

### ESTUDO GEOMORFOLÓGICO DAS BACIAS DOS RIOS SENEGAL E GÂMBIA

Três volumes, dois de texto e um de cartografia, constituem a recente tese de P. MICHEL sobre a evolução geomorfológica das bacias dos rios Senegal e Gâmbia (<sup>1</sup>). Um só investigador não poderia pretender levar a cabo uma análise minuciosa de um domínio tão vasto, superior a três quartas partes da superfície da França. Por isso o autor estudou em pormenor apenas os sectores de maior interesse, generalizando depois os resultados obtidos ao conjunto das duas bacias vertentes. Apesar disso, renunciou à apresentação regional, temendo alargar demasiado as dimensões da tese e procurando sobretudo mostrar claramente as diferentes etapas da evolução do relevo, comuns às duas bacias. Vem a propósito dizer que a tese de P. MICHEL é de uma clareza verdadeiramente notável, animando desde as primeiras páginas o leitor porventura impressionado com a, apesar de tudo grande, dimensão do trabalho. Para isso muito contribui o elevado número de figuras incluídas no texto, de sóbria e elegante apresentação e geralmente muito sugestivas. Aliás, quem não tiver vagar para uma leitura exaustiva deste estudo, poderá consultar um dos resumos, em francês ou em inglês, que antecedem a matéria propriamente dita.

(<sup>1</sup>) P. MICHEL — *Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Étude géomorphologique*. «Mémoires ORSTOM», n.º 63, Paris, 1973. Um total de 752 pp., com 37 quadros, 170 figs. e 840 títulos bibliográficos (não classificados), 91 fots. fora do texto e 15 mapas em volume independente. Destes últimos há a distinguir nove mapas a branco e preto, na maioria esboços geomorfológicos regionais, e seis folhas a cores que constituem o mapa geológico, escala 1:200 000, do vale do Senegal, em que P. MICHEL teve a seu cargo o levantamento das formações quaternárias fluviais e marinhas

Depois de uma rápida evocação das paisagens drenadas pelos dois rios em causa, o autor faz na *Introdução* (pp. 37-57) um balanço dos estudos anteriores e das investigações pessoais, analisa a documentação cartográfica e fotográfica disponíveis e enuncia os principais problemas que inspiraram o plano da tese, dividida em seis partes. Valerá talvez a pena rever, embora de maneira necessariamente breve, os diferentes passos desta obra, a fim de se fazer ideia da natureza da informação e do conteúdo metodológico que ela encerra.

Primeira parte: *Os factores da morfogénese* (pp. 61-189). Esta primeira parte constitui uma bela apresentação do quadro natural. Uma síntese da evolução geológica permite definir a natureza e a idade das rochas, o estilo das deformações e a repartição espacial dos principais conjuntos litológicos. Assim se aprende que, sobre um soco antecâmbrico, que aflora em áreas muito restritas, se depositaram durante o Infracâmbrico, o Câmbrico e o Ordovício, grandes espessuras de materiais areníticos, atravessados em certos lugares por derrames doleríticos importantes. As intercalações de doleritos e as corneanas que lhe estão associadas constituem, juntamente com os arenitos quartzíticos, os principais relevos das altas bacias dos rios Senegal e Gâmbia. Enquanto que no interior o soco antecâmbrico e a cobertura paleozóica permaneceram em regime subaéreo desde o Ordovício, o mar invadiu no Jurássico as regiões costeiras, constituindo, desde o Cretácico ao Eocénico, um vasto golfo no Sudoeste da Mauritânia e na maior parte do território senegalês. Nele se depositaram calcários, argilas e areias, materiais que atingem vários milhares de metros de espessura e constituem os depósitos correlativos das principais fases de evolução dos relevos interiores.

As bacias dos rios Senegal e Gâmbia apresentam um clima tropical caracterizado pela alternância de duas estações anuais: a estação das chuvas, de Verão, e a estação seca, de Inverno. Mas, sob este regime comum, há uma grande diversidade climática, com importantes reflexos na hidrologia, na cobertura vegetal e na própria morfogénese. As quantidades de chuva diminuem progressivamente para norte, ao mesmo tempo que aumentam, no mesmo sentido, a duração da estação seca e a irregularidade interanual. Nas altas bacias, onde a precipitação é abundante (à volta de 2000 mm anuais no Fouta Djallon central), o relevo vigoroso e as rochas relativamente impermeáveis, a rede hidrográfica é densa e hierarquizada. Pelo contrário, nas áreas a jusante, constituídas por formações areníticas permeáveis, terrenos planos e baixos e onde a precipitação é fraca (pouco mais de 300 mm no baixo Senegal), a drenagem é bastante esparsa. A norte de 14° de latitude há mesmo vários sectores endorreicos e os antigos *erg*, que se estendem de ambos os lados do baixo Senegal, são áreas praticamente sem drenagem superficial. A vegetação, na estreita dependência do clima, reparte-se em grandes faixas zonais. A maior parte das duas bacias vertentes está coberta pela savana sudanesa, com estratos arbóreos e arbustivos geralmente importantes. No Fouta Djallon a floresta guineense primitiva conserva-se apenas em certos lugares de difícil acesso; tendo sido

largamente degradada pelo homem, transformou-se numa savana de gramíneas baixas, onde aparecem pequenas árvores e arbustos esparsos. Nas regiões setentrionais da bacia do Senegal estende-se a estepe saheliana, formação herbácea aberta onde se misturam plantas espinhosas de pequeno porte. Localmente existem formações vegetais nitidamente azonais: floresta-galeria ao longo dos cursos de água, estepe de halófitas nas regiões de estuário e litorais, manto herbáceo descontínuo nas áreas cobertas de couraça.

Segunda parte: *A decomposição das rochas e seus produtos* (pp. 193-288). Nesta segunda parte estuda-se a acção do ambiente morfoclimático sobre as diferentes formações geológicas. Fazendo largo uso de trabalhos de carácter geral e de estudos relativos à África tropical, P. MICHEL analisa sucessivamente os vários aspectos da alteração, os fenómenos de endurecimento de produtos móveis e, finalmente, os solos e suas relações com o modelado. A fragmentação é, naturalmente, mais importante nas regiões setentrionais, onde a protecção vegetal é pouco eficaz. Pelo contrário, a alteração química aumenta de norte para sul, à medida que as chuvas se tornam mais abundantes e melhor distribuídas ao longo do ano. Assim, em domínio guineense, as rochas são submetidas a uma alteração profunda: sob o efeito de uma hidrólise muito activa os silicatos decompõem-se totalmente, as bases e grande parte da sílica são exportadas e individualizam-se hidróxidos de alumínio em certos níveis do perfil de alteração. É a chamada alteração ferralítica ou laterítica, designação esta que P. MICHEL mantém. No domínio sudanês o ferro adquire grande mobilidade, mas a sílica é muito menos instável, permanecendo, combinada com a alumina, na composição dos minerais de argila. No domínio saheliano a hidrólise, limitada a uma curta estação das chuvas, é pouco intensa: aqui apenas as bases são mobilizadas, juntamente com um pouco de ferro. As condições climáticas imprimem, assim, uma certa zonalidade aos fenómenos de alteração. Localmente outros factores intervêm, nomeadamente a natureza litológica, a posição topográfica, a existência de uma toalha freática e o tempo durante o qual a alteração se exerceu.

O endurecimento dos produtos móveis por precipitação dos sexquióxidos de ferro e de alumínio constitui um dos fenómenos mais generalizados nas regiões tropicais. Os trabalhos recentes dos pedólogos mostraram que esta acumulação se produz geralmente em profundidade, na zona de oscilação da toalha freática. Assim, as couraças que revestem e protegem as superfícies de aplanção e glacis, foram postas a descoberto por erosão dos horizontes móveis superiores. Estas couraças, duras e constituídas por elementos inalteráveis, desempenham um papel muito importante no relevo actual. Isto justifica a atenção que o autor dedica ao estudo delas, apoiado sempre nas mais recentes investigações dos pedólogos. Depois da análise dos mecanismos da sua formação, estuda as diferentes fácies dos níveis endurecidos, os quais dependem fundamentalmente da natureza do material cimentado e da profundidade à qual se produziu o endurecimento. Assim, nos glacis, observa-se geralmente o seguinte perfil, de cima para baixo: *couraça*, no sentido restrito,

formação muito dura, de textura compacta; *carapaça*, formação ferruginosa menos dura que a precedente e mostrando grandes espaços vazios; na base do perfil existe uma formação que apresenta apenas um ligeiro endurecimento. A diferenciação é muito menos clara nos perfis das couraças lateríticas dos planaltos, cuja evolução se fez durante um período muito mais longo.

A finalizar a segunda parte há um capítulo dedicado, como se disse, ao estudo dos solos e suas relações com o modelado. Segundo P. MICHEL, estas relações nunca foram suficientemente postas em evidência. No entanto os solos, resultando das transformações da parte superficial da litosfera sob a influência do ambiente morfoclimático, constituem um dos aspectos da própria morfogénese. Vários exemplos precisos mostram em que medida a geomorfologia e a pedologia estão intimamente ligadas. Se a dinâmica do modelado actual explica, em muitos casos, a repartição das associações dos solos, o estudo dos paleossolos constituiu uma importante via para a reconstituição das oscilações paleoclimáticas que afectaram as duas bacias vertentes.

Terceira parte: *As velhas superfícies cobertas de laterite* (pp. 291-365). Com esta terceira parte inicia-se propriamente o estudo da evolução morfológica. O relevo das altas bacias do Senegal e Gâmbia é constituído fundamentalmente por uma escadaria de superfícies de aplanção cobertas de couraças lateríticas. A análise destas couraças e, sobretudo, dos materiais sedimentados no golfo mauritano-senegalês, permitiu ao autor, adoptando a teoria bio-rexistásica de ERHART, concluir que esta escadaria corresponde a uma série de superfícies de erosão de idades diferentes e não a uma mesma superfície deslocada pela tectónica. A superfície mais antiga está representada por alguns retalhos entre 1150 e 1200 m nos maciços centrais do Fouta Djallon. Nivelou todos os relevos hercínicos e cobriu-se a seguir de um manto de laterite, provavelmente durante o Jurássico superior, uma vez que a sedimentação marinha desta idade é de natureza bioquímica, revelando uma alteração profunda nas terras emersas, sob clima tropical húmido. A sedimentação de enormes espessuras de material detrítico durante o Cretácico inferior revela o desenvolvimento da segunda superfície, largamente representada no Fouta Djallon oriental, a 850-950 m de altitude. O arrasamento do relevo deveria ser quase total no Albiano, altura em que a sedimentação no golfo se torna muito fina. A sedimentação marinha é de novo nitidamente detrítica no Cenomaniano e só adquire carácter bioquímico no princípio do Eocénico, com deposição de argilas de neoformação, calcários e dolomias. Esta sedimentação fina denuncia a constituição do revestimento laterítico da terceira superfície, bem conservada entre 550 e 600 m no sopé setentrional do Fouta Djallon e no Planalto Mandinga meridional. As três superfícies de aplanção seriam, segundo P. MICHEL, equivalentes, respectivamente, da superfície de Gondwana, da superfície pós-Gondwana e da superfície africana, definidas por L. KING na África central e austral.

No decurso do Eocénico superior o mar retirou-se do golfo mauritano-senegalês. As terras emersas ficaram durante o Terciário

sujeitas a diversas fases de erosão, difíceis de distinguir umas das outras, que afectaram profundamente as rochas brandas (granitos, xistos), deixando em saliência as rochas duras (arenitos quartzíticos, doleritos, corneanas). Durante estas fases erosivas formou-se a grande escarpa de Tamboura, que domina as áreas baixas do Falémé. As formações correlativas desta erosão constituem o chamado «Continental terminal», que recobre as séries marinhas eocénicas no golfo mauritano-senegalês.

Este esquema evolutivo, muito claro no conjunto, apresenta uma embaraçante dificuldade, como sempre que se procura aplicar a teoria de ERHART às reconstituições paleogeográficas: deformações tectónicas e agravamento do clima no sentido da aridez podem ter efeitos semelhantes. Daí que, na evolução geomorfológica antequaternária das bacias do Senegal e Gâmbia (ver quadro 18, p. 350), as fases de levantamento coincidam, estranhamente, com os períodos secos ou relativamente secos do clima.

Quarta parte: *O modelado do Quaternário antigo e médio* (pp. 377-473). O modelado do Quaternário antigo e médio caracteriza-se pelo desenvolvimento de três níveis de glaciais, que inclinam para os cursos de água segundo um declive de 0,5-5°. Estes glaciais estão cobertos de material de derrame que, junto dos leitos maiores dos rios, se liga em certos lugares a restos de terraços, escalonados também em três níveis. A análise destes materiais permitiu reconstituir as principais fases da morfogénese, originadas por importantes flutuações climáticas. Assim, durante os períodos subáridos, com chuvas raras mas concentradas, os cursos de água terão escavado o seu leito, enquanto se desenvolviam lateralmente os glaciais, por escoamento difuso, nas rochas brandas do substrato e nos mantos de alteração. Durante os períodos húmidos os materiais acumulados sobre os glaciais e ao longo dos cursos de água terão sido consolidados na parte superior por óxidos de ferro, enquanto que a alteração prosseguia em profundidade. O mesmo sistema de glaciais e terraços embutidos se conhece em toda a África tropical a norte do equador, o que postula um ritmo climático semelhante e sincrónico em áreas muito vastas. Toda a extensão das bacias vertentes do Senegal e Gâmbia deveria conhecer um clima do tipo sudanês, embora as couraças, delgadas no Norte e espessas no Sul, mostrem que a uniformidade climática era apenas relativa.

Os glaciais e terraços embutidos desaparecem progressivamente ao longo dos cursos inferiores do Senegal e Gâmbia. Aqui a evolução morfológica foi complicada por movimentos eustáticos e deformações tectónicas. Um efeito importante das deformações tectónicas foi o desvio para oeste do curso inferior do Senegal, a jusante de Bogué, que antes se dirigia para NW, em direcção a Nouakchott. O estudo dos baixos vales e das regiões litorais permitiu relacionar as mudanças do ambiente morfoclimático com os movimentos eustáticos, chegando-se por exemplo à conclusão de que as transgressões marinhas coincidiram com certas fases dos períodos húmidos.

Quinta parte: *Os episódios morfogenéticos do Quaternário recente* (pp. 477-605). A cronologia do Quaternário antigo e médio, tanto das

bacias do Senegal e Gâmbia como, de uma maneira geral, de toda a África tropical, está ainda cheia de incertezas. A partir do Quaternário recente, uma estratigrafia fina, análises palinológicas, estudos de pedologia e numerosas datagens absolutas através do  $C_{14}$ , permitem uma cronologia muito mais segura e pormenorizada. A evolução morfológica do Quaternário recente, estudada com grande minúcia, inicia-se com uma importante regressão marinha que coincide com uma fase seca do clima (Würm recente). Os baixos cursos do Senegal e Gâmbia cavaram então profundamente os seus leitos nos arenitos do Continental terminal e nas séries marinhas do Eocénico, ao mesmo tempo que, nas altas bacias, uma rede densa e hierarquizada entalhava o mais baixo nível de glaciais e terraços. Pouco a pouco se formou ao longo dos rios um manto de aluviões grosseiras, em parte alimentadas por terraços antigos, em parte resultantes de materiais arrancados à rocha sã dos leitos. Provavelmente entre 21 000 e 15 000 anos B. P. (*Ogoliano*), o clima tornou-se árido e constituíram-se campos de dunas longitudinais, de orientação geral NE-SW, que barraram progressivamente o baixo Senegal, submetendo a bacia deste rio a um regime endorreico. Tanto o Senegal como o Gâmbia, enfraquecidos pela secura, transportavam apenas material fino que acabava por se depositar nos próprios vales. Como a vegetação era esparsa, a fragmentação deveria ser muito importante, tendo-se formado provavelmente nesta altura as escombrelas das grandes vertentes do Fouta Djallon e do Planalto Mandinga.

Por volta de 14 000 anos B. P. o clima começou a perder aridez. Desenvolveu-se então nova fase de escavamento dos vales, conseguindo o Senegal atingir de novo o mar que, entretanto, se encontrava 75 m abaixo do nível actual. Entre 12 000 e 7300 anos B. P. o clima era nitidamente mais húmido que o actual, tendo-se desenvolvido uma pedogénese que imprimiu às dunas ogolianas uma cor avermelhada. Por volta de 7000 anos B. P. situa-se um episódio climático mais seco, provocando nova fase de erosão fluvial e nova colmatagem nos vales. O mar, cujo nível foi subindo progressivamente, invadiu os baixos vales do Senegal e Gâmbia, devido ao fraco declive do perfil longitudinal destes rios. Assim se formaram amplas rias que, no máximo da transgressão dita Nouakchottiana, cobriam uma distância superior a 200 km. Importante deriva litoral, arrastando grande quantidade de areia, construiu entre 4000 e 1880 anos B. P. uma sucessão de cordões que acabaram por transformar o baixo Senegal numa imensa laguna; este rio foi construindo a partir de Bogué um delta interior que colmatou progressivamente a antiga ria. No entretanto o clima foi-se tornando menos húmido e, por volta de 2000 anos B. P., era provavelmente um pouco mais seco do que actualmente: dunas parabólicas caminham para o interior e obstruíram as antigas fozes do Senegal, obrigando-o a deslocar-se para SSW. Estas dunas foram parcialmente fixadas pela vegetação numa pequena fase húmida que parece situar-se na Idade Média.

Sexta parte: *Aspectos geomorfológicos das duas bacias fluviais* (pp. 609-679). Na última parte da sua tese P. MICHEL começa por

retraçar os aspectos regionais do relevo, delimitando no âmbito das duas bacias vertentes «grandes províncias geomorfológicas» à escala africana. A seguir dedica um capítulo à dinâmica actual, procurando sintetizar as principais características dessa dinâmica dentro dos quadros morfoclimáticos definidos na primeira parte. Assim, os domínios guineense e sudanês-guineense são caracterizados por uma profunda alteração laterítica e por uma erosão mecânica muito fraca ou nula. Os cursos de água, com fraca capacidade erosiva porque transportam uma carga sólida muito reduzida, apresentam importantes rupturas de declive longitudinal, marcadas pelos afloramentos de rochas duras. Este equilíbrio dinâmico é muitas vezes comprometido pelo homem, sobretudo nos altos maciços do Fouta Djallon e nos Montes Bassari, onde as vertentes desnudadas pelos arroteamentos são profundamente abarrancadas pelo escoamento concentrado. No domínio sudanês, onde a alteração é menos intensa, a erosão mecânica ganha importância. Nos lugares de rocha branda e de vegetação pouco densa são bem visíveis as marcas de escoamento, difuso nos glaciais e concentrado nos enchimentos de vale. Os rios, que transportam já uma importante carga constituída sobretudo por cascalho e areia, apresentam um leito menor menos irregular e as soleiras são frequentemente esburacadas por marmitas de gigante. Finalmente o domínio saheliano caracteriza-se por uma alteração reduzida, pela importância da erosão dos cursos de água e pela acção do vento nas regiões litorais. Entre Bakel e a foz o Senegal continua a alargar os seus meandros por erosão lateral, atingindo a progressão das margens côncavas o valor médio de 1-1,5 m por ano! A seguir à análise da dinâmica actual o autor integra o seu estudo no conjunto da África tropical a norte do equador, sublinhando analogias nos tipos de relevo e nas principais etapas da morfogénese.

A tese termina com uma *Conclusão geral* (pp. 681-688) em que o autor sintetiza as grandes fases da evolução do relevo e mostra as principais aplicações do seu estudo.

Integrado desde 1955 na M. A. S., missão de planeamento do Senegal e, a partir de 1958, na S. G. P. M., serviço de geologia e de prospecção mineira da África Ocidental Francesa, P. MICHEL pôde, desde o início das suas investigações, trabalhar em estreita colaboração com geólogos, pedólogos, botânicos e agrónomos, ou conviver com outros especialistas de ciências afins. Esta colaboração, vantajosa para ambas as partes, veio enriquecer o conteúdo da tese, reflectindo-se também nela o cunho eminentemente prático dos objectivos prosseguidos por aqueles organismos. Foram os problemas levantados pelo planeamento hidroagrícola que conduziram ao estudo pormenorizado dos materiais e da dinâmica actual no baixo Senegal. Foi também um problema de ordem prática, a prospecção mineira, que permitiu a P. MICHEL estudar os glaciais e os planaltos lateríticos. Apesar disso, a tese é um trabalho coerente e equilibrado, um belo exemplo de geomorfologia moderna, em que o relevo aparece integrado na paisagem física de que faz parte, as fases de evolução são definidas com toda a clareza

e objectividade e se atribui uma importância fundamental à morfogénese quaternária. A tese de P. MICHEL é um exemplo a reter de investigação ao mesmo tempo fundamental e aplicada, em que as duas perspectivas, longe de entrarem em conflito, se combinam harmoniosamente.

A. DE BRUM FERREIRA