

# A Importância do Critério de Drenagem na Interpretação de Fotografias Aéreas \*

TERESINHA DE SOUTO CRASTO \* \*

## INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos a interpretação de fotografias aéreas ou fotointerpretação vem sendo aplicada nos diferentes campos científicos e técnicos tais como Geologia, Pedologia, Engenharia, etc., tornando-se desta forma uma técnica auxiliar e imprescindível na investigação e resolução dos seus problemas.

Segundo Lueder, a Fotointerpretação é ao mesmo tempo técnica, ciência e arte e, também, "o ato de examinar imagens fotográficas com o propósito de identificar objetos e descrever seu significado. \* \* \*

Para identificar e descrever as imagens das fotografias aéreas o fotointérprete possui elementos importantes que são os padrões ou critérios da Fotointerpretação, os quais têm o mesmo valor e estão interrelacionados. (Formas fisiográficas, tonalidade, erosão, cobertura vegetal, etc.)

O presente trabalho se refere exclusivamente ao critério ou padrão de drenagem.

Aqui deixo os agradecimentos ao Prof. Dr. Rodolfo Vega Condori, pela segura orientação e pelo estímulo ao prosseguimento de meus estudos quando, de pronto, acatou a minha sugestão de realizar o presente trabalho.

## O CRITÉRIO DE DRENAGEM

Ao analisar uma fotografia aérea por visão estereoscópica o primeiro que percebemos é o relevo da área, o qual está definido pela topografia e rede de drenagem.

A drenagem, podemos definir como o traçado ou sendas provocadas pela água precipitada sobre uma superfície no processo de formação ou modelamento do relevo. O conjunto destas sendas ou traçados de drenagem, que forma uma bacia hidrográfica, é o que se denomina sistemas, ou padrões de drenagem.

Merle Parvis, através de fotografias aéreas, descreveu os diferentes sistemas de drenagem de formas fisiográficas representativas dos Estados Unidos e os agrupou, segundo a forma e a textura, em: padrões básicos e padrões modificados.

Além dos sistemas ou padrões de drenagem, o fotointérprete, em sua análise, considera as características destes padrões, no que se refere ao grau de integração, densidade, grau de uniformidade, orientação, grau de controle, ângulo de junção e angulosidade, cujas características estão relacionadas com: as estruturas geológicas, condições climáticas, características físicas do solo, variação da densidade de vegetação, etc. Assim o Critério de Drenagem juntamente com os outros critérios da Fotointerpretação, possibilita a descrição das condições

---

\* Comunicação apresentada na Associação dos Geógrafos Brasileiros Seção Regional de Pernambuco, em abril de 1965. Trabalho apresentado no II Simpósio Brasileiro sobre Fotografias aéreas, Agosto de 1965.

\*\* Instrutor do Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia de Pernambuco da U.R.

\*\*\* Manual of Photographic Interpretation by American Society of Photogrammetry.

do solo e do subsolo. Os sistemas de drenagem, por conseguinte, estão em relação direta com os materiais sobre os quais eles se desenvolvem. Por exemplo: áreas com maior densidade de drenagem geralmente indica um baixo grau de infiltração desenvolvido em materiais impermeáveis (Fig. 1); no entanto, pouca ou ausência de traçado de drenagem indica alto grau de infiltração desenvolvido em materiais porosos (Figs. 3, 11 e 16).

A análise do traçado de drenagem permite formar uma idéia sobre:

— Condições climáticas

Fig. 1 — Trata-se de uma região de clima árido, com intensa precipitação, de curta duração e sobre materiais impermeáveis.

— Características físicas do solo

Figs. 11 e 26 — Solos de alta porosidade de granulometria fina (argilosos)

3 — Rochas de alta porosidade de granulometria grosseira (arenitos).

— Grau de erosão do solo

Figs. 26 e 27 — Desenvolvimento de voçorocas.

— Condições do solo para agricultura

Figs. 12, 14 e 15.

— Estruturas das rochas Figs. 2 e 6. — Observa-se a direção da xistosidade da rocha.

5 — Observa-se a direção das rochas sedimentares dobradas.

— Estruturas geológicas

Fig. 4 — Domo anticlinal

22 — Sinclinal

25 — Escarpa de falha

23 — Falhas

24 — Falhas

28 — Diáclases

— Determinação dos materiais sobre os quais a drenagem se desenvolve e a uniformidade que apresentam estes materiais (litologia)

Figs. 5, 10, 11, 12, 14 e 15.

— Localização de materiais de construção

Figs. 7, 8 e 16 — depósitos sedimentares

17, 18 e 19 — granito

28 — basalto

9, 10 e 11 — materiais solúveis

— Fenômenos geomorfológicos

Fig. 27 — Captura de um rio.

— Outra importância do sistema de drenagem é para os estudos hidrológicos de uma bacia hidrográfica, como também na seleção de sítios aconselháveis para represamento, uma vez que, através da fotografia aérea, podemos ter uma ampla visão das condições existentes numa bacia hidrográfica.

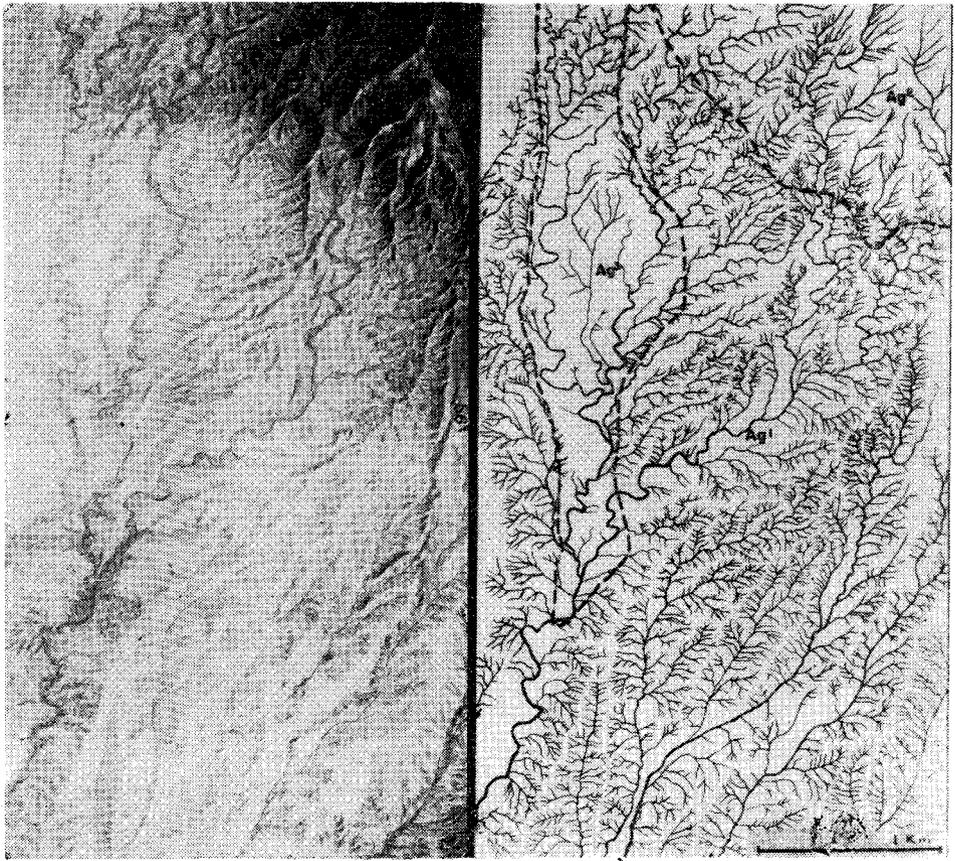


Fig. 1 — Fotografia aérea que apresenta o sistema de drenagem dendrítico. Observa-se que os cursos primários, secundários, etc., não apresentam nenhum controle do solo e subsolo, conservando uma uniformidade marcante em sua direção e alta densidade. Trata-se de materiais muito finos, de sedimentos argilosos. Em Ag<sup>1</sup>, Ag<sup>2</sup> e Ag<sup>3</sup> há uma diferença quanto a densidade, devido a diferença de granulometria dos mesmos materiais (Foto aérea — MESA COUNTY — COLORADO — EE.UU.)

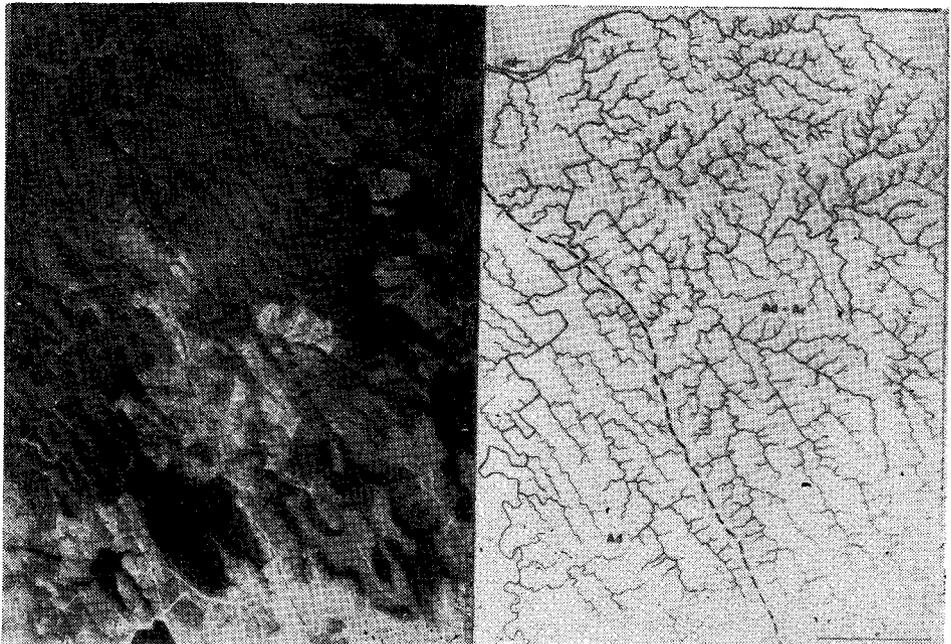


Fig. 2 — Fotografia aérea que apresenta o sistema de drenagem retangular. Observa-se que os cursos primários e secundários apresentam um forte controle convergindo em ângulo reto, sendo maior o controle no curso principal. Trata-se de rochas que têm uma estrutura xistosa. Pode-se também observar que têm uma direção dominante, a qual obedece a direção da xistosidade. Ad = ardósias e Ad — Ar = ardósias alternadas com arenitos (Foto aérea — Ribeirão São José, afluente do Rio Prêto, Estado de Minas Gerais — Brasil)

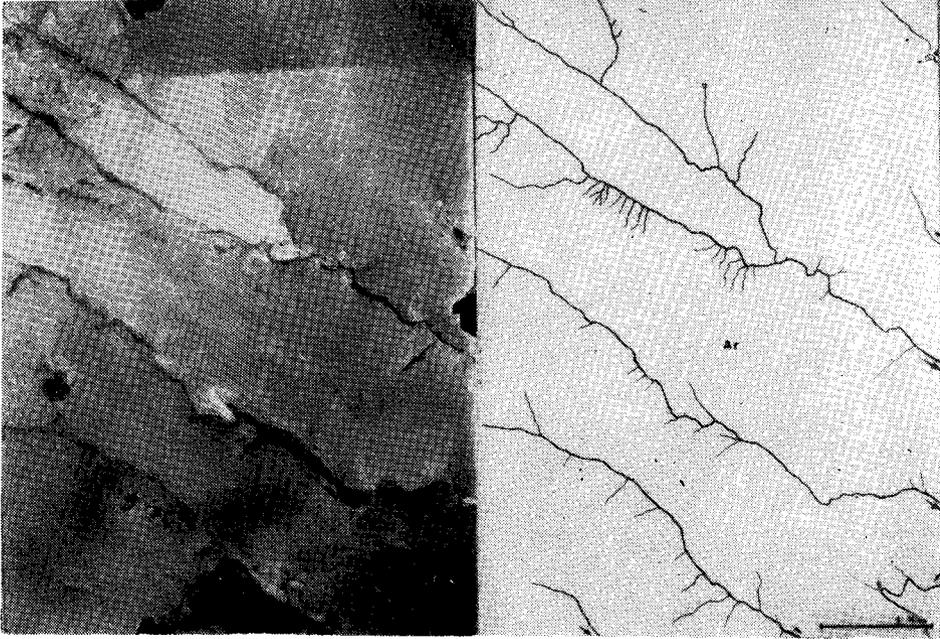


Fig. 3 — Fotografia aérea que apresenta o sistema de drenagem paralelo o qual está condicionado a um sistema de diaclasamento. Apresenta pouca densidade, o que se explica pela presença de materiais muito porosos e de granulometria grosseira (arenitos), onde a capacidade de infiltração é maior do que o escoamento superficial. (Foto aérea — proximidades do rio Jaguaraiava — Est. do Paraná — Brasil)

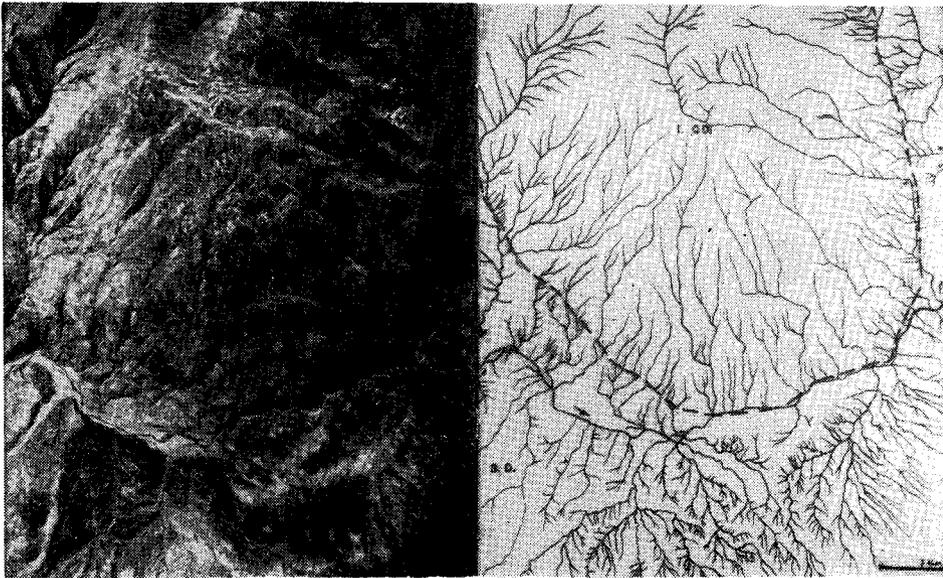


Fig. 4 — Fotografia aérea que apresenta o sistema de drenagem radial. Observa-se que os cursos primários dispersam-se a partir de uma área central, em forma radial. Trata-se de uma rocha intrusiva (domo de quartzodiorito) em rochas sedimentares. Na área de drenagem radial há uma menor densidade do que na área de rochas sedimentares e com certo controle, em consequência do falhamento. Ao mesmo tempo apresenta certo paralelismo devido a um declive regional. (Foto aérea — Departamento de Sucre — Bolívia)

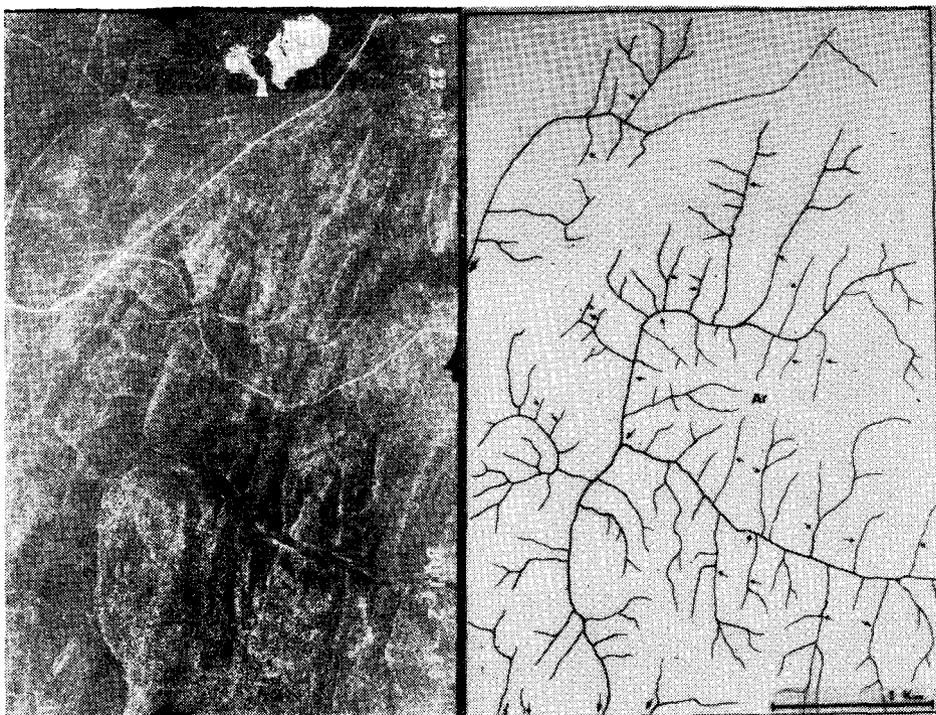


Fig. 5 — Fotografia aérea que apresenta um sistema de drenagem misto de parreira e dendritico (predominando o primeiro), onde os cursos secundários (indicados por setas) apresentam um paralelismo seguindo a direção das rochas dobradas e formando ângulo reto (característico deste sistema) no encontro com os cursos mais superiores. Trata-se de rochas sedimentares dobradas de arenitos alternados com siltitos. (Foto aérea — EE.UU.).

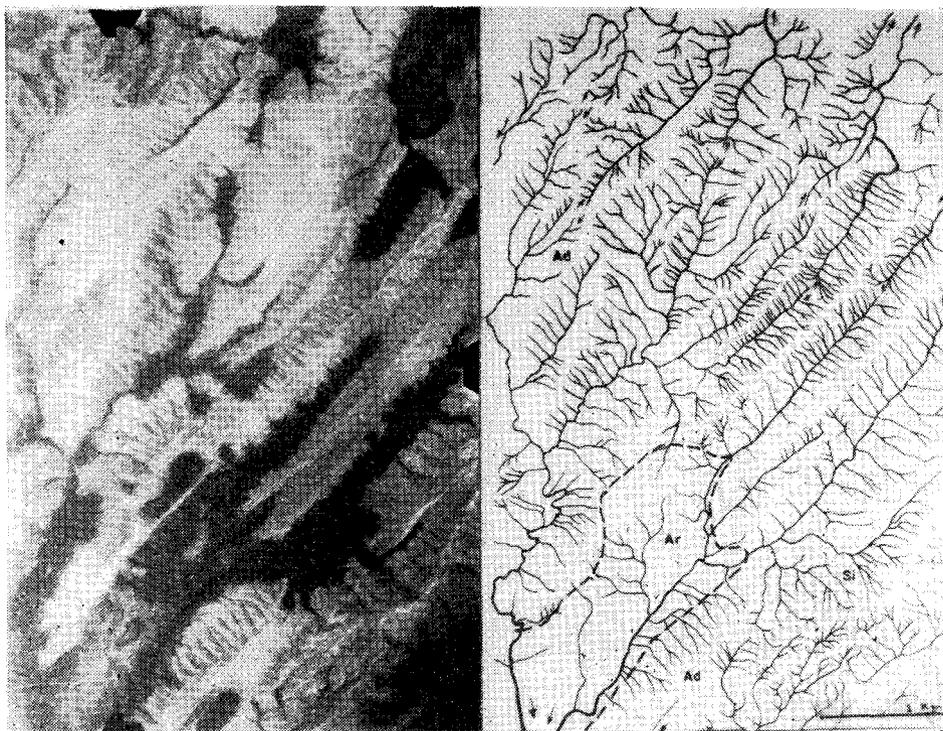


Fig. 6 — Fotografia aérea que apresenta um sistema de drenagem em parreira, onde os cursos secundários apresentam um paralelismo que obedece a direção da xistosidade da rocha. Os encontros com os cursos maiores formam ângulos retos e a densidade de cursos primários se deve aos materiais de granulometria muito fina (ardosias = Ad). Pode-se observar em Ar, pouca densidade de drenagem que se explica pela presença de materiais mais grosseiros (arenitos = Ar). (Foto aérea — nascentes do Rio Verde próximo a Chapada Vargem Grande — Est. de Goiás — Brasil)

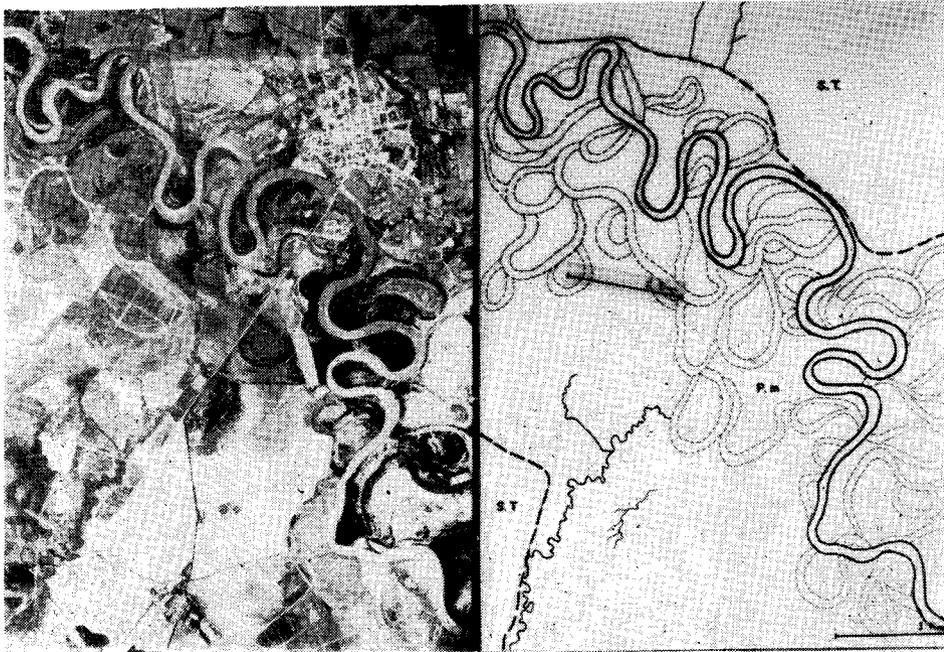


Fig. 7 — Fotografia aérea que apresenta o sistema de drenagem anastomático. Trata-se de uma planície de meandros. Observem-se os distintos meandros abandonados (linha interrompida), no processo de formação da planície. (Foto aérea — Rio Paraíba — Município Pindamonhangaba — Est. de São Paulo — Brasil)

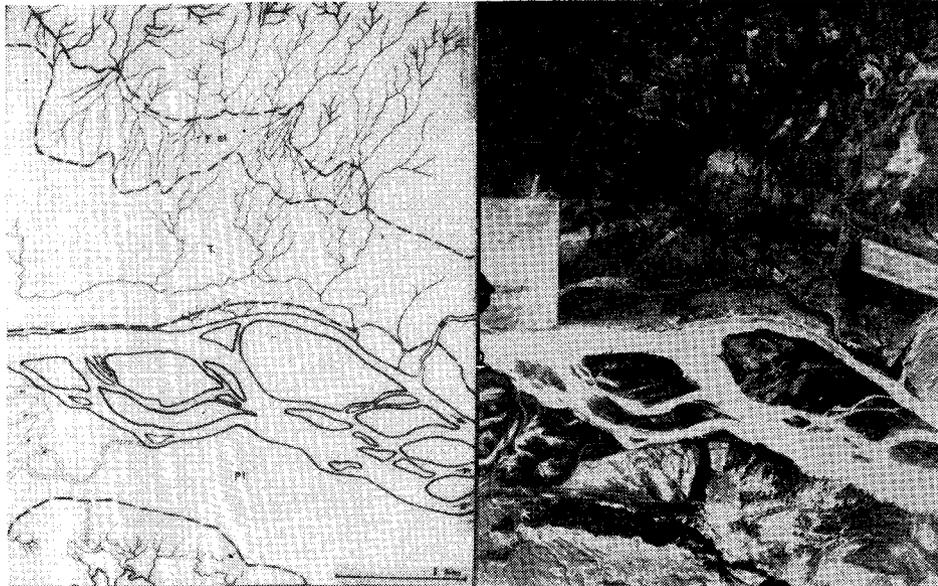


Fig. 8 — fotografia aérea que apresenta o sistema de drenagem traçado de uma planície aluvial. Os materiais depositados nesta planície são em geral grosseiros. Nesta fotografia pode-se observar também um sistema de drenagem dicotômico que corresponde aos fans aluviais. (Foto aérea El Paso Colorado — Colorado — EE.UU.)

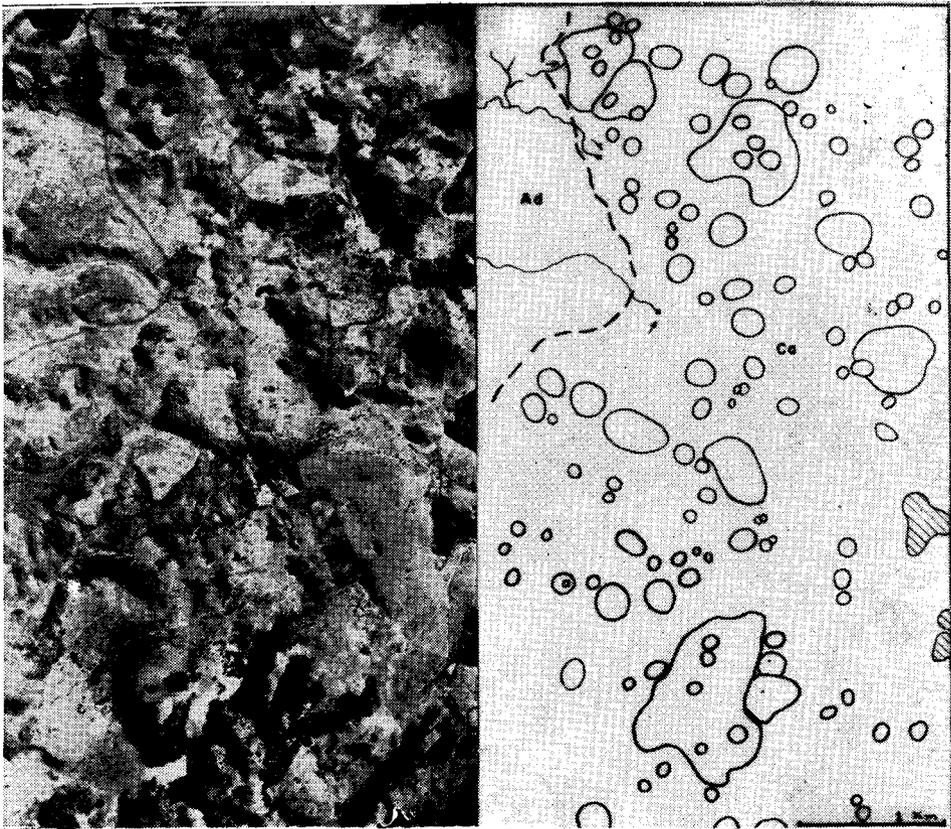


Fig. 9 — Fotografia aérea que apresenta uma área com drenagem interna (Sink-Holes). Trata-se de materiais solúveis (Calcário), que não apresentam traços de drenagem superficial. Pode-se observar, na área, um número ilimitado de dolinas, poljés, sumidouros. A presença de algum traçado de drenagem superficial pode indicar que já se trata de um outro material menos solúvel. (Foto aérea — Município de Matosinhos — Minas Gerais — Brasil)

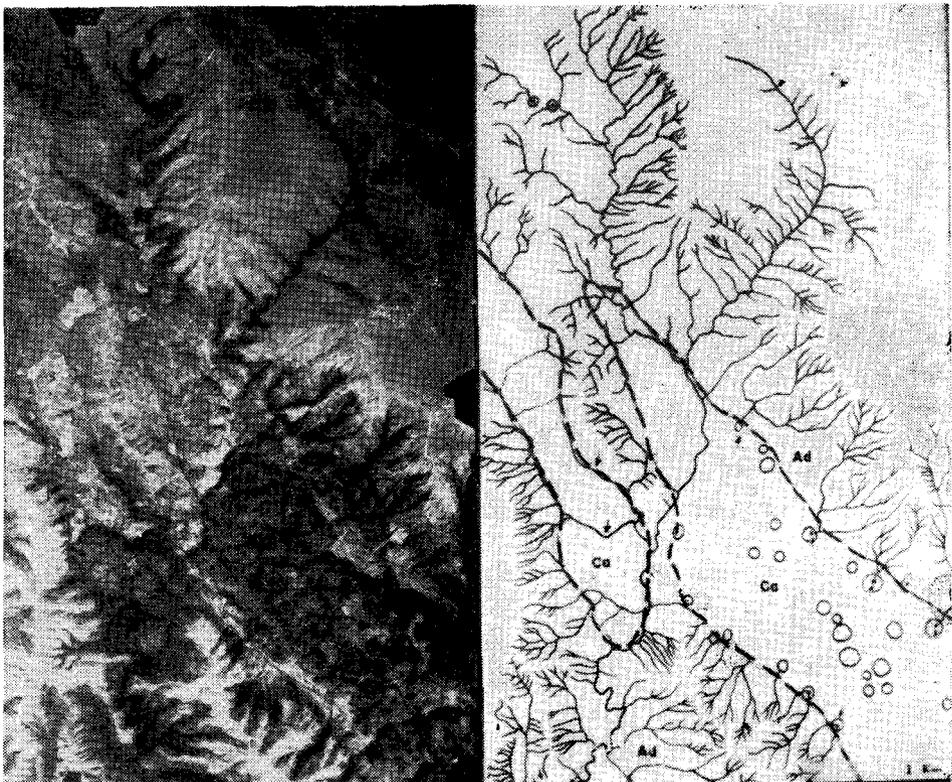


Fig. 10 — Fotografia aérea que apresenta os sistemas de drenagem: interno (Sink-Holes) que correspondem a materiais solúveis de Calcários = Ca, e o dendrítico com alta densidade que corresponde a ardósias = Ad. Observa-se que, quando os traços de drenagem das ardósias, em seu percurso, encontram materiais solúveis (Calcário), desaparecem em sumidouros, limitando, neste ponto a área de calcário e de ardósias. Outra observação é que a maior densidade da cobertura vegetal no calcário indica melhores condições de solo. (Foto aérea — Nascentes do córrego da Areia, afluente do rio Preto, Estado de Minas Gerais — Brasil)

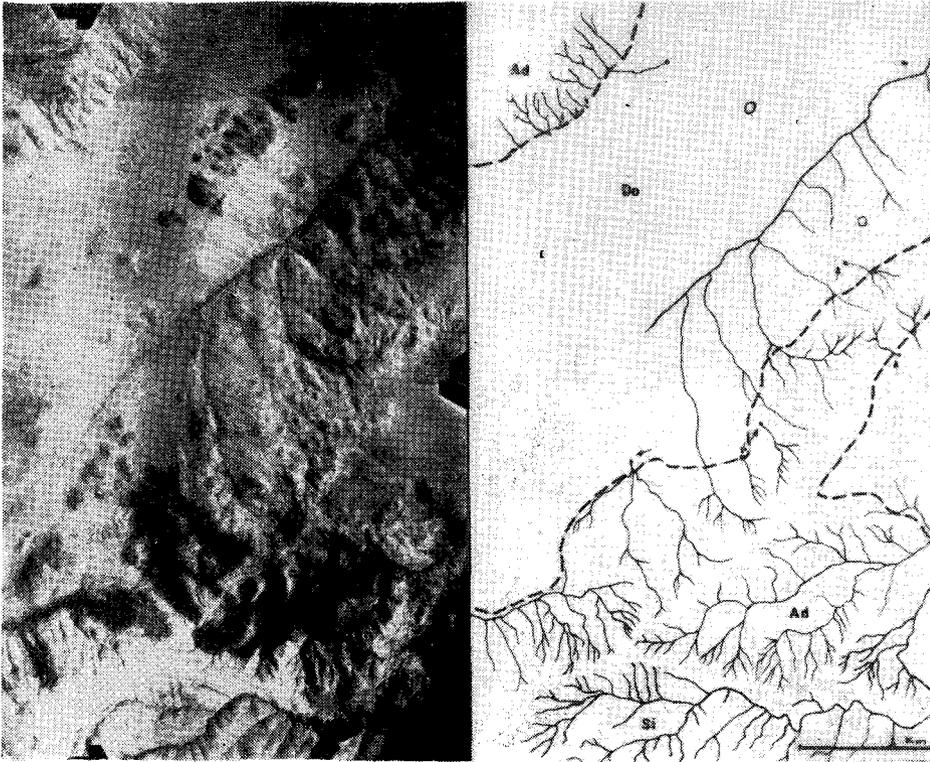


Fig. 11 — Fotografia aérea que apresenta uma área com ausência de traçado de drenagem superficial em contraste com a área imediatamente vizinha, com drenagem superficial bastante densa. A primeira corresponde a materiais porosos e solúveis, testemunhos de dolomito (Do), onde se pode observar alguns sumidouros. A segunda apresenta traçado de drenagem superficial densa correspondente a ardósia (Ad) e Siltitos (Si). (Foto aérea — Próximo às nascentes do rio dos Patos e a serra Dourada, Est. de Goiás — Brasil)

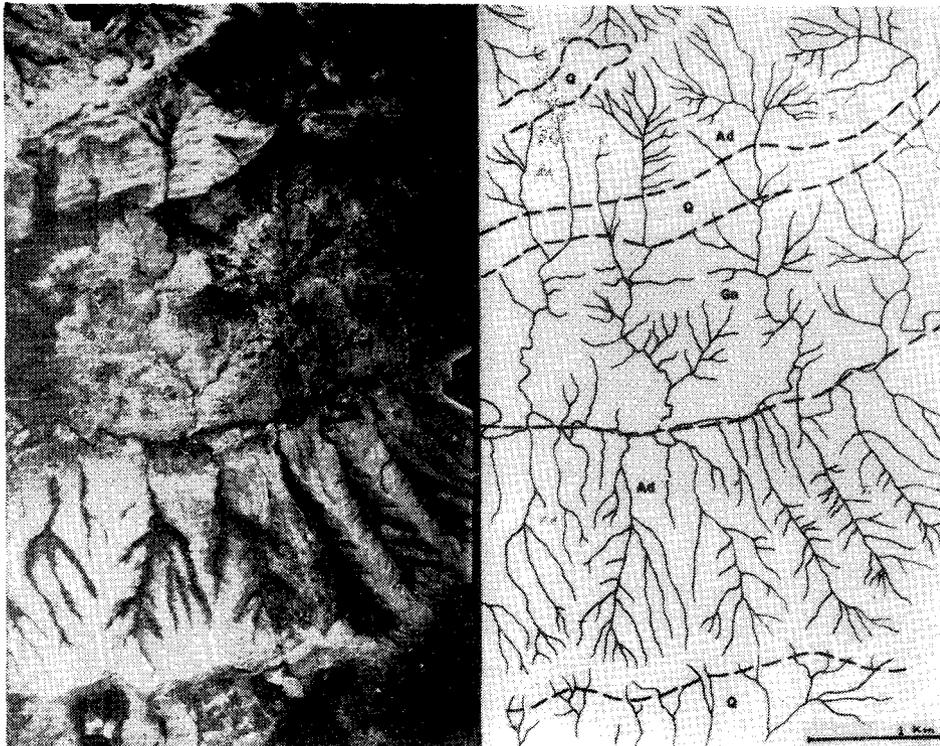


Fig. 12 — Fotografia aérea que apresenta a diferença existente no traçado de drenagem, em uma área de gnaisse e outra de ardósias, sendo, neste caso, o limite bem definido. A área de ardósias apresenta um sistema de drenagem subparalelo, guardando a mesma uniformidade e direção. A área de gnaisse apresenta uma drenagem subdendrítica de cursos muito curtos, menor densidade e com certo contróle em seu percurso. (Foto aérea — Nascente do ribeirão do Peixe na serra do Cocalzinho, Est. de Goiás — Brasil)

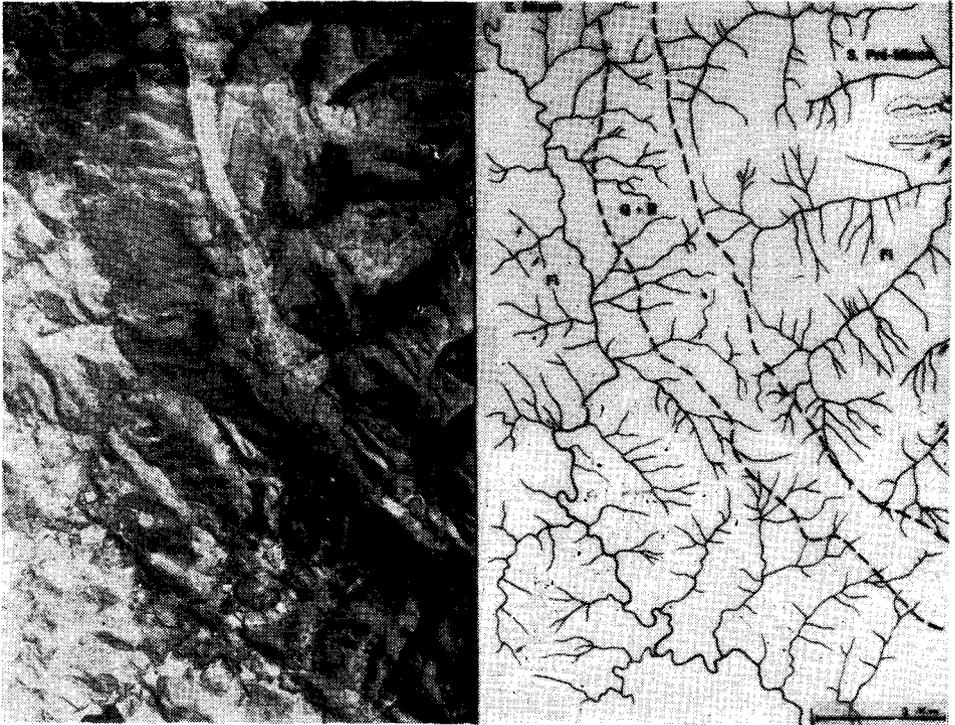


Fig. 13 — Fotografia aérea que apresenta um sistema de drenagem subdendrítica, com forte controle estrutural (falhamento), contrastando com a área vizinha, de drenagem subparalela, com pouca densidade e sem controle. Em ambas, a rocha dominante é o filito, porém de diferentes idade geológicas (Série Pré-Minas e Série Minas). (Foto aérea — Nascente do rio Mata Porcos, Quadricula Marinho da Serra do Quadrilátero Ferrífero — Minas Gerais — Brasil)

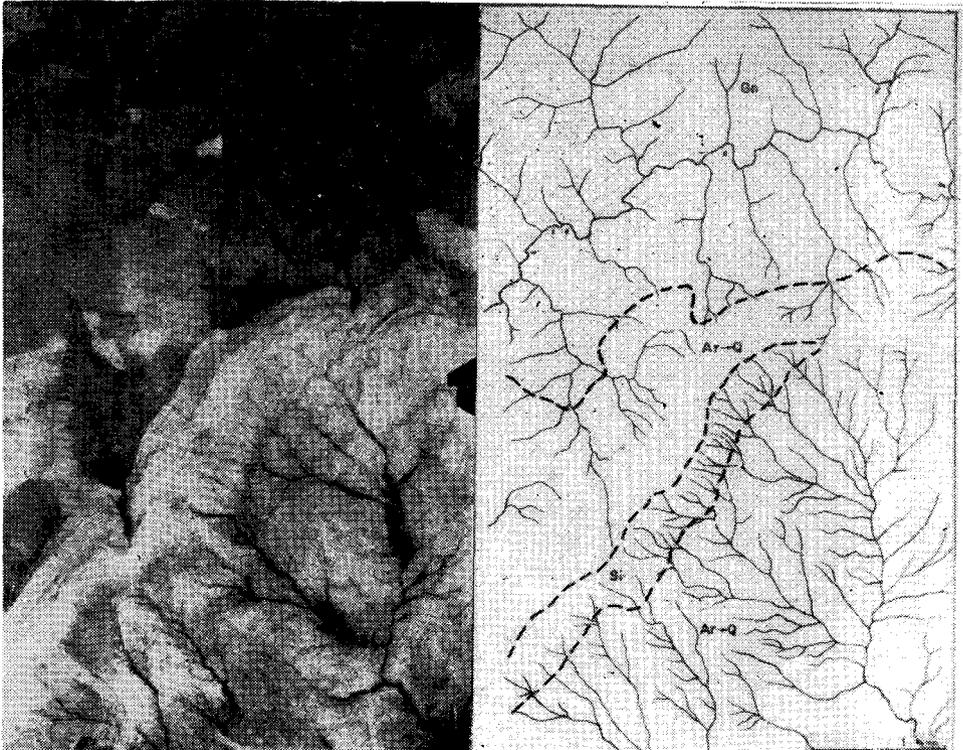


Fig. 14 — Fotografia aérea que apresenta um sistema de drenagem dendrítico o qual corresponde a áreas de arenitos e quartzitos (Ar — Q). Pode-se observar que, nas cabeceiras dos rios deste sistema há maior densidade. Isto pode acontecer, devido a presença de material mais fino (Siltito = Si). Na área vizinha, o traçado de drenagem é muito anguloso, observando-se em seu percurso mudanças bruscas de direção (indicação feita por setas), devido ao sistema de falhas existentes na região. Outra observação é que nesta área (Si) há maior densidade que an anterior (Q — Ar), o que indica melhores condições de solo. (Foto aérea — Nascentes do ribeirão do Peixe na serra do Cocalzinho, Est. de Goiás — Brasil)

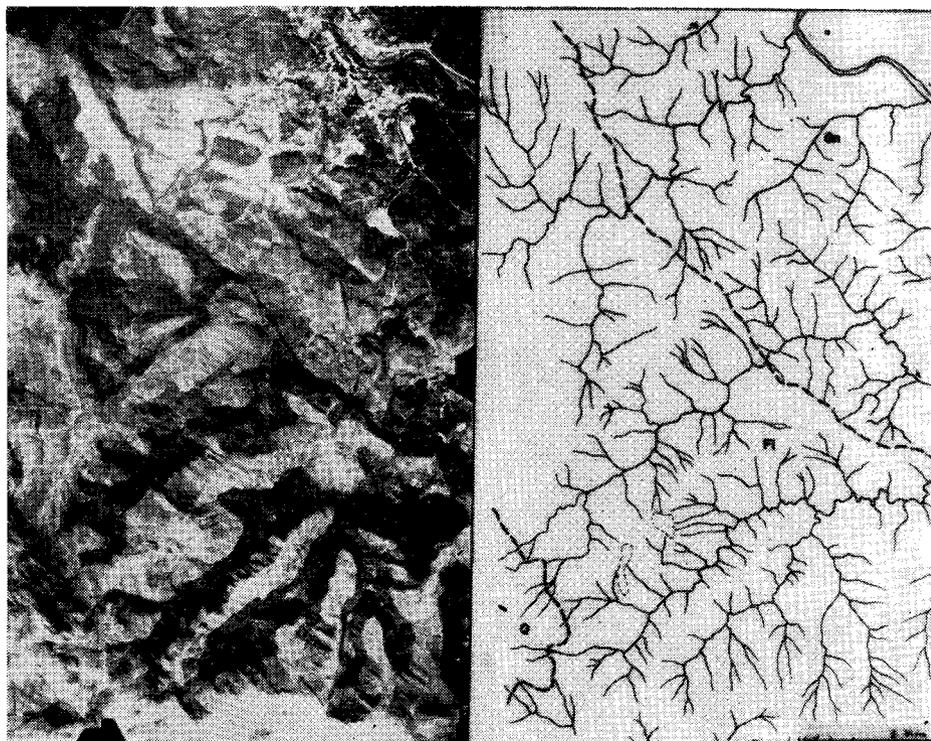


Fig. 15 — Fotografia aérea que apresenta o sistema de drenagem subdendrítico com cursos secundários, quase paralelos, de maior comprimento e com uma direção dominante, correspondente a filitos (Fi). Observa-se nesta área que a vegetação está confinada à margem dos cursos dos rios. A área vizinha apresenta uma drenagem controlada em seu percurso sem uma direção definida, correspondente a gnaisses. Outra observação é que esta área está melhor aproveitada pelo homem com cultivos. Isto se explica possivelmente por melhores condições de solo para agricultura do que a área de filitos. (Foto aérea — Município Rio Acima, Quadrilátero Ferrífero — Minas Gerais — Brasil)

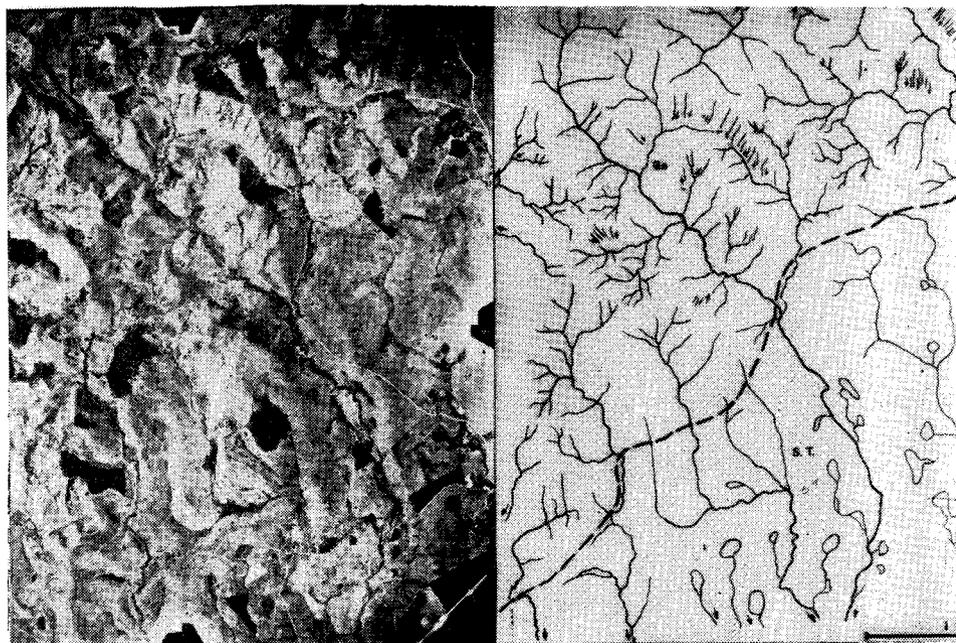


Fig. 16 — Fotografia aérea que apresenta duas áreas com distintos traçados de drenagem, uma superior, com um sistema de drenagem subdendrítico, apresentando um forte ravinamento nas encostas dos morros, e que desaparece antes de alcançar os cursos dos rios, correspondendo a uma área de rochas metamórficas, gnaisses (Gn). Outra inferior com um sistema subparalelo lagunado, onde a densidade é menor que na área vizinha, e se caracteriza pela presença de pequenas lagoas, ligadas umas às outras por cursos intermitentes. Corresponde a rochas metamórficas não consolidadas de diferentes graus de granulometria, desde depósitos de seixos rolados a depósitos argilosos. Similar sistema de drenagem, apresentam as formas fisiográficas de glaciais. (Foto aérea — Rio Paraíba no trecho da Estrada Lorena-Guaratinguetá — São Paulo — Brasil).

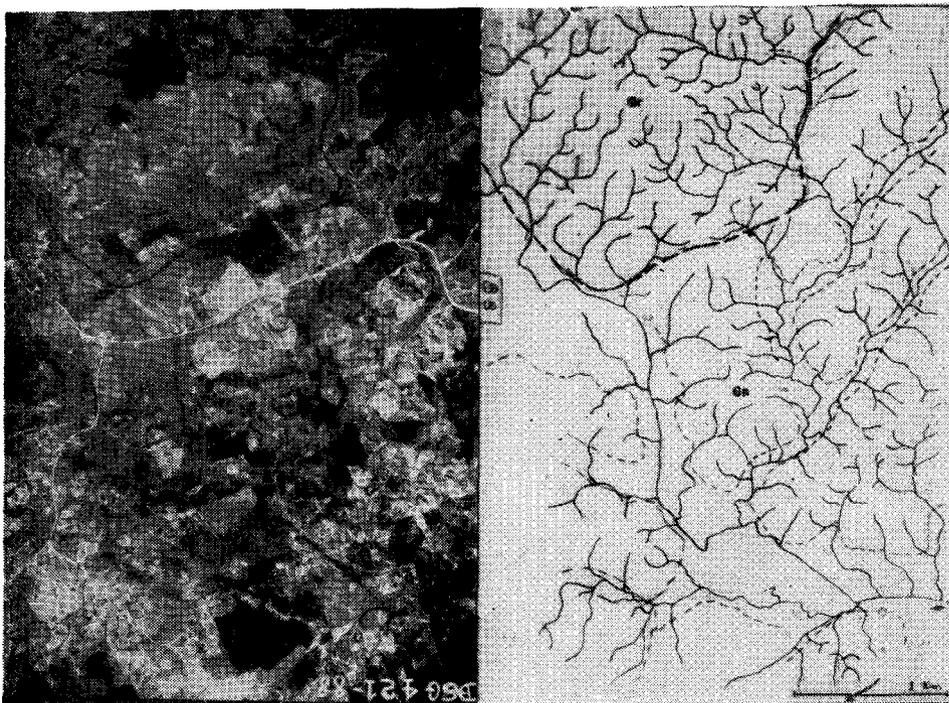


Fig. 17 — Fotografia aérea que apresenta na parte superior um sistema de drenagem radial. Localmente observa-se o denúritico, porém os rios apresentam, em seu percurso, uma característica marcante — certa curvatura em forma de um semi-arco, tanto nos cursos primários como nos secundários. Ao sistema de drenagem com esta característica, Donald J. Belcher deu o nome de "pincer-like". Trata-se, neste caso, de rochas intrusivas graníticas. A parte inferior apresenta um contraste marcante no traçado de drenagem com a área anteriormente descrita, e que corresponde a rochas metamórficas (gnaisse). (Foto aérea — nascentes do Rio Cacerebu — Estado do Rio de Janeiro — Brasil)

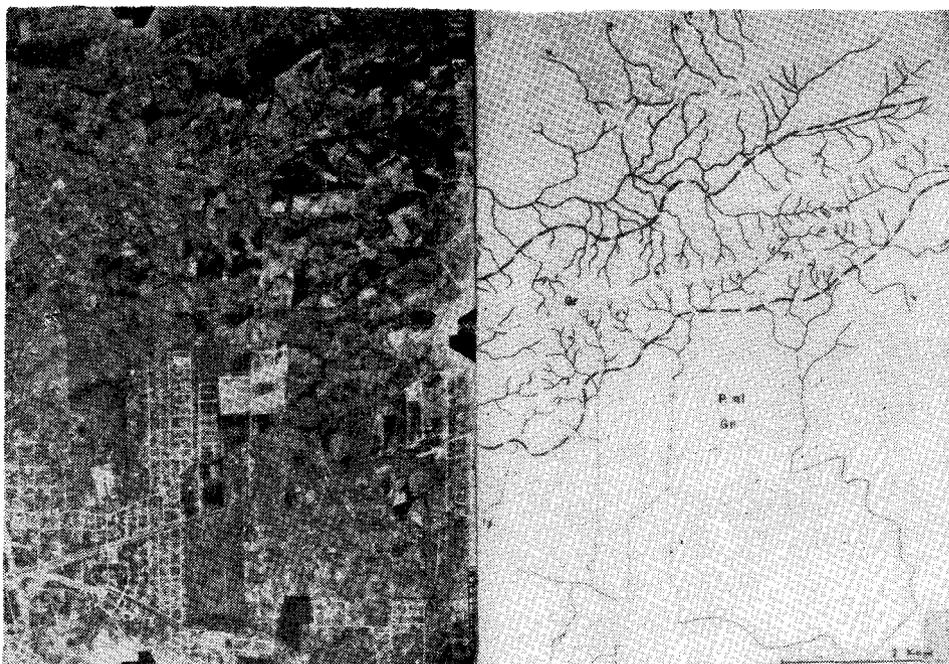


Fig. 18 — Fotografia aérea que apresenta o sistema de drenagem "pincer-like". Observam-se nesta área as curvas (indicadas por setas) que caracterizam este sistema. Trata-se de rochas intrusivas (granito). (Foto aérea — Campo Grande — Est. da Guanabara — Brasil)

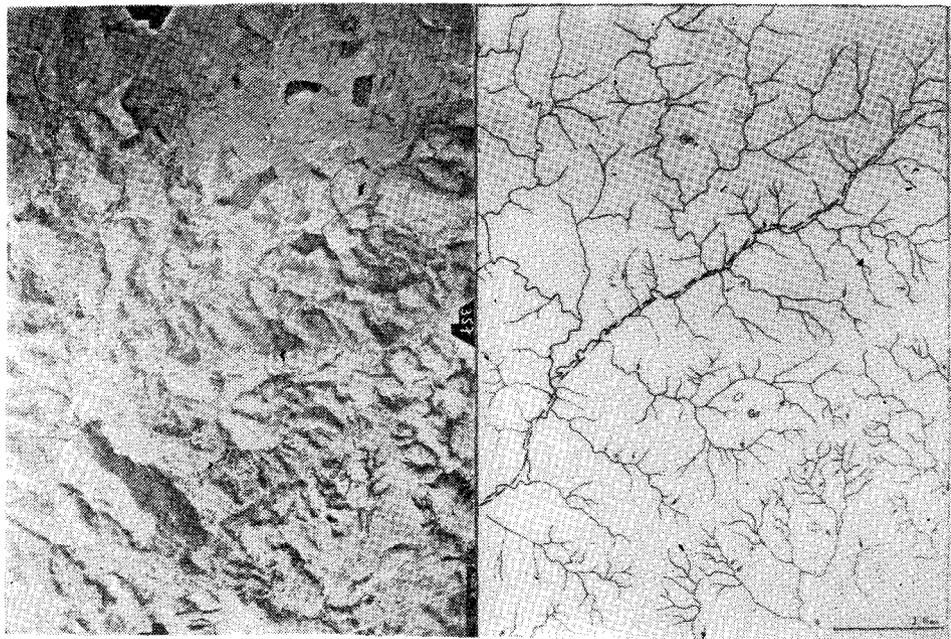


Fig. 19 — Fotografia aérea que apresenta duas áreas com traçados de drenagem bem distintos: a superior com menor densidade e certo controle em seu percurso, correspondendo a rochas metamórficas (Gnaiss — Gn); e a área inferior com um sistema de drenagem radial — localmente observa-se o sistema “pincer-like”, correspondendo a rochas intrusivas (Granito). (Foto aérea Rio Paraíba — próximo a Cidade de Aparecida — Est. de São Paulo — Brasil)

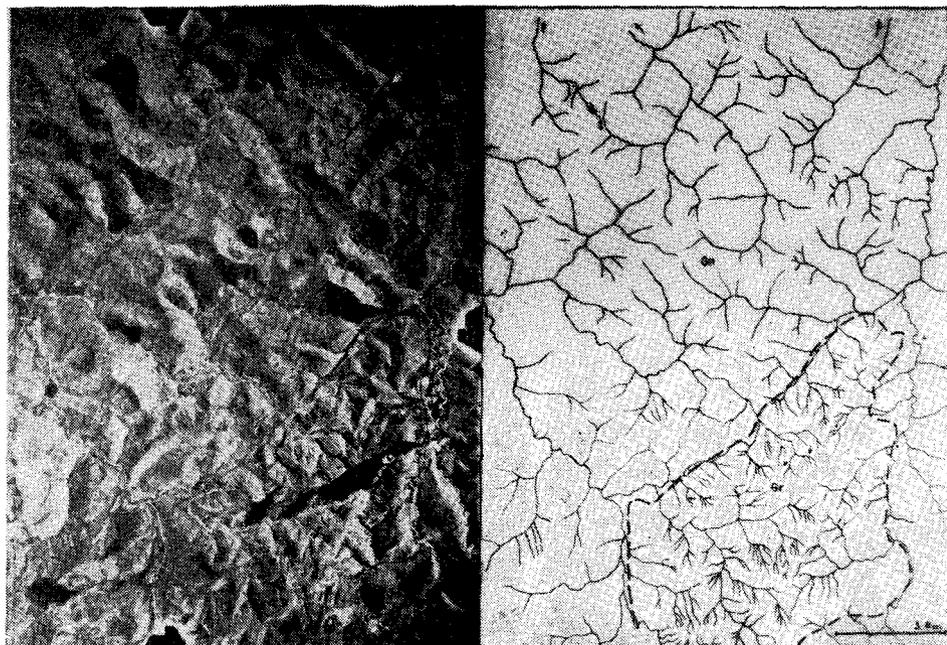


Fig. 20 — Fotografia aérea que apresenta duas áreas com diferentes traçados de drenagem: a superior apresentando um ligeiro controle no percurso dos rios, com duas direções definidas correspondentes a dois sistemas de fraturamento. Trata-se de rochas metamórficas (Gnaiss — Gn). A área inferior com maior densidade de drenagem apresentando certa curvatura no percurso dos rios (sistema “pincer-like”) correspondendo a rochas intrusivas (Granito — Gr). (Foto aérea — na bacia do Rio Taboão — Município de Lorena — Est. de São Paulo — Brasil)

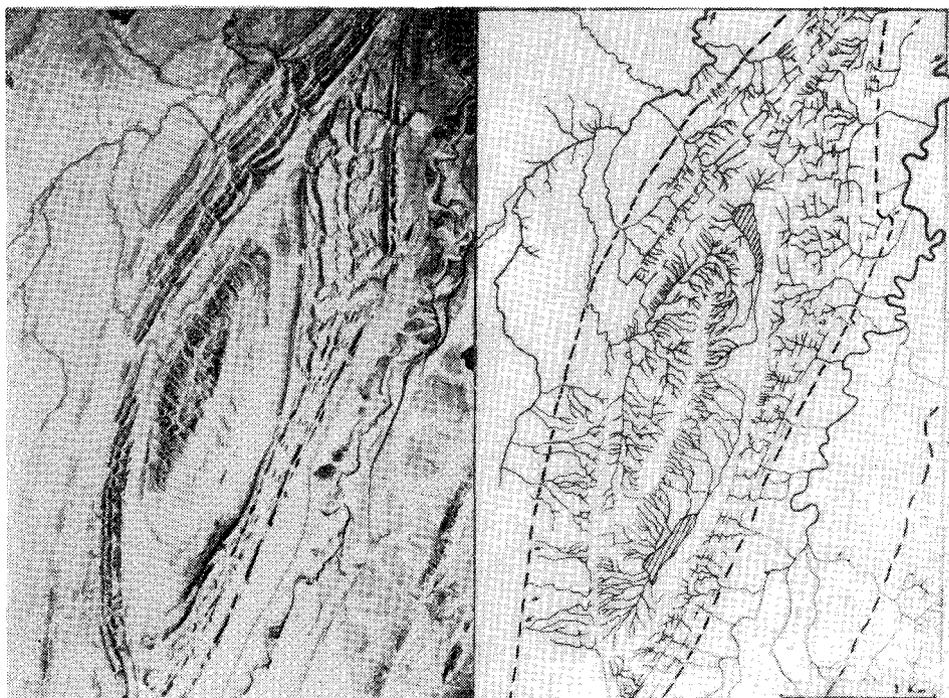


Fig. 21 — Fotografia aérea que apresenta diferentes sistemas de drenagem, determinando a estrutura de um anticlinal (Domo). O conjunto da drenagem do domo seria um sistema de drenagem anular; entretanto, na parte central do mesmo, com maior densidade, está bastante nítido o sistema dendrítico e nos bordos do anticlinal apresenta-se uma drenagem do sistema em parreira. (Foto aérea dos EE.UU.)

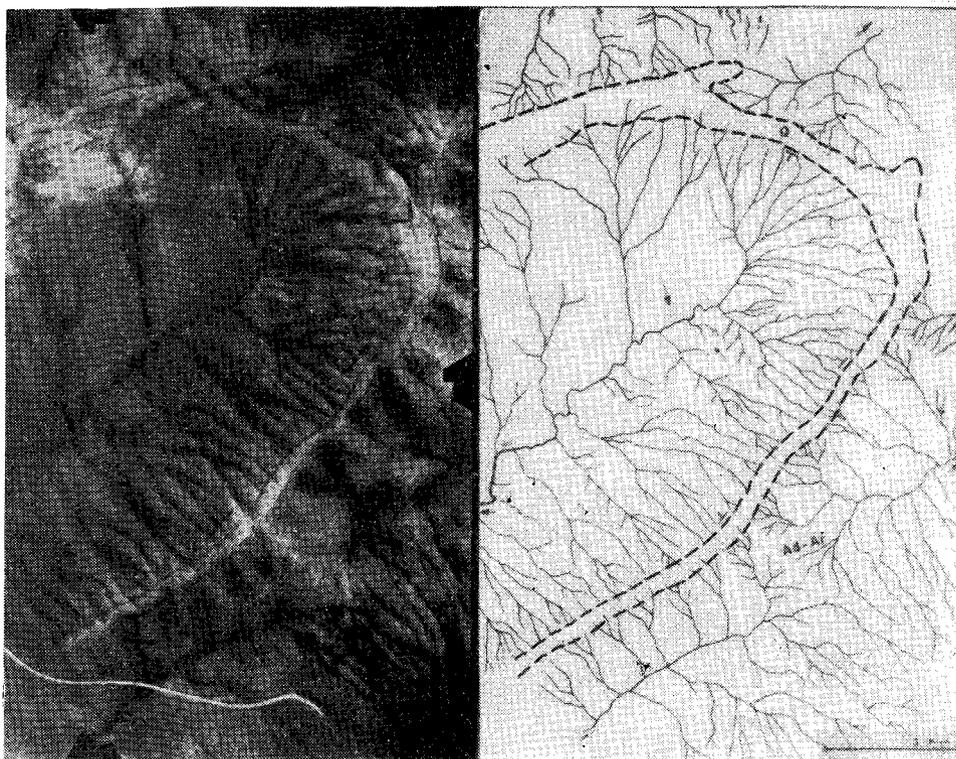


Fig. 22 — Fotografia aérea que apresenta o sistema de drenagem radial (centripedo), desenvolvido sobre a estrutura de um sinclinal assimétrico (Ardósias e Quartzitos), podendo-se observar que um lado do sinclinal apresenta maior densidade de drenagem. (Foto aérea — Nascentes na serra do Cocalzinho — Est. de Goiás — Brasil)

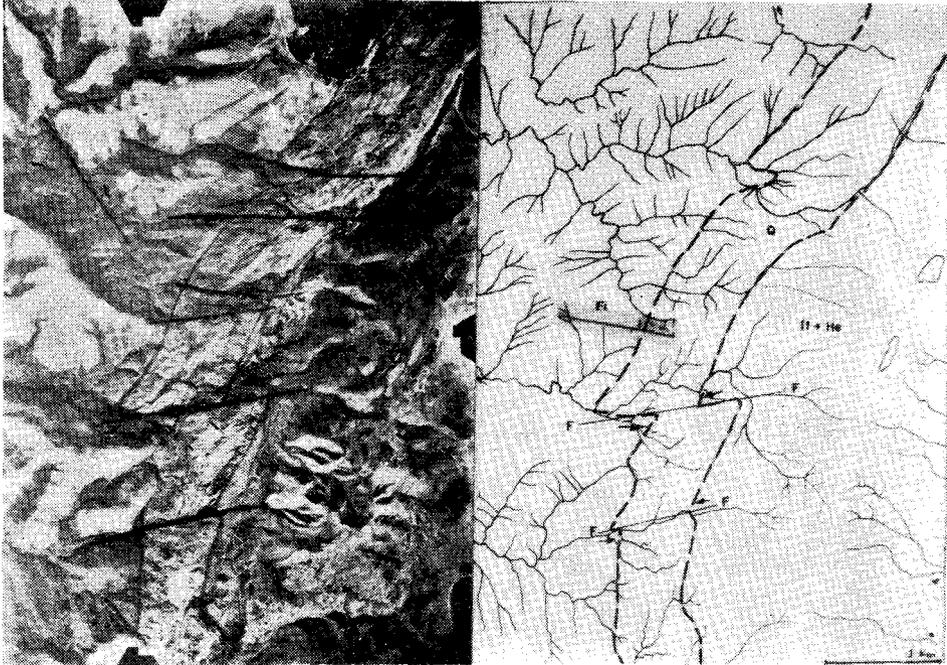


Fig. 23 — Fotografia aérea que apresenta duas áreas com sistemas de drenagem bem distintos: o lado esquerdo é de um sistema subdendrítico, com certo grau de controle em seu percurso tanto nos cursos primários como nos secundários. Este controle obedece a estrutura xistosa da rocha (Filito — Fi). O lado direito com drenagem superficial escassa e às vezes ausente, explicada neste caso, não pela presença de material poroso ou solúvel, mas por tratar-se de um material muito resistente, itabirito com um manto de hematita, onde a água não consegue determinar traços de drenagem superficial. Pode-se observar na parte central da fotografia um espinhaço de quartzito, falhado com rejeito horizontal. Nesta área as fraturas determinam o sistema de drenagem. (Foto aérea — Região da serra da Cata Branca, Quadrícula Itabirito do Quadrilátero Ferrífero — Minas Gerais — Brasil)

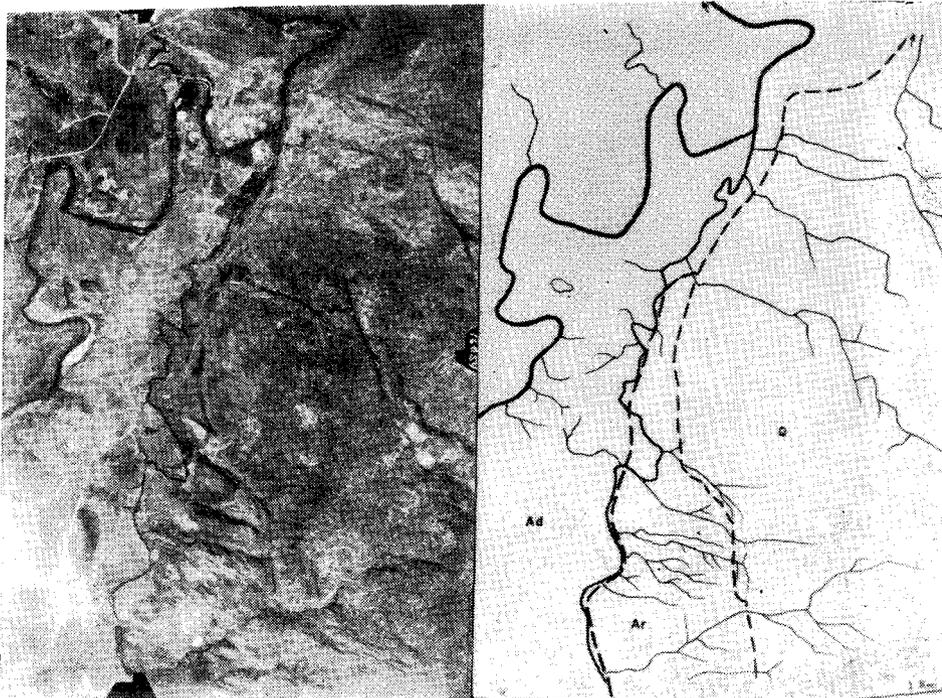


Fig. 24 — Fotografia aérea que apresenta um traçado de drenagem anguloso, isto devido ao fraturamento da rocha. Observe-se que os cursos dos rios obedecem mais ou menos a uma linha reta com mudanças bruscas de direção e pouca densidade, quartzitos (Q), arenitos (Ar), ardósias (Ad). (Foto aérea — Est. de Golias — Brasil)

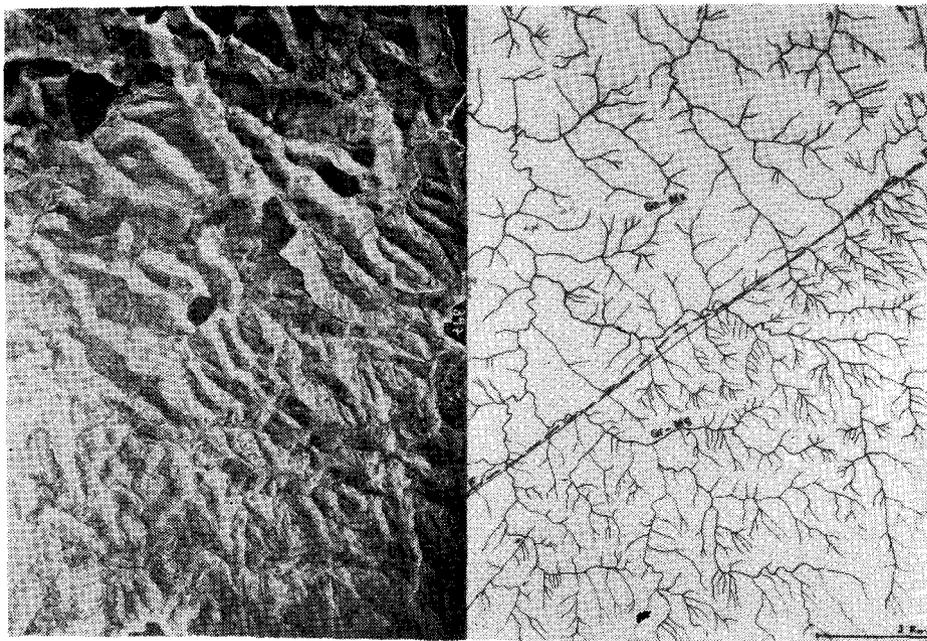


Fig. 25 — Fotografia aérea que apresenta uma área com escarpa de falha. Observa-se uma mudança brusca tanto quanto à densidade, quanto ao grau de controle. Na parte superior, gnaiesses alternados com micaxisto, na parte inferior granito alternado com migmatito. (Foto aérea — nascentes do Ribeirão Taboão — Município de Lorena — São Paulo — Brasil).

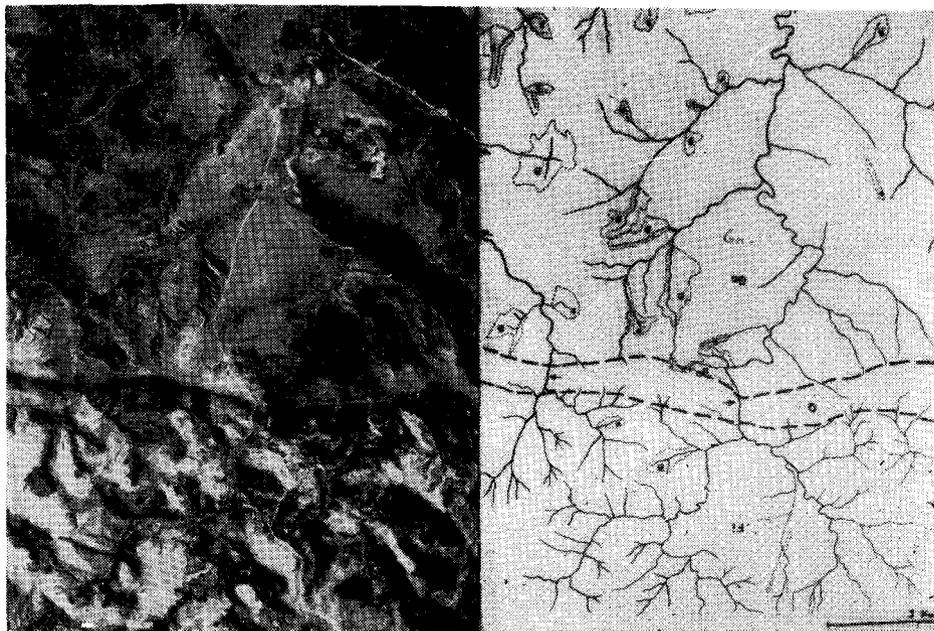


Fig. 26 — Fotografia aérea que apresenta na parte superior pouca densidade de drenagem superficial, principalmente de cursos primários. Trata-se de uma área de solos profundos e de alta porosidade, onde a infiltração é maior do que o escoamento superficial. Observa-se que esta área apresenta um alto grau erosivo, o que é explicado pelo desenvolvimento de voçorocas. Este desenvolvimento pode ser uma consequência da drenagem interna pois a maior parte das voçorocas desta área têm como ponto de partida as cercas que limitam as propriedades. A rocha dominante é o gnaiisse (Gn). A área inferior apresenta um contraste no traçado de drenagem com a anterior: observa-se maior densidade dos cursos primários e pouco desenvolvimento de voçorocas. Trata-se de solos pouco profundos de baixa porosidade. A rocha dominante é o filito (Fi). (Foto aérea — Proximidade da Escola Dom Bosco, quadricula Cachoeiro de Campos do Quadrilátero Ferrífero — Minas Gerais — Brasil)

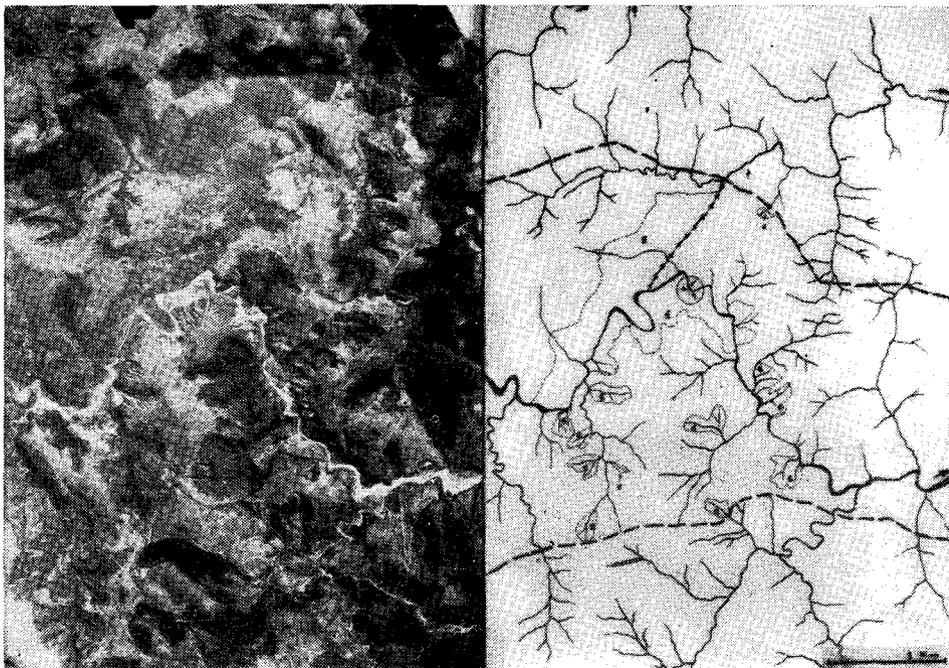


Fig. 27 — Fotografia aérea que apresenta a captura de um rio. O antigo leito capturado está indicado por setas. Observa-se que na área da captura há maior desenvolvimento de voçorocas, sobre solos muito profundos e de alto grau de infiltração, a qual pode ter sido a causa da referida captura. (Foto aérea — o ribeirão Carioca captura um afluente do ribeirão Salgueiro — Quadricula Bação do Quadrilátero Ferrífero — Minas Gerais — Brasil)

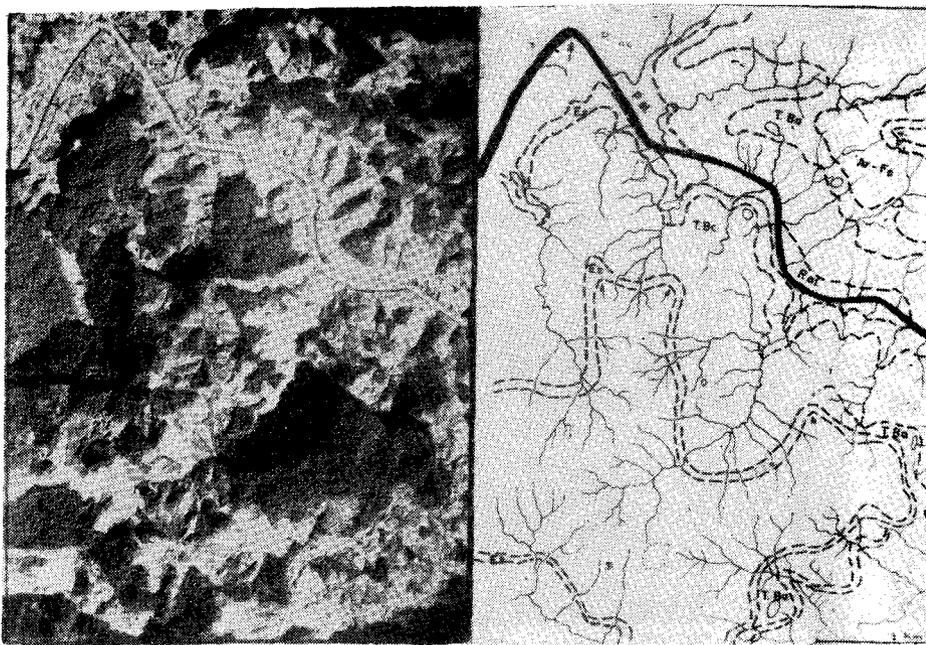


Fig. 28 — Fotografia aérea que apresenta o traçado de drenagem sobre derrames de basalto, representados por terraços escalonados e intercalados por rochas sedimentares (Arenito — Folhelho). Observa-se que nos terraços de basalto há pouca densidade de drenagem, com pequenas depressões similares, as dolinas de calcáreo. Outra observação é que o curso principal é em linha reta e apresenta mudanças bruscas de direção.

## CONCLUSÕES

Os exemplos anteriores demonstram a importância do critério de drenagem na interpretação de fotografias aéreas, porém este tem seus limites de aplicação. Não se pode atribuir que um sistema ou padrão de drenagem corresponda a um determinado material ou exista um fenômeno geológico comum. Isto quer dizer que um mesmo padrão de drenagem pode formar-se em diferentes materiais ou em diferentes condições. Por exemplo, o sistema de drenagem dendrítico pode formar-se em rochas sedimentares horizontais, em metamórficas e em intrusivas, como também em materiais de granulometria fina ou grosseira. O que vale dizer que, para a análise das fotografias aéreas, o fotointérprete tem que considerar todos os critérios de Fotointerpretação, pois estes estão interrelacionados entre si e é impossível analisá-los isoladamente.

Portanto, a análise das fotografias aéreas requer do fotointérprete, além do conhecimento desses critérios, "treinamento, experiência estereovisão, imaginação" \*, amplo conhecimento das ciências básicas da terra e do campo em que se quer aplicar a fotointerpretação.

Obs.: Algumas das fotografias aéreas que ilustram o presente trabalho pertencem a fototeca do Centro Pan-Americano de Aperfeiçoamento para Pesquisas dos Recursos Naturais, obtidas pelos Serviços Aereofotogramétricos Cruzeiro do Sul S. A.

## BIBLIOGRAFIA

- Aerial Photographic Interpretation — Donald R. Lueder.  
 Aerogeology — Vantdant.  
 Application of Air Photo Interpretation in The Location of Ground Water — R. H. Howe — R. H. Wilke and D. E. Bloodgood — March 1957 — n.º 121.  
 Development of drainage maps from aerial Photographs — Merle Parvis — December — 1946.  
 Drainage Pattern significance in air photo identification of Soil and Rocks — Merle Parvis — December 1949.  
 Factors Limiting The Use of Aerial Photographs for Analysis of Soil and Terrain — Robert E. Frost — September 1953 — n.º 88.  
 Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológicos — Richard G. Ray. Geomorphology — Lobeck.  
 Identification of Granular deposits by Aerial Photography — R. E. Frast — January 1946.  
 Manual of Photographic Interpretation — American Society of Photogrammetry.  
 Preparation of Engineering Soil and Drainage Survey Strip maps from Aerial Photographs — R. D. Miles — November — 1950, n.º 60.  
 Princípios de Geomorfologia — Willians D. Thornbury.  
 Regional Drainage Patterns of Indiana — Merle Parvis — February 1947.  
 The Development of Engineering Soil Maps. — D. J. Belcher.

\* Aerial Photographic Interpretation by Donald R. Lueder.