorrências dignas de nota (dos mesmos materiais sobre a mesma superfície cíclica) aparecem no oeste de Minas Gerais. Assim, duas séries de areias vermelhas foram observadas próximo à lagoa Formosa. A série mais antiga só assenta sobre a superfície Sul-Americana e apresenta granulação grossa, com grãos arredondados recobertos por uma camada ferruginosa oxidada. A série não fornece nenhum indício sobre sua idade, mas parece ser intimamente relacionada à superfície Sul-Americana

A série mais jovem, por sua vez, aparece inclinada sobre encostas voltadas para o norte, como se fosse de origem eólica quaternária; apresenta granulação mais fina.

A oeste de Pirapora, a estrada para Paracatu passa, por muitos quilômetros, ao longo da superfície Sul-Americana, a 600-700 metros. A 10-20 quilômetros de Pirapora, o planalto suporta areias vermelhas de granulação grossa

* N do T — *Silcreted*, no original inglês

Para o sul, os planaltos mais elevados (Gondwana) da serra Geral e da serra do Morro Vermelho são capeados por 100 metros de areia vermelha que bem poderá ser de idade cretácea (formação Urucuia), porém não existem indícios que permitam datar as areias que recobrem a superfície Sul-Americana, mais baixa. Estas areias bem podem ter sido derivadas da meteorização das formações areníticas do planalto Gondwana, tendo sido redistribuídas em níveis inferiores (terciários). Além do lago Jatobá as areias não somente se acham consolidadas, mas apresentam-se completamente silicificadas, constituindo *silcrete* compacto. Com suas formas cavernosas e aspaços vazios, recamados de cristais de quartzo, estas rochas são semelhantes aos *silcretes* do Terciário inferior que ocorrem na região do Kalahari, na África do Sul (Foto 16)

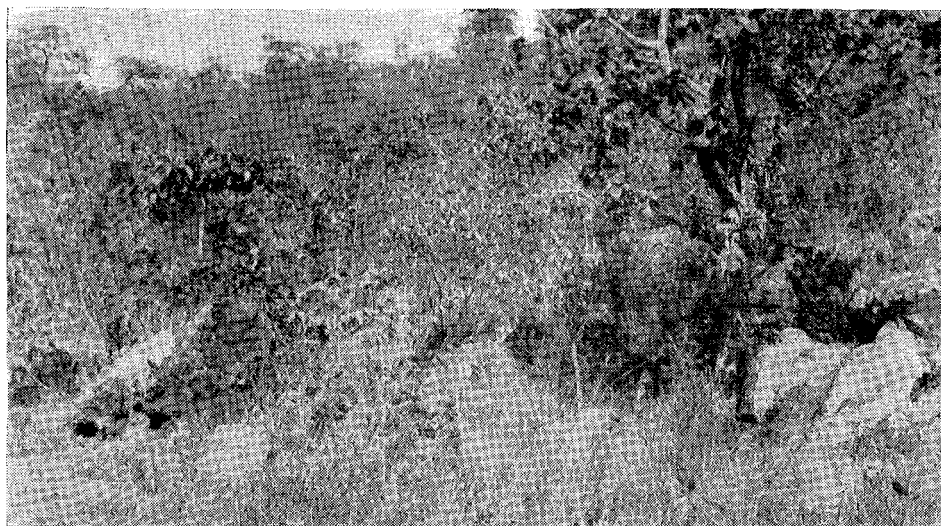


FOTO 16 — Massas de areias silicificadas ("silcreted") de idade terciária média, assentando sobre a superfície Sul-Americana próximo ao lago Jatobá, a 15 quilômetros a oeste de Pinapora, Minas Gerais

A silicificação * aparente em muitas formações arenosas do interior nada tem a ver com o vulcanismo. Ela só é devida à deposição de uma solução, sob a forma de um gel de sílica. Zonas de redução (perda de oxigênio) ocorrem em juntas e sempre que a água penetrou em areias parcialmente consolidadas, porém a cor predominante é o rosa ou o vermelho.

Depósitos semelhantes ocorrem no Morro de Quartzito, a oeste do rio do Sono, onde também aparecem leitos de seixos de quartzo de dois a três centímetros de diâmetro, bem como seixos de arenito cretáceo (5 a 15 centímetros de diâmetro), como próximo à Várzea das Palmas. Aparecem, também, aqui, seixos de rochas de tipo arqueano.

As areias vermelhas, muitas vezes só parcialmente consolidadas e com leitos de seixos de quartzo, ocorrem em uma enorme área do planalto do ciclo Sul-Americano em direção ao rio Paracatu e foram também assinaladas a oeste desse rio. A espessura está geralmente entre 50 e 100 metros. Vales rasos e de-

* N do T — *Silcreting*, no original inglês

pressões sem diagenese constituem as feições morfológicas comuns à zona arenosa

As areias pliocênicas — Algumas areias semelhantes às descritas, porém não consolidadas, aparecem sobre a superfície mais baixa (ciclo de erosão Velhas), a 540 metros, na direção do rio Paracatu. Estas areias pertencem a uma série mais jovem que a que ocorre sobre a superfície Sul-Americana e apresentam notável semelhança com as areias típicas do Kalahari (Plioceno superior e Pleistoceno). Próximo a Itu, em São Paulo, ocorrem areias vermelhas semelhantes, em vales do ciclo Velhas e sobre o planalto do Terciário inferior (Sul-Americano). O material parece ter sido derivado da meteorização das formações Gondwana, tanto dos sedimentos quanto das lavas. Os primeiros teriam gerado a areia e as segundas a fina poeira vermelha.

Possivelmente, à época em que essas areias foram disseminadas, o clima era mais seco, de modo que os rios diminuíram de volume e disseminaram suas cargas de detritos em fundos de vales mais amplos que os atuais; daí, o material foi carreado pelo vento espalhando-se sobre as áreas vizinhas enquanto as águas, reduzidas em volume, infiltravam-se, durante as estações secas, nos fundos dos vales entulhados, passando a correr abaixo da superfície. RICH (1953, p. 32) assinala também o intenso entulhamento de muitos vales em São Paulo, tanto na costa quanto no planalto, e interpretou, desse fato, a existência de um período de clima seco.

Ao longo da costa do Nordeste brasileiro ocorre a famosa formação de areias avermelhadas denominada "barreiras", assentando sobre a mesma superfície do ciclo Velhas e cortada subsequente pelos vales do ciclo de erosão Paraguaçu, sempre que estes últimos ocorrem na mesma área. A série representa, assim, uma única unidade estratigráfica de idade terciária superior. A idade da formação Barreiras não foi fixada com precisão em nenhum local, todavia, indícios encontrados em vários estados sugerem a idade pliocênica. Na Bahia, existe um estudo de plantas fósseis, realizado por E. W. BERRY (Veja-se OLIVEIRA e LEONARDOS), que são referidas ao Plioceno. Próximo a Campos Lamego, discutindo a idade do delta do Paraíba, referiu a formação Barreiras ao Mioceno para que, assim, tivessem sido erodidas antes da deposição do delta. Porém, como a erosão das barreiras pode ter agido em um local enquanto a deposição do delta se realizava em outro, esta única opinião dissidente pode ser relevada.

Areias vermelhas, cinzentas ou castanhas, tipicamente da formação Barreiras, podem ser observadas próximo a Salvador, onde apresentam pelo menos 10 metros de espessura; a variação da cor depende da quantidade e oxidação do conteúdo em ferro.

Essas barreiras consistem de areias de granulação grossa, angular, com um megalho para ESE, contendo, algumas vezes, camadas delgadas de pequenos seixos (de subangulares a angulares), algum caulim e outros materiais de origem arqueana. O caulim acumula-se, por vezes, em lentes de argila. Nas exposições estudadas, a estratificação entrecruzada não está presente e a deposição em meio aquoso se acha indicada. Há quase completa ausência de fósseis. As barreiras parecem ter sido acumuladas como planícies de aluviões derivadas da direção de oeste, talvez com uma fase lagunar para leste.

As barreiras do tabuleiro entre Tucano e Ribeira do Pombal, a 160 quilômetros da costa, são constituídas de areias mais puras e lavadas do que as que ocorrem no interior

De onde veio, então, a vasta massa arenosa que constitui a formação Barreiras?

Enquanto parte do material foi derivado, sem dúvida, quase localmente, de rochas graníticas arqueanas, uma grande parte do material pode ter sido derivada dos sedimentos mesozóicos que ocorrem a oeste, antes que o vale de afundimento do São Francisco tivesse sofrido subsidência, no Pleistoceno.

As barreiras em Pinheiro, Sergipe (Foto 17) foram silicificadas ao ponto de formarem um *silcrete* compacto que constitui as carapaças que recobrem alguns morros que se elevam sobre os vales do ciclo de erosão Paraguaçu. Em Itabaiana, na mesma região e ainda mais para oeste, não é difícil observar espessuras de 50 metros na formação Barreiras. Tanto na Bahia quanto em Sergipe as barreiras mostram pequenas dobras e falhas com poucos metros de deslocamento (veja-se) e o Dr. BRAJNIKOV assegurou-me que os mesmos fatos são observados nas barreiras no Espírito Santo.

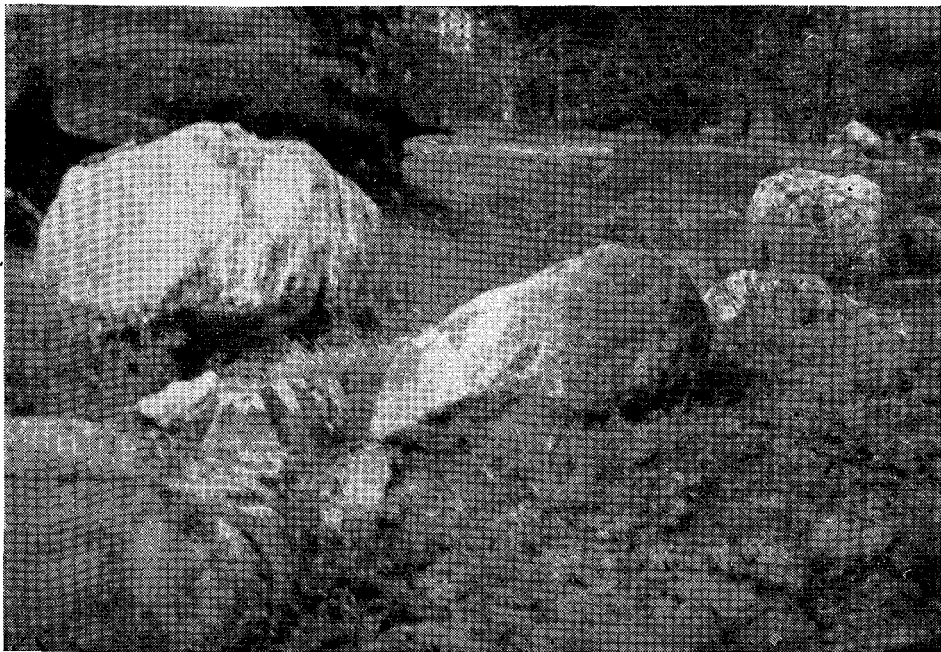


FOTO 17 — Massas de "silcrete" na formação barreiras capeando colinas em Pinheiro, Sergipe. As barreiras recobrem rochas marinhas cretáceas (Foto 9)

Nesse estado, as barreiras não só cobrem a planície costeira produzida pela ação do ciclo Velhas, mas penetram também pelos vales, por entre as grandes massas graníticas residuais que se elevam a centenas de metros até atingirem o aplainamento superior da superfície Sul-Americana.

As barreiras são assinaladas, para o sul, até Campos, ocupando a região ao norte do Paraíba, da costa para o interior, até entrarem em contacto com as elevações graníticas. São areias e argilas vermelhas, algumas recobertas de

canga. As zonas adjacentes ao Arqueano apresentam abundantes depósitos de seixos de quartzo e, em alguns locais, apresentam-se silicificadas (*silcreted*) como em Macaé (LAMEGO, 1940). “Excelentes exposições ocorrem também ao norte de São João da Barra, nas proximidades de Mangueiros, onde os tabuleiros da margem esquerda do Paraíba atingem o mar. Neste ponto a rocha é bastante consolidada para formar canga e forma verdadeiros recifes que atingem o litoral antes da embocadura do Itabapoana”.

As areias, solos e detritos pleistocênicos — Os depósitos mais jovens, ainda em fase de acumulação em algumas partes do planalto paulista, são detritos (poeiras) e solos vermelhos e não areias; estas estão presentes, no entanto, em alguns locais, onde parecem ter sido derivadas de depósitos mais antigos de areias vermelhas soltas.

Este material é generalizado no oeste de Minas (Patos de Minas) e no leste de São Paulo (Campinas) onde ocorre em depressões protegidas, nas encostas, ou disseminado nos solos do planalto. Esses depósitos apresentam, aparentemente, uma distribuição devida à ação dos ventos.

Os detritos (poeiras) apresentam uma espessura de vários metros ao longo da estrada Campinas-Salto, onde estão depositados nas faldas e mesmo cobrindo parcialmente algumas elevações arqueanas próximas do rio.

De Campinas até depois de Monte Mor e outra vez em Itu, estes detritos arenosos cobrem toda a área com uma espessura de vários metros. Um capeamento tão generalizado, cobrindo as partes mais elevadas bem como as encostas dos vales, deve ser relativamente recente, já que não é consolidado e apresenta poucos indícios de remoção pela erosão.

Provavelmente, os detritos mais modernos ainda estão sendo acumulados, porém a fase inicial, quando os depósitos principais foram depositados, corresponde provavelmente à fase do Plioceno superior em que foram acumulados os primeiros depósitos em cavernas.

Em uma grande área do vale do São Francisco, a montante do curso inferior encaixado, bem como entre Juazeiro e Pirapora, MORAIS RÊGO (1936, p. 549) descreveu um jazimento de sedimentos incoerentes, arenosos, contendo certa proporção de lama, e com falsa estratificação. Aí se encontram camadas com traços de ação eólica, tendo MORAIS RÊGO denominado a esse jazimento série das Vazantes. Os restos de mamíferos nesta série indicam idade pleistocênica.

Atualmente o rio escava estas camadas, se bem que anteriormente tenha depositado materiais da mesma *facies* sobre uma larga planície de inundação.

A deposição da série das Vazantes é sem dúvida uma consequência dos movimentos tectônicos de afundimento que, no Pleistoceno (ciclo de erosão post-Vellhas), colocaram o fundo do vale abaixo do nível dos planaltos adjacentes.

Ainda na mesma região do São Francisco, próximo de sua grande curva para leste, encontram-se os calcários superficiais (*calcretes*) descritos por BRANNER, (1911) e que foram depositados em duas fases, em ambiente de clima árido.

* * *

INDÍCIOS ENCONTRADOS NAS GRUTAS DA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS

Importantes provas que vieram corroborar a geomorfologia do Plioceno e do Pleistoceno, acima esboçada, foram observadas na região cárstica do centro de Minas. As grutas que ocorrem nas proximidades de Lagoa Santa e Pedro Leopoldo foram escavadas por solução, durante longos períodos, abaixo do planalto terciário inferior devido ao ciclo Sul-Americano. É esta a origem normal desses sistemas de grutas (BRETZ, 1942) e, ao que é possível afirmar, estiveram cheias d'água durante todo o período de sua formação

Então, quando o ciclo de erosão Velhas iniciou sua ação ao longo do rio das Velhas e seus tributários e os vales foram escavados, no Plioceno, o lençol d'água desceu, acompanhando o aprofundamento dos rios e as inúmeras grutas abertas nos calcários da série Bambuí foram drenadas; quando um dos novos vales atingiu algumas grutas, estas foram abertas e drenadas

Muitas das grutas adquiriram, em seguida, no todo ou em parte, uma sequência de depósitos que apresentam as mesmas unidades estratigráficas. Assim, em qualquer das grutas, a deposição foi feita segundo fatores regionais, possivelmente climáticos, em parte

Todos os autores que examinaram a sequência concordam em que, sobre um estalagmite basal, ocorre um depósito de areia vermelha na qual ocorrem com abundância restos de mamíferos que são referidos ao Plioceno superior ou que, possivelmente, datam do início do Pleistoceno. Esta areia vermelha é coberta por estalagmites que datam da época principal de ornamentação das cavernas e apresenta-se profundamente calcificada. Os estalagmites mais pronunciados são, por sua vez, seguidos por uma camada de areia mais moderna ou "solo das grutas", muito menos impregnada de calcita e muitas vezes bastante incoerente, na qual ocorrem fósseis do Pleistoceno superior ou do Recente

Os estalagmites menores, ainda em formação, estão sobre a areia vermelha mais moderna, em alguns lugares, sem que sua ocorrência seja generalizada

LUND assinalou um tipo de acumulação difásica semelhante nas grutas de Lapinha, Confins, Lagoa Santa, Sete Lagoas e Maquiné e já em 1884 H. GORCEIX escrevia "os depósitos correspondem a duas épocas distintas: a mais antiga caracterizada pela presença de *Palaeocyon troglodites* e *Equus principalis*, e segunda por espécies que apresentam maior afinidade com a fauna atual *Equus aff. caballus* e o homem"

Nos dois tipos de depósitos de solos vermelhos e areias referidos, respectivamente, ao Plioceno superior e ao Pleistoceno superior, podemos reconhecer imediatamente os dois lençóis arenosos da mesma idade que aparecem de modo tão generalizado sobre as respectivas superfícies de erosão no interior de Minas e São Paulo. Além disso, estão preservadas nas grutas as faunas respectivas que tanto fazem falta como elementos fósseis nos depósitos arenosos fora das grutas.

AS INFLUÊNCIAS DO CLIMA E DA ROCHA MATRIZ SÔBRE A PAISAGEM BRASILEIRA

Como foi dito acima, o principal elemento controlador do desenvolvimento da paisagem brasileira é representado pela seqüência de ciclos de desnudação que, pela regressão de escarpas e pedimentação, agiram sôbre a região durante o Mesozóico superior e o Terciário.

Êsses aplainamentos (ciclos) são resultantes de uma série de soerguimentos tectônicos correspondentes, que afetaram o subcontinente e que operaram de modo quase independente de variações climáticas especiais, seja na zona da costa, tropical úmida, ou no árido interior. Apenas alguns efeitos, sem maior importância, podem ser atribuídos aos fatores climáticos.

O menor espaçamento da drenagem na faixa costeira úmida da Bahia, por exemplo, dá lugar à formação de muitas elevações pequenas ao invés das cadeias de montanhas que são, muitas vezes, típicas do interior. Porém, as vertentes dos vales ainda são muito íngremes e as faldas das montanhas permanecem com a mesma inclinação que a das seiras.

DE MARTONNE (1940, p. 107) foi de opinião que as espetaculares feições morfológicas da zona costeira dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo se originaram, em grande parte, da ação de um clima tropical úmido.

Discordamos profundamente dessa opinião.

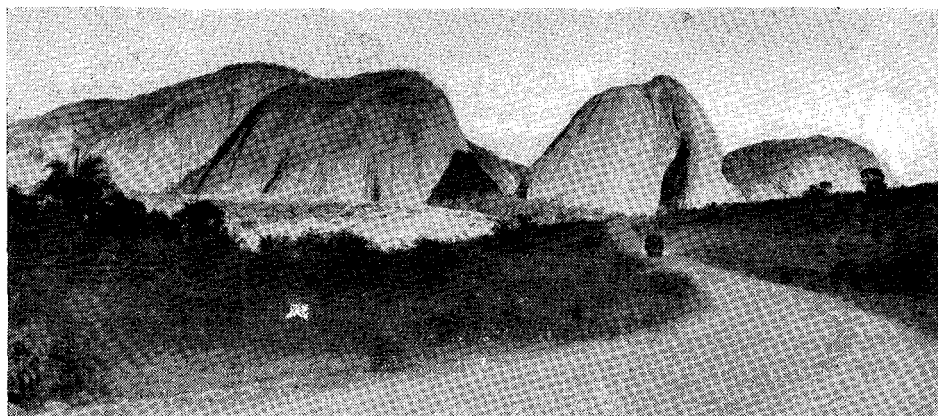


FOTO 18 — Paisagem de pontões ("bornhardts") próximo a Medina, norte de Minas

A paisagem característica dessa região, como se já visto, acha-se confinada à faixa de rochas plutônicas, inicialmente profundas e principalmente gnáissicas, que se estende do sul de São Paulo ao Espírito Santo, faixa esta na qual soerguimentos fortíssimos se deram em tempo geológico recente, seguidos pelo afundamento de cursos d'água suficientemente jovens para que segmentos de uma superfície aplainada anteriormente permanecessem sôbre muitas das cristas. Além disso, paisagens de pontões semelhantes ocorrem nas regiões de clima muito mais sêco no norte de Minas (Medina, Foto 18) e ao longo da estrada Rio-Bahia ao sul do rio Paraguaçu, na Bahia. Este tipo de paisagem é

também bem conhecido no interior semi-árido da África (Rodésia) onde constituem o resultado da profunda erosão de tipos de rochas caracteristicamente plutônicos. Os pontões ocorrem sob uma grande variedade de regimes climáticos, desde o tropical ao desértico.

A ausência de seixos e cascalhos em muitas áreas da parte sul da faixa de rochas plutônicas é atribuída por DE MARTONNE à decomposição, sob ação do intemperismo químico, das rochas gnáissicas. Em verdade, as rochas graníticas e gnáissicas muitas vezes se decompõem dêste modo, formando areia e não seixos como detrito, porém a ocorrência da esfoliação e de canelucas na superfície de muitos pontões mostra que a rocha não se decompõe prontamente.

A um observador vindo da África, todavia, a intensidade da decomposição no Brasil é digna de nota. Mesmo em muitas das superfícies mais modernas, como por exemplo ao longo do ribeirão São João, tributário do Jequitinhonha, em frente a Itaobim, a profundidade da camada decomposta, em encostas, excede 30 metros e atinge, algumas vezes, 50 metros abaixo da superfície.

Somente os tipos de rochas de excepcional resistência, tais os quartzitos Itacolomi, os itabiritos ou certos tipos gnáissicos, permanecem como afloramentos. De resto, uma profunda camada decomposta, para a qual uma espessura de vinte metros não é excepcional, ocorre em toda parte.

Esta profunda alteração, que impede o estudo das rochas sólidas, representou uma grande vantagem para a construção de estradas, onde profundos cortes foram escavados sem que fôsse necessário usar explosivos.

A velocidade de evaporação, combinada com o desenvolvimento de superfícies planas, mal drenadas, onde o aplainamento se mostra avançado, produziu muitas acumulações residuais de canga (*ferricrete*) e bauxita. A canga ocorre especialmente sobre rochas ricas em ferro, especialmente sobre itabiritos. A bauxita desenvolve-se sobre sienitos nefelínicos em *alkali*, como no local em que rochas dêste tipo são cortadas pela superfície Sul-Americana próximo de Poços de Caldas. A secção que ali ocorre revela, abaixo de um metro de canga, dois metros de caulim e então 6 a 8 metros de bauxita. A mudança de um para outro tipo mineralógico é abrupta.

Depósitos residuais dêste tipo ocorrem principalmente sobre as superfícies aplainadas pelos ciclos Gondwana e Sul-Americano, sendo resultado tanto de um forte aplainamento e da má drenagem, quanto de alta evaporação.

Um grupo especial de feições resultantes de modificações climáticas deve ser, ainda, assinalado. Sobre a massa montanhosa do Itatiaia, tanto DE MARTONNE (1940) quanto RICH (1953) assinalaram os vales em forma de U, depósitos de morainas e superfícies rochosas com mamelonamento uniforme devidos à glaciação pleistocênica. Tive oportunidade de confirmar essas ocorrências e concordo com a opinião daqueles autores (Foto 19).

Infelizmente, como a região do pico da Bandeira estava recoberta de pesadas nuvens na ocasião em que ali passei, outras feições semelhantes na fronteira de Minas com o Espírito Santo não puderam ser observadas.

A influência da rocha matriz e de estruturas antigas sobre a topografia varia muito, de um local para outro, principalmente pela relação das estruturas antigas com os ciclos de desnudação modernos.

Se agirem durante o tempo suficiente, os ciclos de desnudação cortam indistintamente os tipos de rochas resistentes e não resistentes, obliterando quaisquer aspectos topográficos devidos à estrutura que possam ter sido formados no início da ação do ciclo. Através de áreas mesino da mais variada composição geológica e estrutura, desenvolve-se uma vasta planície que corta igualmente tôdas as formações.

Uma paisagem de tal tipo desenvolveu-se em quase todo o Brasil oriental durante o Terciário inferior e seus remanescentes ainda estão preservados em muitos locais como nas vastas chapadas que se elevam sôbre os vales produzidos pela erosão no Terciário superior (Foto 1). Raramente quaisquer elevações aparecem acima do nível das chapadas a não ser por montes isolados constituídos pelos resistentes quartzitos da série Itacolomi (Foto 1).

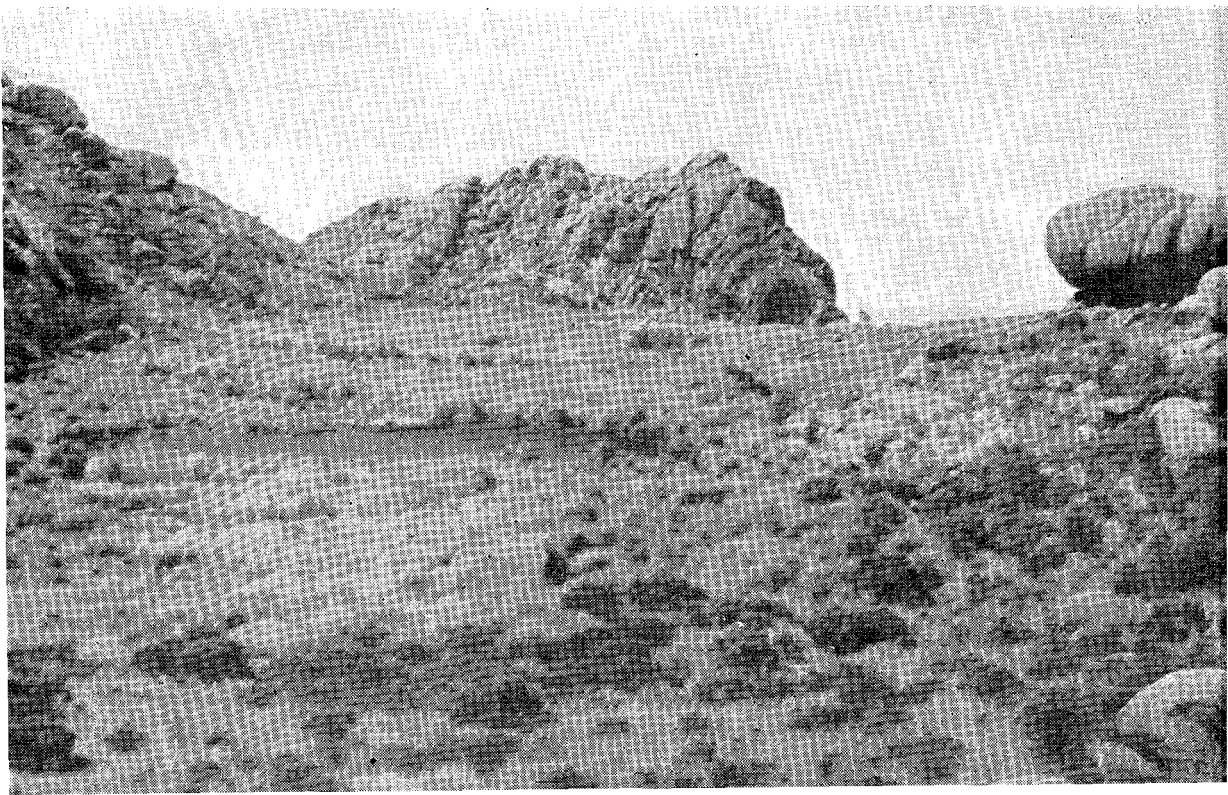
Estas rochas, sempre que aparecem, possuem excepcionais qualidades de resistência, e freqüentemente constituem os únicos acidentes do relevo acima da superfície Sul-Americana.

A maior parte da serra Geral (serra do Espinhaço) de Minas Gerais alinha-se ao longo de afloramentos do quartzito Itacolomi (como peito de Gão Mogol) e, ocasionalmente, alguns detalhes da paisagem apresentam íntima conformidade com o jazimento dos quartzitos. A serra do Ambrosio, por exemplo, exhibe feições cada uma das quais segue a estrutura.

Em Sergipe, a vertente oriental da serra de Itabaiana apresenta conformidade com o mergulho da formação, sendo possível citar muitos outros exemplos.

A região montanhosa ao sul de Belo Horizonte é definida, quase exatamente, pelo afloramento de séries algonquianas em meio ao Arqueano.

FOTO 19 — Pequeno lago e borda de um "circo" na paisagem glacial do Itatiaia



Por outro lado, não é raro encontrar vales que se acham alinhados segundo zonas de rochas mais fracas pertencentes ao sistema antigo; D. GUIMARÃES (1951, p. 48) menciona que, a sudoeste de Caeté, os rios correm em profundos *canyons* cujas direções são controladas por estruturas antigas. Sempre que rochas gnáissicas, aparentemente de origem profunda, foram trazidas à superfície e dissecadas por um ciclo de erosão, as características formas arredondadas dos pontões (*bornhardts* ou pães-de-açúcar) produzem o tipo de paisagem pelo qual o Rio de Janeiro é famoso. O mesmo tipo de paisagem repete-se abundantemente ao longo das fronteiras do Espírito Santo com Minas Gerais (Foto 20) e em outras áreas.

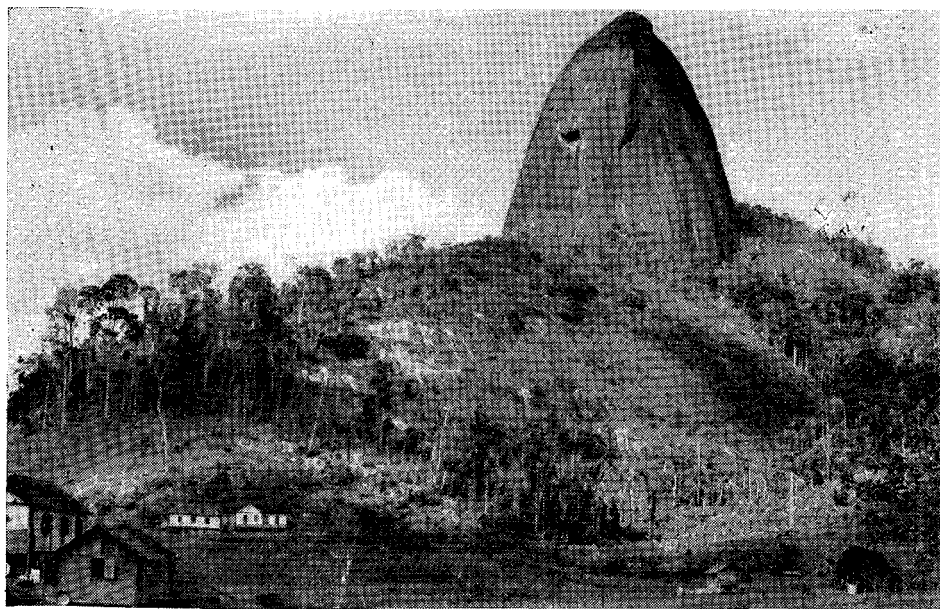


FOTO 20 — *Típico pontão gnáissico, próximo a Águia Branca, Espírito Santo*

LANEIRO (1938) discutiu com propriedade os tipos de rocha que conferem aos pontões sua distribuição, e revisou as várias hipóteses que pretendiam explicar as maravilhosas escarpas e pontões do Rio de Janeiro: expansão térmica, clivagens tectônicas, ação bioquímica de líquens, etc.

Para a região africana, KING (1948, p. 83) relacionou a ocorrência dos pontões “aos processos concomitantes de pediplanação (regressão de escarpas e pedimentação) agindo sobre rochas apropriadas, e segundo uma história geológica que inclui o rejuvenescimento do relevo”.

Em especial, “os pontões só são desenvolvidos em rochas de origem plutônica. Estes dois estudos, que se completam, são certamente conclusivos: os pontões são feições morfológicas de desnudação, na juventude, que refletem intimamente a estrutura geológica regional.

Existem muitas áreas no Brasil em que ocorrem pontões, das quais as seguintes podem ser citadas: na cidade do Rio de Janeiro, em Vitória, ao norte e a oeste de Feira de Santana, ao sul do Paraguaçu, na estrada Rio-Bahia, e, ainda, ao longo da fronteira Minas-Espírito Santo. Esta distribuição mostra que os pontões não são relacionados a um único ciclo de desnudação, aparecendo

sobre as superfícies cíclicas Sul-Americana, Paraguaçu e Velhas, sempre em fase de juventude em relação ao ciclo correspondente e sobre a rocha matriz apropriada, isto é, gnáissica.

O grande afloramento de rochas calcárias da série Bambuí (siluriana) favoreceu o desenvolvimento da drenagem subterânea e da topografia cárstica da região central de Minas. A importância desses sistemas de grutas para a geomorfologia já foi assinalada.

OBSERVAÇÕES REGIONAIS

Com a seqüência de ciclos alternantes de agiação e desnudação responsáveis pela evolução da paisagem brasileira, sempre presente, e com a atenção voltada para as feições especiais e para as irregularidades introduzidas por fatores devidos ao clima ou à rocha matriz, podemos agora examinar várias das regiões observadas durante as viagens citadas na introdução deste trabalho

O triângulo Belo Horizonte — Pirapora — Presidente Olegário

Ciclo de desnudação velhas: Esta região é atravessada por grandes rios que correm em direção ao norte: os rios do Sono, Abaeté, São Francisco, Paraopeba e Velhas, todos correndo em amplos vales de fundo plano que apagaram a maior parte dos indícios dos ciclos de erosão anteriores. No sul, o ciclo fluvial atual (ciclo Velhas) é principalmente representado por pequenos vales, porém, à medida que os rios aumentam em tamanho, para o norte, os vales alagam-se, dando lugar a amplas planícies com vários quilômetros de largura. Estas planícies acham-se bem representadas a montante da confluência do rio das Velhas com o São Francisco, porém são ainda mais típicas ao longo do Paracatu, onde se estendem do rio até uma área montanhosa do mesmo ciclo, em Canabralva. Finalmente, o ciclo termina em Olho d'Água próximo aos morros dos Dois Irmãos (Foto 21)

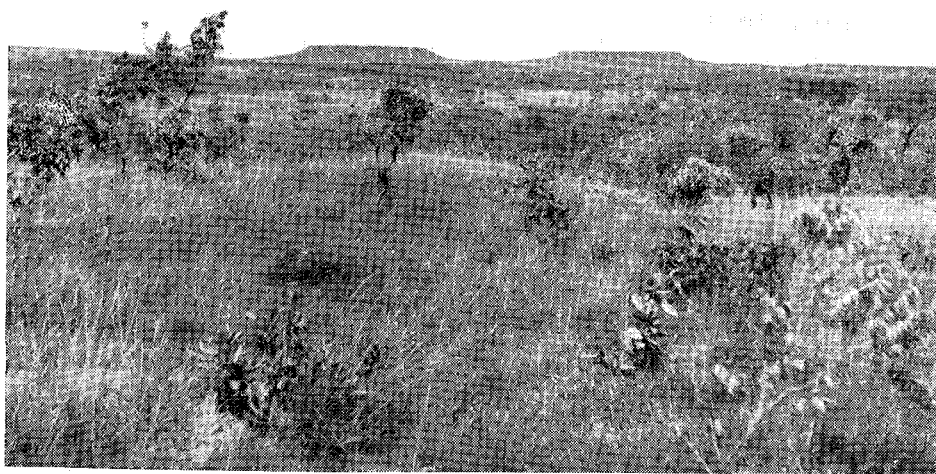


FOTO 21 — Os Dois Irmãos dois morros truncados pelo ciclo Gondwana e apresentando caapeamento de areias vermelhas cretáceas, próximo a Pinheiro, Minas Gerais

A diferença de nível apresentada pelos fundos de vales é de 700 metros, ao sul, até bem mais do que 470 metros em Pirapora, no São Francisco, representando um declive de menos de um metro por quilômetro.

Como os rios ainda não eliminaram tôdas as irregularidades de seus cursos e são capazes, na maioria dos casos, de provocar ainda a degradação de seus leitos e a diminuição do seu gradiente, esta declividade (a diferença de nível acima referida) é provavelmente a original e não fornece nenhuma indicação quanto a uma inclinação para o norte em época recente

No rio São Francisco, em Pirapora, ocorre um rápido que marca o limite de navegação para os vapores que ali operam. A jusante deste ponto, o declive é muito pequeno através dos depósitos que margeiam o rio (série das Vazantes) e que ocupam a fossa tectônica do São Francisco.

Ocorrem, também, muitos lagos ao longo do rio. Estas feições de agiação são aparentemente posteriores ao ciclo Velhas.

Ciclo Sul-Americano: Nas proximidades de Belo Horizonte (na área da Pampulha) os pequenos divisores locais foram cortados concordantemente a uma altitude um pouco acima de 800 metros. Esta concordância representa o aplainamento devido ao ciclo Sul-Americano e aparece a cerca de 30 metros, sobre os fundos dos vales dos menores cursos d'água.



FOTO 22 — Vista para leste tomada do morro Santa Helena (ciclo Gondwana), vendo-se Sete Lagoas e o uniforme aplainamento Sul-Americano a cerca de 700 metros, dissecado por vales do ciclo Velhas.

Assim como os fundos dos vales, as cristas diminuem em altitude para o norte, tendo 745 metros em Campanha e 730 próximo a Pedro Leopoldo, altitude esta com a qual a superfície (Foto 22) continua para o norte até além de Cordisburgo e Curvelo, onde exhibe um aplainamento quase perfeito, a 680 metros, que atinge muitos quilômetros em tôdas as direções (Foto 23).

Poucos são os remanescentes do ciclo Gondwana que permanecem sobre a superfície nessa área, sendo o único resíduo importante o morro da Garça, isolado do planalto por vales do ciclo Velhas.

Ao norte de Várzea das Palmas, em ambas as margens do rio das Velhas, a superfície Sul-Americana formou planaltos que apresentam concordância a

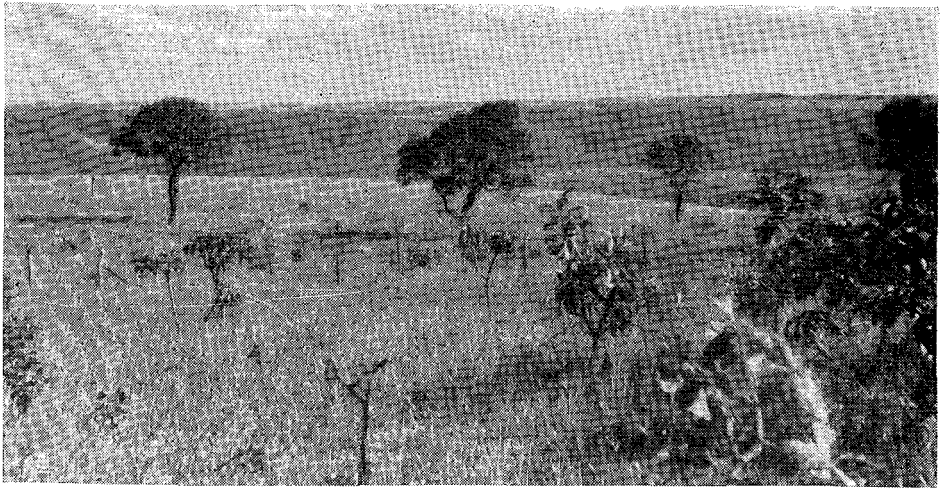


FOTO 23 — O uniforme planalto do ciclo Sul-Americano (680 metros) próximo a Morro da Garça e Curvelo, dissecado por vales do ciclo Velhas

680 metros e leitos de seixos à superfície constituindo ocorrências locais. Os seixos são de arenito cretáceo e calcário Bambuí. Estes planaltos descem por escarpas abruptas (do ciclo Velhas) até o aplainamento do fundo dos vales, apresentando-se os dois ciclos, aqui, bem individualizados.

Os solos do planalto são bastante pulverulentos devido às rochas argilo-calcárias da série Bambuí e a superfície acha-se juncada de cristais de quartzo libertados pela erosão. Localmente, aparecem depósitos de óxido de ferro pisolítico residual.

Em torno de João Pinheiro, a superfície Sul-Americana aparece a 800 metros sobre o divisor soerguido entre o Rio Grande e o São Francisco, e a mesma situação ocorre em Patos de Minas; ao sul desta localidade os ciclos Sul-Americano e post-Gondwana separam-se, divergindo em altitude em direção ao sul.

Tanto em João Pinheiro quanto em Patos de Minas ocorrem areias vermelhas sobre a superfície Sul-Americana.

Nos vales dos grandes rios, como o São Francisco, Pará e Paraopeba, a oeste de Belo Horizonte, o principal ciclo é o das Velhas, porém acima dele permanecem inúmeras elevações residuais truncadas pelo aplainamento Sul-Americano, e algumas dessas elevações ainda apresentam remanescentes mais antigos devidos ao ciclo post-Gondwana (como próximo de Araújo). Enquanto os fundos dos vales principais encontram-se geralmente a 600 metros de altitude, os remanescentes da superfície Sul-Americana elevam-se de 700 metros, a leste da serra da Saudade, a 730 metros em Araújo, 740 metros próximo a São Gonçalo do Pará, 800 metros próximo a Pará de Minas e acima de 800 metros em Belo Horizonte.

Ciclo Post-Gondwana: Nos municípios do sul, nas proximidades de Campanha e, para oeste, em Pará de Minas e na direção de Araújo, aparecem numerosos morros residuais que apresentam encostas côncavas e que são encontrados freqüentemente sobre a superfície Sul-Americana. A maior parte desses morros residuais não atingem uma altura suficiente para apresentarem vestígios extensos do aplainamento post-Gondwana, porém a concordância de

nível dos topos é muito bem marcada e permanecem alguns indícios que permitem que se admita a presença de uma antiga planície nesta área, provocada por aquele ciclo. Nos arredores de Campanha, onde os morros residuais aparecem a 885 metros (140 metros de altura sobre a superfície Sul-Americana), e próximo a Pedra Leopoldo, onde se acham um pouco abaixo de 800 metros, apresentando ocasionalmente depósitos de cascalho antigo, a superfície post-Gondwana atingiu uma intensidade de aplainamento muito maior do que a observada nos ciclos Sul-Americano e Velhas, que a sucederam, e que não foram além da formação de terraços e vales. É, portanto, possível, que a superfície post-Gondwana constitua aqui a superfície fundamental. De qualquer modo, a superfície apresenta alguns testemunhos (cerca de 30 metros de altura) que mostram que o aplainamento mais antigo não foi provocado pelo ciclo Gondwana, mas sim pelo ciclo post-Gondwana.

Para o norte, as superfícies post-Gondwana e Sul-Americana convergem rapidamente até que, na altura de Sete Lagoas, transformam-se, virtualmente, em uma única superfície.

Essa junção é completa antes de Corinto e daí em diante, para o norte, os dois ciclos se acham combinados no magnífico planalto, já descrito, que se apresenta ao norte de Curvelo com a altitude de 680 metros. Não existe aí nenhum indício de um aplainamento devido exclusivamente ao ciclo post-Gondwana.

As mesmas condições repetem-se exatamente a oeste. Ao longo da serra da Saudade, o topo acha-se cortado pelo ciclo post-Gondwana, enquanto a superfície Sul-Americana forma terraços sobre os flancos da serra a bem mais de 800 metros (a altitude da mesma superfície em Belo Horizonte). O ciclo post-Gondwana também forma a área montanhosa que ocorre, para noroeste, ao longo do divisor com o rio Grande (Foto 24), enquanto o ciclo Sul-Ameri-



FOTO 24 — A superfície post-Gondwana do oeste de Minas; vista do topo do planalto Gondwana a sudoeste de São Gotardo, Minas Gerais

cano só aparece formando terraços mais abaixo. Então, além de Patos de Minas, as duas superfícies cíclicas convergem e se transformam em uma única superfície na altitude de 790-800 metros. As mesmas condições prevalecem abaixo de Presidente Olegário e próximo de João Pinheiro.

A forte inclinação para o norte apresentada pela superfície post-Gondwana nesta área talvez sugira a existência de uma época durante a qual os maiores rios escavaram seus cursos em direção ao norte, transversalmente em relação à estrutura, que tem direção leste-oeste, estrutura esta que é responsável pela disposição da serra Azul, a não ser que esta direção dos cursos d'água para o norte não tenha ocorrido antes que a própria superfície Gondwana fôsse inclinada, na mesma direção, durante o Cretáceo superior.

Ciclo Gondwana — Na região em estudo, a superfície Gondwana aparece principalmente a oeste, próximo do divisor entre os rios São Francisco e Grande, onde forma um longo aplainamento de topos capeados por areias vermelhas de idade presumivelmente cretácea. Iniciando-se a poucos quilômetros ao sul de Guarda dos Ferreiros (ao sul deste ponto a superfície foi inteiramente destruída pela ação do ciclo post-Gondwana), a uma altitude de 1 160 metros, esta superfície perfeitamente aplainada (Foto 7) inclina-se gradualmente para o norte até atingir a cota dos 1 100 metros próximo de Carmo do Paranaíba. A perfeição do aplainamento, que se estende por muitos quilômetros em redor, sugere que a superfície talvez seja em parte pré-Botucatu, tendo sido reaplainada no ciclo Gondwana. Procuramos encontrar afloramentos do arenito Botucatu; não foi possível identificá-los nessa área, porém, de qualquer modo, é muito difícil distingui-los dos depósitos de areias vermelhas cretáceas. Em Pião, a poucos quilômetros ao norte de Carmo do Paranaíba, a superfície Gondwana apresenta uma camada superficial laterítica (limonita) de cerca de 10 metros de espessura. O depósito é residual, com estrutura tubular vertical característica.

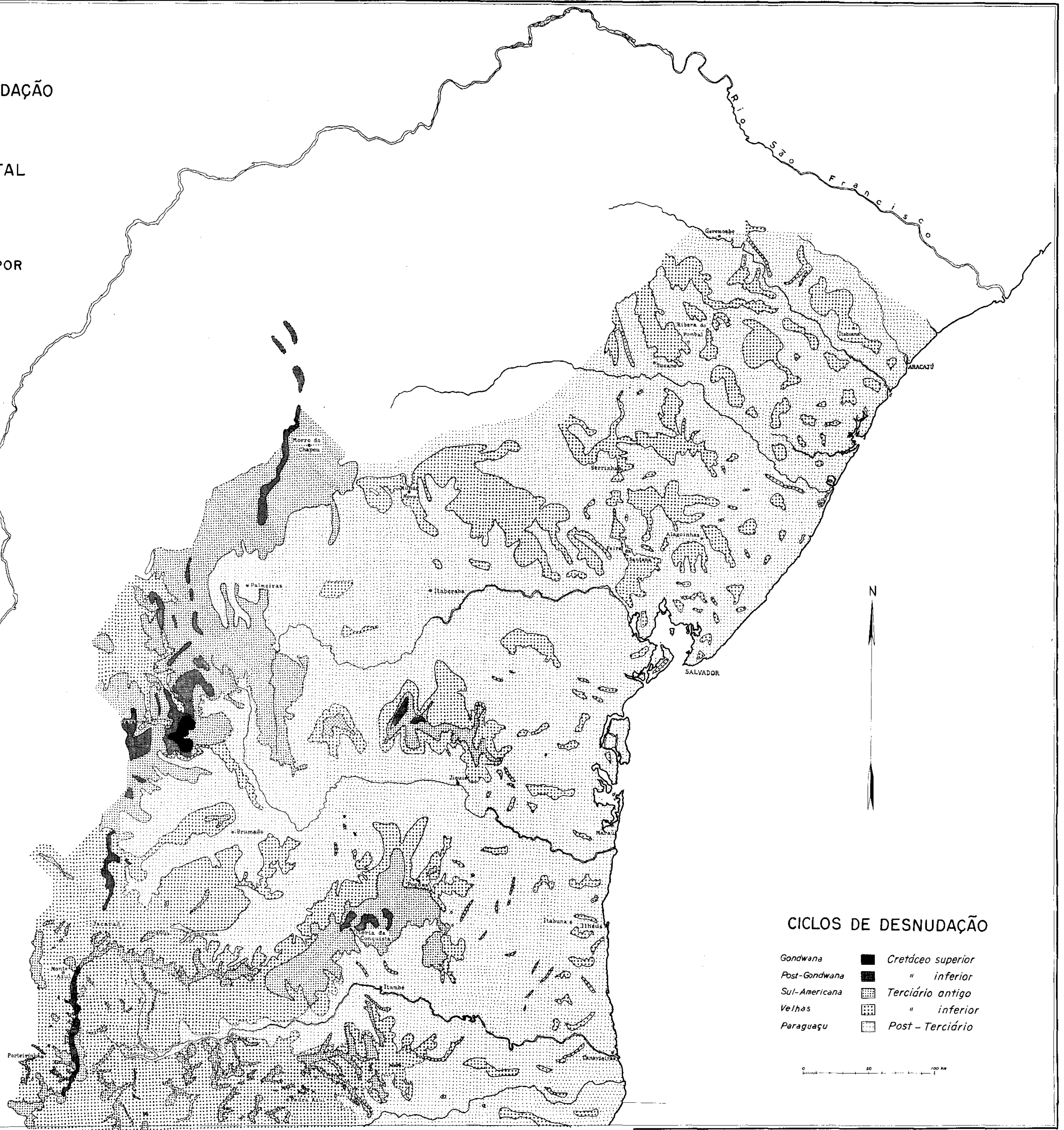
Além de Presidente Olegário a continuidade da linha de cristas é quebrada e apenas pequenos remanescentes do aplainamento Gondwana, cortados nas rochas da série Bambuí e sem o capeamento de areias, aparecem a cerca de 1 000 metros sobre o nível do mar. Ao norte, porém, aparece a chapada da Ponte Fiume, a 960 metros. O capeamento de areia é de, pelo menos, 100 metros ao norte e com certeza inclui, na parte superior, depósitos pleistocênicos, se bem que a parte inferior seja provavelmente cretácea. Para nordeste, sobre um divisor secundário, ergue-se a serra dos Alegres, um longo aplainamento de cristas que apresenta depósitos arenosos sobrejacentes; porém, ainda ao norte, além da latitude de João Pinheiro, os únicos remanescentes da superfície Gondwana são os morros geminados, os Dois Irmãos (Foto 21), capeados por areia vermelha de idade presumivelmente cretácea. Daí em diante os ciclos posteriores se sucedem até o rio Paracatu.

Em outras áreas da região aparecem remanescentes da superfície Gondwana, principalmente no norte e no sul. Se bem que ocorram, como foi mencionado, sobre a região montanhosa ao sul de Belo Horizonte, a rápida descida do terreno aos níveis mais baixos, nas vizinhanças dessa cidade, confirma que nenhum remanescente da superfície Gondwana aí permaneceu. A superfície, todavia, desce mais abruptamente para o norte do que os terrenos traba-

BRASIL ORIENTAL

LESTER KING

1954



lhados pelos ciclos posteriores, de modo que a superfície Gondwana reaparece em Sete Lagoas. Ao norte da cidade acha-se um grande morro (morro Santa Helena, que representa o final de uma longa crista orientada para o norte) que apresenta um aplainamento típico da superfície Gondwana a aproximadamente 1000 metros e vales e terraços posteriores (presumivelmente post-Gondwânicos) que avançam sobre seus flancos a 780 metros. Estas últimas formas cíclicas correspondem ao desenvolvimento de cristas post-Gondwânicas generalizado a sudoeste de Sete Lagoas.

Ao norte de Contrieira, duas grandes serras (serra de Santa Rita e serra do Cabial) apresentam o aspecto de planaltos elevados, orientados em direção norte-sul, que atingem altitudes de aproximadamente 950 metros, elevando-se tanto da superfície Sul-Americana, a 680 metros, ou diretamente dos fundos dos vales ciclo Velhas, posterior, que constitui, localmente, a superfície mais desenvolvida.

A superfície superior da serra de Santa Rita inclina-se para o norte e é coberta por areias vermelhas produzidas pela erosão de arenitos aos quais é atribuída idade cretácea (OLIVEIRA e LEONARDOS, 1943, p. 522). A superfície do planalto apresenta um ângulo de 8 graus com as camadas da rocha subjacente. No nível geral do planalto acham-se encaixados alguns vales cuja profundidade é de cerca de 70 metros. Estes vales freqüentemente contêm depósitos de seixos de quartzo de 2 a 5 centímetros de diâmetro, e de arenito, com 1 diâmetro de 10 a 20 centímetros. Os seixos de quartzo apresentam-se bem polidos e, evidentemente, foram transportados de uma distância considerável. Todos esses seixos, todavia, provêm da série Banbuí, e nenhum da série Minas, mais distante. Os seixos de arenito, por outro lado, são menos arredondados e provavelmente não foram transportados a uma distância maior do que 5 quilômetros o que indicaria um tipo terrestre Botucatu ou cretáceo; os grãos são bem individualizados e alguns se apresentam arredondados, como se tivessem sido trabalhados pelo vento.

A abertura dos vales e depressões rasas pode ser, assim, refeita provisoriamente ao fim do Cretáceo ou ao Paleoceno (como em Itaboraí).

Ao norte de Pirapora, pequenos remanescentes do aplainamento Gondwana ainda podem ser observados sobre o pico Cabeça da Onça e na serra do Jatobá, porém testemunhos de muito maior envergadura ocorrem sob a forma de topos planos na chapada dos Gerais e sua ramificação, a serra do Morro Vermelho; esta chapada, bem como seu prolongamento, são capeados por extensos leitos de areia vermelha que apresentam, por vezes, camadas de cascalho na base. Como o capeamento da serra de Santa Rita, este sobrejuntamento pode ser considerado, de acordo com os conhecimentos atuais, de idade cretácea superior.

A região montanhosa ao sul de Belo Horizonte

Os limites dessa região montanhosa, ao norte, sul, leste e oeste, são abruptos e correspondem à ocorrência de rochas algonquianas (GUIMARÃES, 1951). Estas rochas, comparadas às arqueanas, apresentam especial resistência à erosão, como pudemos verificar na serra do Curral, ao sul da cidade. O limite sul acha-se ao longo do rio Maynart. Esta região montanhosa mede 50 quilômetros

de leste a oeste e 75 de norte a sul; os acidentes que definem os quatro quadrantes, são os seguintes: a serra da Piedade a nordeste, o Caraça a sudeste, a serra do Ouro Branco a sudoeste e, finalmente, a serra Azul a noroeste.

Não existem provas de que essa área tenha sido atingida por falhas, apesar de sua forma retangular. Mesmo a face sudeste da serra do Caraça (700 metros de altura) (Foto 12) parece ser unicamente produto de desnudação, sendo a serra constituída por quartzitos Itacolomi muito duros e as áreas mais baixas adjacentes por xistos da série Minas, muito menos resistentes. A presença das superfícies cíclicas Gondwana, na parte superior, e Sul-Americana, na base, vem ao encontro do nosso ponto de vista, já que essas superfícies não mostram qualquer deslocamento ou perturbações tectônicas locais.

A região consiste de altas cristas (1 400 metros e mais) e profundos vales (Foto 25), na maioria orientados em direção norte-sul.

Os flancos das cristas apresentam-se freqüentemente escalonados e com terraços produzidos por ciclos de desnudação parciais, e os seus contornos ou são uniformes ou suavemente ondulados, indicando que em determinada época mesmo as mais altas cristas foram cortadas por um ciclo de erosão (Foto 26). Assim, essa região montanhosa deve sua forma atual principalmente à abertura de vales, ao que se seguiram de modo intermitente repetidos levantamentos desses terrenos.

As cristas mais altas, como nas das serras do Cumal, do Ouro Fino, da Máquina e da Moeda, mostram dissecação posterior em muitos pontos, porém sua forma primitiva deve ter sido extremamente uniforme.

Quando a superfície cortou através do itabirito, apresenta uma camada de 10 metros de canga ou óxido de ferro laterítico que é explorada como minério de ferro em alguns locais. Essa camada de canga ora é cor de ocre e pulverulenta ou extremamente dura e cimentada. Em alguns locais é muito pura, em outros apresenta grande quantidade de fragmentos de outras rochas. No local em que a



FOTO 25 — Vista para o sul da estrada entre Caeté e Sabará, mostrando a escarpa dissecada abaixo do aplainamento post-Gondwana



FOTO 26 — Vista para sudeste do vale superior do rio das Velhas, mostrando o aplainamento de tópo Gondwana sobre a serra do Ouro Fino, a superfície post-Gondwana da região montanhosa e vales que podem ser referidos aos ciclos de erosão Sul-Americano e Velhas



FOTO 27 — O planalto dissecado do ciclo Gondwana visto para sudeste, em direção ao Caraça, da estrada (1 680 metros) para Gandarela

estrada para Gandarela, por exemplo, atravessa a serra da Máquina, a 1 635 metros (Foto 27) o aplainamento de tópo (Gondwana) acha-se recoberto por uma espessa camada de canga que é explorada como minério de ferro enriquecido.

Quando êsse capeamento é bastante compacto, as encostas abaixo são protegidas da erosão e muito íngremes. Algumas, medidas a clinômetro, apresentavam uma inclinação de 60°.

Em alguns pontos ocorre, ainda, um resíduo que contém certa porção de alumínio; porém, a porcentagem de óxido férrico é muito alta, não se tratando, portanto, de bauxita.

Estas altas cristas representam a *superfície cíclica Gondwana* que, na sua posição atual, inclina-se gradualmente de sul para norte. Não existe dúvida quanto a ser o aplainamento de tópo uma forma de erosão. Esse aplainamento corta claramente formações algonquianas de forte meigulho, em tôdas as direções; ainda mais, não apresenta um relêvo perfeitamente plano mas sim suavemente ondulado e que pode atingir cerca de 100 metros. As encostas desse relêvo apresentam-se côncavas na parte inferior e convexas na superior. Os pedimentos não são claramente definidos; ocorrem, no entanto, muitas depressões pequenas sem drenagem.

Consideramos a possibilidade de que essas cristas mais elevadas pudessem incluir alguns elementos da superfície triássica (pré-Botucatu), porém a ausência de remanescentes do arenito Botucatu bem como a conformidade da superfície Gondwana como causadora do aplainamento de tópo, são as razões que nos levam a considerar as linhas de cristas como produzidas unicamente por esta superfície (Gondwana).

A altitude da superfície Gondwana nesta região é considerável: 1 400 metros na serra do Curial, atingindo quase 2 000 metros no Caraça.

O *planalto post-Gondwana* (Fotos 25 e 26) — Este planalto apresenta-se como um terraço elevado, em geral incompletamente aplainado, sobre os flancos das serras e como pequenos vales e depressões na superfície Gondwana, mais antiga. É um aspecto muito generalizado, formando as linhas de cristas dos divisores secundários e subdivisores, onde destruiu o aplainamento Gondwana, mais antigo. Assim, da estrada entre Belo Horizonte e Santa Bárbara a superfície post-Gondwana é observada, muito bem desenvolvida, ocupando a maior parte da área montanhosa que se estende para o sul. Na estrada, a superfície está a cerca de 1 000 metros e prolonga-se para leste. Nas proximidades de Caeté ocorrem numerosos remanescentes do tipo *inselberg* que estão sobre o planalto post-Gondwana mas que não atingem a altitude do aplainamento Gondwana, a não ser em Congo Sôco, onde são limitados por magníficas escarpas, como a serra da Piedade, e onde se eleva a mais de 350 metros acima do planalto post-Gondwana. A descida é rápida, dos flancos dessa serra até as feições provenientes do ciclo Sul-Americano e Velhas que ocorre nas cabeceiras do rio Doce.

Em Itabrito a altitude do planalto post-Gondwana é da ordem de 1 200 metros, aproximadamente 400 metros abaixo do aplainamento Gondwana. A oeste da rodovia entre Belo Horizonte e o Rio de Janeiro, a altitude é de 1 100 metros, com o aplainamento Gondwana cerca de 300 metros acima, de modo que um basculamento dessa região parece ter ocorrido entre as duas fases de aplainamentos cíclicos.

Nas cabeceiras do rio Doce a superfície Sul-Americana acha-se a 890-900 metros sobre terraços abaixo do Caraça e em Baião de Cocais, sendo a ocorrência de canga generalizada nas duas localidades, explorada em Baião de Cocais como minério de ferro enriquecido (Foto 13).

Nas cabeceiras do rio das Velhas, o ciclo Sul-Americano é representado por terraceamentos que estão a 900 metros de altitude, mas que não são generaliza-

dos na área montanhosa que permaneceu, durante todo o Terciário, como uma zona elevada que escapou à ação do aplainamento

São importantes, no entanto, como o ciclo atual do rio das Velhas e nos afluentes do rio Paraopeba ao sul da região montanhosa, as feições do ciclo de erosão Velhas. Como é testemunhado pela abundância de rápidos e outras irregularidades dos talvegues, este ciclo, que ainda se encontra em fase de juventude, escavou vales de paredes abruptas e com profundidades de 200 e mais metros abaixo do terço do ciclo Sul-Americano. De passagem, observamos a curiosa captura (Fig 5) do ribeirão Mata-Porcos, que anteriormente desaguiava no Paraopeba, pelo rio das Velhas

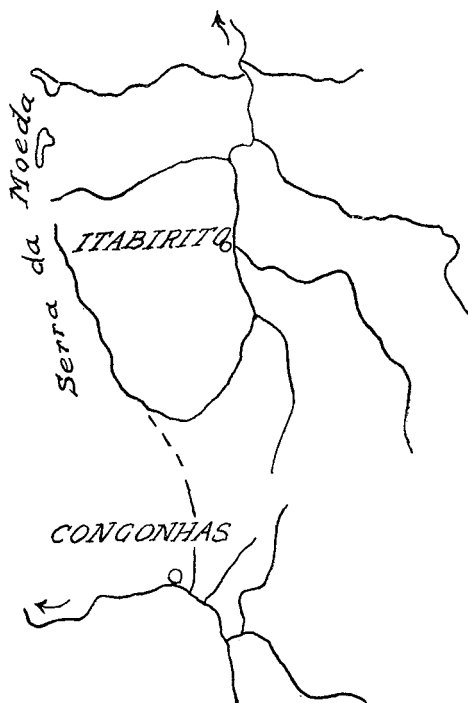


Fig 5 — Disposição da drenagem ao sul de Itabirito mostrando a captura do ribeirão Mata-Porcos pelo rio das Velhas

A Secção Curvelo — Sete Lagoas — Belo Horizonte — Rio de Janeiro

Ficou claro, pelo exposto, que em Minas Gerais as várias superfícies cíclicas de desnudação mergulham regionalmente para o norte, e que as mesmas convergem na mesma direção a partir de um espaçamento vertical máximo, mensurável ao sul da área montanhosa. As relações entre as diversas superfícies podem, assim, ser esclarecidas pela descrição de uma secção norte-sul, de Curvelo ao Rio de Janeiro, secção esta na qual a paisagem é cada vez mais magnífica

Próximo a Curvelo, apenas duas unidades cíclicas ocorrem: a superfície Sul-Americana, a 680 metros, e os vales, profundamente encaixados, do ciclo Velhas que, ao longo do rio das Velhas apresenta a altitude de cerca de 550 metros (Foto 23). Os dois níveis elevam-se gradualmente para o sul até Sete Lagoas, uma cidade que está a 700 metros (?) abaixo da superfície Sul-Americana, que atinge, nessa área, 780 metros. Para oeste, paralelamente à estrada, ergue-se a serra do Funil, cuja crista é bastante uniforme; nesta serra a superfície Gondwana, elevando-se em direção ao sul, atinge 980 metros no morro Santa Helena, que forma a extremidade sul da serra, sobre Sete Lagoas (Foto 22).

A região entre Sete Lagoas e Belo Horizonte apresenta grande número de vales do ciclo Velhas, porém ali também ocorrem numerosos planaltos e cristas que conservam a altitude da superfície Sul-Americana. Em Belo Horizonte, que se acha em parte sobre a vertente norte da serra do Curial, onde a superfície Sul-Americana termina na montanha, as altitudes são de 785 metros para o ciclo Velhas e 815 metros para as cristas cortadas pelo ciclo Sul-Americano (Foto 3). Nesta parte da secção não sobrevive nenhum indício da superfície Gondwana,

que foi completamente destruída; todavia, claras indicações de um ciclo post-Gondwana são encontradas, ciclo este que cortou testemunhos que estão sobre o planalto do ciclo Sul-Americano. Próximo a Campanha esses testemunhos estão a 885 metros.

Ao sul de Belo Horizonte, a altitude eleva-se rapidamente, atingindo-se uma superfície post-Gondwana a 1 100 metros, com a crista (ciclo Gondwana) da serra da Moeda (cerca de 1 400 metros) a oeste da rodovia. Esses dois aplainamentos se elevam gradualmente para o sul, sendo que o nível post-Gondwana atinge 1 300 metros na estrada. Além desse ponto, a estrada desce o longo vale (ciclo Sul-Americano) do ribeirão Mata-Portos que, como mencionamos, foi captuado, durante o ciclo Velhas, pelo próprio rio das Velhas.

Na direção de Conselheiro Lafaiete, a região montanhosa termina por uma elevada escarpa de direção leste-oeste. Se bem que uma falha seja sugerida pelo grande desnível e pelo alinhamento dos cursos dos riberões Maranhão, Ouro-Branco e Maynait, não foi, até o momento, comprovada, e a escarpa bem poderá ser uma forma de erosão; do mesmo modo, os riberões citados podem ser partes de um antigo tributário do rio Grande. Nos arredores de Congonhas e Conselheiro Lafaiete, é possível que existam várias outras capturas de antigos afluentes do rio Grande pelos rios Paraopeba e Pará.

Ao sul da região montanhosa aparece a paisagem sobre a qual influíram dois ciclos: a superfície Sul-Americana, dissecada por vales do ciclo Velhas e com um relevo de muito menos de 100 metros de altura. Os fundos dos vales são planos e entulhados, apresentando uma altitude da ordem dos 880 metros, altitude esta apreciavelmente maior do que nas proximidades de Belo Horizonte. A partir de Conselheiro Lafaiete os dois elementos cíclicos se elevam gradativamente para o sul, conservando suas interrelações. Os aplainamentos de cristas (ciclo Sul-Americano) atingem 1 020 metros perto de Cristiano Ottoni e 1 080 metros além de Carlídia. A altitude da linha de cristas é de 1 160 metros em Barbacena e, antes de Santos Dumont, os fundos dos vales elevam-se a 1 160 metros e a linha de cristas a 1 250 metros, com todos os indícios de um pronunciado basculamento para o norte em época geológica recente, posterior à abertura dos vales do ciclo Velhas nessa área. Como demonstram as altitudes medidas, a inclinação (basculamento) aumenta progressivamente para o sul.

Então, no ribeirão Mantiqueira, as superfícies caem abruptamente por uma escarpa (Foto 28) que tem aproximadamente 300 metros de altura. A partir da base dessa escarpa a mesma superfície produzida por dois ciclos eleva-se mais uma vez para o sul e é cortada pela segunda vez por uma falha que margeia Santos Dumont e onde os fundos dos vales estão abaixo de 850 metros. Muitos detalhes interessantes, como vales suspensos, no topo e pequenos vales parcialmente entulhados, na base, atestam a idade recente desses deslocamentos.

Entre Santos Dumont e Juiz de Fora a topografia é ainda a mesma (dois ciclos) com um terceiro ciclo (Paraguaçu) aparecendo em alguns dos vales que drenam para o Paraíba. Observada do morro do Cristo (935 metros), em Juiz de Fora, a região mostra ainda uma superfície Sul-Americana profundamente dissecada, com inclinação para o norte a partir de uma importante escarpa de

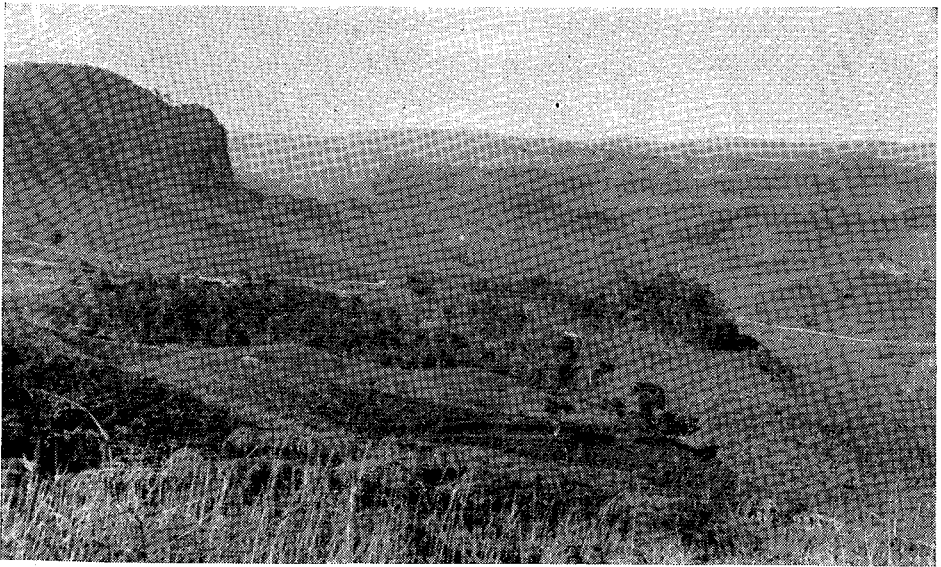


FOTO 28 — Parte de uma escarpa de falha orientada E-W entre Barbacena e Santos Dumont, Minas Gerais, mostrando um bloco deprimido, à direita, e a superfície dicíclica de cristas do ciclo Sul-Americano e vales do ciclo Velhas. O bloco eleva-se novamente para o sul, em direção a Santos Dumont.

falha que cruza a área ao sul da cidade. Ao sul da falha ocorre uma área mais baixa na qual os fundos dos vales do ciclo Velhas descem até abaixo de 500 metros, nos arredores de Matias Barbosa. As menores altitudes acham-se os vales encaixados dos tributários do rio Paraíba, que operam no ciclo Paraguaçu. Deste modo, muitas cachoeiras e rápidos (a cerca de 350 metros) assinalam este último ciclo ao longo da rodovia até o limite do estado do Rio de Janeiro, no rio Prêto (Foto 49); acham-se expostas, aí, esplêndidas frentes de pontões ao longo do rio.

Além do rio a seção atravessa a faixa montanhosa do Estado do Rio de Janeiro. Nesta área, os aplainamentos de topo do Terciário foram elevados a grande altura e raramente sobrevivem ao ataque da erosão. O nível geral dos topos nos arredores de Petrópolis é da ordem dos 1 400 metros, porém vários picos entre esta cidade e Teresópolis ultrapassam os 2 200 metros. Aparentemente, esta região foi montanhosa durante todo o Terciário (correspondendo à região montanhosa ao sul de Belo Horizonte) e grande parte do relevo deve ser atribuída ao ciclo post-Gondwana que formou, aqui, um divisor Cenozóico.

A faixa montanhosa do estado do Rio de Janeiro constitui um capítulo à parte; por isso, não acrescentaremos nenhuma outra observação, lembrando, apenas, que mesmo tão ao sul como em Petrópolis as maiores elevações mostram indícios de inclinação para o norte.

Imediatamente ao sul de Petrópolis a região montanhosa termina em uma imensa escarpa de erosão produzida pelo ciclo Paraguaçu (1 000 metros de altura), chegando-se à baixada que ocupa o fundo da baía de Guanabara. Ao sul da escarpa apresentam-se apenas grupos de morros sem importância e todos os traços dos ciclos de erosão do Terciário foram apagados pela forte desnudação provocada pelo ciclo Paraguaçu, a não ser que a crista levemente arqueada do maciço da Tijuca, no Distrito Federal, conserve o último remanescente dos ciclos do Terciário.

Assim termina esta secção, onde ocorre completo arrasamento das formas antigas sob o impacto de curtos rios que atingem diretamente o mar.

Como a figura mostra, a evolução da área em estudo incluiu aplainamentos sucessivos que foram interrompidos por repetidos soerguimentos, cada soerguimento tendo basculado a região em direção ao norte segundo um antigo eixo de elevação máxima orientado em direção que varia de les-nordeste à oeste-sudoeste, acompanhando o estado do Rio de Janeiro

Esta região de há muito formou um divisor importante no qual ocorrem as rochas plutônicas mais profundas, principalmente gnáissicas

Como os efeitos de basculamentos sucessivos são cumulativos, os aplainamentos cíclicos mais antigos são inclinados mais rapidamente, para o norte, do que os mais modernos. O soerguimento máximo, no sul, deve ter elevado a superfície Gondwana e talvez grande parte da superfície post-Gondwana a altitudes tão grandes que essa superfície desapareceu sob ação da erosão subsequente

Para uma discussão da seqüência completa dos ciclos Gondwana, post-Gondwana, Sul-Americano e Velhas, referimos, portanto, o leitor, à região montanhosa e às superfícies descritas na área de Belo Horizonte.

A tabela que se segue resume as altitudes das diversas superfícies na região em apreço

*Altitudes das superfícies cíclicas ao norte e ao sul de Belo Horizonte
(em metros)*

LOCAL	Gondwana (Cretáceo inferior)	Post-Gondwana (Cretáceo superior)	Sul-Americano (Terciário inferior)	Velhas (Terciário superior)
Próximo a Itabrito	1 635	aprox 1 230	930	830 (a)
Nas sernas ao sul de Belo Horizonte	1 400 (canga)	1 100	850 (?)	—
Lado norte de Belo Horizonte	—	—	815	785
Além de Campanha	—	885 (b)	745	715
Pedro Leopoldo	—	785	725	680
Rio das Velhas	—	—	—	—
Jabuticatubas (c)	—	800	695	625
Sete Lagoas	1 010	780	700	—
Perto de Coidisburgo	900 (?)	730	680 (?)	640 (d)
Curvelo	—	720	680	630 (d)
Contia	960	— (f)	680	515
Várzea das Palmas	850	— (f)	680	495 (e)

LEGENDA:

a) Ainda não nivelada, o rio ainda se afunda. O vale provavelmente estaria nivelado a 650 metros

b) Com estes valores pode ser comparada a inclinação, para o norte, da superfície post-Gondwana ao longo de uma secção paralela a partir da serra da Piedade (1 070 metros), passando por Roças Novas (1 020 metros) e até um pouco ao sul de Jabuticatubas (850 metros)

c) Estes valores mostram um âmbito maior das superfícies a leste de Pedro Leopoldo principalmente devido ao fundo do rio das Velhas ter sido medido

d) Ainda não atingiu ao nível mais baixo

e) No rio das Velhas

f) A superfície post-Gondwana confundiu-se, provavelmente, com a superfície Sul-Americana. O mesmo fato verifica-se ao norte das mesmas quatro superfícies cíclicas ao longo do divisor do Mata da Corda, de São Gotardo até Patos de Minas e João Pinheiro

Um curioso fato de ordem isostática pode ser deduzido dos elementos apontados. Suponhamos que o peso específico da parte superior da crosta terrestre seja 2,7 e que o peso específico da subcrosta, na qual as compensações isostáticas ocorrem, seja 3,3.

A altitude primitiva (Mesozóico médio) da superfície Gondwana na região do sul de Minas Gerais pode ser estimada em 550 metros sobre o nível do mar. Esta estimativa é baseada nos seguintes elementos:

- a) regiões análogas na África e
- b) as altitudes a que se acham as rochas cristalíneas, de *facies* mainha ou continental, no Brasil

Calculamos como se segue, para Itabirito (veja-se KING, 1955):

Altitude primitiva da superfície Gondwana	550 metros, erodida e arrasada pelo ciclo post-Gondwana
Compensação isostática após o ciclo post-Gondwana	440 metros
Altitude dos testemunhos da superfície Gondwana	990 metros, no início do ciclo Sul-Americano
Compensação isostática após o ciclo Sul-Americano	360 metros
Altitude dos testemunhos da superfície Gondwana	1 350 metros, no início do ciclo Velhas
Compensação isostática após o ciclo Velhas	294 metros
Altitude dos testemunhos da superfície Gondwana	1 644 metros, no início do ciclo Paraguaçu e atualmente

As altitudes calculadas das várias superfícies cíclicas na área de Itabirito e Rio Acima podem ser comparadas às obtidas no campo

	Gondwana (m)	Post-Gondwana (m)	Sul-Americana (m)	Velhas (m)
Altitude calculada	1 644	1 204	844	550
Altitude observada	1 635	1 230 (aprox.)	900 (medida)	650*

(*) Estimativa baseada em elementos obtidos no campo

Nota-se uma variação maior nas altitudes calculadas. Esta variação pode ser devida:

- a) à compensação isostática incompleta em cada fase ou
- b) ao fato de que a superfície não foi completamente aplainada em cada fase (presença de testemunhos) ou, ainda,
- c) a hipóteses de trabalho incorretas

A compensação isostática não foi apontada como tendo ocorrido em seguida ao ciclo Gondwana já que o ciclo post-Gondwana é considerado (KING, 1955) não como tendo sido iniciado por um levantamento continental mas pelo desdobramento lateral do antigo super-continente de Gondwana.

A coincidência entre altitudes calculadas e observadas sugere que os levantamentos epirogênicos intermitentes que afetaram o Brasil oriental durante o Terciário constituíram reações isostáticas diretas à desnudação cíclica anterior.

Os resultados podem ser comparados ao que se observa na África (PUGH, 1955, KING, 1955).

O oeste de Minas e o leste de São Paulo

As unidades geomórficas do oeste mineiro e do leste paulista são as mesmas da região central de Minas Gerais, já descritas; todavia, enquanto as várias superfícies cíclicas se inclinam para o norte na região central de Minas, as mesmas unidades inclinam-se suavemente para noroeste, ou mesmo oeste, para a bacia do Paraná, em São Paulo e na zona mineira adjacente.

Através de toda esta vasta área a mesma superfície sobre a qual atuaram dois ciclos (planalto do ciclo Sul-Americano entalhado por vales do ciclo Velhas) é tão generalizada que chega a ser monótona (Foto 11)

Na área de Campinas (550-600 metros) e Piracicaba os contornos dos divisores são muito uniformes e o relevo produzido pela dissecação do ciclo Velhas apresenta 100 metros ou menos. Nas cabeceiras do rio Grande ocorre um grande número de amplos vales do ciclo Velhas. Ainda aqui, porém, não são estas as mais importantes características da paisagem mas sim a quase universal concordância de cristas que ocorrem até onde alcança a vista, como na área de Francisco Sales e Cianita, onde não restou nenhum indício do soerguimento e falhamento que ocorre, para leste, entre Carandaí e Santos Dumont.

A paisagem é, com efeito, semelhante à que é focalizada na foto 4

Nesta vasta área do sudoeste mineiro, poucos são os testemunhos que permanecem sobre a superfície Sul-Americana; todavia, estes testemunhos são de grande porte e atingem algumas vezes o nível da superfície post-Gondwana (como na serra de Aiuuoca e na serra das Bicas), que parece apresentar uma falha no lado sul.

Os testemunhos estão localizados, muitas vezes, sobre afloramentos de rochas relativamente mais duras, tal como na crista a leste de São João d'El Rei (Foto 29) que é constituída pela quartzito de Itacolomi. MORAIS RÊGO, na sua *Morfologia de São Paulo e sua gênese* opinou que a idade do grande aplainamento seria pré-pleiocênica e post-cretácea — "Miocena, ou melhor eocena". O datamento que realizamos, considerando esse grande aplainamento como produzido pelo ciclo Sul-Americano, apresenta concordância substancial com a afirmativa de MORAIS RÊGO.

A drenagem da região, dirigida para noroeste em resultado do basculamento terciário nessa direção, é tributária do rio Paraná e, assim, os rios Tietê, Pardo e Grande, bem como seus afluentes, exibem encaixamentos semelhantes.

A rocha matriz (*substratum*), em São Paulo, é constituída principalmente pela sequência sedimentar Gondwana, enquanto em Minas é predominantemente arqueana; ambas, porém, acham-se profundamente decompostas e não são comuns os afloramentos de rocha sã. Mesmo o rio Tietê, por exemplo, encaixado 100 metros abaixo da superfície do Terciário interior, raramente expõe rocha sã no seu leito. Apesar disso, os terraços que o ladeiam próximo a Itu apresentam-se muitas vezes recobertos por uma espessa camada de seixos provenientes da decomposição dos tilitos carboníferos.

A superfície que sofreu glaciação emerge de sob êsses tilitos próximo de Itu e indaiatuba (Foto 5) Parece que foi aplainada de modo uniforme, porém pequenos trechos de *roches moutonnées* podem ser observados. Essa superfície mergulha para noroeste por baixo dos tilitos e varvitos que suportam a vasta bacia do Paraná. A superfície Sul-Americana apresenta, naturalmente, menor inclinação.

A ocorrência do arenito Botucatu é generalizada em São Paulo e constitui um tipo de rocha resistente em comparação com os xistos que estão abaixo e não foi observado nenhum lugar no qual o deserto triássico, que está abaixo do arenito Botucatu, tivesse sido exumado, participando assim da topografia atual. Este antigo capítulo da geomorfologia acha-se representado, apenas, como uma discordância.



FOTO 29 — Topografia diciclica típica do oeste mineiro. O aplainamento Sul-Americano aparece quase completamente destruído pelos vales ramificados do ciclo Velhas. A serra residual, constituída por resistentes quartzitos Itacolomi, não atinge o nível do aplainamento post-Gondwana. Vista tomada a leste de São João d'El Rei.

O ciclo Gondwana: A mesma topografia produzida por dois ciclos no Terciário é observada em todo o percurso de Itu e Campinas, passando por Piracicaba e até quase São Pedro; logo adiante eleva-se a escarpa (350 metros de altura) de arenitos Botucatu capeada por lavas basálticas São Bento, que é denominada serra de Itaqueri.

Acima dos basaltos, a 900 metros sobre o nível do mar, assenta uma camada de 100 metros de areias e argilas cretáceas, vermelhas, da série Bauru (Foto 9); DE MARTONNE (1940, p. 23) ressaltou que os escarpamentos em Botucatu e São Pedro são capeados por lavas e considera o planalto como uma feição estrutural.

Esta afirmativa é apenas parcialmente verdadeira pois as lavas são levemente truncadas pela superfície Gondwana e vales do ciclo post-Gondwana nelas estão encaixados próximo de Araraquara. O planalto representa uma longa fase de desnudação após a erupção anterior à deposição das formações

Bauru. Estas formações, de idade cretácea, incluem seixos de arenito Botucatu bem como de lava e ágata.

A relação entre as superfícies Gondwana e post-Gondwana parece ser muito íntima em grande área. Evidentemente, havia pequena diferença de altitude entre as duas superfícies, que constituíam, antes que as formações Bauru fôsem depositadas, um planalto dissecado semelhante à paisagem terciária sôbre a qual atuaram dois ciclos e que é tão generalizada na topografia moderna.

O planalto Gondwana — post-Gondwana, com sua cobertura de sedimentos do Cretáceo superior, continua para o norte por 100 quilômetros, a partir das serras de São Pedro e Itaqueri, ao longo da estrada principal que demanda o norte, até além de São Carlos e Araraquara. Raramente é possível examinar minúcias da superfície Gondwana, que se acha inumada; todavia, a discordância observada abaixo das formações cretáceas expostas nos flancos dos vales mais jovens (ciclo Sul-Americano) mostra que essa superfície foi essencialmente plana. No entanto, na direção de São Carlos, alguns vales de encostas íngremes e mesmo de fundo plano, com 30 a 50 metros de profundidade, foram entalhados nos basaltos da superfície Gondwana antes da acumulação e entulhamento dos vales pelas areias do Cretáceo superior. Estes vales são comparáveis aos observados próximo a Contia, na região central de Minas e, como eles, mostram leitos de seixos abaixo das areias sobrejacentes (Cretáceo superior).

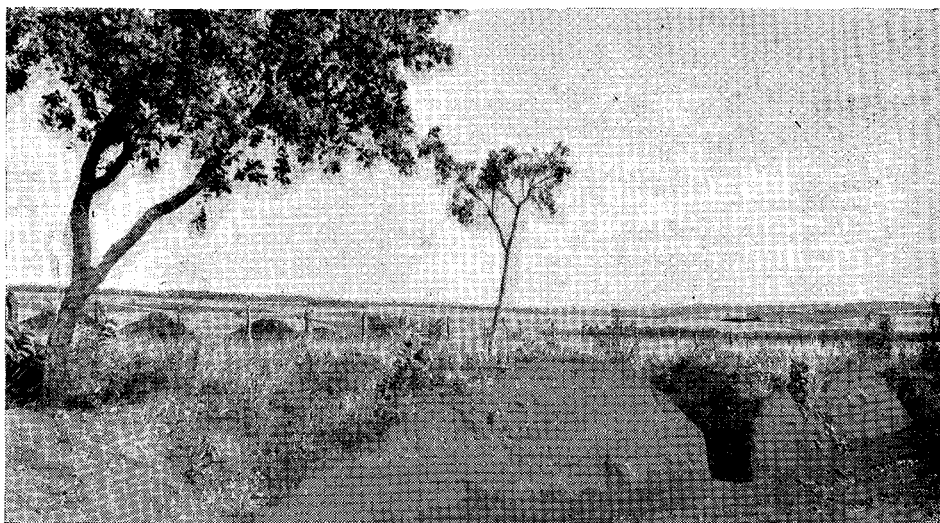


FOTO 30 — A superfície Sul-Americana sôbre areias cretáceas que assentam sôbre a superfície Gondwana ou post-Gondwana a noroeste de São Carlos, São Paulo

A superfície moderna sôbre a formação Bauru é, evidentemente, uma superfície terciária que atingiu um nível de base local parcialmente definido pelo tópo da escarpa basáltica. Mas o planalto diminui em altitude para o norte, de modo que a superfície terciária sôbre o planalto aproxima-se cada vez mais da altitude da superfície Sul-Americana que engloba o planalto. Nas proximidades de Araraquara as duas fases se juntam e o planalto desaparece (Foto 30). O aplainamento Gondwana, que em São Pedro estava 350 metros acima do ciclo Sul-Americano passa, então, sob ele (Fig. 6). Como o cruza-

mento se dá sobre uma grande zona, parte da superfície Sul-Americana é constituída pela superfície Gondwana exumada.

Em Araraquara, alguns vales rasos (ciclo Sul-Americano) muitas vezes cortam a formação cretácea atingindo o basalto subjacente e revelando a superfície Gondwana nas encostas. Esta superfície é também exposta em cortes nas estradas. Porém, como tanto o aplainamento Gondwana quanto o Sul-Americano são muito uniformes e o ângulo em que se cruzam é muito pequeno, torna-se difícil delimitar, mesmo no campo, que porção da topografia moderna pertence à superfície Sul-Americana ou à superfície Gondwana exumada. Em Matão, no entanto, a transição para o aplainamento Sul-Americano é completa e os terrenos são cortados unicamente pelo ciclo Sul-Americano, a 600 metros

A superfície Gondwana é recoberta por areias da formação Bauru (Cretáceo) que, após o cruzamento, é cortada transversalmente pela superfície Sul-Americana (Terciário inferior). Porém, mesmo esta disposição não contribui materialmente para a identificação e distinção das duas superfícies, pois que a superfície Sul-Americana apresenta uma cobertura de areias vermelhas (Terciário médio).

Nenhuma das duas séries de areias vermelhas apresenta fósseis nessa região e são litologicamente idênticas. Com efeito, a maior parte da cobertura de areias do Terciário médio (transporte eólico) é derivada da desintegração da série cretácea, mais antiga.

Aplainamentos convergentes desse tipo produzem muitas vezes superfícies surpreendentemente uniformes, onde coincidem; as cristas aplainadas dos divisores ao longo da estrada entre Matão e Jabuticabal constituem um testemunho da dupla origem sob a ação dos dois maiores ciclos de erosão que atingiram a América do Sul. Os vales que dissecam este planalto composto pertencem ao ciclo Velhas normal, do Terciário superior. Suas encostas apresentam a mesma inclinação, como se tivessem sido ocasionadas por uma série de cortes verticais e não por rápido encaixamento seguido da regressão das encostas. A leste de Jabuticabal, os vales são mais amplos na direção do rio Mojiguaçu, cujo leito está 100 metros abaixo dos divisores adjacentes Sertãozinho e Ribeirão Preto estão abaixo do topo aplainado

A leste do vale do Mojiguaçu, a superfície post-Gondwana separa-se mais uma vez da superfície Sul-Americana e eleva-se independentemente em direção ao monta-

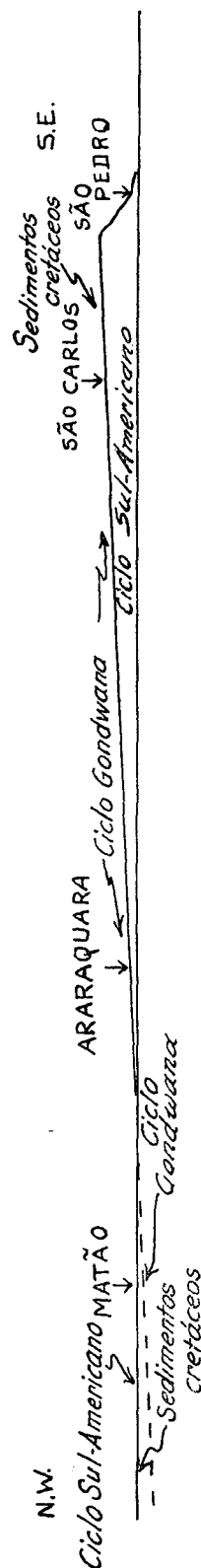


Fig. 6 — Jazimento das superfícies Gondwana e Sul-Americana entre São Pedro e Matão, São Paulo.