

CONTRIBUIÇÃO DOS GEÓGRAFOS FRANCESES PARA O DESENVOLVIMENTO DA GEOGRAFIA FÍSICA BRASILEIRA NA PRIMEIRA METADE DO SÉCULO VINTE: EMMANUEL DE MARTONNE E AS SUPERFÍCIES DE EROÇÃO

Roberto MARQUES NETO

Prof. do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora, MG. -
E-mail: roberto.marques@ufjf.edu.br

Na primeira metade do século vinte a Geografia brasileira foi fortemente marcada pela influência francesa, sobretudo após a instituição do curso superior na USP em 1934, consolidado mediante a intervenção de importantes geógrafos franceses, destacadamente Pierre Monbeig, que durante pouco mais uma década esteve a frente da cátedra de geografia humana. Geógrafos físicos também se agregaram a esse corpo científico influente, como Pierre Deffontaines, Francis Ruellan, Jean Tricart e Emanuel de Martonne, este último influenciando decisivamente a geomorfologia brasileira da época através de cientistas como João Dias da Silveira, Aziz Nacib Ab'Sáber e Fernando Flávio Marques de Almeida.

Em artigo recente publicado na Revista Brasileira de Geomorfologia (v. 12, n° especial, 2011), Antônio Carlos Vitte, do Instituto de Geociências da UNICAMP, elucida que a influência da análise geomorfológica de Emanuel de Martonne, ainda arraigada no paradigma davisiano do ciclo geográfico, associou-se à perspectiva metodológica regional de Pierre Monbeig, delimitando-se assim que a pesquisa geomorfológica deveria manter consonância com a história e com o processo de ocupação territorial, fazendo com que, no conceito de complexo geográfico, a delimitação de uma região/ compartimento geomorfológico seria conduta fundamental. O contexto histórico da vez corresponde à expansão cafeeira e ocupação urbana do Planalto Ocidental Paulista, transpostas as cuevas areníticas-basálticas em direção à calha do Rio Paraná, tema da tese de doutoramento de Monbeig, intitulada "Pioneiros e fazendeiros de São Paulo", publicada mais tarde na forma de livro.

Entre os artigos mais influentes de Emanuel de Martonne ambientados no território brasileiro, indubitavelmente aquele publicado no n° 4 da Revista Brasileira de Geografia, trazido a lume no ano de 1943, foi bastante seminal para a geomorfologia brasileira. Nesse trabalho de síntese, o geógrafo francês designa e caracteriza as principais superfícies de aplainamento ocorrentes no sudeste brasileiro, a saber: Superfície dos Campos, de idade cretácea, Superfície Paleogênica, do Terciário Inferior, e Superfície Neogênica, que teria sido esculpida, obviamente, durante o Neógeno. Esse trabalho pode ser considerado como o que primeiro ofereceu uma sistematização mais contundente das superfícies de erosão, em detrimento a considerações anteriores que entendiam os níveis aplainados como peneplanos elaborados em longo tempo geológico, a exemplo das especulações de Chester Washburne e Preston James. Malgrado o atrelamento ao paradigma davisiano e as recorrentes invocações de termos como *juventude* e *maturidade*, firmava-se a partir desse trabalho uma importante perspectiva para uma melhor elucidação da evolução do relevo brasileiro, enfaticamente na região sudeste.

A discussão que Emmanuel de Martonne propõe mantém coerência de discurso com as escolas cíclicas em geomorfologia, concebendo a elaboração de superfícies de erosão na qual os níveis mais elevados corresponderiam às superfícies mais antigas, a partir das quais os níveis mais recentes seriam gerados por extensiva erosão geológica. É com base nessa perspectiva que o mestre francês adéqua a Superfície dos Campos, cuja tipicidade máxima encontrou no Planalto de Campos do Jordão, ao Cretáceo. Atual-

mente, é quase consenso que tais níveis, juntamente com os altiplanos dos maciços alcalinos de Itatiaia e Passa Quatro, remetem ao Terciário Inferior. Os estudos de Martonne também precedem o paradigma da tectônica de placas e os conhecimentos sobre a atividade neotectônica intraplaca, o que o impediu de conceber a intensa deformação tectônica a qual as superfícies de erosão vêm sendo submetidas, bem como os basculamentos de blocos derivados de uma tectônica neogênica capaz de desnivelar superfícies cronocorrelatas e emparelhar altimetricamente relevos de idades distintas. Pontua-se assim que a Superfície dos Campos cuja elaboração foi situada pelo autor no Cretáceo vem a ser, na verdade, níveis paleogênicos (superfície Sul Americana ou do Japi) soerguidos e desnivelados de cristas mais baixas de idade similar. O estado da arte vigente na época

acerca dos conhecimentos sobre a geodinâmica terrestre impediu com que o autor, por exemplo, concebesse a gênese das serras do Mar e da Mantiqueira em função da reativação tectônica instalada com a separação entre as placas Sul Americana e Africana a partir do Cretáceo.

A despeito dos aspectos superados no ensaio de Emanuel de Martonne em função do avanço dos conhecimentos sobre os processos climáticos e tectônicos intervenientes na evolução do relevo brasileiro, o material em questão é bastante representativo das idéias vigentes em sua época, constituindo leitura indispensável para aqueles que almejam o entendimento da evolução do pensamento geomorfológico no meio tropical. Tendo sido exaltada a importância histórica do trabalho, segue a sua transcrição integral.

PROBLEMAS MORFOLÓGICOS DO BRASIL TROPICAL ATLÂNTICO

Emanuel de Martonne

De Martonne, Emanuel. Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. *Revista Brasileira de Geografia*. v. 5, n. 4, p. 532-550, 1943.

Do imenso território brasileiro, a única parte cujo relevo possa ser objeto de estudo para a morfologia moderna é o maciço atlântico, cujos planaltos e serras, ultrapassando 2000 m de altitude, se estendem ao longo da costa de Santos à Bahia e são conhecidos até a mais de 500 km para o interior, nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Minas Gerais. É aí que aportaram os primeiros conquistadores, impelidos pelos alíseos; aí se estabeleceram firmemente grandes massas de europeus, que, por causa das plantações, e sobretudo das minas, foram obrigados a ter um conhecimento mais rigoroso do solo e do subsolo. A carta ao milionésimo em quase toda essa região não se reduz a uma simples compilação. O Serviço Geológico de São Paulo, organizado nos moldes do Geological Survey dos Estados Unidos, publicou, na falta de cartas geológicas, uma importante série de cartas nas escalas de 1/100000 e de 1/200000 cobrindo toda a região litorânea do estado e avançando ao norte, até o Rio Grande. O Estado de Minas imitou seu vizinho, e suas cartas na escala de 1/100000 vão até a nova capital, Belo Horizonte. A extensão limitada do Distrito Federal, em torno do Rio, é figurada por uma carta admirável, que faz sentir mais ainda a falta de documentação precisa para todo o Estado do Rio de Janeiro, o do Espírito Santo e o da Bahia.

Não surpreenderá a ausência de uma cartografia geológica regular. A melhor visão de conjunto que foi publicada é ainda a carta geológica ao milionésimo do Estado de São Paulo. Apesar disso, o Brasil tropical atlântico está bem longe de ser uma região nova para a pesquisa científica. Muito cedo, antes das primeiras cartas, antes das estradas de ferro e mesmo das rodovias, naturalistas como Auguste de Saint-Hilaire, Liais, Eschwege, Branner e Derby nela deixaram sinais de sua passagem. Uma corrente continuada de sábios estabeleceu-se entre a Europa e este admirável campo de estudo; e os serviços locais multiplicaram as contribuições para o conhecimento do solo, a ponto de ser difícil conhecer e avaliar todo o seu valor. As idéias gerais e as hipóteses, que os fatos conhecidos podem sugerir, foram discutidas em sua maior parte. É chegado talvez o momento de tentar fazer uma seleção dentre elas, levando em conta progressos feitos pelos métodos de análise morfológica.

Dois problemas merecem particularmente a atenção: as relações do relevo com a estrutura e a originalidade do modelado tropical.

O primeiro se apresenta aqui em condições particulares, sem exemplo na Europa nem na América do Norte, mas parece que não sem analogia com os que se oferecem, seja na África, seja na Austrália, na borda de fragmentos do mesmo bloco gondwânico.

O segundo foi sobretudo considerado com a finalidade de explicar detalhes pitorescos, como os famosos pães de açúcar, dos quais o mais célebre é o que marca a entrada da famosa enseada do Rio. Ele mereceria ser mais largamente considerado; oferecendo-se então a ocasião de notar uma diferenciação segundo as mudanças do clima, que se torna menos úmido para o interior, e segundo as altitudes que ultrapassam largamente 2000 m.

Relevo e Estrutura

Bloco fraturado ou relevo apalachiano

Os traços gerais do relevo sugerem evidentemente a idéia de um bloco antigo levantado e fraturado. Desde o primeiro momento em que os transatlânticos rápidos se aproximam da costa, até o Rio e mesmo além de Santos, aparece a Serra do Mar como uma alta escarpa, que lembra, numa outra paisagem, a frente SE do Maciço Central francês. Só o Rio Doce abre uma brecha na muralha rígida e contínua. Em toda arte a impressão é a mesma, logo que se tenha atravessado as cumiadas, quer seja pela estrada de ferro, a rodovia moderna ou a pista acessível aos automóveis, que acaba de ser aberta, do Rio a Petrópolis, de Santos ou São Vicente a São Paulo, de Ubatuba ou Caraguatatuba em direção ao Paraíba.

Às declividades vertiginosas, que causam espanto de ser ver revestidas de floresta densa, sucede uma topografia ondulada, de vales largos e frequentemente com fundo pantanoso. O homem contribuiu para acentuar o contraste pelo desflorestamento progressivo do planalto ondulado, enquanto que a floresta se fecha novamente sobre as ilhotas de agricultura, que datam dos primeiros tempos da colonização, na base da grande escarpa da Serra do Mar. A linha de cumiada é um divisor de águas e as capturas aí surpreendem menos por sua existência do que por sua relativa raridade. Todos os rios (com exceção do rio Doce e do Paraíba) voltam as costas ao Oceano; as altitudes se abaixam, no conjunto, para Oeste. No Estado de São Paulo, vê-se dentro em pouco o maciço cristalino desaparecer sob uma cobertura sedimentar discordante, mergulhando para o Paraná, e, após uma zona de planícies que lembram a depressão periférica dos nossos maciços hercínios, ergue-se um relevo monoclinal vigoroso com aberturas (percées) consequentes e morros-testemunhos (buttes-témoins). Esta cuesta de Botucatu é o bordo do capeamento de arenitos, com intercalações de rochas eruptivas básicas, que cobre, em imensas extensões, o embasamento gondwânico, no Brasil e no Uruguai, tal como na África Ocidental Francesa, África Austral e Índia. A inclinação do embasamento para o interior não é, porém, a mesma em toda parte; o Paraíba médio, correndo quase paralelamente à costa, é dominado por um segundo abrupto, a Serra da Mantiqueira, quase sempre vizinha de 2000 m, aproximando-se mesmo de 3000 m em dois pontos. Seu largo vale está escavado em argilas lacustres, datadas por uma flora e uma fauna do Neógeno recente. O “fosso do Paraíba”, comparável aos de tantos maciços antigos, tornou-se um tema muitas vezes repetido.

Tais são as interpretações que se impuseram. Os progressos dos levantamentos topográficos e dos reconhecimentos geológicos obrigam a considerar outras perspectivas. A orientação da Serra do Mar, da Mantiqueira e do Paraíba não é a única a aparecer no terreno e nas cartas de 1/100000. Algumas cristas repetem, a alguns quilômetros de distância, um alinhamento E-O, ao norte de São Paulo. A sudoeste do Estado de Minas, os alinhamentos N-S são particularmente notáveis. Frequentemente a relação desses alinhamentos com a estrutura é evidente; as alturas formadas de rochas mais duras parecem tangentes ao mesmo nível. É num relevo apalachiano que se é levado a pensar. Os alinhamentos das serras litorâneas, que se repetem eles próprios em toda uma série de acidentes, não admitirão a mesma explicação?

Sabemos agora o bastante sobre o Brasil para sermos obrigados a encarar esse problema, que se formula para todos os velhos maciços, terras hercínias da Europa ou blocos do antigo continente de Gondwana. Na diferenciação do relevo, na qual dois processos – deslocamentos da massa, com empenamento e maior ou menor soerguimento, e recomeço da erosão guiada pela estrutura antiga desempenharam, na verdade, o seu papel; qual seria a participação de cada um deles?

Estrutura antiga

Para responder, é indispensável estar bem informado sobre esta estrutura, muito mais complexa que as cartas de conjunto fazem supor. A zona hercínica da Europa, desmembrada pelos contragolpes dos dobramentos alpinos, habitou-nos a ver em cada um dos blocos cristalinos de dimensões modestas, um conjunto de rochas muito resistentes, opondo-se simplesmente às massas sedimentares, das quais se destaca. Aqui, em imensas extensões, aparece o velho embasamento, e a diferenciação do relevo pode ser atribuída a uma desigual resistência das rochas cristalinas, num clima em que a decomposição é mais rápida e dá um maior poder seletivo à erosão.

A própria série arqueana, que forma as serras litorâneas (serra do Mar e serra da Mantiqueira), não é um todo homogêneo. Aí os granitos são frequentemente menos resistentes do que os gnaisses; são encontrados decompostos em toda a altura dos cortes de 30 a 40 m, ao longo da estrada de Petrópolis, além dos subúrbios do Rio de Janeiro, enquanto que os verdadeiros gnaisses de cor clara, frequentemente porfiroides, aparecem nas cristas. Notou-se que os gnaisses escuros dominam ao longo do Paraíba, sua grã mais fina e sobretudo a abundância da mica negra, tornam-nos certamente mais sensíveis à decomposição. Para MORAIS RÊGO, o “fosso do Paraíba” é uma pura hipótese e a depressão é simplesmente obra da erosão nesses gnaisses menos resistentes.

Não há dúvida, em todo caso, que as séries menos intensamente metamorfozadas, conhecidas no interior, oferecem rochas de resistência desigual. No Estado de São Paulo a série de São Roque é um complexo de filitos, quartzitos e calcários metamórficos fortemente dobrados e atravessados por numerosas apófises graníticas com corneanas e anfíbolitos. No Estado de Minas, onde a exploração do ouro e do ferro conduziram a repetidas prospecções, distinguiram-se numerosas séries de metamorfismo desigual: a série de Minas, comparável a de

São Roque por seu vigoroso dobramento, seus filitos e suas corneanas, onde os quartzitos formam a maioria das elevações; - e uma série do Espinhaço, cujos arenitos com sílex exercem também uma notável influência no relevo; - enfim uma série de Bambuí, menos deslocada e tão fracamente metamorfozada que alguns fósseis, que lhe indicam uma idade gotlandiana, foram encontrados nos calcários, aos quais se deve, ao norte de Belo Horizonte, o desenvolvimento de fenômenos cársticos.

Todos esses elementos, sofreram numerosas fases orogênicas cujo estilo e cujas linhas diretrizes podem ter sido diferentes. As "Brasilidas", assim formadas permaneceram, como as "Saháridas", qual um pedestal insensível aos dobramentos e que a erosão tendia a nivelar e a soterrar sob seus detritos. O Devoniano do Estado de São Paulo é o último episódio marcando uma invasão marinha, e, aí como na África, como na Índia e na Austrália, são sedimentos continentais que recobrem uma grande parte do embasamento (série de Santa Catarina no Estado de São Paulo). Aí, também se nota um episódio glaciário, morainas e conglomerados, entre um Carbonífero xistoso com fetos (*Gangamopteris*) e um Permiano com répteis (*Mesossaurus*). No Estado de São Paulo, o Glaciário, mas argiloso, permaneceu quase como foi deposto; mas, no Estado de Minas, a série Lavras, mais rica em conglomerados, está ligeiramente dobrada.

Tudo indica uma estabilidade mais precoce ao sul, uma sensibilidade maior ao norte. No Triássico, entretanto, as condições parecem mais uniformes e os arenitos de Arcado, com as lavas que os recobrem na bacia do São Francisco, lembram os arenitos de Botucatu, do Estado de São Paulo, com seus basaltos; em toda a parte são as mesmas chapadas, as mesmas frentes de cuevas com morros-testemunhas abruptos.

Caapeamento sedimentar e superfície de erosão fossilizada

Esses dados permitem concluir pela possibilidade de uma topografia apalachiana desenvolvida nas séries dobradas pré-carboníferas, compreendendo mesmo a série arqueana. A importância da cobertura sedimentar detrítica, de origem continental, atesta a das erosões que nivelaram os antigos dobramentos. Dever-se-ia poder encontrar restos da superfície de erosão fossilizada.

O exame do contato entre o embasamento cristalino e as séries carboníferas no Estado de São Paulo parecem decisivos deste ponto de vista.

Se nos afastarmos da estrada que segue o vale do Tietê, encaixado nos xistos cristalinos, reconheceremos facilmente nas cercanias de Salto de Itua a superfície de base dos xistos argilosos, nivelando granitos e gnaisses, que sobe regularmente a partir de 550 m com uma declividade de 1 a 3%, durante uma dezena de quilômetros pelo menos. Acontece o mesmo mais ao norte até Campinas. O declive é um pouco mais forte na altura de Mogi Mirim. As sondagens feitas para a pesquisa do petróleo na base da cuesta dos arenitos de Botucatu, perto de São Pedro e de Bofete, foram levadas até 1000 e 1200 m de profundidade sem atingir o cristalino; deduz-se existir uma declividade média sensivelmente da mesma ordem. Esta superfície pré-permiana (ou mesmo carbonífera) não era sem dúvida uma planície perfeita, e as próprias camadas da série de Santa Catarina não são isentas de ligeiras ondulações; todavia, é notável que seu prolongamento ideal para leste venha tocar as primeiras cristas de quartzitos da região cristalina, tanto em Mogi Mirim e Socorro, como a leste de Campinas ou de Itua.

Assim tudo concorre para convencer que o relevo apalachiano desempenha um papel essencial na morfologia do Brasil tropical sul-atlântico. Querera isto dizer, entretanto que a diferença de resistência das rochas explique tudo? E, se não for assim, poder-se-á encontrar um princípio que permita discriminar os acidentes diretamente devidos a deformações recentes, dos desvios simplesmente a uma adaptação à estrutura dum embasamento antigo?

Notemos primeiro que a igualdade aproximada da altitude das cristas de rochas resistentes só se realizou em um raio limitado. Uma variação contínua poderia talvez ser explicada pela subida para as antigas cumiadas divisoras de águas; variações bruscas lembram a hipótese das deslocções. Os dois grandes alinhamentos da serra do Mar e da serra da Mantiqueira parecem não poder ser explicados de outro modo.

Os alinhamentos das serras litorâneas

Sua direção retilínea e paralela à costa não é o único nem mesmo o melhor argumento. Os dois braços do Paraíba, ligados pelo singular cotovelo de Guararema, tem aproximadamente a mesma orientação, que é a de um feixe de pequenos afluentes prolongando-se segundo linhas rígidas. Estas linhas podem ser o vestígio de muito

antigos deslocamentos longitudinais favorecendo a incisão dos talwegues, ou podem mesmo seguir afloramentos menos resistentes, mais frequentes do que se imagina na série arqueana: gnaisses de grã fina, gnaisses escuros ricos em biotita e mesmo micaxistos. Mas, quando se trata da serra do Mar e da serra da Mantiqueira, o fato essencial, que seria um erro esquecer, é que elas não representam cristas, mas sim degraus. A predominância de gnaisses menos resistentes ao longo do Paraíba, não explica o degrau da Mantiqueira; os micaxistos menos resistentes da série Minas estão na vertente oposta, 1000 m mais acima; e é por uma lenta subida que se chega à borda do planalto da serra do Mar.

O “fosso” do Paraíba é talvez uma hipótese simples demais. O rio, como os lagos alongados que o precederam no Terciário, parece instalado ao pé de um abrupto tectônico, flexura decomposta em escadaria de falhas marcando a borda de um bloco basculado para norte, da mesma maneira que o bloco da serra do Mar. Esta concepção impõe-se cada vez mais, sempre que se sobe a imponente escarpa da Mantiqueira, seja para Itapeva e Campos do Paraíso (1900-2000 m), seja para a alta cúpula da Bandeira, ponto culminante do Brasil (2854 m)* seja pelo Itatiaia, menos elevado apenas alguns metros, mas que forma escarpamentos fantásticos evocando os maciços alpinos. À parte estas Agulhas Negras e alguns cumes em forma de pães de açúcar, o que se encontra nessas alturas, é uma topografia de maturidade: cabeços arredondados e largos vales, às vezes mesmo depressões (“cuvettes”) úmidas, ameaçadas de captura pela erosão que ataca as encostas abruptas que descem para o Paraíba.

Seria surpreendente que os acréscimos desta vertente sejam, no total, insignificantes, se a linha de separação das águas não tivesse sido imposta por uma deformação recente. De fato, como na serra do Mar, seja em Santos, seja em Caraguatatuba, seja perto do Rio de Janeiro, em Petrópolis ou em Teresópolis, somente alguns riachos caem em cascatas; todo o resto vai para o interior do continente. Os recuos da borda do bloco, raramente ultrapassando alguns quilômetros, são devidos a ataques da erosão paralelamente ao eixo do desnivelamento. A erosão pode utilizar, quer um dos deslocamentos da superfície flexurada, quer um afloramento de rochas menos resistentes: gnaisses escuros ou micaxistos, como se observa na serra do Mar, perto de Santos, na ravina do Cubatão, ou na Mantiqueira, na ravina de Piracuama, perto de Itapeva; mas é preciso não esquecer que a erosão não teria podido fazer se o desnivelamento de frente do bloco não lhe tivesse proporcionado o ensejo e que sulcos paralelos a esta frente, relacionados com a estrutura antiga, persistem sob a forma de largos vales maduros no reverso do bloco inclinado para o interior do continente.

Em resumo, estamos em presença de um conjunto de fatos morfológicos que só dão lugar a uma interpretação, mesmo que sua suposta relação com um acidente tectônico não esteja em toda parte exatamente estabelecida. Nenhuma investigação geológica detalhada atingiu a frente da Mantiqueira, mas, no Distrito Federal, as serras alinhadas aquém da frente da Serra do Mar e dominando a enseada, mostraram falhas longitudinais com veios eruptivos. Mais longe, ao norte, na região litorânea da Bahia, as pesquisas geológicas e geofísicas para o petróleo revelaram desnivelamentos consideráveis do Cretáceo, a base antiga afundando bruscamente de cerca de um milhar de metros; o próprio Terciário, menos perturbado, é às vezes sensivelmente levantado. É sem dúvida a acidentes do mesmo gênero, aos quais é difícil dar uma referência, na ausência de uma cobertura sedimentar recente, que são devidos os alinhamentos de grandes ilhas aquém da frente da serra do Mar (Santo Amaro, São Sebastião, Ilha Grande, Cabo Frio, etc.).

A Ilha de São Sebastião, de fácil acesso e felizmente cartografada pela Comissão de Exploração do Litoral, apresenta-se como um bloco basculado para o continente, cuja frente abrupta está virada para o Oceano. Do lado do canal pouco profundo que a isola, é possível seguir terraços marinhos e níveis de erosão escalonados. Nada de parecido se encontra do lado do alto mar, onde os assaltos das vagas não fizeram mais que avivar, em uma cinquentena de metros, no máximo, os declives das escarpas que mergulham sob as ondas.

Relevos apalachianos do interior

Depois deste exame das serras litorâneas, formadas pelas partes mais cristalinas e mais antigas do embasamento, se passarmos ao interior do continente, onde dominam rochas menos metamorizadas e de resistência mais desigual, ficaremos surpreendidos de constatar que a distinção entre os relevos de adaptação à estrutura torna-se mais delicada. É aí, entretanto, que estão os relevos apalachianos mais característicos. Quando os observamos em certo número de pontos, tendo em mãos as cartas de que dispomos, preciosas, apesar de sua imperfeição, é possível encontrá-los, segundo essas cartas, desde os arredores de São Paulo até Belo Horizonte.

São às vezes verdadeiras cristas monoclinais, mas frequentemente arestas com vertentes simétricas, cujo traçado não é jamais retilíneo e pode encurvar-se até esboçar uma semi-elipse, sinal de uma dobra cujo eixo se eleva ou se abaixa rapidamente; a altitude sofre aí variações fracas, mas repetidas, pelo desenvolvimento de colos de flanco. Encontram-se também lombadas arredondadas até formar quase planaltos de altitude uniforme, entalhando camadas duras alteadas, que representam testemunhas evidentes de superfícies de erosão.

O Estado de São Paulo oferece na Série São Roque os exemplos mais notáveis de cristas estreitas, aparecendo geralmente em feixes descontínuos com orientação variável (serras de Japi, por exemplo, atravessadas pelo Tietê). Raramente seu comprimento atinge mais de 5 ou 6 km, às vezes são reduzidas a um morro isolado, como o Jaraguá, cuja silhueta característica aparece em todo panorama dos arredores da capital paulista. É que os quartzitos, que formam a maior parte das cristas, estão impresados em sinclinais agudas e frequentemente laminadas. As elevações graníticas com corleas são também limitadas.

As condições são outras no sul de Minas. Cristas mais espessas e mais contínuas aí se seguem em muitas dezenas de quilômetros, sempre com traçados sinuosos; e orientações diferentes aparecem lado a lado. As cercanias de Belo Horizonte são particularmente interessantes.

A nova capital, realmente bem denominada, estende suas avenidas e seus parques ao pé das cristas monoclinais da serra do Curral Del Rei, diante dos largos horizontes que se abrem para o norte em virtude do afloramento do embasamento arqueano, cujas suaves ondulações só cessam onde aparecem os planaltos calcáreos da Série Bambuí. O contrário para o sul, onde existe todo um mundo de serras e gargantas, no meio do qual se desenvolveu a atividade mineira e onde a capital decaída, Ouro Preto, pendura suas ruas estreitas e seu formigueiro de igrejas, numa vertente abrupta cortada por ravinas. O Rio das Velhas abre um corte natural; subindo-o, para o sul, tem-se a impressão de uma topografia apalachiana ainda imperfeitamente elaborada, como na Bretanha ou nas Ardenas. Os estrangulamentos, onde a estrada se eleva a mais de 1000 m acima do talvegue, correspondem às barragens de quartzitos, particularmente do famoso Itabirito; os alargamentos dos vales, com terraços, onde se aninham pequenos centros industriais ou comerciais, correspondem aos micaxistos e aos gnaisses profundamente decompostos. Mas as cristas, imperfeitamente desbastadas, se estabelecem em ondulações confusas, quando vistas de um ponto culminante. Fica-se então surpreendido de ver o horizonte fechado quase de todos os lados por relevos possantes, alongados de preferência de sul a norte. A serra Geral, onde os quartzitos mergulham para leste, assim como a serra da Moeda, que se liga à serra do Curral perto de Belo Horizonte, são cristas maciças, cuja altitude pouco varia ao longo de um traçado ondulado que se prolonga por mais de 20 km. Esse terraço ondulado não permite que se atribua a um deslocamento a depressão da bacia do rio das Velhas. Somos obrigados a ver na discordância das orientações, o indício de dois sistemas de dobramentos antigos e na diferença de altitude, atingindo a mais de 500 m, o sinal de duas superfícies de erosão.

É o que confirma os estudos dos arredores imediatos de Ouro Preto. Vê-se aí a crista da serra Geral desenhando uma volta e seus quartzitos, adquirindo a dureza do Itabirito, inclinarem-se sob a forma de lajes para o sul, na vertente em que se encontra a velha cidade. Todos os elementos do relevo seguem a mesma torsão. Pode-se, entretanto, encontrar aí testemunhos de duas superfícies. À mais alta, que é a mais bem conservada, lega-se uma série de cristas maciças ou de planaltos, principalmente o maciço que barra ao sul o horizonte de Ouro Preto, sinclinal de arenitos micáceos com inversão de relevo, que é coroado pela ponta em balanço (“em-porte-à-faux”) do Itacolomi, que se ergue até 1797 m, mas também pelas serras de Ouro Preto e do Salto, verdadeiros “crêts” formadas pelas mesmas camadas acima dos gnaisses. À superfície de erosão inferior pertencem os planaltos de gnaiss cujas ondulações se estendem de 1000 e 1300 m em direção a Hargreave e Cachoeira do Campo, assim como o triste planalto de xistos sericitosos de Venda Nova; e é nesse mesmo nível que a erosão do rio do Funil esculpe as cristas monoclinais alinhadas de Ouro Preto para Mariana, seguindo as barras de Itabirito e as lentes de calcáreos cristalinos.

Insistimos num exemplo cujo estudo parece demonstrativo. Vê-se que no interior, se não oferece cumes tão elevados e desnivelamentos tão fortes como a zona das serras litorâneas, distingue-se por uma notável variedade de aspectos, orientações variáveis indicando provavelmente numerosos períodos orogênicos e indícios de muitas superfícies de erosão antigas, o que faz supor mais de um recomeço da erosão (“reprise du modelé”). É impossível supor que o domínio das serras litorâneas não tenha sido afetado pelas mesmas vicissitudes.

Depois de ter assinalado os dois principais aspectos do Brasil tropical atlântico, é preciso tentar distinguir as linhas gerais de sua evolução morfológica.

Superfícies de erosão e movimentos epirogênicos

Numerosos autores assinalaram superfícies de erosão no Brasil tropical atlântico. Para Washburne, a vertente oeste da serra do Mar e de Santos é um peneplano típico. Harder e Chamberlain veem nas cristas da serra do Espinhaço, ao nordeste do Estado de Minas, os vestígios de uma peneplanície pré-cretácica. Maul assinala, ao longo do Rio Doce, uma série de níveis em andares. Preston James distingue duas ou três superfícies a 1000 m, a 1400-1500 m e a 1700-1800 m. Morais Rêgo considera no Estado de São Paulo uma peneplanície eocênica e uma peneplanície pliocênica.

Seria certamente pouco verossímil que um velho maciço como o das Brasília tivesse escapado a uma usura mais ou menos completa e a novos ciclos de erosão (“reprises d’erosion”). Desde o Devoniano, os produtos de sua ruína não cessaram de acumular-se a oeste e ao norte, parecendo descer de serras hoje desaparecidas, situadas além da zona das serras litorâneas. Os arenitos réticos que formam a cuesta de Botucatu no Estado de São Paulo não constituem sua última testemunha, e, no reverso da cuesta, vê-se aparecerem, a alguns quilômetros de Botucatu, as primeiras testemunhas de uma nova série detrítica, os arenitos de Bauru, de idade cretácica, largamente espalhados à medida que se desce para o Paraná.

Das indicações dadas pelos autores, é entretanto impossível ter uma ideia precisa sobre o número, a extensão e as deformações das superfícies de erosão. Nenhum ensaio de representação cartográfica foi tentado a este respeito. É isto que tentamos fazer, utilizando como documentos os estudos locais, fotografias, esboços e cortes, as recordações de viagens rápidas, enfim o exame atento de todas as cartas topográficas na escala de 1:100.000, publicadas pelos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Acreditamos de início ter identificado de maneira indiscutível a superfície de erosão continental pré-permiana, fossilizada pela formação de Santa Catarina, conforme foi acima referido, nas redondezas de Itu. Ela pode ser seguida no Estado de São Paulo, desbastada numa largura de 10 a 20 km ao longo de uma faixa de 100 km de comprimento no mínimo, até as proximidades do rio Grande. Notavelmente aplainada perto do contacto com a cobertura, ela se eleva para leste, de 600 a 800 m em média, cada vez mais ondulada. Prolongando-se o perfil tangente às mais altas de suas ondulações, chega-se às primeiras cristas apalachianas atingindo 1000 m, como a serra de Cabral à leste de Campinas. Deve-se supor que todas as cristas apalachianas derivam desta superfície? Não o cremos. Sem dúvida pode-se admitir que ela está longe de ter sido perfeitamente nivelada, e é certo que foi deformada por movimentos do solo. Entretanto as desigualdades constatadas, lá onde a continuidade da superfície é certa, são bem menores do que as das cristas; querendo-se colocar o nível médio destas, dever-se-ia considerar não um aumento, mas sim uma diminuição da declividade da superfície fóssil.

Por mais interessante que seja a superfície pré-permiana, ela é um caso particular, uma exceção na morfologia do Brasil tropical atlântico. O aspecto mais comum do relevo no domínio das rochas antigas é o seguinte: colinas onduladas, cortadas por vales com uma centena de metros de profundidade e dominadas por cristas e escarpas. A altitude média das colinas aparece singularmente uniforme em uma região determinada, a das cristas ou das escarpas é muito mais variável, mas estas variações são, ora muito bruscas ao longo de traçados retilíneos, ora muito lentas. Encontrando-se este esquema em um certo número de panoramas, seja ao norte de São Paulo, seja no alto Paraíba, seja nas redondezas de Belo Horizonte, Ouro Preto, e mais ao sul do estado de Minas; reconhecendo-o por toda parte quando se inspecionam as cartas – por pouco expressiva, entretanto – que aí seja em geral, a representação da topografia -, não se pode escapar à conclusão de que o maciço antigo do Brasil tropical atlântico guarda a marca de dois modelados de erosão levados a efeito até a maturidade.

Esta maturidade de formas é às vezes tão evidente em altitudes superiores a 1500 m, como em altitudes mais humildes, não ultrapassando geralmente 1000 m. Os campos da zona das serras não são apenas alturas deflorestadas, mas regiões de topografia ondulada com solo profundo, com largos vales, suspensos acima de colinas onduladas, das quais os separam grandes abruptos e vales relativamente estrangulados. É surpreendente ver do alto de um cume da Mantiqueira, como o Itapeva, a floresta subir ao longo dos entalhes estreitos que ultrapassam a borda da escarpa, começando a morder as relvas onduladas dos campos. O que vimos a este respeito nos Campos do Jordão, nos Campos de Paraíso, a carta no-lo mostra, e acreditamos poder notá-lo também nos Campos de Ribeirão Fundo, ainda mais extensos, a leste de Socorro, e em muitos outros pontos.

Esta “superfície dos campos”, como quereríamos chamá-la, é entretanto bastante limitada. É antiga, se bem que, sem dúvida, mais recente que a superfície pré-permiana. Seus limites podem ser escarpas retilíneas, como a frente da Mantiqueira ou a dos Campos de Ribeirão Fundo, ao pé dos quais se alinham o alto Jaguari, afluente do Tietê e o rio Itaim, afluente do Sapucaí, escarpas geralmente voltadas para o sul ou sudeste e que são evidentemente as bordas falhadas ou violentamente flexuradas de blocos basculados. Do lado norte e do oeste, é geralmente num contorno recortado e menos preciso que a alta superfície dos campos se interrompe. Frequentemente ela se adelgaça e passa a cristas arredondadas, alongadas no mesmo sentido que os grandes abruptos, de SO a NE. As vezes aí se insinuam vales de 200 a 300 m de profundidade, mas de secção larga e dilatada (“évasée”), como as cabeceiras do Sapucaí, tributário do rio Grande, que sobem até a crista principal da Mantiqueira, ou as do Mogi-Guaçu, cujas águas vão ao Paraná pelo oeste.

Trata-se evidentemente de um degrau de erosão, cuja altura sempre ultrapassa 200 e pode atingir 400 a 500 m. Abaixo desta altitude, encontram-se raramente alturas comparáveis aos campos típicos, salvo, talvez, no alto rio Pardo, particularmente nas redondezas de Poços de Caldas, onde os ciclos recentes de erosão tiveram dificuldade em atacar um maciço sienítico. O que domina é a paisagem das colinas mamelonares dominadas por cristas curtas com orientações variáveis, mas de altitudes assaz constantes; é raro que um panorama de uma cinquentena de quilômetros de raio aí revele diferenças locais de mais de 200 m. Elas sobem regularmente de 1000-1100 m a 1300-1400 m, seja para sul, afastando-se do rio Grande, seja para leste, afastando-se da zona em que aflora a superfície pré-permiana. Esta última superfície apareceria cortada novamente por aquela, na qual a erosão, recomeçando, retalhou cristas de rochas duras, e compreende-se que ela tenha desaparecido na maior parte do maciço antigo. A “superfície das cristas médias”, prolongada para o oeste, passaria acima do contato com a cobertura permo-triássica, e fica-se tentado em concordá-la com a frente da cuesta de Botucatu, que atinge frequentemente 900 m. Trata-se, com toda verossimilhança, de uma superfície de erosão terciária mas não, como alguns parecem ter pensado, de uma superfície pliocênica.

É preciso levar em conta, com efeito, numerosos fatos importantes: a existência dos profundos entalhes que assinalamos nas elevações formadas pela superfície dos campos, o largo desenvolvimento de colinas onduladas, que as cristas dominam, enfim, a extensão geral de uma superfície amadurecida, cujos pontos baixos estão recobertos por sedimentos pliocênicos continentais no alto Tietê e no médio Paraíba.

Descendo os diversos braços do alto Sapucaí, por exemplo, não é no nível das cristas médias que se chega, mas sensivelmente mais abaixo; emoldurados por patamares, depois cada vez mais largos, com fundo chato e pantanoso, para as bandas de Pouso Alegre, os vales são apenas entalhados de uns 100 m, num labirinto de colinas, que não ultrapassam 900 a 1000 m. A mesma aparência é encontrada quando se desce para oeste, ao longo dos dois rios Mogi, do Jaguari ou do Atibaia, cabeceiras do Rio Piracicaba, ou mesmo ao longo do rio Jundiá. Deste lado, o nível de colinas mamelonares parece perder-se ou confundir-se com a superfície pré-permiana que ele entalha nas suas partes mais altas, enquanto que permanece acima de suas partes mais baixas. Parece que as duas superfícies podem ser distinguidas bastante claramente nas cercanias de Jundiá. Ao sul desta pequena cidade a estrada de São Paulo se insinua através de um relevo muito fragmentado, mas no qual se distingue facilmente, do alto de um mirante bastante alto, o nível das colinas mamelonares, prolongando-se para o sul até as proximidades do Jaraguá, que o domina a mais de 200 m. Neste lugar, São Paulo está à vista. Daí se chega até o bordo da escarpa da serra do Mar, sem encontrar altitudes superiores a 800-900 m, salvo em alguns pontos.

Não é possível ter-se dúvida sobre a surpreendente maturidade da topografia em torno da antiga bacia lacustre, cujos depósitos argilo-arenosos formam o solo da capital paulista e todos os autores consideram como formada no Neógeno.

Todos estão de acordo em estender as mesmas conclusões a quase toda a bacia média do Paraíba, onde as formações pliocênicas são ainda mais extensas. A dissecação mais avançada deste lado explica-se facilmente pelo vigor de um rio que desemboca diretamente no Oceano, e cujo vale, largamente escavado nas argilas lacustres, está a 150 m abaixo do Tietê. Por aí se explica também a captura, há muito assinalada, dos dois braços superiores do antigo Tietê, o Paraíba e o Paraitinga. Na ausência de cartas de 1:100.000, é difícil distinguir o que pode restar de uma topografia mais antiga que o Neógeno. Altura ultrapassando 1000 m, como a serra de Quebra Cangalha, e mesmo 2000 m, como o maciço de Boa Vista (2080) que fica em frente ao Itatiaia, parecem entretanto indicar que o ciclo de erosão neogênica não fez desaparecer todos os vestígios dos movimentos do solo que afetaram as superfícies anteriores.

Primeiras conclusões

Depois desta análise chegamos à noção de três superfícies de erosão, além da superfície pré-permiana. A mais recente, cuja idade neogênica é bem determinada, tem seu maior desenvolvimento na bacia do Paraíba e no alto Tietê, onde ela foi ligeiramente empenada (“gauchie”) e sobretudo notavelmente reduzida pelo desabamento que fez chegar o Oceano ao pé do degrau tectônico da serra do Mar. A ela pode-se ligar, a oeste e ao norte, o nível das colinas onduladas que recorta a superfície pré-permiana, e não parece ter sofrido perturbações notáveis. As cristas apalachianas que a dominam são as testemunhas de uma superfície mais antiga, que parece poder concordar-se com a cuesta de Botucatu e seria devida a um ciclo de erosão paleogênica. Recortando o prolongamento ideal da superfície pré-permiana, ela parece ter sofrido um levantamento geral para o sudeste e deslocamentos orientados para SO-NE ou E-O. É impossível não distingui-la da alta superfície de campos, violentamente fraturada na Mantiqueira, certamente mais antiga, mas cuja idade ainda é duvidosa.

Estas conclusões são tiradas do exame do maciço antigo no estado de São Paulo até aproximadamente o meridiano de 45° (folha oeste de nossa carta), isto é, da região mais complicada, e por isto mesmo a mais interessante e felizmente a mais bem conhecida. É necessário completá-las considerando de um lado o que se passa mais a leste, na parte do estado de Minas em que dispomos de cartas topográficas e estudos geológicos, e de outro lado o que está a oeste da cuesta de Botucatu, cujas relações com o maciço antigo devem ser precisadas.

As superfícies de erosão e suas deformações no sul do Estado de Minas

Pela estrada de rodagem ou pela via férrea, a viagem da Capital Federal à capital do Estado de Minas dá a princípio a impressão de uma rude região de montanhas. Trata-se de escalar sucessivamente a escarpa da serra do Mar, excepcionalmente elevada acima da enseada do Rio de Janeiro, depois a da Mantiqueira que atinge quase 2800 m no Itatiaia. Razão de mais para ficar-se surpreendido com a monotonia das paisagens que se desenrolam em seguida até as proximidades de Belo Horizonte; impressão mais viva ainda numa viagem por avião, onde o corcoveamento confuso das colinas se segue a perder de vista. As cartas de 1:100.000 permitem precisar isso melhor. Aí se encontram novamente as mesmas formas incaracterísticas, com altitudes variando raramente de mais de 100 m na extensão de uma folha.

Essa uniformidade pode ser atribuída à extensão do embasamento gnáissico. Com efeito, os relevos acentuados que se encontram a partir de Queluz em direção a Ouro Preto e Belo Horizonte são formados por micaxistos, xistos sericitosos e quartzitos das séries metamórficas de Minas e do Itacolomi.

Entretanto as mesmas séries, aparecendo ao sul de São João Del Rei, mal interrompem a monotonia do relevo. Traçando as isoípsas segundo as cotas dos pontos mais altos, fica-se surpreendido ao vê-las alinhar-se, sem hesitação possível, normalmente aos cursos d'água. É preciso admitir que se trata de uma superfície de erosão desenvolvida numa muito grande extensão, em condições notáveis de estabilidade. É isto que os leva a colocar de preferência essas formas muito evoluídas no Terciário antigo, em vez de no Plioceno; mas é possível que sua elaboração tenha continuado, cada vez mais lentamente, até a época atual, na bacia superior do rio Grande, até a orla das serras onde está sua nascente e até a linha divisora das águas com o rio Doce ou com o rio São Francisco.

Se os relevos acentuados da região mineira de Ouro Preto-Belo Horizonte resistiram ao aplainamento geral, sua constituição geológica teve nisso certamente o seu papel; não se poderia duvidar disso ao constatar-se a importância que tem aí o itabirito. Mas a análise do terreno nos mostrou aqui orientações tectônicas e escalonamento de superfícies, indicando uma história perturbada. Entramos num domínio novo, em que a estabilidade da plataforma do rio Grande não é mais a regra, e onde, por outro lado, se manifestam orientações que são desconhecidas ou muito raras nas serras litorâneas de S. Paulo. Os dobramentos da série metamórfica de Minas se alinham segundo a direção N-S; pode-se atribuir a movimentos póstumos, a dobras de fundo (“plis de fond”) da mesma direção, a alternância de altitudes e depressões que nossa carta revela: levantamento da bacia superior do rio das Velhas, abatimento da bacia superior do rio Doce, rugas paralelas da bacia superior do rio Muriaé, cujos pontos mais altos são a serra de São Sebastião e o maciço da Bandeira.

Sem permitir certa precisão, as cartas ao milionésimo e o esboço geológico do Estado de Minas na mesma escala permitem prever que este regime é o que domina mais ao norte, e 4 ou 5 graus de latitude pelo menos, em toda a bacia superior do rio São Francisco. Um exame rápido do sul do Estado de Minas permite pois, completar com felicidade o que ensina a análise do relevo e da estrutura do maciço antigo do Estado de São Paulo.

Convém agora voltar à borda ocidental e às suas relações com a cuesta de Botucatu.

A cuesta de Botucatu

A existência de um degrau de erosão cuja frente está voltada para o maciço antigo, corresponde ao bordo das chapadas formadas pelo capeamento do maciço antigo do Brasil oriental, foi em boa hora assinalada, e os morros de encostas abruptas – outrora uniformemente cobertos de floresta, agora quase por toda a parte desflorestados para acolher as plantações de café, que não cessam de atrair as atenções na estrada de São Paulo para o norte até o rio Grande -, foram descritos e corretamente interpretado como as testemunhas de uma grande cuesta, particularmente por Maul e Moraes Rêgo. Todavia, continuava a ser difícil conceber a natureza desta cuesta e suas relações com o maciço antigo, na ausência de qualquer figuração exata de seu traçado numa escala que permitisse uma visão de conjunto. Nossa carta dá este traçado para toda a extensão em que dispomos de cartas de 1:100.000. Pode-se dela tirar imediatamente uma série de conclusões interessantes. A cuesta é em toda parte extremamente recortada, evidentemente graças aos numerosos vales consequentes, quase todos ainda com sua função normal. O Jacaré Guaçu, afluente do Tietê parece o único a ter sido decapitado por um (ou numerosas) cabeceira do rio Corumbataí, de traçado obsequente.

Entretanto a cuesta recuou fortemente, particularmente ao sul, onde sua frente está a 120 km da borda do maciço antigo, para o lado norte. Perto de Mococa, só e separada desta por uma quinzena de quilômetros. Se sua altitude absoluta se elevou de cerca de 150 m, sua altitude relativa diminuiu de mais da metade e os vales consequentes, que descem pela contravertente da cuesta, sobem cada vez menos para além da frente, quando se vai até Franca.

Todos estes fatos demonstram, sem dúvida alguma, que se trata de um relevo de erosão desigualmente evoluído, quer pela altitude mais forte do embasamento antigo para norte, quer pela espessura maior da cobertura para o sul. Com efeito, a série detrítica permo-carbonífera, cujos xistos argilosos permitiram o largo desenvolvimento de uma depressão com formas suaves, desaparece entre Mococa e Franca; sua espessura e sua complexidade aumentam para o sul, onde os geólogos distinguem numerosos andares: os arenitos de Passa Dois, que superam o glaciário propriamente dito, tornados mais resistentes pela existência de sílex, são capazes de dar em alguns lugares indícios de cuesta.

A própria cuesta não é exatamente comparável aos exemplos existentes na Europa, onde se reconhece uma camada resistente (comumente calcárea) ao longo da cornija que coroa a frente. Os arenitos réticos não são, por si próprios, uma rocha muito dura. É a derrames de basaltos antigos, aparecendo em numerosos níveis, mas sobretudo desenvolvidos no topo da série, que elas devem o fato de poder dar encostas bastante íngremes. Assinalaram-se endurecimentos locais por metamorfismo de contacto das chaminés; mas trata-se, nesse caso, de detalhes, em comparação com os lençóis eruptivos largamente estendidos. Entretanto, a continuidade desses lençóis está longe de ser perfeita. Os panoramas que se desenrolam de um ponto culminante da cuesta, quer para Botucatu, quer para São Pedro, quer mais ao norte, mostram sempre diferenças notáveis no aspecto dos promontórios da cuesta; ora uma só cornija, ora numerosos patamares, cuja correspondência a outros tantos lençóis basálticos é fácil de verificar-se.

Essas condições estruturais certamente contribuíram fortemente para a fragmentação da cuesta. Parecem principalmente poder explicar seu desdobramento na região de Ribeirão Preto – Franca. Entretanto é impossível atribuir-lhes o aspecto geral do traçado, que resulta do recuo, mais ou menos rápido e do desenvolvimento maior ou menor dos vales consequentes segundo a inclinação das camadas.

É ainda esta inclinação que convém considerar, ao mesmo tempo que a do próprio planalto, se se quer precisar as relações da cuesta com o maciço antigo. Segundo nossas medidas barométricas nos arredores de Botucatu e de São Paulo, a declividade da superfície dos basaltos, que formam a contravertente da cuesta na vizinhança da frente e dão, por sua decomposição, a famosa terra roxa, não é inferior à da peneplanície fóssil pré-permiana e dos arenitos ou xistos da série de Santa Catarina, mas sensivelmente mais forte do que a do planalto, determinada segundo as cartas topográficas de 1:100.000 sobre uma extensão bastante grande. O planalto deve ser considerado como uma superfície de erosão posterior ao Cretáceo (arenito de Bauru), estabelecida em relação com o lago eocênico cujos depósitos se encontram perto do Paraná. É apenas na borda da cuesta que a espessura reduzida do arenito de Bauru permitiu o desbastamento da superfície estrutural dos basaltos. É pois evidente que se, prolongando-se o aclave do planalto para leste, chega-se ao nível das cristas apalachianas a cerca de 1200 ou 1300 m, a superfície de erosão assim determinada só pode ser de idade paleogênica.

Este resultado justifica a classificação dos níveis que propusemos e permite formular as seguintes conclusões gerais sobre a evolução morfológica da parte do Brasil tropical atlântico que estudamos.

Conclusões gerais

Procurando precisar as relações do relevo com a estrutura, podemos distinguir no maciço antigo muitos domínios diferentes: 1°) O das serras litorâneas, onde a orientação SO-NE do relevo e da rede hidrográfica corresponde à das camadas de gnaiss, mas onde os grandes desnivelamentos são devidos a um jogo de blocos deslocados por falhas ou flexuras que desposaram as direções das antigas dobras e estão voltadas o mais frequentemente para o Oceano; o reverso dos blocos oferece, em altitudes elevadas (1500 a 2000 m), uma topografia de maturidade, cuja idade, sem dúvida bastante antiga, parece ser difícil de fixar;

2°) O domínio da série metamórfica (de São Roque no Estado de São Paulo, correspondendo sem dúvida à série de Minas no estado do mesmo nome), caracterizado por cristas de rochas duras descontínuas e de orientação variável. No conjunto poder-se-ia aí reconhecer feixes de dobras menos rígidos formando uma virgacão (“virgation”) caracterizada entre o bordo ocidental do maciço antigo e a aresta principal da Mantiqueira. A altitude dessas cristas varia entretanto, em geral, de maneira demasiado contínua para que não seja obrigado aí a ver cristas apalachianas, testemunhas de uma superfície de erosão, que aliás parece localmente conservada sob a forma de alturas onduladas, ao norte do grande sulco E-O seguido pelo alto Mogi-Guaçu e por dois afluentes do Sapucaí;

3°) O domínio da plataforma do alto rio Grande, vasta extensão de relevo ondulado, elevando-se insensivelmente de 1000 a 1200-1300 m, que parece ter gozado de uma estabilidade excepcional, a maturidade do relevo tendo sido perpetuada desde o Terciário ou mesmo do Cretáceo.

4°) Nós reconhecemos nas cabeceiras do rio Doce e do rio das Velhas o começo de um novo domínio, onde a série de Minas está afetada por dobras com o eixo na direção N-S, cuja orientação se manifesta em pesadas cristas bastante contínuas, formadas por quartzitos, e onde dobras de fundo, de idade relativamente recente, mas da mesma orientação, dão uma alternância de depressões, que reproduzem num nível inferior o modelado da plataforma do rio Grande, e de serras relativamente audaciosas até à massa culminante da Bandeira.

5°) Enfim, estabelecemos de maneira certa a existência no Estado de São Paulo de uma superfície de erosão fossilizada pela série detrítica continental, chamada de Santa Catarina. Sua extensão pode ser precisada numa faixa de 10 a 20 km de largura e 200 km, no mínimo, de comprimento. Sua declividade é em toda parte mais forte que a da superfície suavemente ondulada, acima da qual se elevam essas cristas em todas as bacias dos afluentes do rio Paraná; superfície esta que se encontra mais largamente desenvolvida na direção de São Paulo e da bacia superior do Paraíba;

6°) Somos, pois, conduzidos a distinguir quatro superfícies de erosão. A única cuja idade está fixada sem que haja dúvidas, aflorando apenas numa faixa estreita, é não obstante preciosa pelo corte que ela faz em duas superfícies necessariamente mais recentes, que são separadas por 200 a 300 m em geral. À mais baixa é indicado assinalar uma idade neogênica, dada a sedimentação continental pliocênica que à mesma está ligada, no Paraíba e no alto Tietê. Quanto à mais elevada (superfície das cristas), pode-se pedir sua idade a uma ligação hipotética com a frente de cuesta de arenitos réticos guarnecidos de basaltos, que se levanta além de uma grande depressão escavada nas camadas menos resistentes da série de Santa Catarina. A declividade das camadas sendo da mesma ordem que a de uma superfície pré-permiana, o prolongamento da superfície das cristas que vêm aflorar na frente da cuesta corta o Cretáceo e vem concordar com o Terciário do Paraná.

Resta a alta superfície dos campos, cuja idade nada permite fixar. Duas hipóteses poderiam ser consideradas: ou bem a superfície esteve, no Cretáceo, em relação com o arenito Bauru, sendo a superelevação devida aos movimentos terciários; ou bem ele derivaria da superfície pré-permiana, cujo declive diminuiria para o centro de um abaulamento.

Tais são as conclusões às quais nos parece conduzir o exame dos fatos conhecidos no raio que nos foi acessível e na extensão em que cartas topográficas de 1:100.000 permitem uma análise relativamente precisa. Não dissimulamos as fraquezas que poderão aparecer numa tal construção, quando os conhecimentos geológicos tiverem progredido suficientemente e quando os levantamentos topográficos tiverem coberto regiões ainda desconhecidas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Se entretanto, à luz deste ensaio de síntese, não se teme lançar um olhar para além das regiões por ela diretamente interessadas, poder-se-ia esboçar mais ou menos da seguinte forma a evolução do maciço antigo do Brasil tropical atlântico.

Este antigo embasamento, que se manteve insensível aos dobramentos desde o Primário, com os outros testemunhos das grandes massas continentais gondwânicas, tem todavia seu relevo muito diferenciado, onde se

reconhecem os vestígios de uma história com numerosos episódios. Os mais antigos não são despresíveis, pois a lei do rejuvenescimento, imposta pelos dobramentos de conjunto, sempre foi o desbastamento, por erosão, das massas resistentes, orientadas pelos dobramentos anteriormente apagados; e os próprios movimentos de conjunto produziram tensões, resolvidas por deslocamentos cuja orientação acompanhava a da tectônica antiga.

A localização dos gnaisses e micaxistos, certamente anteriores ao Primário, também tem sua influência no domínio das serras litorâneas. Os feixes de dobras do Primário metamórfico se revelam ainda nas cristas apalachianas. Entretanto a tendência geral parece ter sido para uma inversão das primitivas relações de altitudes. O embasamento gondwânico se inclinava para o norte e para o oeste como a superfície fóssil pré-permiana e se estendia largamente para leste, no lugar do atual Oceano. Seu fracionamento começou já no Cretáceo, cujos depósitos marinhos estão na Bahia; mas nas regiões aqui estudadas, é para a área de abatimento do Paraná que ainda se dirigiam a drenagem e o aluvionamento. A superfície de erosão dos campos, qualquer que seja a solução que se adote para sua idade, existia quando o abaulamento se acentuou no que deveria ser a zona de serras litorâneas. O rebordo da Mantiqueira podia já ter sido esboçado no princípio do Terciário, talvez mesmo a fratura da frente oriental dos campos de Ribeirão Fundo. Foi preciso entretanto um grande período de tranquilidade para que se realizasse a vasta plataforma de erosão do rio Grande. A cuesta dos arenitos réticos, se já estava esboçada, encontrava-se nesse momento notavelmente a leste da posição atual. O momento decisivo é o Neogêneo. É então que a dobra de fundo se exalta, na zona de serras litorâneas, divide-se em dobramentos, ondulações e tem como resultado fraturas alinhadas. A frente da Mantiqueira é claramente desenhada; no seu sopé se alinham os lagos do Paraíba e do alto Tietê. A erosão faz desaparecer a superfície paleogênica cujas cristas apalachianas permanecem como testemunhos, e desenvolve uma nova superfície que se encontra em muitos lugares no interior e se estende quase até o abrupto da serra do Mar. No Quaternário, o jogo de blocos está quase terminado; o embasamento antigo desce para a fossa atlântica por três degraus, dos quais o último está recoberto pelas ondas do Oceano.

Deste momento data também o grande recuo da cuesta de arenitos réticos para oeste e as capturas evidentes sobre sua frente; o afloramento da superfície fóssil pré-permiana mudou de lugar, pois, enquanto que a erosão atacava suas partes mais altas a leste, desbastava uma nova faixa a oeste. É enfim a partir do Plioceno e principalmente do Quaternário que se desenvolve a ofensiva da drenagem direta para o Oceano. Seria surpreendente, se fosse de outro modo, que as áreas ganhas pela bacia do Paraíba não fossem mais substanciais. O grande abrupto da Mantiqueira permanece intacto, e os afluentes da margem esquerda do grande rio só ganham terreno, com os rios Pomba e Muriaé, lá onde o degrau, contínuo desde as nascentes do Atibaia até as do rio Doce, favorecido ele próprio por uma penetração profunda da subsidência atlântica. A captura dos antigos braços orientais do alto Tietê (Paraitinga e Paraibuna) pelo Paraíba é a mais espetacular vantagem alcançada; tudo contribuía para torná-la inevitável: não somente as facilidades oferecidas para a erosão atlântica pelo Plioceno, outrora mais extenso, mas também as dificuldades que encontrava o Tietê para atravessar, ao sul de Jundiá, as cristas apalachianas, persistindo em seguir um traçado antigamente fixado sobre a superfície paleogênica e que não mais corresponde às condições atuais.