

52

FOSFATO DO TENNESSEE

por
Fernando Antonio de Oliveira



FOSFATO DO TENNESSEE

INTRODUÇÃO

A primeira descoberta de fosfato no Tennessee se deu por volta de 1893 no município de Swan Creek, em rochas calcíferas do Ordoviciano, por James M. Safford. Desta data até hoje algumas dezenas de pequenas minas já foram descobertas e trabalhadas, estando elas localizadas na região fisiográfica do Tennessee, conhecida por Bacia Central.

A Bacia Central apresenta um formato elipsoidal, com eixos de aproximadamente 50 e 100 milhas, estando Nashville situada a noroeste, próximo a sua margem e Murfreesboro a poucos quilômetros do seu centro.

As rochas fosfáticas se situam no bordo oeste da Bacia Central, indo desde o município de Sumner no norte do Tennessee, quase atingindo o limite estadual com Kentucky, até Pulaski no sul, na fronteira com o Alabama (Mapa 1).

Na literatura sobre fosfato do Tennessee são descritos três tipos de rocha fosfática: o fosfato marrom, o fosfato azul e o fosfato branco. Dentre eles reveste-se de maior importância econômica, o fosfato marrom, que ocorre associado a rochas calcíferas das Formações Bigby, Cannon e Leipers.

O calcário fosfático Bigby é o responsável pelos melhores depósitos de fosfato da região, tendo-se depositado na parte oeste da Bacia Central devido a formação do domo de Nashville, logo após a deposição das rochas da Formação Hermitage subjacente, o que limitou o ambiente de deposição do calcário Bigby.

Este calcário fosfático apresenta-se em camadas de 9 a 30 metros de espessura, com textura densa, finamente cristalino. Quando intemperizado apresenta coloração variando de marrom ao cinza azulado, mas quando fresco é normalmente azulado (Foto 1).



Foto 1 - Calcário Bigby, de cor azulada, em corte na Rodovia Colúmbia-Nashville, a 2 km do Motel Holliday Inn.

Em determinados pontos, fósseis e cristais de fosfato de cálcio são os únicos constituintes das rochas, mas na maioria das vezes o fosfato se apresenta em finos leitos amarronzados, concordando com a estratificação da rocha ou então preenchendo fraturas (Foto 2).

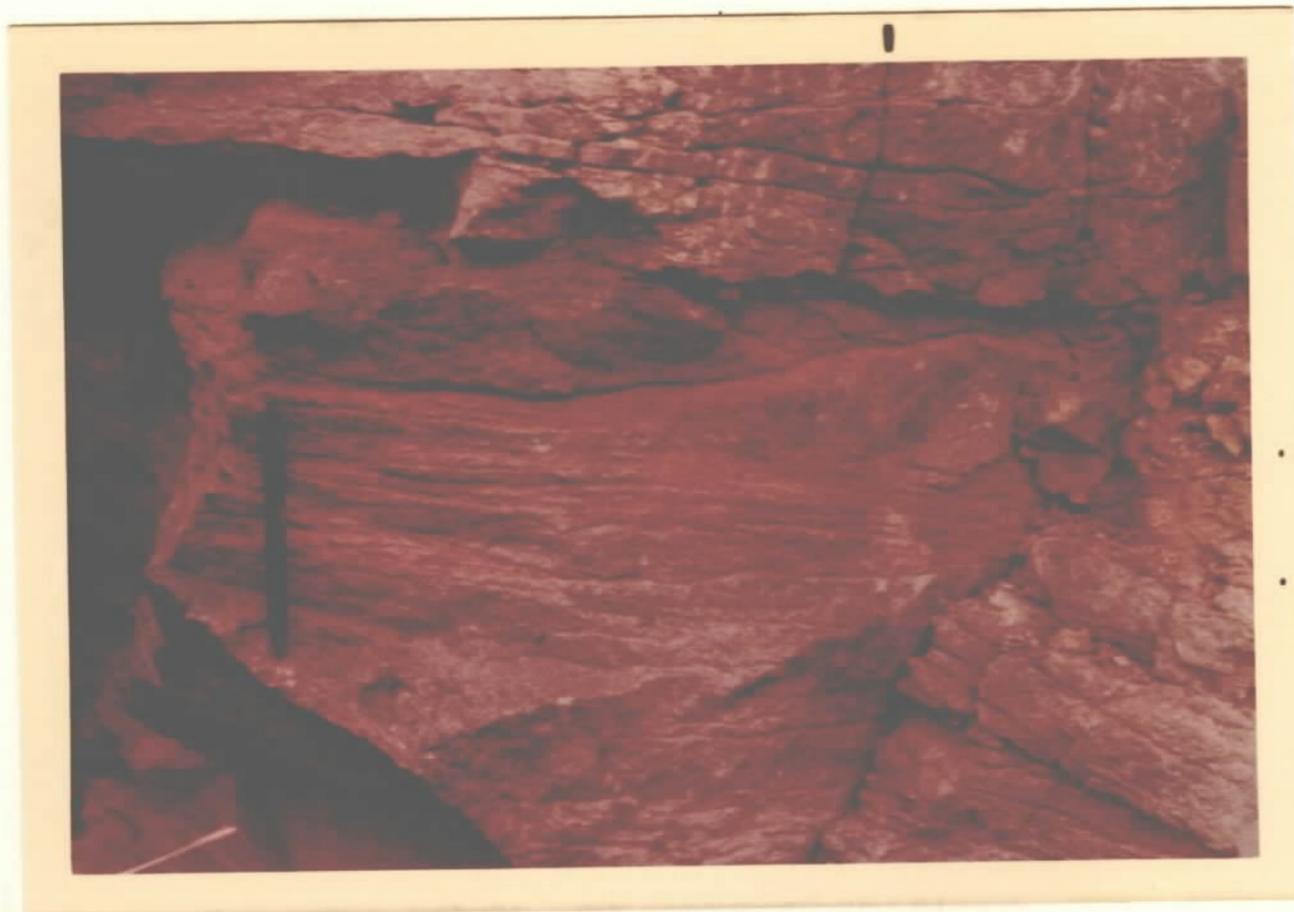


Foto 2 - Fosfato marrom substituindo leitos do calcário - Bigby e preenchendo fraturas - afloramento a 2 km do Motel Holliday Inn, Rodovia Colúmbia-Nashville.

ORIGEM DOS CALCÁRIOS FOSFÁTICOS

Várias são as hipóteses que vêm sendo aventadas para a origem dos calcários fosfáticos da Bacia Central do Tennessee. Segundo Hayes e Which (1903), trata-se de um calcário marinho de origem orgânica, devido a deposição de restos de animais em mar raso, onde o fundo foi mais ou menos afetado pelas marés. As rochas foram constituídas em parte, por conchas fosfáticas de pequenos molúsculos e conchas comuns de carbonato de cálcio, que em parte foi dissolvido pela água do mar, enquanto que as conchas fosfáticas menos solúveis, após sofrerem rolamento e desgaste, foram depositadas no fundo do mar juntamente com o carbonato de cálcio que se precipitou quimicamente.

Brown (1914) acreditava que o fosfato encontrado no calcário era originado da precipitação química da água do mar, saturada em fosfato de cálcio, proveniente de plantas, animais mortos e de depósitos primários do continente.

Em lâminas delgadas, Smith (1940) encontrou no calcário pequenos grãos arredondados e/ou ovais, formados por briozoários calcíferos, mostrando estágios de substituição por colofana, fosfato de cálcio amorfo. Entretanto, quando a substituição se deu, formando pequenas esférulas de colofana, não se notou nenhuma estrutura dos fósseis nem estruturas radiais e concêntricas dos oolitos. Juntamente com a colofana são encontrados, muitas vezes, cristais fibrosos de Dahalita.

Pelo que se vê as hipóteses nem sempre são concordantes, mas nem todos acreditam numa origem puramente orgânica, embora seja esta a proposição para fins comerciais. Acredita-se mesmo em uma ação bioquímica que se processou através de bactérias como propuseram Breger (1916) e Mansfield (1927) para os fosfatos do oeste dos Estados Unidos e Guimarães (1968) para os fosfatos de Cedro do Abaeté. As bactérias atuaram como agentes precipitadores do fosfato de cálcio e água do mar, dando maiores concentrações de fosfato onde havia agrupamento em colônias, devido as águas do mar apresentarem nesses locais, condições de vida para esses organismos.

Poder-se-ia explicar com mais facilidade a presença de fosfatos nos calcários Bigby e nas Formações Cannon e Lipers do que na formação sotoposta (Hermitage). Uma formação poderia em parte ser proveniente da erosão parcial da outra. O que é difícil de se explicar é a origem dos fosfa

tos da Formação Hermitage, a mais velha formação fosfática da Bacia Central do Tennessee.

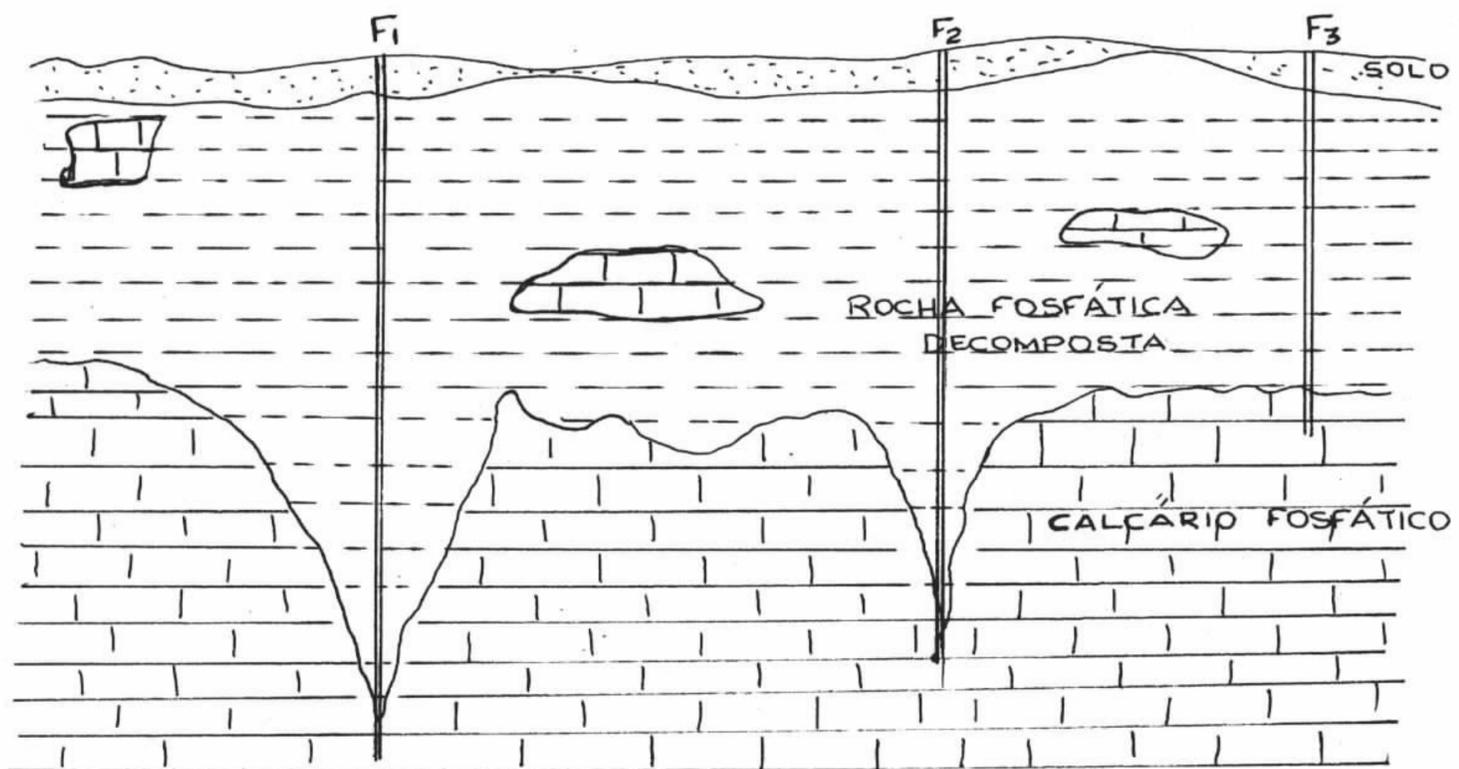
Qualquer que seja a hipótese admitida para a origem do fosfato encontrado no calcário, é mais importante, do ponto de vista econômico, explicar-se a formação dos depósitos fosfáticos explorados e/ou em exploração, para estabelecer critérios tipológicos análogos a de outros depósitos, principalmente os do calcário Bigby, cuja semelhança com o depósito de Patos de Minas achamos bastante grande.

Formados os depósitos de calcário fosfático Bigby, foram eles submetidos a ação do intemperismo causado não só pelas águas superficiais carregadas em dióxido de carbono, bem como pelas águas subterrâneas aciduladas. Sendo o calcário rocha facilmente atacável pela água com dióxido de carbono livre, e o carbonato de cálcio mais solúvel do que o fosfato de cálcio, o CaCO_3 foi lixiviado, favorecendo a concentração de fosfato de cálcio mobilizado "per descensum". Como a rocha apresentava fraturamento e porosidade suficiente para a percolação pelas soluções, elas foram preenchendo vazios com simultâneas trocas iônicas (metassomáticas), formando uma massa meteorizada residual, rica em fosfato de cálcio, dando origem a depósitos economicamente exploráveis.

Desta maneira, a rocha calcária fresca, que apresenta teores variados em P_2O_5 , devido a distribuição irregular do fosfato durante a deposição, após o intemperismo passa a um teor mais constante, em torno de 13% em P_2O_5 , em camadas com espessuras de até 13 metros, facilmente lavráveis devido a consistência física do material, bastante macia, não necessitando uso de explosivos para desmontes.

Para a formação desses depósitos foram necessários vários condicionantes:

- 1) Topografia favorável, mais ou menos suave, evitando a ação erosiva violenta. O calcário fosfático devia estar na superfície, sem cobertura de outra rocha que poderia ser impermeável e dificultaria sobremaneira, ou mesmo impediria a ação do intemperismo químico.
- 2) Fraturas e falhas favoreceram a ação intempérica, uma vez que formaram canais para circulação mais rápida da água subterrânea acidulada. Apesar de ser uma via de acesso às soluções mineralizadas, as fraturas às vezes podem levar a grandes erros na cubagem de uma jazida, pois se por um azar, um furo de sonda coincidir com uma fratura preenchida por material fosfático, levará a induzir uma espessura maior que a real, como pode ser visto no croquis abaixo:



As espessuras da rocha fosfática encontradas nos furos F_1 e F_2 seriam consequência de fraturas ou falhamentos preenchidos e/ou substituídos pelo fosfato de cálcio.

Este fato pode ter-se dado na jazida de fosfato de Patos de Minas, onde o fundo de depósito acompanha aproximadamente o relevo superficial, mostrando uma espessura média de 50 a 60 metros. No entanto, em determinados pontos já foram encontradas rochas fosfáticas até 120 metros de profundidade, o que provavelmente deve ser proveniente do preenchimento de fraturas ou planos de falhas por material fosfático. É um fato que precisa ser observado com cuidado, para evitar surpresas desagradáveis no futuro, quando da lavra da mina.

3) Condições de drenagem - a água subterrânea deve ter-se movido rapidamente através das camadas da rocha, pois o poder de dissolução da água subterrânea é maior quando a corrente se desloca mais rapidamente.

4) Caráter da água subterrânea - em face ao poder de dissolução do ácido húmico e do CO_2 contidos nas águas subterrâneas, tornou-se muito mais fácil a dissolução e redeposição dos carbonatos. O CO_2 dissolve o fosfato e o carbonato de cálcio na proporção de 1/100, razão porque o fosfato fica na rocha decomposta, enquanto o carbonato de cálcio é lixiviado com mais facilidade.

5) Minerais de argila concentrados em determinadas partes do calcário tornaram difícil a percolação da rocha, preservando blocos de calcário dentro da massa fosfática intemperizada (Foto 3). No entanto, essa retenção da solução facilitou não só a ação do intemperismo como também a concentração do fosfato de cálcio.



Foto 3 - Depósito fosfático proveniente da decomposição do calcário Bigby, mostrando blocos frescos de calcário no meio da massa fosfática decomposta - norte de Franklin-Tenn.

MINAS VISITADAS

1) DISTRITO DE COLÚMBIA - Mina Darks Mill

Situa-se no distrito de Colúmbia, município de Maury, onde são encontradas várias áreas de ocorrência de rochas fosfáticas, nem sempre de interesse econômico.

A Mina Darks Mill está a aproximadamente 8 km ao norte da cidade de Colúmbia, entre os córregos Cartes e Knob. O fosfato secundário é proveniente da decomposição de rochas calcárias da Formação Hermitage e/ou possivelmente, Bigby. Não é fácil distinguir o tipo de calcário fosfático que deu origem ao depósito. Esta área foi pesquisada e lavrada pelo T.V.A. (Tennessee Valley Authority), mas no mo-

mento está completamente abandonada. Em se tratando de um calcário fosfático com partes argilosas, encontram-se blocos de calcário fresco, tornando a lavra difícil e mesmo anti-econômica, uma vez que o teor em P_2O_5 na rocha decomposta varia de 10 a 13%. As fotos 4 e 5 dão uma idéia da posição atual da mina, ressaltando os blocos da rocha fresca, no meio da massa decomposta da rocha fosfática. Nessa mina abandonada, pouco se pôde ver, pois praticamente não resta mais nada de fosfato economicamente explorável.



Foto 4 - Mina Darks Mill, Distrito de Colúmbia.



Foto 5 - Mina Darks Mill - Distrito de Colúmbia.

2) DISTRITO DE FRANKLIN

Os depósitos fosfáticos em exploração no município de Williamson, pela Monsanto, em áreas ao norte da cidade - de Franklin, são derivados do intemperismo sofrido pelos calcários Bigby e Cannon. Nesses locais só é lavrada a faixa totalmente decomposta da rocha, sendo uma lavra fácil, pois é feita apenas por uma DRAG-LINE, que à medida que retira o material fosfático, totalmente intemperizado, o coloca nos caminhões basculantes para 22 toneladas (Foto 6).

Durante o processo da lavra, o capeamento estéril que é de aproximadamente 3 metros, é colocado pela DRAG-LINE sobre as partes já lavradas (Fotos 7 e 8), a fim de que possa ser feita a reconstituição do solo, atividade esta fiscalizada pelo Bureau of Reclamation do U.S.G.S.



Foto 6 - DRAG-LINE BUCYRUS 61-B, carregando caminhão de 22 toneladas de minério fosfático..



Foto 7 - DRAG-LINE BUCYRUS 61-B, retirando minério fosfático.



Foto 8 - Área já lavrada, onde está sendo preparada a reconstituição do terreno. As árvores em segundo plano estão próximas a um terreno já reconstituído - Norte de Franklin.

A camada lavrável é nessa área de aproximadamente 13 metros, com a rocha fosfática apresentando-se em cores variando do cinza azulado ao marrom. É bastante argilosa, com fragmentos da rocha calcária fresca. A granulometria é bastante fina, dificultando a identificação de minerais a vista desarmada.

A foto 9 dá uma nova idéia de uma das pequenas jazidas em exploração pela Monsanto.

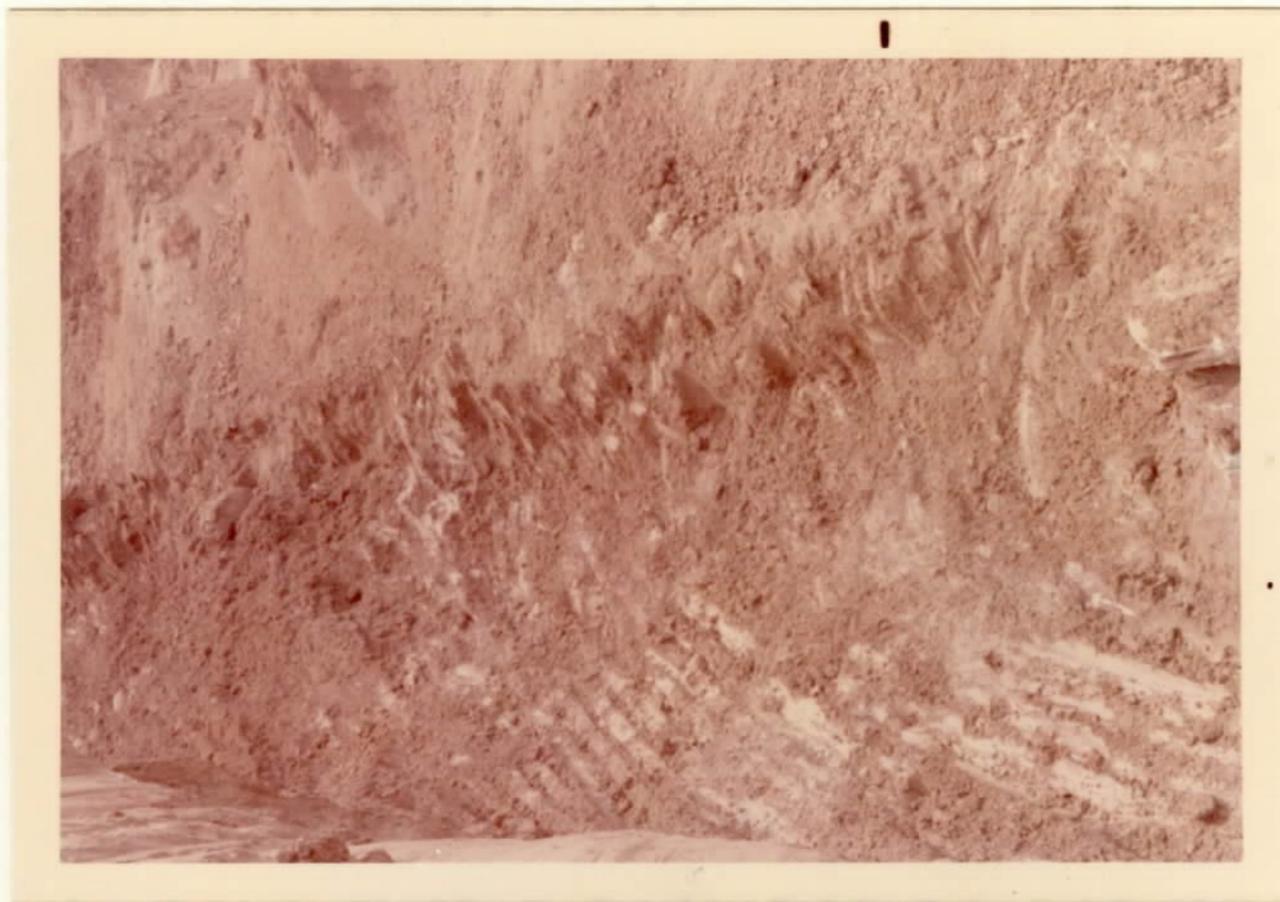


Foto 9 - Rocha fosfática, argilosa, com fragmentos e blocos de calcário fresco - norte de Franklin.

Uma das dificuldades para a lavra são os blocos de calcário fresco, como já explicado, devido ser ele muito argiloso, impediu a circulação de água subterrânea de modo a serem preservados blocos de rocha fresca de tamanhos variados (Foto 10). Apesar disso, não é necessário o uso de explosivos, uma vez que a própria DRAG-LINE consegue removê-los.



Foto 10 - Rocha fosfática intemperizada, com blocos de calcário fresco.

O material fosfático é transportado da mina até os embarcadouros da ferrovia (Foto 11) a uma distância de aproximadamente 1.600 metros, em região muito plana, sem nenhum declive, por caminhões basculantes de 22 toneladas. Fomos informados que o transporte por caminhões a distâncias superiores a 3 km torna-se anti-econômico, devido ao baixo teor do minério. Por ferrovia, o transporte é de aproximadamente 40 km até a Usina da Monsanto, situada 5 km a noroeste de Colúmbia, no município de Maury. São lavrados diariamente cerca de 6.200 toneladas de rocha fosfática.

O T.V.A. também lavra rocha fosfática na região de Franklin e possui embarcadouro próprio, onde a linha ferroviária apresenta uma certa declividade, sendo os vagões deixados de moto tal que à medida que vão sendo cheios, vai-se soltando o freio e eles descem por gravidade, sem necessi -



Foto 11 - Vagões de 62 toneladas sendo carregados de minério no embarcadouro da Monsanto - Distrito de Franklin.

tar locomotivas. Após o carregamento, a locomotiva coloca vagões vazios na parte superior e leva os cheios para as usinas. A capacidade do embarcadouro comporta 5 vagões em cada operação de carregamento, devido sua extensão.

As reservas desse tipo de fosfato no Estado do Tennessee, segundo Cam Hales da Monsanto, estão avaliadas em 75 milhões de toneladas. O teor médio é de 13% em P_2O_5 e só é usado para a fabricação de fósforo elementar, não sendo aplicado na agricultura devido a fatores de ordem econômica. Para este fim são usadas principalmente as rochas

fosfáticas da Flórida, que apresentam teores bastante elevados, superiores a 25% em P_2O_5 .

Ressalta-se o fato de que a maioria das minas não são de propriedade das companhias produtoras de fosfato, pertencendo geralmente a fazendeiros que fazem contratos de exploração, ficando contudo as empresas, na obrigação de reconstituição do solo que depois passa a ser usado na agricultura, conforme se vê na foto 8.

Não tratamos dos outros dois tipos de fosfato, o branco e o azul, porque, segundo informações dos técnicos do Serviço Geológico do Estado do Tennessee, não formam depósitos de interesse econômico.

Limitamos a descrever as rochas e depósitos da região de Colúmbia e Franklin, pois foi onde pudemos rapidamente ver alguma coisa. Sabe-se que ao sul de Colúmbia, na região de Mt. Pleasant existem depósitos importantes, mas não tivemos oportunidade de visitá-los.

MONSANTO CHEMICAL COMPANY

A Monsanto Chemical Company instalou em 1936, a noroeste de Colúmbia, no município de Maury, a usina de sínterização usando fosfato de baixo teor. Em 1937, os primeiros fornos elétricos para obtenção do fósforo elementar para a conversão do ácido fosfórico e outros compostos, entraram em produção.

O processo de obtenção do fósforo elementar pode ser resumido em três etapas:

- 1) Deslamagem - A rocha fosfática, após lavrada, é submetida a um peneiramento em malha de 1/2 polegada. Mate-

rial acima deste tamanho, após moído, é encaminhado para a parte de sinterização. O material que passa pelo peneiramento é composto de água, argila e areia fosfática e é submetido a dois classificadores recuperando areias entre 30 a 200 meshes, que passa a hidrociclones onde o material fino é eliminado. A areia fosfática é enviada para os depósitos dos sinterizadores, onde é misturada com o material que não passou no primeiro peneiramento.

2) Sinterização - A mistura de areia e fragmentos de rocha fosfática que não deve ter mais que 1/4 de polegada - de tamanho, é enviada a misturadores onde é acrescentado carvão finamente moído, passando posteriormente para os sinterizadores. No processo de sinterização forma-se uma massa porosa de material fosfático e são eliminadas impurezas associadas à água e outros materiais voláteis.

3) Volatilização e Condensação do Fósforo - O sinter fosfático é reduzido a um tamanho adequado para alimentar os fornos elétricos, onde o fósforo é volatilizado. Após - sua condensação em água, é bombeado para tanques especiais de concreto, dos quais é levado para vagões tanques, onde é transportado. Do processo de volatilização do fósforo - forma-se uma escória ferro-fosforosa que é vendida para a indústria do aço.

O consumo de água pela Usina de Monsanto é muito grande, obrigando a empresa a construção de uma grande barragem (Foto 12), a aproximadamente 3 km da usina. Há circulação da água, mas à medida que o reservatório abaixa é ele alimentado através de bombeamento do rio Druck.

A produção atual da Monsanto é de 100.000 toneladas de fósforo elementar ao ano.



Foto 12 - Crista da barragem para alimentação da Usina de
Fósforo Elementar da Monsanto - Distrito de
Colúmbia.

MAPA DE SITUAÇÃO DA BACIA CENTRAL DO TENNESSEE E ÁREAS DE OCORRÊNCIA DE CALCÁRIOS FOSFÁTICO

-  - Limite aproximado da bacia central do Tennessee
-  - Área aproximada de ocorrência de calcários fosfáticos

Esc. aproximada 1:160.000

