



---

## Geologia Aplicada

**Autor(es):** Neiva, J. M. Cotelo

**Publicado por:** Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra

**URL persistente:** <http://hdl.handle.net/10316.2/42030>

**Accessed :** 15-Sep-2019 15:02:03

---

A navegação consulta e descarregamento dos títulos inseridos nas Bibliotecas Digitais UC Digitalis, UC Pombalina e UC Impactum, pressupõem a aceitação plena e sem reservas dos Termos e Condições de Uso destas Bibliotecas Digitais, disponíveis em <https://digitalis.uc.pt/pt-pt/termos>.

Conforme exposto nos referidos Termos e Condições de Uso, o descarregamento de títulos de acesso restrito requer uma licença válida de autorização devendo o utilizador aceder ao(s) documento(s) a partir de um endereço de IP da instituição detentora da supramencionada licença.

Ao utilizador é apenas permitido o descarregamento para uso pessoal, pelo que o emprego do(s) título(s) descarregado(s) para outro fim, designadamente comercial, carece de autorização do respetivo autor ou editor da obra.

Na medida em que todas as obras da UC Digitalis se encontram protegidas pelo Código do Direito de Autor e Direitos Conexos e demais legislação aplicável, toda a cópia, parcial ou total, deste documento, nos casos em que é legalmente admitida, deverá conter ou fazer-se acompanhar por este aviso.



PUBLICAÇÕES DO MUSEU E LABORATÓRIO MINERALÓGICO E GEOLÓGICO  
DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA E DO CENTRO DE ESTUDOS GEOLÓGICOS

N.º 44

# Memórias e Notícias



1957

# Geologia Aplicada

por

J. M. Cotelo Neiva

Professor da Universidade de Coimbra

A Geologia estuda a constituição do globo terrestre, especialmente a zona sólida mais externa, a litosfera, e as modificações por que esta tem passado.

Na Geologia a observação predomina sobre a experiência, e os processos geológicos são normalmente tão complexos que não permitem um tratamento matemático. Nela domina o processo indutivo sobre o dedutivo. A Geologia consiste num corpo de factos de observação que conduzem a determinadas leis.

Os raciocínios baseiam se em ensinamentos fornecidos por outras Ciências, como a Física, a Química e a Biologia, que permitem interpretar as condições de deposição e consolidação dos sedimentos e as reacções que podem dar lugar à formação das rochas e suas modificações e à fossilização; a Petrologia, que fornece o estudo da estrutura, textura, composição, propriedades e génese das rochas; a Mineralogia, que confere o conhecimento da estrutura fina, das propriedades físicas e químicas e da génese dos minerais; e a Paleontologia, que dá a conhecer os seres antigos, alguns há muito extintos, contemporâneos dos sedimentos em que se encontram os seus fósseis.

Pode marcar-se a data de 1556, da publicação da obra *De Re Metalica* de Agrícola, como o início da Geologia moderna, moderna pela sua racionalidade e recurso à experiência.

Com Nicolau Steno, no século xvii, surge a Geologia como ramo independente de Ciência.

Mas é no último quartel do século xviii que Hutton, pelo princípio das causas actuais, interpreta a evolução dos fenómenos geológicos. E a teoria do uniformitarismo. A Geologia procura

interpretar os factos passados pelas causas que actualmente provocam e condicionam os fenómenos observáveis na crosta.

No século XIX a Geologia toma extraordinário progresso com a publicação da *Origem das espécies* de Darwin. O conceito da evolução ordenada e gradual das espécies, a que a Paleontologia traz confirmação, aparece-nos também como lei no meio inorgânico. As montanhas, os rios, os lagos, a paisagem, os próprios átomos, nascem, crescem, declinam e morrem segundo leis naturais que o geólogo procura estudar e interpretar.

E a partir de então, e com os progressos da Física, da Química e da Biologia, que a Geologia ganha verdadeiro corpo e progride rapidamente.

E é tal o seu progresso, que hoje alguns dos seus capítulos fundamentais têm tendência a individualização como Ciências: a Estratigrafia, que estuda a deposição dos sedimentos, as suas relações de posição e a sua seriação numa ordem cronológica; a Geomorfologia, que trata das formas do relevo, das suas causas e das acções que tendem a nivelá-lo; a Tectónica, que estuda as deslocções ou movimentos de porções da crosta terrestre para procurar explicar a génese das grandes cadeias de montanhas; a Vulcanologia, que analisa a distribuição e origem dos vulcões activos e extintos e procura, com outras Ciências, especialmente a Geofísica, induzir da constituição interna do Globo; a Paleogeografia, que procura definir as condições do meio em que os seres viveram no decurso da história da Terra e reconstituir, no espaço e no tempo, os limites das terras e dos mares, isto é, a paisagem; e a Geohistória, que é a reconstituição, numa síntese cronológica, das modificações sofridas pela crosta terrestre.

A Geologia, como Ciência pura, está perfeitamente estruturada.

Mas a investigação geológica também se faz com finalidade utilitária, seja para pesquisa e reconhecimento de materiais e estruturas de porções da crosta, seja para pesquisa, reconhecimento, avaliação e exploração de substâncias de interesse económico. E o campo da Geologia Aplicada, um dos mais importantes capítulos da Geologia:

- 1 — Geologia aplicada à descoberta, pesquisa, reconhecimento^ avaliação e exploração dos jazigos de
  - a) minérios,
  - b) substâncias úteis não metálicas,

- c)* carvões,
  - d)* petróleos;
- 2 — Geologia aplicada à construção civil, seja a
- a)* materiais de construção,
  - b)* fundações de grandes edifícios,
  - c)* barragens,
  - d)* túneis,
  - e)* portos, canais e reservatórios,
  - f)* pontes,
  - g)* estradas, ferrovias e campos de aviação,
  - h)* abastecimentos de água,
  - i)* mecânica dos solos;
- 3 — Geologia aplicada à defesa civil e às operações militares;:
- 4 — Geologia aplicada à agricultura, por exemplo à
- a)* pedologia,
  - b)* conservação e irrigação do solo;
- 5 — Geologia aplicada à bioquímica.

Portanto, a Geologia Aplicada procura resolver problemas-utilitários ligados à natureza do subsolo.

Mas se na Biologia, na Física ou na Química é possível separar os aspectos puros dos utilitários, na Geologia os aspectos aplicados estão inseparavelmente identificados com a própria Geologia.

As técnicas da Geologia Aplicada são todas as técnicas das Ciências Geológicas.

### **Geologia aplicada à descoberta, pesquisa, reconhecimento, avaliação e exploração dos jazigos minerais**

Pode definir-se o nível de vida de uma nação ou de uma região pela relação existente entre o conjunto total da riqueza útil e o número total de pessoas que têm direito a qualquer quinhão de essa riqueza.

Tal riqueza depende das matérias primas e de um factor de energia.

A energia será tudo o que é capaz de produzir trabalho. Numa atitude simplista, e sem grande erro, podemos considerar como principais fontes de energia, para industrialização, o carvão, o petróleo, a água e, presentemente, a desintegração nuclear.

O factor de energia será um número que exprima a relação entre o rendimento nacional total e o valor da produção primária.

Genericamente, quanto mais elevado o factor de energia de um país, maior o seu desenvolvimento industrial e melhor o seu nível de vida.

As matérias primas, de que depende também a riqueza de uma região, são os produtos básicos da agricultura, da pesca, da silvicultura e da mineração.

Devemos, por isso, procurar estar em condições de dar balanço aos nossos recursos minerais. Uma vez estes bem conhecidos e fomentado convenientemente o seu aproveitamento, devemos manter actualizada uma lista de sistematização de esses recursos. Essa lista tem tanto interesse na paz como na guerra.

Os minerais estratégicos têm, para cada país, importância diferente, função da sua industrialização, da importação ou exportação e de esse país pertencer ou não a uma comunidade ou a um pacto-

Minérios que nuns países não são estratégicos, podem-no ser em outros. Isso acontece nalguns países subdesenvolvidos, em que grande parte da sua economia se baseia na exportação de minérios.

Estes encontram-se nos jazigos minerais cuja exploração é permitida sob a forma de concessões mineiras, a que o Governo reconhece valor económico.

Os jazigos minerais são concentrações estatisticamente anormais de minerais que geralmente ocorrem em pequena quantidade e dispersos na litosfera. Esta é um sistema multifásico e cada fase um mineral cristalino.

Estes minerais encontram-se associados na natureza constituindo as rochas. Essas associações mineralógicas obedecem a princípios selectivos, pois não se encontram todas as combinações possíveis de minerais. Há mesmo combinações que dominam na crosta, por exemplo as que constituem o granito, o granodiorito, o andesito e o basalto.

Tal como as rochas, também os jazigos minerais não apresentam carácter fortuito; os minérios obedecem aos mesmos princípios selectivos que os minerais das rochas.

Por isso é que a Metalogenia— ciência da génese dos metais e dos minerais — é, no fundo, um ramo da Petrologia. As teorias metalogenéticas são todas deduzidas das teorias petrogenéticas gerais.

Tal como para as rochas, há três grandes grupos de jazigos minerais: os sedimentares, os de diferenciação magmática e os metamórficos.

Os jazigos sedimentares formam-se por processos idênticos aos das rochas sedimentares e apresentam as mesmas características. Podem ser produtos de concentração mecânica, como os «placers» ou aluviões auríferas de alguns dos rios do Norte de Portugal e as de cassiterite e ilmenite das ribeiras da Gaia e de Belmonte, ou de precipitação química, como os jazigos de sal-gema entre Leiria e Caídas da Rainha e o jazigo de siderite de Guadramil, ou biogénicos, como os jazigos de carvão de S. Pedro da Cova e Pejão.

Os jazigos de diferenciação magmática têm a sua génese condicionada pela composição, concentração, temperatura e pressão do magma, da solução magmática ou das soluções pneumatolíticas e hidrotermais de que derivaram, da tectónica local, facilitadora da circulação das soluções, e da constituição físico química das rochas encaixantes e vizinhas.

Desses jazigos uns são ortomagmáticos, como os de cromite de entre Vinhais e Bragança, outros pegmatíticos, como muitos dos jazigos de cassiterite, de tantalite-columbite e de berilo, das Beiras e Norte do País, outros hidrotermais, como a maior parte dos jazigos de volframite, os de scheelite e os de sulfuretos que ocorrem em Portugal.

Verifica-se íntima relação entre tipos de metalização e tipos de rochas ígneas. A platina e a cromite ocorrem em rochas peridotíticas. A cassiterite, a volframite, a scheelite, o berilo, a tantalite-columbite estão correlacionadas com o granito, o mesmo se verificando também, no nosso País, para os minérios de urânio..

Os jazigos formados por processos metamórficos apresentam as características inerentes às rochas metamórficas, o que sucede com os jazigos parametamórficos de magnetite de Vila Cova do Marão e de hematite de Moncorvo.

Mas cada jazigo mineral apresenta-se também como um problema genético em separado. Cada jazigo tem uma intimidade de reacções que lhe são próprias e de características inconfundíveis. A variabilidade do meio petrográfico e tectónico, a concentração &

a temperatura do magma ou das soluções pneumatolíticas e hidrotermais ou superficiais, o ambiente e também o tempo são os factores principais, dominantes e concludentes no estudo genético de cada jazigo. Reconhece-se mesmo que a variabilidade de mineralização de jazigo para jazigo resulta das diferentes qualidades dos factores geoquímicos, da maior ou menor facilidade de circulação das soluções, dependente da tectónica local, e das condições físico-químicas das rochas encaixantes. Há contínuas reacções entre o magma, as soluções hidrotermais, os mineralizadores e o meio em que circulam.

E nas áreas orogénicas que se encontra o maior número de jazigos filoneanos.

Foram os esforços orogénicos, tangenciais à crosta, que tornaram esta suficientemente competente para ali se formarem redes de fracturas e de falhas onde ocorrem predominantemente as concentrações metalíferas.

Contactos de rochas diferentes e planos de xistosidade, de jazida e mesmo de estratificação, são locais, tal como aqueles, apropriados para localização de jazigos minerais que se filiem em soluções mineralizantes.

Discordâncias, variações de porosidade, de permeabilidade, de competência, de textura e de composição química da rocha encaixante são também factores que condicionam o desenvolvimento e a localização dos jazigos minerais.

São os estudos de geologia regional que permitem definir tais factores.

Também a alteração das rochas encaixantes dos jazigos, produzida pelos fluidos que originaram estes, é de grande importância para os estudos genéticos e de prospecção.

Há que fazer a prospecção sistemática de todos os minérios na Metrópole e nas províncias ultramarinas da Guiné, Angola, Moçambique, Índia e Timor, realizar o estudo geológico, estrutural, geoquímico e petrográfico dos jazigos minerais já conhecidos e dos encontrados por essa prospecção, e efectuar o cálculo das suas reservas.

Alguma coisa se tem feito e se está a realizar, mas muito pouco ainda.

Trabalho de tal envergadura só pode ser efectuado pelo Estado, com ou sem a colaboração das empresas mineiras, e com



uma planificação, regional e periódica, de tal forma cuidada que a efectivação daquele trabalho seja o mais rápida possível, mas devidamente fiscalizada de forma a obterem-se resultados incontrovertidos.

Subsequentemente há que criar uma política de estímulo à industrialização mineira no território nacional. Contudo, não se deve esquecer que a exploração de certos minérios de fracas reservas tem de estar condicionada, pois um jazigo mineral exaurido é de reconstituição impossível.

Há também que fomentar instalações metalúrgicas como anexos mineiros. No caso da sua impossibilidade económica ou técnica em relação ao jazigo, a montagem dessas instalações metalúrgicas poder-se-á efectuar numa base cooperativa. Criar-se-ão assim novas indústrias metalúrgicas no País e evitar-se-á o envio de concentrados minerais para o estrangeiro e a compra de metais aos países importadores dos referidos concentrados.

Será de enorme vantagem para o nosso País o desenvolvimento dos seus recursos minerais tão rapidamente quanto o progresso económico e metódico o permita.

A exploração dos jazigos minerais deve estar confiada a empresas com os requisitos técnicos necessários e o capital assegurado.

Como técnicos devem sempre figurar o engenheiro de minas e o geólogo, que formam uma equipa de trabalho à qual se deve confiar o estudo do jazigo mineral.

O estudo geológico, a efectuar pelo geólogo, permitirá conhecer a forma, a estrutura e o tamanho do jazigo, particularmente a sua extensão em profundidade, a natureza, a estrutura, a textura e a composição mineralógica e química do minério, e facultará, também, o cálculo das reservas.

O estudo mineiro, a realizar pelo engenheiro de minas, permitirá conhecer as reservas do jazigo, o valor económico do conjunto e os melhores processos de exploração e concentração do minério.

O futuro de muitos jazigos minerais depende do esmero das previsões geológicas.

Quando um geólogo é encarregado de procurar jazigos minerais numa dada região, terá em primeiro lugar de fazer pormenorizado estudo da geologia regional.

Fará o levantamento geológico da região, de que resultará uma carta geológica em escala conveniente (escala à volta de 1/10.000 a 1/5.000).

Depois examina cuidadosamente as velhas minas e os locais dos afloramentos minerais que descobriu, ou investiga sistematicamente o terreno, e escolhe depois os locais mais promissores para proceder à prospecção. Para obter os melhores resultados deve utilizar os dois métodos.

Como ajuda para localizar jazigos minerais, o geólogo utiliza guias geomorfológicos, estruturais, talvez os mais importantes, mineralógicos, geoquímicos, petrográficos, e, por vezes, estratigráficos.

Uma vez localizado o jazigo mineral, o geólogo inicia o estudo da geologia de pormenor desse jazigo. Faz um reconhecimento por meio de sanjas, procurando determinar a mineralização, a posança e a extensão do jazigo e induzir quanto ao seu tipo, origem e factores que condicionaram a mineralização.

Faz então o levantamento geológico de superfície, numa escala que permita descer ao pormenor (1/1000 ou 1/500, aproximadamente), e propõe ao engenheiro de minas, função do estudo geológico, os trabalhos de pesquisa e reconhecimento que facultem uma amostragem conveniente e um melhor conhecimento das características do jazigo. Conforme o tipo e o tamanho deste, os trabalhos a realizar podem ser sanjas, sondagens, poços e galerias e devem ser executados sob a orientação do engenheiro de minas.

Se necessário, proporá ainda trabalhos de prospecção geofísica, que deverá acompanhar por a interpretação dos resultados obtidos pelos métodos eléctricos, magnéticos, sísmicos, gravimétricos ou radiométricos ter de assentar no conhecimento da geologia da região.

Todos os trabalhos mineiros devem ser acompanhados pelo geólogo, que fará o seu levantamento geológico em escala dependente da complexidade do jazigo (1/20 a 1/100), e tirará as amostras mais adequadas aos estudos laboratoriais.

Destes trabalhos mineiros o geólogo tirará bons elementos de carácter geológico, mineralógico, petrográfico e metalogenético, que lhe permitem aumentar largamente o conhecimento das características do jazigo.

Na carta geológica de pormenor deverá representar esses trabalhos.

Também nessa carta, ou nas cartas geológicas dos trabalhos ou num vegetal que se sobreponha a estas, deve referenciar as amostras colhidas.

Estas amostras são estudadas no laboratório. Uma são destinadas exclusivamente a análise química quantitativa e outras a serem estudadas segundo técnicas mineralógicas, petrográficas e granulométricas, sendo necessário por vezes o geólogo servir-se da análise espectrográfica, da análise roentgenográfica, da análise térmica-diferencial e da determinação dos minerais pesados.

O geólogo deve estar bem relacionado com as técnicas da microscopia petrográfica e metalográfica para poder com facilidade e rapidez determinar o tipo e quantidade de minerais existentes no minério, na ganga e nas rochas encaixantes e vizinhas e as características estruturais e texturais.

Com o conhecimento de todos estes elementos geológicos, o engenheiro de minas projectará todos os trabalhos mineiros necessários ao cálculo das reservas. Esses trabalhos serão acompanhados pelo geólogo, que verificará se as amostras agora colhidas em todos os trabalhos, segundo sistema estatístico e de valor económico combinado com o engenheiro, são as mais adequadas para representarem o conjunto e a sua riqueza média.

Para mostrar a geologia da profundidade, o geólogo deverá elaborar cartas geológicas de todos os níveis de trabalhos e diversos cortes geológicos, tanto transversais como longitudinais, onde indicará as amostras colhidas. Além disso, para relacionar o conjunto, poderá utilizar o desenho de blocos-diagramas. Também utilizará, por vezes, as projecções dos trabalhos mineiros e da geologia em cortes transversais e longitudinais em relação ao jazigo ou ao plano do filão.

O geólogo deverá colaborar com o engenheiro de minas no cálculo das reservas.

A base de qualquer avaliação económica de um jazigo mineral deverá ser sempre a natureza e as reservas do minério e a sua possível produção futura.

O conhecimento das reservas à vista, isto é, das completamente mensuráveis, não é no geral de molde a poder assegurar a exploração de um jazigo. Há portanto que estimar ainda as reservas prováveis e as reservas possíveis, o que só se pode fazer função da geologia de pormenor do jazigo.

Cabe exclusivamente ao engenheiro de minas calcular o valor económico do conjunto, projectar o melhor processo de exploração do jazigo e estudar, em escala laboratorial e semi-industrial, a preparação e concentração dos minérios. Para esta última fase muito

contribui o conhecimento das características mineralógicas, petrográficas e granulométricas dos minérios e das gangas, que o geólogo determinou.

O geólogo colaborará com o engenheiro no relatório final, que tem por objecto dar ao jazigo mineral o seu real valor.

Esse relatório deverá ser o mais completo possível, cuidado, claro, conciso, coerente e ter unidade.

São da exclusiva competência do geólogo os capítulos referentes a: geologia e tectónica; rochas vizinhas e encaixantes e suas alterações; tipo do jazigo; características mineralógicas, petrográficas e granulométricas dos minerais; paragénese destes; génese do jazigo; geologia dos trabalhos mineiros; geologia das sondagens; e morfologia, estrutura e pormenores da mineralização do jazigo.

No capítulo referente a avaliação de reservas, o geólogo dará a sua colaboração ao engenheiro, sendo os restantes capítulos do relatório da competência deste.

Também nesse relatório figurarão, da parte da geologia, todas as cartas e cortes geológicos fundamentais, e que foram referidos já. Também convém apresentar fotografias de estruturas geológicas importantes e microfotografias das rochas encaixantes e suas alterações e da estrutura e textura do minério.

Na fase de exploração mineira, em muitas minas estrangeiras e em bem poucas portuguesas, há um geólogo que é um colaborador precioso do engenheiro de minas.

Pelo menos nos grandes jazigos minerais em exploração devia haver obrigatoriamente um geólogo, além do engenheiro de minas que é o director técnico.

A esse geólogo competirá ter em dia a cartografia geológica para o que visitará diariamente os trabalhos mineiros, observando as ocorrências dos minérios, os acidentes tectónicos, as rochas encaixantes e a natureza da produção, de forma a poder, com o conhecimento geral e de pormenor do jazigo, prever as condições estruturais e de mineralização a encontrar no desenvolvimento das frentes de trabalho.

Isto permitirá ao geólogo fornecer ao engenheiro director técnico, sob a forma de pequeno relatório, recomendações quanto a trabalhos de exploração, de prospecção e de reconhecimento.

Deverá ainda auxiliar o engenheiro no cômputo, anual ou semianual, das reservas do jazigo.

## **Geologia aplicada à construção civil**

A investigação geológica dos terrenos onde se realizarão obras de grande vulto é hoje considerada de primacial interesse, por permitir reduzir os riscos dos grandes capitais a investir.

O engenheiro civil adapta as estruturas, que projecta e constrói, à topografia e às condições hidrológicas, petrográficas, estratigráficas e tectónicas do local escolhido. E constrói em fundações de rocha ou terra, servindo-se de materiais de construção que o subsolo e o solo lhe propiciam.

A eficiência e a economia das construções dependem largamente do modo como o engenheiro adaptou a estrutura da sua construção às condições geológicas do local escolhido, e dos materiais de construção existentes nesse lugar ou suas proximidades.

Dois eminentes engenheiros americanos verificaram que nos Estados Unidos houve 250 acidentes de barragens antes de 1930, dos quais um grande número devido a causas geológicas. Naquela época a Engenharia pouco se preocupava com as condições geológicas dos terrenos de fundação.

É a partir de 1929 que a Geologia Aplicada à Construção Civil ganha desenvolvimento. A ela se aplicam as técnicas geológicas mais comuns, como a Petrografia, a estratigrafia, a geomorfologia, a tectónica e a hidrologia.

As propriedades práticas dos materiais de construção (dureza, resistência à fractura, porosidade, coloração, resistência à meteoração) estão condicionadas pelas características petrográficas.

O modo de jazida, a tectónica, as zonas de alteração e as reservas desses materiais são elementos geológicos que condicionam a exploração de uma pedra.

Para construção de uma barragem, o geólogo deve ser ouvido quanto à estabilidade e permeabilidade das rochas de fundação, ao seu comportamento quando submersas, a possíveis escorregamentos no local da barragem e à estanqueidade e assoreamento da bacia de embalse. O estudo geológico do local de uma barragem pressupõe o estudo pormenorizado de todos os problemas geológicos regionais.

Conhecidas as condições geológicas do local onde se pretende abrir um túnel, é possível escolher o seu traçado mais fácil, a sua execução menos onerosa e prever certos acidentes na escavação.

No caso das pontes, o encastramento dos encontros, o apoio» dos pilares e o cálculo dos arcos obedecem em parte à natureza e estrutura geológica e tectónica das rochas dos locais escolhidos.

Os escorregamentos de terrenos, que se dão ao longo de taludes naturais ou cortados para certas obras, dependem dos tipos de rochas, da sua disposição relativa e da estrutura tectónica.

Construção de canais, revestimento ou estabilização das margens dos rios ou de zonas da costa, construção de diques, molhes,, reservatórios e portos de mar estão condicionados por factores geomorfológicos, petrográficos e estruturais dos locais das obras e suas proximidades.

Na construção de ferrovias, rodovias e de pistas para aviões há diversos problemas geológicos respeitantes a materiais de construção, estrutura geológica do subsolo e compactação de solos.

Para um bom conhecimento dos materiais de construção tornou-se necessário introduzir nas investigações geológicas a mecânica dos solos, com os seus processos estatísticos de amostragem e de ensaios de materiais. São propriedades fundamentais a consolidação, a resistência às pressões orientadas e a permeabilidade, sempre condicionadas por factores mineralógicos, petrográficos e geológicos.

Nos abastecimentos de água, os mananciais e a sua utilização são afectados por condicionamentos geológicos. Por exemplo, as relações entre a quantidade de água meteórica e de água de escorrência estão geologicamente condicionadas. Também a estrutura geológica da bacia de recepção é de enorme importância.

A distribuição da água subterrânea é condicionada pela natureza, estrutura, textura, composição e modo de jazida das rochas e pela estrutura morfológica e tectónica da região.

Não é possível neste simples artigo enunciar, para cada caso, alguns dos princípios e exemplos dos condicionamentos impostos.

Por isso procuraremos focar o assunto na sua generalidade mais lata: a programação do trabalho e a posição do geólogo em relação ao engenheiro civil.

A colaboração que o geólogo pode dar às grandes obras de construção civil desenvolve-se numa lógica sequência de fases.

O engenheiro civil concebe, nas suas grandes linhas, a obra a realizar. Antes de entrar em pormenores pede ao geólogo um relatório das condições geológicas do local onde a construção

deverá ser efectuada, ou um relatório sobre diversos locais com finalidade à escolha de um deles. E define-lhe qual a natureza da informação geológica que necessita respeitante a materiais de construção e a condições do solo e do subsolo, isto é, explicará ao geólogo quais as variáveis que mais lhe interessa pôr em equação.

O geólogo faz o reconhecimento geológico de campo e utiliza também para o seu trabalho o maior número de informações bibliográficas e particulares.

Desse reconhecimento, que terá por base uma boa carta topográfica, resultará uma carta ou esboço geológico com os contactos das rochas e os elementos estruturais gerais e de pormenor.

É então ocasião do geólogo ir ao campo acompanhado do engenheiro, para o pôr a par dos elementos geológicos observados e da estrutura tectónica deduzida, e com ele discutir acerca dos correlativos problemas geológicos e de engenharia civil do local em vista ou dos locais propostos, de forma a, neste último caso, se poder fazer a escolha de um deles.

Com base no reconhecimento geológico e na carta ou esboço geológico realizados, o geólogo e o engenheiro elaborarão um plano de pesquisas por trincheiras, sondagens, poços e galerias, racionalmente localizadas, de forma a conhecerem em pormenor, com um mínimo de trabalhos de exploração, as condições petrográficas e estruturais do local escolhido que permitam esclarecer todas as condições pertinentes à fundação.

Concluídos estes trabalhos, o geólogo elabora a carta geológica definitiva, os cortes geológicos dos locais que mais interessam às fundações e, em apêndice, apresentará os perfis geológicos das sondagens e os cortes geológicos das trincheiras, das galerias, dos poços e das sanjas e, quando necessário, desenhará blocos diagramas que mostrem a localização dos trabalhos e os cortes geológicos que permitam induzir os tipos, quantidades e estruturas dos materiais.

O relatório geológico é então elaborado pelo geólogo. Deve ser escrito em linguagem clara e simples, de forma prática e concisa, em termos tais que o engenheiro o possa entender e aplicar as suas conclusões ao problema que lhe interessa.

Nesse relatório dever-se-á encontrar: a geologia regional; a geomorfologia da região, com base na geologia; a descrição das rochas; a discussão da natureza e efeito das falhas, deslizamentos, esmagamentos por compressão, alteração das rochas, discordâncias e estruturas tectónicas e suas relações com a estrutura da constru-

ção a efectuar; descrição dos materiais de fundação: descrição do» cortes geológicos em relação com a estrutura da construção; e descrição dos materiais naturais de construção, sua origem, localização e reservas. Muitas vezes fará ainda parte do relatório a discussão dos resultados dos ensaios de percolação, de permeabilidade e injeção, efectuados por firma especializada; e a discussão, para as rochas de fundação, da capacidade de carga, do coeficiente de fricção, dos valores da coesão, do módulo de elasticidade e da porosidade, valores obtidos num laboratório de ensaios de materiais.

O engenheiro, após atenta leitura do relatório geológico, voltará ao campo acompanhado do geólogo para este o esclarecer sobre qualquer ponto duvidoso ou se pronunciar quanto a qualquer pormenor estrutural do terreno de interesse para a construção a efectuar.

E no campo que o engenheiro e o geólogo deverão discutir a competência das conclusões geológicas, às quais o engenheiro irá condicionar a estrutura da obra que projecta. Por isso, o engenheiro tem de ser esclarecido pelo geólogo de forma a compreender as observações e os raciocínios que serviram de base às conclusões geológicas.

Como ao realizarem-se as escavações para as fundações se podem obter novos dados geológicos, o geólogo deverá acompanhar essas escavações, pois os elementos que recolher permitirão rever os apresentados no seu relatório e até, por vezes, sugerir certas alterações.

Apresentada a programação dos trabalhos de Geologia Aplicada à Engenharia Civil, é de realçar que a interpretação das condições geológicas é da exclusiva competência do geólogo, e a interpretação dessas condições com finalidade à elaboração do projecto da estrutura a construir e a fase de construção são exclusivos da engenheiro.

### **Geologia aplicada a operações militares e à defesa civil**

Durante a primeira grande guerra (1914-1918), os alemães, especialmente, serviram-se da Geologia como importante auxiliar nas suas operações militares, mas é com a segunda grande guerra (1939-1945) que a Geologia toma enorme importância na preparação de operações ofensivas e defensivas.



Tem grande interesse para operações militares o conhecimento da geologia do solo e do subsolo, fornecido pelas cartas e interpretações geológicas, e o conhecimento directo das regiões.

De entre os problemas que o geólogo militar tem de resolver ressaltam as captações, reservas e abastecimentos de água para bebida e usos correntes, a escolha de locais para variadas instalações, como pegões de pontes, praias de desembarque, abertura de estradas e instalações de ferrovias estratégicas, eliminação de águas profundas e saneamento do solo empapado por águas de infiltração ou pluviais, busca de locais mais apropriados para exploração de materiais de construção, investigação sobre a solidez das rochas, instalações subterrâneas de defesa, etc. Também a geologia submarina e a sedimentação têm interesse em determinadas operações navais e anfíbias.

Para todos estes trabalhos, além dos conhecimentos técnicos profissionais, o geólogo deve ter em mente a operação ou operações militares que deles se utilizarão e a possível reacção do inimigo.

O conhecimento da natureza das rochas, da estrutura geológica e tectónica e a interpretação da morfologia da região têm interesse na captação, determinação de reservas e abastecimentos de água.

Para estabelecimento de uma posição fortificada tem muita importância saber a facilidade com que se podem trabalhar as rochas que constituem o solo e subsolo. Também o modo de jazida das rochas e a estrutura tectónica regional podem ter grande importância para a fortificação a construir.

A solidez das rochas, o seu modo de jazida e a estrutura geológica e tectónica da região têm interesse na abertura de trincheiras e escavações, tanto para operações militares como para abrigos destinados à defesa civil.

O geólogo pode ser chamado a dar o seu parecer sobre a possibilidade de trânsito sobre uma turfeira, dependendo esse parecer de por ela terem de transitar patrulhas mais ou menos numerosas, ou grandes colunas de infantaria, motorizados ou artilharia. A natureza e a estrutura da turfeira, a vegetação, a existência de caminho e outros factores condicionam esse parecer e as obras para travessia, quando esta é possível.

Os materiais para preparação de betão, que tem largo emprego nas guerras de posição, têm de ser buscados em locais próximos às

diferentes posições militares. Se na paz se preferem certas rochas para inertes do betão, na frente de batalha isso não é possível, havendo somente de ter cuidado que os materiais escolhidos não contenham gesso, restos vegetais, madeira, carvão ou outras impurezas, e não sejam terrosos, limosos, margosos ou argilosos, sendo essencial que suportem o ensaio de pressão. Também a água a utilizar no fabrico do betão não deve ser marinha, nem conter suspensões de limos, matérias húmicas ou produtos químicos de explorações industriais, nem ter reacção fortemente ácida. Mas tudo isso não exclui, sendo possível, que se procurem na região os materiais mais apropriados para fabrico do betão.

Materiais para balastro de estradas, vias férreas e pistas de aviação são escolhidos função das suas propriedades petrográficas e mecânicas, atendendo também a que a sua fractura, classificação e lavado sejam os mais económicos possível. Esses materiais deverão ser de fácil obtenção, cómodo transporte e situados em segurança ante o fogo do inimigo.

A abertura de estradas para as colunas motorizadas e a rápida construção de vias férreas estratégicas, em que as obras de protecção e conservação são de impossível realização como em tempo de paz, são condicionadas em muitos locais pelo modo de jazida das rochas, pela natureza destas e pela estrutura tectónica da região.

A explosão de bombas atómicas no final da última grande guerra e o fabrico de bombas de hidrogénio, agentes de excepcional poder destruidor, criaram a necessidade absoluta de poderosas construções de protecção e defesa civil que só se podem conseguir no subsolo. E a Geologia que dá a conhecer os factores petrográficos, estruturais e tectónicos, função dos quais se escolhem os locais para essas construções e as condicionam em diversos aspectos.

### **Geologia aplicada à agricultura**

A Pedologia tem por objecto o estudo dos solos, da sua génese e diagénese.

E desnecessário encarecer a importância da Pedologia para a Agricultura, pois, além de definir os tipos de solos e a zonalidade destes, confere o conhecimento dos seus complexos adsorventes e das suas reacções bioquímicas, o que leva a conclusões de interesse prático agrícola.

A natureza de um solo determina-se função dos resultados dos ensaios analíticos, mineralógicos, físicos, químicos e microbiológicos, em diversos perfis.

Como factores da génese do solo consideram-se o clima, o fundo petrográfico (rocha-mãe), a morfologia da região, os organismos, o tempo e o homem. Esses factores são considerados variáveis independentes, sendo a variável dependente a natureza do solo originado. Contudo, os factores pedogenéticos mostram certa interdependência, e, daí, as dificuldades de interpretação matemática.

Não podemos, neste breve artigo, referenciar em pormenor a importância de cada um dos factores pedogenéticos, mas, para mostrar o interesse da Geologia nos trabalhos de Pedologia, chamaremos muito rapidamente a atenção para o fundo petrográfico e para a geomorfologia.

Os solos podem-se classificar em três grandes grupos: solos zonais, solos azonais e solos intrazonais ou mistos.

Nos solos zonais, como por exemplo os solos das tundras, os solos lateríticos, os podzoles e os chernozens, encontram-se perfis bem definidos com os seus diversos horizontes. Estes, cujo desenvolvimento depende do modo de agradação ou degradação, são, em senso lato e de cima para baixo, o horizonte A, eluvial, o horizonte B, iluvial, o horizonte C, com grande parentesco com a rocha-mãe, e o horizonte D, correspondente à parte da rocha que, sob a acção dos factores pedogenéticos, se encontra no começo de transformação em solo.

Na classificação dos horizontes C e D não se pode abstrair da natureza da rocha.

Os solos azonais não apresentam as características de perfil bem definidas e a sua constituição depende fundamentalmente da rocha de que derivam, o mesmo sucedendo com os solos de aluvião pouco evoluídos se o seu depósito é recente. São frequentes nas regiões de relevo acentuado.

Os solos intrazonais, mistos ou de transição entre os dois tipos referidos, encontram-se nas regiões de relevo moderado. Reflectem no geral um factor local, relevo, rocha-mãe, ou idade, que sobreleva o efeito normal do clima e da vegetação, como sucede com o rendzina.

A mesma rocha sob climas diversos pode dar solos diferentes, como rochas diferentes sob um mesmo clima podem dar o mesmo tipo de solo.

Nos climas áridos, húmidos-frios, sub-húmidos e semi-áridos, o fundo petrográfico não tem grande importância no tipo de solo. Já, por exemplo, nos climas húmidos-quentes há enorme influência das rochas na natureza dos solos; variando a rocha, varia o solo.

Para elaboração da carta pedológica de região onde predominem os solos azonais ou de região onde a génese dos solos tenha como factor pedogenético dominante o fundo petrográfico, as cartas e levantamentos geológicos e os estudos petrográficos têm interesse fundamental. Permitem, por exemplo, definir rapidamente áreas de solos siliciosos, argilosos, calcários e margosos.

Também, em contraposição, em regiões de clima húmido-quente e de densa vegetação, que dificulta imenso os levantamentos geológicos, e em que a rocha-mãe é factor pedogenético fundamental, se a carta dos solos for elaborada anteriormente auxilia imenso a cartografia geológica.

A morfologia, a estrutura geológica e a tectónica de uma região condicionam a duração e a intensidade de actuação da água do lençol freático na alimentação da vida no solo e na decomposição, hidratação e lixiviação dos minerais. Além disso, a posição do lençol de água freática, condicionando a vegetação, vai condicionar também a natureza do solo.

A geologia tem também grande interesse para os trabalhos de conservação e irrigação do solo.

Barragens, albufeiras destinadas a rega, canais, trabalhos de defesa contra inundações e contra aluvionamento, problemas de drenagem, alguns aspectos de protecção do solo contra a erosão, envolvem cuidados estudos de Petrografia, de sedimentologia, de estruturas geológicas e tectónicas, de geomorfologia e de hidrologia.

### **Geologia aplicada à bioquímica —A biogeoquímica**

Embora em campo muito mais restrito para o geólogo, novas perspectivas se lhe abrem com a Biogeoquímica.

Algumas doenças, certas modificações de crescimento, algumas mutações e a composição dos alimentos, para não citar outros factos, têm origem em certos aspectos geológicos.

Num relatório da American Public Health Association, de 1958, referente a carcinogénese, escreve-se que o berílio causa cancro nos brônquios dos ratos, que os cancros da pele, produzidos pelo-

arsénio, encontram-se entre os mineiros que trabalham em jazigos de minérios daquele metal e entre os consumidores de vinho cujas uvas foram aspergidas com insectidas arsenicais, e que 75% a 85%, dos mineiros que morreram nas minas de minérios radioactivos de cobalto de Schneeberg e 40% a 50% dos que faleceram no jazigo de minérios uraníferos de Joachimthal foi de cancro nos pulmões.

A cárie dos dentes da população de algumas localidades do nosso País, como em Castelo de Vide e Amarante, resulta do teor de fluor na água, que ali é bebida, ser superior ao normal, por correr através de rochas com minerais fluoretados (fluorapatite e fluorite) que lentamente são solubilizados.

Muitos dos elementos menores (aqueles em tão pequena quantidade que geralmente só se podem dosear espectrográficamente) têm papel vital no crescimento dos organismos. O metabolismo celular está na dependência de muitos factores, entre os quais os elementos menores.

O crescimento das bactérias pode ser influenciado pelos elementos menores existentes numa cultura.

Terras, até há pouco tempo inagricultáveis na Nova Zelândia, foram agricultadas após prévia adição de duas onças de molibdénio por acre.

Na Austrália, numa área considerada inagricultável, com mais de um milhão de acres, conseguiu-se preparar a terra de forma a poder alimentar de 3 a 4 carneiros por acre, onde por acre se adicionaram 7 libras de sulfato de zinco e cobre ao vulgar adubo superfosfatado.

Adicionando pequena quantidade de boro, sob forma de borato de sódio, ao solo dos locais do Alto-Douro onde a maromba ataca as vinhas, esta doença é debelada rapidamente. Verifica-se também aumento de produção nas vinhas não doentes.

A composição mineral dos alimentos depende da composição do solo onde os alimentos primários se originaram.

O solo é formado pela actuação de factores climáticos, fisiográficos e biogénéticos sobre as rochas, as quais diferem umas das outras pelas proporções ou natureza dos seus minerais e pelo conteúdo dos seus elementos menores.

Será portanto deveras útil e frutuoso pesquisar quantitativamente os elementos menores nos alimentos fundamentais, e correlacionar os resultados e o estudo petrográfico e químico das rochas que deram origem aos solos onde aqueles alimentos foram produzidos.

Resultados curiosos e de grande interesse biogeoquímico poder-se-ão tirar das relações que devem existir entre o conteúdo de elementos menores dos nossos cereais panificáveis, e de outros alimentos fundamentais, e os seus fundos geológicos, que são diferentes no Minho e em Trás-os-Montes, nas Beiras e no Alentejo.

Todas as formas de vida contêm e são afectadas virtualmente por todos os elementos menores, como Mo, Co, Cd, Ni, Ag e Au, que ocorrem também nas rochas, e cujas relações, quanto à nutrição, têm sido pouco investigadas.

Todos estes assuntos, e outros da mesma natureza, têm interesse para a saúde da população e conviria investigá-los.

Não pode o geólogo contribuir directamente para a saúde de uma população, mas pode contribuir quando integrado numa equipa de trabalho que se dedique a estudos de Medicina Sanitária.

### **Os geólogos e o ensino das Ciências Geológicas em Portugal**

Vimos que a Geologia Aplicada interessa fundamentalmente à construção civil e à pesquisa, reconhecimento, avaliação e exploração dos jazigos minerais, mas interessa também à agricultura, às operações militares, à defesa civil e à bioquímica.

Essa Geologia será da competência dos geólogos, que devem ser os licenciados em Ciências Geológicas pelas três Faculdades de Ciências do País.

Esses licenciados encontram já hoje lugares de geólogos nos serviços da Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos, especialmente no Serviço de Fomento Mineiro, nas Repartições de Geologia e Minas de Angola e Moçambique, na Junta de Energia Nuclear, em raras das grandes empresas mineiras portuguesas e numa ou noutra companhia hidro-eléctrica, e são também chamados como consultores num ou noutro grande empreendimento de construção civil. Embora muito lentamente, começa-se no País a reconhecer a vantagem e a necessidade dos estudos geológicos.

Tanto em diversos Serviços do Estado, dependentes dos Ministérios da Economia, do Ultramar e das Obras Públicas, como em grandes empreendimentos mineiros e de construção civil, o recrutamento de geólogos devia tornar-se obrigatório por o seu trabalho ser imprescindível.

Mas a estrutura actual da licenciatura em Ciências Geológicas não permite fazer relacionar convenientemente o aluno com as técnicas das Ciências Geológicas nem ministrar-lhe os conhecimentos necessários de Geologia Aplicada.

A Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, pugnando por uma melhor preparação dos seus licenciados, criou um curso livre anual de Geologia Aplicada, com aulas teóricas e teórico-práticas, que já foram ministradas durante o ano lectivo transacto. Mas isso não basta, quer por a frequência daquele curso não ser obrigatória, quer por a estrutura da licenciatura em Ciências Geológicas ser já anacrónica, como a de todas as licenciaturas das Faculdades de Ciências, sendo premente a sua actualização.

Para essa actualização muito contribuiria: o desdobramento da cadeira anual de Mineralogia e Petrologia em duas cadeiras anuais, uma de Mineralogia e outra de Petrografia-Petrologia; o acrescento das cadeiras de Geometria Descritiva, Elementos de Física Atómica, Geofísica, Noções Gerais de Química-Física, Cálculo Numérico, Mecânico e Gráfico, e Probabilidades, Erros e Estatística; a substituição da cadeira semestral de Paleontologia por duas cadeiras semestrais, uma de Paleozoologia e outra de Paleobotânica; a criação de mais quatro cadeiras anuais, uma de Pedologia, outra de Geologia Aplicada à Construção Civil, outra de Minérios e Jazigos Minerais e a quarta de Princípios de Exploração de Minas e Preparação de Minérios; e a criação de mais quatro cadeiras semestrais, Geologia de Portugal e do Ultramar Português, Geohidrologia, Geoquímica, e Filosofia das Ciências Naturais.

É relativamente simples, com a supressão de uma ou duas cadeiras de somenos importância na actual licenciatura em Ciências Geológicas, seriar e articular as cadeiras existentes e aquelas cujo acrescento ou criação se tornam imperativos, de forma a conseguirem-se cinco anos lectivos, em cada um dos quais o máximo de horas semanais de aulas teóricas e práticas seria de trinta.

Além disso, torna-se também necessário: um estágio laboratorial obrigatório nas Faculdades de Ciências, no penúltimo e último anos da licenciatura; um estágio de trabalhos de campo, após frequência do último ano, orientado pelas Faculdades e realizado em serviços do Estado ou entidades particulares de reconhecido mérito e em regiões de interesse particular: e duas

«excursões obrigatórias, pelo menos de dez dias cada, efectuadas nos dois últimos anos da licenciatura, a centros mineiros e industriais e a fundações de grandes obras de construção civil.

A actualização da licenciatura deverá ser acompanhada, como a actualização de todas as licenciaturas das Faculdades de Ciências, de larga melhoria do equipamento dos laboratórios didácticos e de investigação, da criação de lugares de chefes de trabalhos, do alargamento dos quadros do pessoal docente e técnico, e da fixação em 20 do número máximo de alunos em cada turma de trabalhos práticos.

Mas isso não basta. E preciso também dar conveniente ambiente extra escolar ao estudante universitário e criar-lhe a sua residência própria. E necessário criar quanto antes, na Cidade Universitária, residências para estudantes, onde estes encontrem condições de higiene e conforto, físicas e morais, que lhes permitam um ambiente sadio de trabalho.

E com tudo isso, não só nas Ciências Geológicas, mas em todo o ensino superior e na investigação, poder-se-á realizar muito mais e muito melhor.

Coimbra, 20 de Outubro de 1955.

## S O M M A I R E

### GÉOLOGIE APPLIQUÉE

Dans cet ouvrage nous avons mis en évidence l'importance et l'intérêt de la géologie appliquée aux recherches, reconnaissance, évaluation et exploitation des gîtes minéraux, à la construction civile, aux opérations militaires, à la défense civile, à l'agriculture et à la biochimie.

Nous y avons également mis en relief la position du géologue et la nécessité d'actualiser l'enseignement des Sciences Géologiques au Portugal.

## S U M M A R Y

### APPLIED GEOLOGY

Reference is made in this work to the importance and interest of Applied Geology in the prospecting, inspection, valuation and exploration of the mineral deposits, in engineering, military operations, civil defence, agriculture and in biochemistry.

Also brought forward are the status of the geologist and the necessity of bringing to date the teaching of the Geological Sciences in Portugal.



## BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, Octávio (1954)—«Geologia para Túneis e Geologia para Barragens». *Notas Preliminares e estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia do Dep. Nac. da Prod. Min. do Min. da Agríc. do Brasil*, n.º 90.
- BATEMAN, Alan M (1947) — *Economic Mineral Deposits*. New-York.
- BERKEY, C. P., BRYAN, K, MEINZER, O. E., TERZAGHI, C., MATTHES, G. H., FISHER, L. W., OHRENSCHALL, 44. D., WENTWORTH, C. K., GLENN, L. C., STEARNS, II. T. (1929) — «Geology and Engineering for Dams and Reservoirs» (Symposium). *Technical Publication of The Amer. Inst. of Mining and Metallurgical Engineer*, n.º 215.
- GIGNOUX, M. & BARBER, R. (1955)— *Géologie des Barrages et des Aménagements Hydrauliques*. Paris.
- KIERSCH, George A. (1955) — «Engineering Geology». *Quarterly of the Colorado School of Mines*, vol. 50, n.º 3.
- KEILHACK, Conrad (1927) — *Tratado de Geologia Prática*. Tradução de Francisco Pardillo, Barcelona.
- KUHN, Truman H. (1949) — «Subsurface Methods as Applied in Mining Geology». *Quarterly of the Colorado School of Mines*, vol. 44, n.º 3, págs. 770-789.
- LEGGET, Robert L. (1939) — *Geology and Engineering*. New-York.
- LEONARDOS, Othon H. (1954) — «Minerais Estratégicos do Ponto de Vista Brasileiro». *Engenharia, Mineração e Metalurgia*, vol. xix, n.º 112, págs. 139-141.
- LINDGREN, Waldemar, (1933) — *Mineral Deposits*. New-York.
- MCKINSTRY, Hugh E. (1948) — *Mining Geology*. New-York.
- NEIVA, J. M. Coteló (1944) — «Jazigos Portugueses de Cassiterite e de Volframite». *Com. dos Serviços Geológicos de Portugal*, t. xxv, págs. 1-256.
- (1948) — «Rochas e Minérios da Região Bragança-Vinhais». *Relatório do Serviço de Fomento Mineiro*, n.º 14, Porto.
- (1950) — «Geologia dos Minérios de Ferro Portugueses — Seu Interesse para a Siderurgia». *Memórias e Notícias do Mus. e Lab. Min. e Geol. e do Centro de Est. Geol. da Univ. de Coimbra*, n.º 26.
- (1954) — «Pegmatitos com Cassiterite e Tantalite-Columbite da Cabração (Ponte do Lima)». *Memórias e Notícias do Mus. e Lab. Min. e Geol. e do Centro de Est. Geol. da Univ. de Coimbra*, n.º 36.
- (1955) — «Minerais Ferro-Manganésiens du Portugal». *Estudos, notas, e trabalhos do Serv. de Fom. Mineiro*, vol. x, t. 1-2, págs. 103-112.
- *Géologie des grands barrages du Cavado et du Rabagão (Portugal)*.  
Em preparação, para ser publicado.
- NIGGLI, Paul (1954) — *Rocks and Mineral Deposits*. S. Francisco. (Tradução inglesa de Robert L. Parker).
- RAGUIN, E. (1942) — *Géologie Appliquée*. Paris.
- RIBEIRO, J. Costa (1955) — «Utilização da Energia Atômica no Brasil». *Engenharia, Mineração e Metalurgia*, vol. xxi, n.º 124, págs. 159-164 e 192.
- ROBB, George L. (1949) — «Geologie Techniques in Civil Engineering». *Quarterly of the Colorado School of Mines*, vol. 44, n.º 3, págs. 790-819.

- ROUBAULT, Marcel — *Le Recherche et l'Exploitation des Minerais d'Uranium en France et dans V Union Française* (Conferência pronunciada na Société des Ingenieurs Civils de France). Separata sem data.
- SCHULTZ, John R. & CLEAVES, Arthur B. (1955)— *Geology in Engineerings* New-York.
- SETZER, José (1949) —«Os Seis Factores da Formação de Solos». Sep. do *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*, n.º 2, ano 2.
- WARREN, Harry Y. (1953)— «Energy for Everyman». *The B. C. Professional Engineer*, Nov.
- (1952) — «Power, Population and Politics». *The B. C. Professional Engineer*, Out. págs. 25-32 e Nov. págs. 22-28.
- (1954) — «Geology and Health». *The Scientific Monthly*, vol. LXXVIII, n.º 6, Junho, págs. 339-345.