

The ashes at the Jorge Lacerda plant show the highest content of both the vitreous phase and glass spherulites.

Mullite occurs as inclusions in the glasses and is produced mainly from kaolinite by way of "mullitization" reactions which take place during the coal burning. It is a commonly occurring phase in the Jorge Lacerda, São Jerônimo, Charqueadas and Presidente Medici plants; it has been detected only in minor quantities (less than 5%) in ashes from the Figueiras plant.

The amount of quartz in the ashes diminishes with higher calcination temperatures and with coal fineness. Quartz takes part in the formation of the vitreous phase and at higher temperatures partially recrystallizes as cristobalite, it occurs as irregular grains included in glass or associated with carbon particles. The largest amounts of quartz were detected in ashes from the Presidente Medici and Charqueadas plants.

Hematite and magnetite were found in small amounts in all

studied ashes. They are obtained from the decomposition and oxidation of pyrite, marcassite and pyrrhotite.

Chemical and mineralogical composition, carbon content, and granularity as well as microstructural and morphological features of fly ash particles depend on the qualities of the mineral coal, burning conditions and the system used for their collection. Together, these constitute parameters which affect the behaviour of fly ashes as pozzolanic materials. An evaluation of the potential qualities of these ashes using these parameters indicates that the best ashes are those from Jorge Lacerda plant followed by those from the Presidente Medici and Charqueadas ashes. On the other hand, the Figueiras and São Jerônimo ashes are poorly suited for use as pozzolanic material.

Application of mineralogical knowledge and investigation procedures in the study of Brazilian fly ashes, together with the study of the mineral phases obtained from the starting substance (mineral coal), is essential for a better understanding of the origin of ashes as well as for their technological appraisal as a pozzolanic material.

PETROLOGIA DOS COMPLEXOS MÁFICO-ULTRAMÁFICOS DE MANGABAL I E MANGABAL II, SANCLERLÂNDIA, GOIÁS*

MARIA ANGELA FORNONI CANDIA

Instituto de Geociências - USP - Caixa Postal 20899 - CEP 01498 - São Paulo - SP

RESUMO Os complexos de Mangabal I e Mangabal II constituem dois pequenos corpos máfico-ultramáficos diferenciados, originados da cristalização fracionada de magma basáltico toleítico a baixa pressão, em câmaras magmáticas individuais, que se posicionaram num determinado nível de um substrato siálico, representado, na área, por rochas gnáissicas e cálcio-silicatadas, atribuídas ao Complexo Basal Goiano.

Embora tectonicamente deformados e parcialmente recrystallizados, os complexos preservam feições ígneas reliquias correlacionáveis às descritas em complexos ígneos estratiformes.

Em função das feições ígneas presentes, e dentro do modelo existente para complexos ígneos estratiformes, reconstituiu-se o seguinte empilhamento estratigráfico original:

a) em Mangabal I, a seqüência basal é constituída pelos olivina-cromo espinélio cumulos (peridotitos feldspáticos), à qual se seguem os olivina-plagioclásio cumulos (olivina gabronoritos), sobrepostos aos quais ocorrem os piroxênio-plagioclásio cumulos (gabronoritos);

b) Em Mangabal II, a seqüência basal é representada pela alternância de dois tipos de cumulos ultramáficos, os olivina-cromo espinélio cumulos (harzburgitos feldspáticos), predominantes, e os bronzita cumulos (bronzititos feldspáticos); a seqüência intermediária é representada pelos olivina-plagioclásio cumulos (olivina gabronoritos) e a seqüência superior, pelos piroxênio-plagioclásio cumulos (gabronoritos).

A olivina varia de Fo_{63} a Fo_{77} nos cumulos ultramáficos, alcançando composições de Fo_{71} nos olivina gabronoritos. Os ortopiroxênios apresentam composições no campo das bronzitas nos cumulos ultramáficos, estendendo-se até o campo do hipersênio nos gabronoritos. O plagioclásio apresenta composições em torno de An_{64} nos cumulos ultramáficos, alcançando teores de An_{56} nos gabronoritos. O clinopiroxênio situa-se no campo das augitas, mostrando "trend" de enriquecimento em ferro, dos cumulos ultramáficos para os máficos.

Os processos tectônicos subsequentes são responsáveis pela atual configuração geológica dos complexos, que se apresentam deformados, com seqüências litológicas deslocadas e falhadas. Em Mangabal I, as deformações tectônicas levaram à inversão da seqüência estratigráfica original.

Após a atuação dos processos tectônicos, seguiram-se os reequilíbrios mineralógicos responsáveis pela recrystalização das rochas dos complexos, originando metaperidotitos (coroníticos, a espinélio e clorita), meta-harzburgitos (coroníticos, a espinélio e a clorita), metabronzitos, metaolivina gabronoritos (coroníticos e a espinélio), metagabronoritos, bronzita xistos e antofilita xistos.

Tais reequilíbrios ocorreram em condições metamórficas de alto grau, a temperaturas da ordem de $700-780^{\circ}C$ e a pressões mínimas da ordem de 6,0 a 6,5 Kbar.

O estudo do comportamento da fase fluida, fundamentado principalmente na análise de inclusões fluidas, permitiu estabelecer um modelo por intermédio do qual se explica a coexistência de paragêneses mais hidratadas, em razão da influência da fase fluida mais rica em H_2O , ao lado de associações coroníticas e de associações ígneas reliquias, causadas pela existência de uma fase fluida mais rica em CO_2 .

ABSTRACT The Mangabal I and Mangabal II complexes comprise two mafic-ultramafic differentiated bodies, originated in separate chambers by processes of low pressure fractional crystallization of a tholeiitic basaltic magma. They intruded a definite level of the siatic basement, represented in the area by gneissic and calc-silicate rocks, interpreted as belonging to the Goiás Basal Complex.

Although tectonically deformed and partially recrystallized, the complexes still preserve relict igneous features, similar to those described for stratiform igneous complexes. In conformity with such features and according to the existing models for igneous stratiform complexes, the original stratigraphic sequence can be reconstructed as follows:

a) in Mangabal I, the basal sequence is represented by olivine-chrome spinel cumulates (feldspar peridotites), followed by a sequence of olivine-plagioclase cumulates (olivine gabronorites) above which are found pyroxene-plagioclase cumulates (gabronorites);

b) in Mangabal II, the basal sequence is represented by two alternating ultramafic cumulates; (a) predominant olivine-chrome spinel cumulates (feldspatic harzburgites) and (b) subordinate bronzite cumulates (feldspatic bronzitites). An intermediate sequence is represented by the olivine-plagioclase cumulates (olivine gabronorites) while the upper sequence is represented by pyroxene-plagioclase cumulates (gabronorites).

* Tese de doutorado - 1983 - Inst. Geoc. USP.

Olivine varies from Fo₈₃ to Fo₇₇ in the ultramafic cumulates, reaching compositions of Fo₇₁ in olivine gabbro-norites. Orthopyroxene has bronzite composition in ultramafic cumulates, but becomes hiperstene in gabbro-norites. Plagioclase has composition of calcic labradorite (An₆₄) in the ultramafic cumulates, being as sodic as An₅₆ in the gabbro-norites. The composition of clinopyroxene plots in the augite field, with an iron-enrichment trend from ultramafic to mafic cumulates.

Subsequent tectonic processes are responsible for the present geologic configuration of the complexes, as shown by their deformed bodies, and faulted dislocated litologic sequence. At Mangabal I, the tectonic deformation led to the inversion of the original stratigraphic sequence.

After the tectonic episode, mineralogical re-equilibrations caused the recrystallization of the mafic-ultramafic suite, originating metaperidotites (coronitic-, spinel-, and chloritic-); metaharzburgitites (coronitic-, spinel-, and chloritic-), metabronzites, meta olivine gabbro-norites (coronitic-, spinel-); metagabbro-norites, bronzite schists and anthophyllite schists.

These re-equilibrations occurred at high grade metamorphic conditions, at temperatures of 700-780°C, and at minimum pressures of 6,0-6,5 Kbar.

The study of the fluid phase composition, based mainly on fluid inclusion analysis, led to the establishment of a model which explains the coexistence of a more hydrated paragenesis, originated due to the influence of an H₂O-rich fluid phase, with coronitic and relict igneous associations which are due to a CO₂-rich fluid phase.

ESTUDO DO PROCESSO GEOQUÍMICO DE OBSTRUÇÃO DE FILTRO DE BARRAGENS*

CARLOS LEITE MACIEL FILHO

Instituto de Geociências - Universidade de Santa Maria - Cidade Universitária - CEP 97100 - Santa Maria - RS

RESUMO Esta tese apresenta o desenvolvimento dos estudos para explicar o processo de cimentação de filtros de barragens com a conseqüente diminuição de sua permeabilidade. Os casos que estariam preocupando o meio geotécnico e que motivaram este estudo são principalmente o da barragem do Rio Grande, em São Paulo capital, e o da barragem de Xavantes, no Rio Paranapanema.

As conclusões estão baseadas no tripé: revisão da teoria e publicações específicas; levantamentos de campo; experiências de laboratório. Para estas, foram desenvolvidos métodos e aparelhos próprios chegando-se a ensaios que permitiriam: primeiro, medir com aproximação o volume de ar contido nos poros de uma areia sob fluxo não saturado; segundo, verificar a absorção de oxigênio pela água sob fluxo não saturado e comprovar uma diminuição dessa absorção com o prolongamento do ensaio; terceiro, verificar a deposição de hidróxido férrico na franja capilar e zona aerada de uma areia sob fluxo aproximadamente horizontal após passar por camada de argila; quarto, verificar a mesma deposição em areia sob capa de argila e sob fluxo, de cima para baixo, não saturado. Em todos eles a água usada era deaerada e nos dois últimos continha bicarbonato ferroso. Preliminarmente desenvolveram-se ensaios que permitiram controlar a variação da permeabilidade a longo prazo, eliminando-se o desenvolvimento de seres vivos e evitando um rearranjo dos grãos de areia, pela aplicação de baixos gradientes.

As informações bibliográficas e os levantamentos de campo indicam que a principal substância cimentante é o hidróxido férrico.

O processo de cimentação é dividido em duas fases: a primeira é a de redução e solubilização do ferro com o conseqüente transporte, na forma de bicarbonato ferroso, através do maciço de terra, o qual é também o principal fornecedor daquele elemento, até o filtro; a segunda é a de oxidação e precipitação desse ferro no filtro.

A primeira fase encontra uma explicação fácil no ambiente redutor que se forma no fundo de um lago, o qual é representado pelo reservatório da barragem. Nesta fase, as bactérias prestam uma importante contribuição. Esse ambiente está descrito na bibliografia especializada e foi confirmado pelos levantamentos de campo.

A segunda fase reveste-se de aspectos mais complexos e de maior interesse, pois é passível de ser evitada, enquanto a primeira é praticamente incontrolável.

A oxidação é provocada basicamente pelo oxigênio do ar absorvido pela água, podendo ser auxiliada ou não por seres vivos. Por isso, as condições de oxidação prendem-se à aeração do filtro. Esta pode ocorrer na franja capilar ou nas partes aeradas acima do nível freático, se o fluxo for aproximadamente horizontal, ou também em todo espaço do filtro, se o fluxo for essencialmente vertical, de cima para baixo. Esta situação ocorre com filtros horizontais ou inclinados para montante.

Estas condições inicialmente oxidantes podem, com o tempo, tornar-se redutoras, face à absorção seletiva do ar pela água, isto é, pelo consumo de oxigênio e permanência do nitrogênio. O próprio tubo de drenagem pode, no entanto, ser um caminho para o ar rico em oxigênio, como aconteceu na barragem de Rio Grande.

As soluções apontadas destinam-se a evitar a entrada de ar nos tubos de drenagem.

Chama-se a atenção, ainda, sobre as possibilidades de melhor aproveitamento da capacidade de aeração de um meio poroso sob fluxo não saturado.

ABSTRACT The precipitation of iron hydroxide in a filter dam decreases its permeability and is a process that can be divided into two steps: the first one is the reduction, solubilization and transportation of iron through the clay core; the second one is the oxidation and precipitation of this chemical substance.

The precipitation of iron is caused, basically, by the free oxygen of air absorbed by water. The filter aeration can occur in the capillary fringe or in the part above the phreatic level if the flow is essentially vertical, that is, from top to bottom. The latter situation can occur in horizontal or inclined upstream filters. State that is oxidant to begin with, with time, can become a reducing state through consumption of the dissolved oxygen in water and remaining nitrogen. However, the tubes of drainage may be a way for air rich in oxygen.

The developed method in the laboratory allowed to be measured the volume of air in the pores of sand under non-saturated flow, and to check the absorption of oxygen by water, and to confirm both the deposition of iron hydroxide in the capillary fringe and in the aerated zone of sand under nearly horizontal flow, and in sand covered by clay with a top to bottom non-saturated flow. The used water was non aerated and with iron bicarbonate, in the latter situation.

Field work confirmed anticipated conditions in the literature, and contributed to explain the phenomenon. The Rio Grande dam, located in São Paulo, Brazil, is a good case in point.

* Tese de doutorado - 1983 - Inst. Geoc. USP.