PAULINO EDUARDO FERNANDES PINTO COELHO

DEDALUS - Acervo - IGC

30900005504

T503
ex 2

RECONHECIMENTO RADIOGEOLÓGICO DA REGIÃO DE PERÚS (SP)

2V 104 P.

VOLUME I

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

Orientador :
Prof. Dr. Aledir Paganelli Barbour

SÃO PAULO
1980

ÍNDICE

Página

VOLUME I

1 - INTRODUÇÃO 1

1.1 - OBJETIVOS 1

1.2 - LOCALIZAÇÃO 1

1.3 - TRABALHOS ANTERIORES 1

1.4 - HISTÓRICO 6

1.5 - DADOS FISIOGRÁFICOS 8

1.5.1 - Geomorfologia 8

1.5.2 - Clima 10

1.5.3 - Vegetação 10

2 - METODOLOGIA 11

2.1 - METODOLOGIA GERAL 11

2.2 - LEVANTAMENTO RADIOGEOLÓGICO 12

2.2.1 - Medidas radiométricas 14

2.2.2 - Medidas de controle 16

2.2.3 - Amostragem 18

2.2.4 - Levantamento geológico 19

2.3 - MICROAUTORADIOGRAFIA ALFA 19

2.3.1 - Permeabilidade 20

2.3.2 - Forma dos traços 21

2.3.3 - Teores dos elementos radioativos 22

2.3.4 - Revelação do filme 24

2.3.5 - Microfotografias 24

2.3.6 - Determinação dos teores 25

Página

2.4 - ESPECTROMETRIA GAMA 28

2.4.1 - Instrumentação usada 28

2.4.2 - Preparação das amostras 28

2.4.3 - Calibração do espectrômetro gama 29

2.4.4 - Análise quantitativa 30

2.5 - ANÁLISE POR MICROSSONDA ELETRÔNICA 32

2.5.1 - Instrumentação usada 32

2.5.2 - Preparação das amostras 33

2.5.3 - Procedimento analítico 33

3. GEOLOGIA REGIONAL 35

3.1 - TECTÔNICA 35

3.2 - ESTRATIGRAFIA 36

3.3 - GEOCRONOLOGIA 39

3.4 - PETROGRAFIA 39

3.4.1 - Metaconglomerado 39

3.4.2 - Metaarcózios e metagrauvacas 40

3.4.3 - Quartzitos 41

3.4.4 - Filitos 42

3.4.5 - Sericita-xistos 43

3.4.6 - Anfibolitos 44

3.4.7 - Rochas granitóides 45

3.4.8 - Outras rochas 49

4 - GEOLOGIA LOCAL 51

4.1 - GEOLOGIA ESTRUTURAL 51

4.2 - ESTRATIGRAFIA 56

4.3 - PETROGRAFIA 58

Página

4.3.1 - Micaxistos 58

4.3.2 - Calcossilicatadas 59

4.3.3 - Metabásicas 60

4.3.4 - Quartzitos 61

4.3.5 - "Granito Pirituba" 61

4.3.6 - Granitos turmalinîferos e pegmatitos 63

5 - PROSPECÇÃO RADIOGEOLÓGICA 67

5.1 - INTRODUÇÃO 67

5.2 - RESULTADOS 68

5.2.1 - Perfis radiogeológicos 72

5.2.2 - Mapas radiométricos e análise de tendência 83

6 - CARACTERIZAÇÃO DA RADIOATIVIDADE DAS AMOSTRAS 86

6.1 - MICROAUTORADIOGRAFIA ALFA 86

6.1.1 - Caracterização dos focos radioativos 87

6.2 - ESPECTROMETRIA GAMA 89

6.3 - ANÁLISE POR MICROSSONDA ELETRÔNICA 90

7 - CONCLUSÕES 92

8 - AGRADECIMENTOS 99

9 - BIBLIOGRAFIA 101

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo a determinação de anomalias radiométricas primárias e seu significado, assim como a identificação e classificação da fonte desta(s)anomalia(s) e, sua provável correlação aos minerais uraníferos secundários que ocorrem na região.

1.2 - LOCALIZAÇÃO

A região estudada situa-se 20 km à NW do município de São Paulo, compreendendo parte deste e limites dos municípios de Mairiporã (a leste) e Caieiras (ao norte),abrangendo as localidades de Perús e Taipas. Ocupa uma área de aproximadamente 40 quilômetros quadrados entre as longitudes $46^{\circ}41'37"$ e $46^{\circ}45'44"$ W e as latitudes $23^{\circ}23'05"$ e $23^{\circ}27'29"$ S. As principais vias de acesso são a Estrada Velha São Paulo a Campinas, Estrada da Parada, Rodovia Anhanguera e ferrovia que liga Santos a Jundiaí (Figura 1).

1.3 - TRABALHOS ANTERIORES

Referências bibliográficas abrangendo parcial ou totalmente a região objeto deste estudo são numerosas.

A ocorrência de ouro nas cercanias do Morro do Jaraguá, explorada durante o período colonial, motivou surgimento dos primeiros trabalhos sobre a área. Posteriormente DERBY (1889) fez um "Retrospecto Histórico dos trabalhos geográficos e geológicos efetuados na Provincia de São Paulo",apresentando-o no Boletim nº 1 da então "Comissão Geográfica e Geológica da Provincia de São Paulo" (hoje Instituto Geológico da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo).

KNECHT (1936) faz referências à mineralogia dos pegmatitos locais e suas implicações genéticas citanto a ocorrência de autunita (uranita) bem como documentando a ocorrência de uma pequena lente de petchblenda na Pedreira DiSandro, constituindo-se este o único registro de mineral primário de urânio em Perús até a realização do presente trabalho.

MORAES REGO & SOUSA SANTOS (1938) efetuam um estudo detalhado dos granitos da Serra da Cantareira estabelecendo a classificação de granodiorito para tais rochas realizando também ensaios mecânicos.

AB'SABER (1947) retrata a "Geomorfologia da região do Jaraguá" caracterizando a existência de pelo menos três unidades distintas: uma "eruptiva" representada pelos granitos da Cantareira, com altitudes de 1.000 a 110 m, uma segunda metamórfica representada por metassedimentos e metabásicas do Grupo São Roque; e uma terceira de ordem sedimentar representada por sedimentos da Bacia de São Paulo.

KNECHT (1950) escrevendo sobre as ocorrências minerais do município de São Paulo faz um breve histórico sobre os trabalhos que relatam a descoberta de ouro do Jaraguá. Mais adiante, cita as ocorrências de feldspato, caulim, lepidolita, uranita (autunita), berilo, além de turmalina na região de Perús, bem como alguns dados econômicos sobre aproveitamento de alguns destes minerais.

ARGENTIÈRE (1953) em seu livro "Uranio e Torio no Brasil" exemplifica a aplicação de um contador Geiger-Muller, através de medidas radiométricas punctuais em Perús.

COUTINHO (1953) designa de adamelito ou granodiorito conforme a riqueza de plagioclásio o "granito" tipo Pirituba da Serra da Cantareira.

ALMEIDA (1955) associa a tectônica moderna da Serra da Cantareira à deposição dos sedimentos das camadas de São Paulo através de um grande falhamento aproximado E-W

na Serra da Cantareira, um "deslocamento para oeste, do bloco meridional que desceu num ângulo de 15°..." que deve ter provocado a deposição das camadas de São Paulo". Salienta ainda a"direção anormal deste eixo se comparadas com o predomínio absoluto" das direções NE do planalto de São Paulo.

COUTINHO (1955) estudando os "Metaconglomerados e rochas associadas ao Município de São Paulo" aponta o caráter de "depósito basal de formação para os primeiros e sugere a inclusão das rochas xistosas que ocorrem a NE da área por ele estudada (W de Taipas)", em uma série mais antiga (Arqueana) que a Série Açungui.

FRANCO, R.R. (1958) associa as variações da mineralogia dos xistos micáceos do Grupo São Roque e a ocorrência de hornfels (calcossilicatados) a fenômenos de "Termometamorfismo" (metamorfismo de contato) causados pelas intrusivas ácidas.

CAMARGO & COUTINHO (1960) citam a ocorrência de Beta-Uranofanio em Perús, em cavidades poliédricas, aventando a possibilidade de uma origem hidrotermal para o mesmo que parece provir da alteração "in situ" de cristais primários, como sugere o contorno poliédrico das cavidades em que se encontram.

MATAKO (1960) efetua para a C.N.E.N. o "Radiometric Reconaissance Rio de Janeiro, São Paulo and Perus Area,Brazil".

CORDANI *et alii* (1961), estudando a geologia da região do Jaraguá, propõem a seguinte seqüência dos eventos geológicos na região:

1 - Sedimentação clástica predominantemente grosseira sobre o embasamento cristalino.

2 - Magmatismo básico.

3 - Dobramentos e falhamentos transcorrentes com metamorfismo regional durante o Pré-Cambriano, culminando com intrusão de corpos graníticos tardi a pós-tectônicos.

4 - Erosão paleozóica-mesozóica acompanhada de soerguimentos e falhamentos normais com início de nova fase erosiva.

5 - Sedimentação recente (cenozóica inferior até hoje).

GOMES (1962 e 1971) e GOMES *et alii* (1964-1968) pesquisaram os anfibolitos da região do Jaraguá, através de análises químicas quantitativas, mineralógicas e texturais visando a determinação da origem destas rochas e dividindo as ocorrências em duas zonas (A e B). Uma afetada unicamente por metamorfismo dínamo-termal e uma segunda nas proximidades da Serra da Cantareira,afetada por provável metamorfismo de contato decorrente da intrusão do "Granito Pirituba".

CORDANI *et alii* (1963) estudaram pormenorizadamente as rochas calcossilicatadas da Região de Perús, SP" atribuindo para estas uma origem por metamorfismo de contato decorrente da atuação das intrusivas "graníticas" do tipo Pirituba sobre calcários magnesianos impuros intercalados nas rochas pelíticas regionais.

GABELMAN (1963) referindo-se a ocorrência e distribuição dos minerais de urânio em Perús, estimou em 5% a porcentagem de fraturas mineralizadas nos pegmatitos. Mais adiante em seu relato, enfocando a origem do urânio, admite ser este proveniente da lixiviação de pequenos corpos irregularmente distribuídos de turmalina-granito ou pouco provavelmente, superposição de veios ("stockworks") na área pegmatítica num período de mineralização terciário.

HASUI (1963) estudou os granitos turmalilíferos de Perús citando segundo dados de HENRI MAU, que a ocorrência de minerais secundários de urânio em diaclases obedece a orientação preferencial N70W30SW.

ALMEIDA (1964) divide geomorfologicamente o Estado de São Paulo em cinco grandes províncias abrangendo 16.

zonas e 6 sub-zonas. Coloca os corpos intrusivos da Cantareira e Morro do Tico-Tico, bem como os metamorfitos do Grupo São Roque, dentro da Província do Planalto Atlântico, nas zonas da Serrania de São Roque e Planalto Paulistano. Descrevendo a origem do Planalto Paulistano, cita a associação desta à destruição da superfície Japi e ao estabelecimento da superfície erosiva do Alto Tietê durante o Terciário, e o desenvolvimento de falhamentos provavelmente durante o Plioceno. Discorrendo sobre a origem das grandes formas de relevo da Serrania de São Roque admite como fatores originários destes, os mesmos associados a formação do Planalto Paulistano.

CAMARGO (1965) em sua tese de cátedra afirma que "em Perús o urânio primário se encontra nos minerais pegmatíticos, principalmente na apatita, a qual apresenta um teor de urânio de 56 ppm, bastante elevado em relação à média das rochas magmaticas ácidas e em relação ao teor dos demais minerais primários associados".

CORDANI & BITTENCOURT (1967) apresentam o resultado de 56 datações em rochas do Grupo Açunguí através do método K-Ar, incluindo oito amostras coletadas na região de Perús.

PENALVA & HASUI (1970) caracterizam o corpo intrusivo do Morro do Tico-Tico, identificando-o como um granito verdadeiro ligado em profundidade ao batólito da Serra da Cantareira, descrevendo como principais minerais constituintes o ortoclásio pertítico, o quartzo e o plagioclásio e como acessórios a muscovita, biotita, granada, apatita e zircão.

CORDANI & KAWASHITA (1971) determinam através do método Rb-Sr idades de cerca de 610 e 540 m.a. para as rochas intrusivas tardi e pós-tectônicas do Grupo Açunguí incluindo os granitos da Serra da Cantareira e os granitos turmaliníferos de Perús.

COUTINHO (1972) em seu trabalho "Petrologia do

Pré-Cambriano de São Paulo e Arredores" discute a origem das rochas granitóides do tipo Pirituba e da origem a partir de uma fusão parcial nas zonas profundas dos sedimentos geossinclínicos e intrusão subseqüente, indicando ainda o calor gerado nestas ascensões magmáticas palingenéticas" como provável agente térmico causados das transformações metamórficas regionais. Tomando por base seu mapa de fácies metamórfico, associa a existência de auréola metamórfica ao redor do "stock" do Tico-Tico a possível influência parcial de calor magmático.

HASUI & HAMA (1972) através do método potássio-argônio estudam a geocronologia do Grupo São Roque. Determinam as idades de 613 m.a. para o granito tardi-pós-tectônico Anhanguera, 645 m.a. para o Granito Pirituba e 714 m.a. para os epimetamórfitos do Grupo São Roque.

Especial atenção merece o projeto da C.P.R.M. (junho, 1975) "Projeto Sul de São Paulo" feito sob contrato entre CBTN e CPRM o qual teve por objetivo o levantamento radiométrico de uma área de 16.000 km^2 através de 5.000 km de perfis, com observações de 2 em 2 km no qual se recomenda o estudo detalhado das intrusões graníticas posteriores ao Grupo São Roque bem como suas relações de contato visando a obtenção de novos dados que ampliem as chances de se obter a localização de depósitos de minerais de urânio.

HASUI *et alii* (1975) consideram insuficientes as semelhanças litológicas, metamórficas e cronológicas para o estabelecimento da unidades estratigráfica do Grupo São Roque como extensão do Grupo Açunguí. Referem-se ao Grupo São Roque como parte de "outro sistema de dobramento situado a NW do Sistema Apiaí e paralelo a este". Define a ocorrência do Grupo São Roque dentro da zona de Transcorrência de São Paulo".

1.4 - HISTÓRICO

Desde a primeira metade do século a região de Pe

rûs é conhecida pela variedade mineralógica contida em seus pegmatitos e granitos turmalinîferos, bem como por suas feições texturais e estruturais.

Surgiram naquela época trabalhos descritivos e alguns semi-quantitativos a respeito da região onde era mencionada a ocorrência de minerais uraníferos como a uranita (autunita) e petchblenda (esta última obtida através do beneficiamento do produto de alteração dos granitos turmaliníferos e pigmatitos de Perûs).

A existência de apatita uranífera (56 ppm) na região aliada a ocorrência de descontinuidades estruturais preenchidas por minerais secundários de urânio suscitou a idéia de que estes últimos seriam provenientes da primeira por processo intempérico.

Não havia sido ainda investigada a existência de urânio contido na alanita, granada e zircão.

As grandes massas graníticas pegmatíticas irregularmente meteorizadas, a mineralogia complexa dos pegmatitos se comparada com outros pegmatitos periféricos ao Granito Pirituba poderia sugerir a existência de mineral uranífero primário constituindo veios hidrotermais em subsuperfície ou nîveis topográficos mais elevados atualmente erodidos.

A ocorrência de minerais mirmequíticos, berilos bombardeados atomicamente (comunicação verbal do Professor Doutor Darcy P. Svisero) e veios de quartzo enfumaçado são indícios de intensa radioatividade atuando na área.

Além disso, a existência de minerais uraníferos secundários perfeitamente cristalizados preenchendo cavidades anteriormente ocupadas por cristais euhedrais nos pegmatitos sugerem a ocorrência de minerais uraníferos primários em tais cavidades e que teriam originado os atualmente existentes.

Geograficamente, a zona mineralizada em urânio

situa-se junto ao município de Perús, concentrando-se predominantemente em pegmatitos e granitos turmaliníferos, não tendo-se notícias dos mesmos em outras áreas pegmatíticas relacionadas ao Granito "Pirituba". Igualmente não se verifica nos demais pegmatitos a variedade mineralógica alí presente.

A ocorrência de minerais uraníferos secundários se restringe aos corpos de granitos turmaliníferos e pegmatitos associados.

Contagens radiométricas efetuadas na área revelaram um "background" elevado na região e a existência de fontes com até duas vezes este valor, explicada pela provável existência de um horizonte extremamente oxidado dos pegmatitos uraníferos por onde a água percolara (GABELMAN, 1963).

Estas observações estimularam-nos a fazer um estudo mais pormenorizado do distrito de Perús, com vistas à caracterização da fonte dos minerais uraníferos secundários alí existentes.

1.5 - DADOS FISIOGRÁFICOS

1.5.1 - Geomorfologia

Segundo ALMEIDA (1964) que dividiu a geomorfologia do Estado em cinco macroregiões, com divisões menores, em seu trabalho "Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista", pode-se enquadrar a região estudada dentro do Grupo I, representado pela Província do Planalto Atlântico. Este Grupo é subdividido em onze zonas, duas das quais caracterizam o relevo da área em questão.

A separação entre as duas zonas na região é difícil, podendo-se considerar a área como uma zona de transição do relevo típico da zona do Planalto Paulistano, a sul da área, para a Serrania de São Roque com feições geomorfológicas de destaque na região. Assim sendo, a zona do Pla

nalto Paulistano que abrange no Estado uma área de 5.000 km^2 está aí representada por feições topográficas de altitude média (cotas 700-900 m) constituindo um relevo suave com drenagem dirigida para o Tietê.

Bem caracterizada na área, está a Serrania de São Roque representada por um planalto cristalino de relevo acidentado, resultado de forte dissecação (caráter montanhoso). Suas maiores elevações estão relacionadas ao maciço granítico da Cantareira que em alguns pontos (Serra da Ajuá) atinge valores em torno de 1.150 m, bem como pela Serra dos Cristais e Morro do Jaraguá, estes dois últimos no extremo SW da área. Aqui igualmente as águas se dirigem para o rio Tietê, estando fortemente condicionadas às estruturas geológicas locais, tais como xistosidade e falhamentos. Os desníveis são apreciáveis, visto que seus vales situam-se em torno da cota 600 e 750 m.

Desta maneira, observa-se na região três classes altimétricas: aquelas representadas pelas várzeas dos cursos d'água em sedimentos recentes acumulados em vales fechados e mesmo entalhando metassedimentos ao redor da cota 650m, as cotas entre 700 e 900 m representadas por pequenas elevações das rochas metassedimentares que em casos extremos atingem os 1.100 m nas proximidades da Serra dos Cristais, e um relevo mais acidentado representado pelos quartzitos do Morro do Jaraguá com altitude média em torno de 1.200 m e pelo maciço granítico da Cantareira, com elevações da ordem de 1.100 m inferiores ao do quartzito, devido sua menor resistência ao intemperismo.

Observou-se que as cotas mais baixas correspondiam igualmente aos núcleos pegmatíticos de Perús, mais facilmente alteráveis, ocupando cotas em torno de 750 m, inferiores à média dos valores mínimos que se situaram em torno da cota 800.

1.5.2 - Clima

Segundo a classificação de KÖPPEN o clima da região é do tipo Cfb, ou seja, clima mesotérmico úmido sem estiagem. A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C, com pluviosidade variando entre 1.100 mm e 2.000 mm. É clima típico de áreas serranas mais elevadas. Os solos locais estão representados por litossolo fases substratum granito-gnaisse e filito xisto e latossol vermelho amarelo.

Naturalmente variações locais no comportamento climático definido regionalmente, se fazem sentir em função da natureza e densidade da vegetação, topografia e proximidade da faixa litorânea.

1.5.3 - Vegetação

A região ora estudada, encontra-se em terrenos outrora ocupados pelas florestas latifoliadas, salientando-se na porção abrangida pelas Serras da Cantareira e Ajuá um subtipo designado floresta latifoliada tropical úmida de encosta, que encontra-se parcialmente preservada.

2 - METODOLOGIA

2.1 - METODOLOGIA GERAL

Primeiramente foi elaborado um plano de trabalho escolhendo-se a área a ser levantada através do percurso de perfis a passo ou veículo e definindo o levantamento radiogeológico como primeiro passo para o estudo da área. Em seguida foram efetuadas medidas radiométricas e de controle com coleta de amostras nos pontos anômalos ou quando sua identificação requeria análise de laboratório. A intervalos médios de 500 metros eram feitas tais medidas bem como descrição do ponto observado e medidas estruturais.

Paralelamente às medidas no campo, procurava-se analisar visualmente, através de esboços gráficos, a relação entre as observações feitas nos pontos visitados (Figura 2).

Os dados resultantes deste levantamento foram tabelados e agrupados para confecção de mapas de: ISORADS (isointensidade) de contagem total do aparelho; razão contagem total/contagem ambiente (designada "background") e geológico. Os dados estruturais e radiométricos receberam um tratamento estatístico simples para o estabelecimento de tendências.

Obteve-se assim, uma área de interesse para detalhamento. Realizou-se então, a coleta de amostras para análises de laboratório. Procurou-se individualizar algum mineral primário de urânio, inicialmente, pelo método de difração de raios X, e macroautoradiografia, porém estes não produziram resultados satisfatórios. Utilizou-se, então, a técnica de emulsão nuclear, obtendo-se assim os primeiros resultados. Passou-se a seguir à utilização de microssonda eletrônica e espectrometro γ de laboratório.

Novamente os dados obtidos foram analisados, per

mitindo o estabelecimento das observações contidas neste texto.

2.2 - LEVANTAMENTO RADIOGEOLÓGICO

Tendo por base a ocorrência dos minerais uraníferos secundários na área e os indícios da provável existência de ocorrência de maior interesse econômico (vide item 1.4), optou-se por um reconhecimento radiogeológico, visando delimitar extensão, expressão e número de anomalias com o intuito de circunscrever uma área de maior interesse para detalhamento, sendo tal procedimento de caráter rotineiro na prospecção de urânio (MACIEL *et alii.*, 1973).

Primeiramente, procurou-se todos os levantamentos porventura existentes na área, voltados ao reconhecimento radiométrico. Obteve-se quatro comunicações (ARGENTIÉRE,1953; MATZKO, 1960; GABELMAN, 1963; CPRM, 1975) de caráter regional e expedito contendo referências a região anômala de Perús.

O Projeto Sul de São Paulo abrangeu a área com pontos de medida a cada 2 km enquanto os demais trabalhos se basearam em perfis regionais ou contagens punctuais.

Com base na bibliografia existente sobre a área, foi delimitado um polígono, que abrangesse, as várias unidades litológicas presentes no local visando a caracterização das tendências de cada uma com referência ao seu comportamento radiométrico.

Partiu-se então, para a escolha da instrumentação mais adequada. Igualmente, observou-se a bibliografia, procurando-se comparar os diversos aparelhos disponíveis, optando-se pelo uso do cintilômetro com base nos dados do Anexo 2, na disponibilidade do aparelho e após constatar a baixa sensibilidade e elevada flutuação nas contagens de um contator Geiger-Muller testado em uma das pedreiras da região. Foi utilizado um cintilômetro marca MICROLAB, modelo 346,

registrado sob o nº 30, pertencente ao Departamento de Recursos Minerais da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Do estudo do tipo de material a ser medido, optou-se por rocha sã, visando determinar radioatividades primárias em rocha fresca. As medidas em solo e rocha alterada, só foram efetuadas em locais onde não havia afloramento de rocha sã. Além disso, cogitou-se da possibilidade e conveniência de se efetuar análise geoquímica de solos. Porém, devido a grande mobilidade geoquímica do U, bem como a topografia relativamente acidentada da região, aliado ao fato de provável contaminação, devido à proximidade da área urbanizada, poderiam conduzir a uma interpretação errônea dos dados obtidos, motivo pelo qual não foi feita amostragem geoquímica dos solos.

Para controle dos fatores de influência na reação do contador (cintilômetro) tomou-se a precaução de se efetuar contagem ambiente de radiação (contagem de fundo - BG), medida de carga das baterias, medidas de temperatura, leitura altimétrica em cartas topográficas 1:10.000 de 1974 do GEGRAN, notação da posição geomorfológica (vale, planalto, meia encosta, etc.) e notação do estado de alteração do material examinado (rocha sã, alterada, solo de alteração, etc.).

Sobre a folha topográfica, estudou-se as principais vias de acesso, sua dificuldade, geologia abrangida e prioridade de execução. Assim sendo superpondo-se um papel vegetal sobre a planta definiu-se três tipos de perfis. Um perfil A (principal) de orientação aproximada N-S, correspondendo a antiga estrada São Paulo-Campinas, cortou toda a região. A partir deste, outros perfis foram executados abrangendo as áreas a E e W recebendo as designações I, II, III, IV, V, etc. e 1, 2, 3, 4, etc. Além destes perfis, no campo, foram escolhidos mais alguns que foram designados por Op1, Op2, etc.

Os perfis foram percorridos parcialmente de veículo e parcialmente a pé com paradas a intervalos de apro

ximadamente 500 m para observação de afloramentos e realização de medidas objetivando uma produção satisfatória e obtenção de contagens representativas. Este espaçamento foi determinado após constatar-se resultados não muito satisfatórios com espaçamentosmaiores e menores.

Uma vez no campo utilizou-se de um altímetro Pauling para controle altimétrico. Porém, o uso do altímetro, aumentava muito o tempo de permanência em cada afloramento tendo-se optado apenas pelo controle altimétrico das cartas do Gegran.

Após a atividade de campo, passou-se ao tratamento dos dados obtidos e a confecção de mapas e perfis radiogeológicos.

2.2.1 - Medidas Radiométricas

Em cada ponto foram feitas um mínimo de duas medidas com anotação da carga da bateria. A saber:

1 - Medida de radiação γ ambiente ("background"BG):

O contador era colocado a altura de 2 m, apontado para o alto, afastado do afloramento cerca de 10 m ou mais e a contagem era lida no mostrador de agulha até se estabilizar, num período não inferior a 2 minutos. Tais contagens eram realizadas no fundo de escala 150 c.p.s. rápido e 150 c.p.s. lento. Quando necessário era aumentado o fundo de escala. O registro destas contagens era feito no intervalo médio de oscilação da agulha, ou seja, entre os valores que ela se situava. Ex. 80-90 c.p.s.

2 - Medida de Radiação γ do Afloramento ("contagem total"):

Estas contagens eram efetuadas com o contador em contato com a superfície da rocha ou solo em observação. Geralmente eram realizadas três medidas do afloramento: $\geq$ 1 minuto com fundo de 150 c.p.s. rápido; uma até a estabilização

de 150 c.p.s. lento; e uma ≥ 1 minuto de 500 c.p.s. rápido, visando a confirmação das duas primeiras. Nestas medidas somente uma superfície da fonte era mantida em contato e/ou próxima ao tubo detector. Tal procedimento objetivava a diminuição dos efeitos de massa e cavidade. Somente nos casos de áreas anômalas a contagem era feita com seletores superiores a 500 c.p.s. rápido, e neste caso, eram verificadas com outros de maior fundo ou menor fundo de escala, em períodos iguais, ou superiores a 2 minutos.

Procurou-se também realizar contagens de fontes de água sempre que estas estivessem próximas ao ponto de interesse, pois não se objetivava este tipo de material. Assim sendo, efetuou-se, duas medidas: uma a jusante do açude próximo a ROCHAGUA e outra próxima a Pedreira Rafael Di Sandro, não tendo-se registrado valores anômalos.

Qualquer irregularidade com o aparelho também era anotada. Observou-se por algumas vezes, mal contato no fio do detector próximo à caixa de bateria já no final dos trabalhos.

As anotações constantes de cada ponto constam do Anexo 1.

Quando ocorria mais de uma litologia num ponto,eram realizadas medidas em cada uma, anotando-se para efeito de cálculo aquela representante do maior valor. Do mesmo modo, no caso de se constatar um ponto anômalo, interrompia-se temporariamente o caminhamento para tentar-se determinar a fonte desta, a existência de uma anomalia de maior valor, bem como, a coleta de amostra e "croquis" de localização da anomalia, anotando-se a maior contagem então registrada.

Os pontos eram locados em base cartográfica do Gegran e localizados ou por referência da própria planta, ou por passo aferido, ou ainda por odômetro do veículo.

2.2.2 - Medidas de Controle

Apesar da pequena penetração do cintilômetro γ portátil (10-20 cm), bem como de sua relativa estabilidade térmica (5-50° C) em nosso clima, foram previstas variações nas contagens totais devido a diversos fatores (Anexo 2) como observado em trabalhos anteriores (CPRM, 1975). Assim sendo, realizaram-se os seguintes controles:

a. Medidas de temperatura

Foram efetuados com um termômetro de bulbo estrangulado graduado em grau °F (Farenheit). As leituras eram feitas em cada ponto, após a estabilização do nível de mercúrio. Ao fim das medidas os valores foram convertidos em °C (graus centígrados).

b. Medidas altimétricas

Inicialmente, fixou-se o RN da Pira do Ipiranga como estação O (zero) do caminhamento altimétrico, com controle diário de temperatura, pressão e horário realizado através do Aeroporto de Congonhas e levantamento de campo com um altimetro tipo Pauling associado a medidas de temperatura e horário.

Porém tal procedimento mostrou-se bastante moroso, sendo substituído por controle através de base cartográfica, na escala 1:10.000 do Gegran com curvas de nível de 5 em 5m, permitindo uma resolução de 2,5 m. A locação dos pontos na carta era obtida através de pontos notáveis do terreno, constantes da carta.

c. Medidas de tempo

Visando obter-se um bom número de contagens num intervalo de tempo semelhante em todos os pontos analisados foi efetuada a cronometragem das contagens.

Eram feitas através de cronômetro marca TOHEN parcial e totalizador a toda corda em cada ponto e para ca

da medida.

d. Medidas de carga de bateria

O conjunto de quatro pilhas de 1.5 V cada, era testado antes do início de cada contagem através de seletor apropriado do cintilômetro e leitura no visor do aparelho. Era anotado sempre o valor de referência em c.p.s. e o posicionamento em relação à escala (em azul) de efetividade da bateria.

e. Efeito de massa e topografia

A posição descritiva dos pontos era anotada em termos de: meia encosta, topo ou alto topográfico, vale, planalto, várzea, parede de cavidade, chão de estrada, etc., visando a indicação de possível efeito de massa e/ou da topografia.

f. Grau de alteração do material examinado

Estabeleceu-se o seguinte critério designativo do estado de alteração do material examinado:

SA - solo de alteração de rocha. Apresenta-se intensamente intemperizado; oxidado com cores totalmente diferentes da rocha original, porém, preserva a estrutura da rocha mãe, não apresenta consistência.

RD - rocha decomposta. É a rocha em estado avançado de alteração, porém, com boa parte dos minerais da rocha original, ainda preservados. A estrutura e textura são observáveis, porém, sua consistência é pequena.

RS - rocha sã. Apresenta todos os seus constituintes minerais, visualmente inalterados. Elevada consistência e sem indícios de oxidação. Mesmo os minerais mais instáveis ao intemperismo estão preservados. Texturas e estruturas aparecem bem destacadas.

Deste modo em cada ponto o material era examinado antes da contagem recebendo uma destas classificações objetivando-se a determinação de possível fonte de variação das

contagens, uma vez que o material alterado apresentaria uma perda no seu conteúdo uranífero, bem como atenuaria as emissões gama provindas da rocha sã sob o material mais alterado de cobertura (solo ou rocha).

2.2.3 - Amostragem

Primeiramente, coletou-se amostras de anomalias e de classificação desconhecida, rotulando-se as mesmas, com fita crepe adotando-se três caracteres para identificação: o primeiro indicava o perfil de coleta; o segundo, o ponto de coleta; e, o terceiro, a letra correspondente à amostra do local, em ordem alfabética conforme o número de amostras.

Posteriormente, na fase de detalhamento, estabeleceu-se uma numeração seqüencial em algarismos arábicos referindo-se em folha à parte, ao local de coleta.

As amostras coletadas na fase de reconhecimento radiogeológico eram extraídas, para identificação petrográfica ou de ponto anômalo de um afloramento, quando este existia. A seguir elas eram rotuladas e guardadas, separadamente de outra anteriormente coletada, em locais diferentes. Já as amostras obtidas para autoradiografia, microssonda e espectrometia γ consistiram de amostras portadoras de minerais radioativos uraníferos secundários, amostras com grande variedade mineralógica e amostras claras, embaladas individualmente após rotuladas. Tanto as primeiras como estas últimas apresentaram tamanho manual.

Para as análises através da microssonda eletrônica, obtiveram-se seções polidas das partes mais escuras das amostras utilizadas anteriormente. Estas mesmas amostras (excetuando-se as seções de microssonda e autoradiografia) foram lavadas, somente com água, moídas individualmente em quantidade de aproximadamente 100 g, embaladas em sacos plásticos e rotuladas para fins de análise espectrométrica.

2.2.4 - Levantamento geológico

Foi realizado com base nos procedimentos usuais de mapeamento geológico, utilizando-se de fotos aéreas e bases cartográficas, complementando-se com o trabalho de campo através do exame de afloramentos e medidas estruturais.

2.3 - MICROAUTORADIOGRAFIA ALFA (TÉCNICA DE EMULSÃO NUCLEAR)

Embora possa constatar-se em alguns pontos da área elevada radioatividade, a identificação dos compostos responsáveis por tal comportamento não é passível de ser feita a olho nu. Optou-se então, pelo emprego da autoradiografia que permite ao mesmo tempo precisar a localização da origem de tal radioatividade bem como, estimar os teores de U e Th.

As emulsões fotográficas normais são sensíveis aos raios alfa, beta e gama e, devido ao poder de penetração relativamente alto das partículas beta e gama, estas emulsões, produzem umaautoradiografia bastante difusa. Por outro lado, as emulsões sensíveis às partículas alfa são pouco afetadas à luz visível e aos raios beta e gama, mas são ativadas por partículas energizadas como os prótons, mésons e partícula alfa. Uma vez que as partículas alfa são as menos penetrantes dentre as radiações naturais, estas produzem efeitos ionizantes de pequeno alcance (ou curso) e emulsões sensíveis aos traços alfa, fornecem uma melhor definição de imagem, pois devido ao elevado poder de penetração as radiações β e γ tendem a atravessar a emulsão nuclear deixando apenas registros de pontos submicroscópicos que irão produzir um enegrecimento do fundo fotográfico, enquanto as partículas alfa, permitem o registro do seu percurso no filme. Além disso, a granulação das emulsões α sensíveis são de cinco a dez vezes menores que das emulsões fotográficas ordinárias permitindo, portanto, um elevado grau de resolução.

Uma lâmina de emulsão nuclear alfa-sensível, é colocada em contato com uma seção delgada ou seção polida de

de rocha ou mineral, expondo-se durante um tempo suficiente para obtenção de traços. O conjunto é então, desmontado e revelado.

Os traços da partícula alfa são então observados na autoradiografia ao microscópio juntamente aos locais da seção delgada de onde foram emitidas.

A interpretação quantitativa da autoradiografia é feita com base no conhecimento do comportamento da partícula alfa no interior do mineral radioativo e na emulsão fotográfica. Neste sentido, podemos utilizar estudos de BRAGG & KLEEMAN (1905) e YAGODA (1946).

Lei de BRAGG & KLEEMAN

"O poder de retardamento S de um átomo em relação a partícula alfa é proporcional a raíz quadrada de sua massa atômica".

$$S \alpha \sqrt[x]{M} \text{ ou } S = K \sqrt[x]{M}$$

onde:

S - poder de retardamento do átomo ou conjunto de átomos, se a energia da partícula, é consumida em ação direta sobre os átomos e não desviada para a dissociação das ligações moleculares ou excitação das mesmas (RUTHERFORD).

K - Constante.

2.3.1 - Permeabilidade

O conceito de permeabilidade foi introduzido por YAGODA (1946) referindo-se ao meio em que a partícula alfa se desloca. Desta maneira, foi possível o uso desta técnica de modo quantitativo.

$$\Psi = a_1\sqrt{M_{A_1}} + a_2\sqrt{M_{A_2}} + \ldots = \sum_{i=1}^{n} a_i \sqrt{M_{A_i}}$$

Se este meio é constituído de átomos A_1, A_2, A_3... com as quantidades a_1, a_2, a_3... e de massas atômicas M_1, M_2, M_3... a permeabilidade do meio será dada pela expressão:

$$\Psi = a_1\sqrt{M_1} + a_2\sqrt{M_2} + a_3\sqrt{M_3}\ldots = \sum_{i=1}^{n} a_i\sqrt{M_i}$$

A distância percorrida pela partícula α no meio será função da permeabilidade deste. Tal permeabilidade, é tomada com referência à permeabilidade do ar que é adotada como padrão, da seguinte maneira:

Elementos	% no ar	M	Ψ
O_2	0,23024	4,000	0,021
N_2	0,75539	3,742	2,827
Outros	0,01437	6,324	0,091
	1,00000		= 3,839

Com base nesta referência e considerando-se a composição da emulsão fotográfica, o percurso da partícula α é da ordem de 38,4μ (calculado), observando-se valores médios de 41μ (ao microscópio).

2.3.2 - Formas dos traços

O traço das trajetórias de partículas α dos elementos emissores que tem meia vida longa, apresenta-se estatisticamente na forma linear simples, na emulsão, sendo seu comprimento proporcional à energia cinética a exemplo dos traços emitidos pelos isótopos do grupo ^{238}U, quando autoradiografados, apresentando traços orientados conforme distribuição do urânio em todos os sentidos.

Já quando o átomo emissor tem meia vida curta, a exemplo do grupo ^{232}Th, os traços são com maior probabilidade, radiais, originando-se de um ponto comum onde se localiza o átomo.

Tal característica, ajuda a classificar os minerais radioativos autoradiografados.

Exceto o isótopo ^{235}U que apresenta estatisticamente traços radiais os demais isótopos de U, produzem traços lineares caóticos. Entretanto o ^{235}U existe em concentração muito baixa na natureza, os traços lineares de partículas alfa dos minerais podem ser atribuídas ao ^{238}U. Enquanto o Th apresenta predominantemente traços radiais, a partir de pontos comuns.

2.3.3 - Teores dos elementos radioativos

Para o cálculo de teores de elementos radioativos, calculamos $T\alpha$.

$$T\alpha = \frac{\text{contagem de traços}}{\text{tempo x área}}$$

Para determinação dos teores de tório e U, YAGODA desenvolveu a seguinte relação:

$$T\alpha = (25{,}73\ U + 7{,}80\ Th + 0{,}0021\ Sm)\ \psi$$

onde:

Sm = teor de Samário
Th = teor de Tório
U = teor de Urânio

Na prática devido a baixa contribuição do Samário, considera-se a fórmula:

$$T\alpha = (25{,}73\ U + 7{,}80\ Th)\ \psi$$

Sendo ψ a permeabilidade do mineral ou grupo de minerais emissores das partículas alfas.

Assim sendo, o teor de Th será:

$$Th = \frac{T\alpha}{7,84\Psi}$$

e o teor de U

$$U = \frac{T\alpha}{25,73\Psi}$$

Neste trabalho considerou-se o tempo de $3,132 \times 10^6$ segundos e dividiu-se dois tipos de área:

área total: considerada constante, sendo a área em cm^2 da micro foto sem ampliação;

área restrita: coberta unicamente pelo foco radioativo e contida dentro da área total, apresentando concentração de traços e dimensão variável.

Adotou-se ainda, somente a área total quando não se constatou nenhum foco evidente e sim unicamente traços esparsos na microfoto.

Quanto aos valores de permeabilidade (FUJIMORI, 1974) adotou-se a média dos minerais:

Alanita	$\Psi = 6,3$
Apatita	$\Psi = 5,2$
Quartzo	$\Psi = 4,6$
Média	$\Psi = 5,4$

Justificando-se tal critério em função da presença de tais minerais nas lâminas examinadas e como prováveis minerais portadores de U e Th.

Logo:

$$Th = \frac{\text{contagem de traços}}{3,132 \times 10^6 \times \text{área} \times 7,8 \times 5,4}$$

e

$$U = \frac{\text{contagem de traços}}{3{,}132 \times 10^6 \times \text{área} \times 25{,}73 \times 5{,}4}$$

2.3.4 - Revelação do filme

Após 879 horas de exposição ($3{,}132 \times 10^6$ seg) a montagem foi desfeita para revelação do filme, tomando-se a precaução de anotar pontos de referência no filme e na emulsão para correlação posterior ao microscópio.

Foram revelados e fixados com revelador e fixador comerciais de raios X da Kodak.

Concluída a revelação, o conjunto emulsão e seção delgada foi novamente montado segundo as posições de contato e levadas ao microscópio para análise e obtenção de microfotos.

2.3.5 - Microfotografias

Ao microscópio localizaram-se pontos, linhas e áreas de concentração de "Alfa-Tracks" que foram fotografados. Para tanto, utilizou-se do foto-microscópio do Laboratório de Anatomia do Departamento de Madeiras do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A.

O filme empregado, foi o NEOPAN SS HIGH SPEED 135--36- Panchromatic Black and White Film da Fuji, ajustando--se o microscópio para ASA 21 DIN-100. O uso de filtro verde proporcionou maior contraste na observação da autoradiografia.

Os aumentos obtidos nas fotos, foram de 40 x e 100 x. Posteriormente, tais valores foram ampliados 2,7 x devido a revelação de 35 mm para cartão 6 x 9 cm. Assim sendo, a ampliação final, como observada nas fotos foi de 108 x e 270 x.

Uma vez definidos os traços e observado o(s) mine

ral(is) correspondentes ao(s) foco(s) constatado(s), passou-se à determinação dos teores e à análise por microscopia óptica dos minerais responsáveis por tais concentrações.

2.3.6 - Determinação dos teores

A contagem dos traços α e a aplicação ao cálculo de teores, foi feita como indicado no item 2.3.3.

À título de exemplo consideremos os resultados da foto 1/1 (aumento: 270 x)

$$\text{área total: } \frac{9,2 \times 6,2 \text{ cm}^2}{(270)^2} = 7,824 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

$$\text{área restrita: } \frac{5,0 \times 4,5 \text{ cm}^2}{(270)^2} = 3,086 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$$

Teores na área restrita

a. para tório

Contagem dos traços = 10

$T\alpha = 10/(3,132 \times 10^6 \times 3,086 \times 10^{-4}) = 1,03 \times 10^{-2}$

mas:

$$Th = \frac{T\alpha}{7,8 \times \Psi} = \text{onde } \Psi = 5,4$$

logo:

$Th = 1,03 \times 10^{-2}/42,12 = 2,4 \times 10^{-2}$ %

ou seja:

o teor de Th na área restrita da Foto 1 é de 240 p.p.m.

b. para urânio:

Contagem dos traços = 45

$T\alpha = 45/(3,132 \times 10^{6} \times 3,086 \times 10^{-4}) = 4,5 \times 10^{-2}$

mas:

$U = T\alpha/25,73\ \Psi = 4,65 \times 10^{-2}/138,9 = 0,033\%$

ou seja:

o teor de U na área restrita da Foto 1, é de 330 p.p.m.

Teores na área total

a. para o tório

Contagem dos traços = 10

$T\alpha = 10/(3,132 \times 10^{6} \times 7,824 \times 10^{-4})$

mas:

$Th = T\alpha/7,8\ \Psi$

logo:

$Th = 9,7 \times 10^{-3}\%$ ou Th = 97 p.p.m.

ou seja:

na área total o conteúdo de tório é de 97 p.p.m.

b. para urânio

Contagem dos traços = 58

$Th = 58/(3,132 \times 10^{6} \times 7,824 \times 10^{-4})$

mas:

$$U = \frac{T\alpha}{25,73\ \Psi}$$

logo:

$U = 58/(3,132 \times 10^{6} \times 7,824 \times 10^{-4} \times 25,73 \times 5,4)$

$U = 1,7 \times 10^{-2}\%$ ou U = 170 p.p.m.

A contagem dos traços foi efetuada, a maioria das vezes, por duas pessoas para uma mesma foto, sem que uma pessoa soubesse o resultado obtido pela outra. Posteriormente,

tais dados eram verificados e quando os valores eram aproximados, adotava-se um valor médio, caso contrário efetuava-se novamente a avaliação. Este procedimento teve por objetivo minimizar os erros de cálculo e a subjetividade do método. Pode-se dizer que o nível de erro aumenta com a maior concentração dos elementos e diminuição da escala (ampliação das fotos) devido a uma maior dificuldade de se individualizar os traços e o tipo de traço.

A contagem pode ser feita com auxílio de uma lupa com escala ou uma régua bem fina transparente, transladando a régua sobre a foto e observando-se com a lupa os traços "cortados" pela régua.

Após efetuar algumas contagens é aconselhável comparar visualmente as mais recentes com as primeiras para verificar se não houve substimação ou superestimação.

Depois de verificadas as contagens, são efetuadas pelo menos duas vezes os mesmos cálculos e obtidos os teores que podem ser tabelados como segue:

Foto 2/20
Aumento 108 x
Amostra 30

	TRAÇOS		TEOR (%)	
	Restrita	total	Restrita	Total
U	30	34	0,02	0,005
Th	40	45	0,04	0,006

Tentou-se também o emprego da macroautoradiografia γ, na emulsão para raios X. Porém, devido ao seu baixo poder de resolução e alto enegrecimento de fundo, não se obteve resultados satisfatórios em igual período de exposição do filme alfa-sensível. Não se obteve para a maioria das lâminas expostas, qualquer imageação dos filmes utilizados.

2.4 - ESPECTROMETRIA γ

De posse dos dados de autoradiografia α, procurou-se confirmar os valores obtidos para as amostras totais, bem como obter as razões entre os teores U/Th, U/K, Th/K através da determinação quantitativa pela espectrometria γ da radiação natural das amostras.

2.4.1 - Instrumentação usada

A análise por espectrometria γ, foi realizada no Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, utilizando-se de aparelhagem ORTEC, constituída de: fonte alimentadora, cristal de Iodeto de Sódio ativado com Tálio (Na I (Tl) e tubo fotosensível acoplado a uma válvula fotomultiplicadora, fonte de alta voltagem, pré-amplificador de cintilações e amplificador analisador multicanal. O sistema todo é acoplado a um terminal TELETYPE da HEWLET PACKARD, onde são registradas as contagens.

2.4.2 - Preparação das amostras

A granulometria das amostras foi reduzida a uma fração inferior a 60 "mesh" através de britagem em britador de mandíbula e posteriormente por moagem em moínho de bolas de pequena capacidade. Posteriormente efetuou-se quarteação manual, preenchendo-se capsulas plásticas de 6 cm de diâmetro por 2 cm de altura e selando-se o conjunto para a pesagem. A selagem é necessária para evitar a fuga de gás radônio. Através deste procedimento, foram preparadas oito amostras.

Devido a morosidade do método de preparação e restando ainda 18 amostras para análise, utilizou-se as instalações da Escola de Minas da Politécnica para se preparar as amostras restantes. Assim sendo, procedeu-se a

britagem em britador de mandíbula de maior porte, passando-se posteriormente à moagem em moínho de rolo. A seguir, efetuou-se a quarteação mecânica, peneirando-se o produto até fração inferior a 60 "mesh", preenchendo-se com esta fração as capsulas plásticas e pesando-se as amostras em balança analítica eletrônica, igualmente selando-se a amostra. Assim sendo, o peso líquido (somente o frasco) deduzido do peso total (frasco mais amostras) forneceu o peso da amostra conforme a Tabela 1 (Anexo 23).

Evitando-se a saída do gás radônio pela selagem dos cilíndros, portadores de amostras, há possibilidade de se restabelecer o equilíbrio radioativo após um período de quatro semanas, eliminando-se assim a dependência temporal de intensidade gama do Bi^{214} e a concentração equivalente do urânio.

2.4.3 - Calibração do espectrômetro

A calibração foi feita com cinco fontes radioativas U (Bi^{214}), Co^{60}, K^{40}, Cs^{137} e Th^{232}, cujas energias e canais característicos dos respectivos fotopicos são conhecidos (Tabela 1 B).

TABELA 1 B

Fonte radioativa	Energia (Mev)	Canal	Tempo (seg)
Cs^{137}	0,662	555	400
Co^{60}	1,173	953	400
	1,332	1076	
K^{40}	1,461	1023	2000
$C(Bi^{214})$	1,764	1426	400
Th^{232}	2,614	2130	400

Para obtenção dos dados da Tabela 1B, o aparelho foi usado nas seguintes condições:

Fonte alta tensão - 1200 V
Amplificador - "Coarse Gain": 50
"Fine Gain": 1,26
Multicanal - Região 4096 canais

Uma vez calibrado energeticamente o espectrômetro, em seguida há necessidade de efetuar-se a calibração de intensidade. Isto é, de acordo com a intensidade dos picos do espectro determina-se um teor equivalente de U, Th e K. Para tanto, utilizam-se amostras padrões reconhecidas internacionalmente com teores conhecidos previamente. Desta maneira, obtém-se equações de calibração de intensidade, onde à determinadas contagens/min x g, corresponderá uma dada concentração em p.p.m. de U, Th e K. Assim sendo consideraram-se como referência vinte quatro amostras de massa e teores conhecidos, conforme Tabela 1 C.

2.4.4 - Análise quantitativa

Por comparação com os padrões e seus dados procurando-se manter a mesma disposição geométrica para todas as amostras além da mesma granulometria pode-se estimar o teor de U, Th e K das amostras submetidas a análise.

Inicialmente deve-se observar a contagem de fundo ou "background" do aparelho de maneira a deduzir tal interferência dos cálculos efetuados para determinação de teores.

Deste modo, considerando-se a região do espectro correspondente a determinado pico característico, calcula-se a área sob a curva do gráfico contagem x canal, que deve ser descontado dos dados referentes as intensidades dos padrões e das amostras.

Por exemplo, considerando-se o intervalo entre os canais 1300-1500 (do urânio) mediu-se a intensidade de 400

contagens, desprezível face às intensidades registradas pelas amostras padrão e amostras analisadas (Figura 3).

Conhecendo-se o BG passa-se a determinar o espectro das amostras padrões. Considera-se então a área sob o pico dos canais correspondentes a cada elemento que se quer determinar, descontando-se o BG da amostra, ou seja, o patamar que se forma partindo do centro para as bordas do pico como na Figura 4.

Calculando-se então a área total e a área devida ao "background" e subtraindo-se a segunda da primeira obtém-se para o número de canais abrangidos pelo pico, a intensidade do elemento correspondente naquela amostra. Assim foi determinado o valor I = 15000 para o urânio, entre os canais 1200 e 1300 para a amostra P-10. As demais amostras e teores são tabelados conforme a Tabela 1 A.

Tais dados podem ser distribuídos num gráfico Log (I) x Teor (Figuras 5 e 6) que permitirá determinar os teores de U, Th e K nas amostras desconhecidas, simplesmente conhecendo-se a intensidade dos canais correspondentes a estes elementos nestas amostras.

A geometria do sistema amostra x espectrômetro deve ser constante tanto quanto o peso. A menos que uma variação deste não implique numa variação do volume da amostra, quando, então, tal parâmetro poderá ser controlado pela variação no tempo de registro de contagens no espectrômetro de modo a manter constante o denominador da relação

$$I = \frac{\text{contagens}}{\text{Min} \times g}$$ (item 2.4.3)

Por outro lado, quando a quantidade de amostra não é suficiente para preencher todo espaço interno do recipiente de plástico, resultando em diferentes espessuras dos materiais atravessados pela radiação, pode-se utilizar um fator de correção, conforme definido por KOGAN *et alii* (1971) para uma fonte de geometria cilíndrica coaxial ao detector.

2.5 - ANÁLISE POR MICROSSONDA ELETRÔNICA

Conhecidos os resultados da espectrometria e da autoradiografia, passou-se à identificação dos núcleos radioativos através do presente método. O objetivo de tal trabalho foi a identificação qualitativa dos minerais presentes nas amostras e cuja identificação ao microscópio não foi possível devido as reduzidas dimensões de tais minerais. Com isso, procurou-se determinar a mineralogia dos pontos de maior radioatividade, através da identificação dos elementos nele presentes.

2.5.1 - Instrumentação usada

O instrumento utilizado foi o EMX-SM da APLIED RESEARCH LABORATORIES (ARL), pertencente ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. A microssonda consiste essencialmente em cinco componentes básicos, com variações na disposição destes nos diversos modelos existentes. Os componentes são: o sistema eletron-óptico que gera o feixe de eletrons incidente na superfície do material a ser analisado; microscópio óptico e platina de amostras permitindo o uso de luz transmitida ou refletida com dois aumentos no aparelho em questão, sistema óptico de raios X consistindo de um espectrômetro aliado a um contador proporcional e sistema eletrônico auxiliar (no EMX-SM, há três espectrômetros com cristais analisadores de LIF, ADP e RAP), sistema de vácuo controlado por duas bombas uma mecânica e outra de difusão e sistemas de amplificação e leitura com saídas em terminais teletipo ou em fita magnética.

Durante a análise quantitativa, não se utiliza o terminal teletipo e quando se efetua a análise para determinação dos elementos presentes em um ponto da amostra (x-y) utiliza-se um "plotter" acoplado a microssonda que fornece os picos de intensidade dos elementos nela contidos.

As condições de operação são ligeiramente diver

sas da análise quantitativa. Deve-se utilizar corrente de amostra entre 0,1 e 0,2μA e voltagem alta (20 kV). Em contrapartida o diâmetro do feixe deve ser aumentado para se evitar volatilização da amostra.

2.5.2 - Preparação das amostras

Basicamente, não há diferença da preparação convencional de seções delgadas para microscopia óptica à exceção de alguns detalhes técnicos importantes.

As lâminas devem ser preparadas sem cobertura e com maior grau de polimento, para eliminar irregularidades na topografia da amostra que afetam o espectro de absorção. A fixação do material à lâmina, deve ser feita com epoxi ou araldite, evitando-se, portanto, o uso de bálsamo do Canadá que poderia volatilizar sob ação do feixe de eletrons.

Além disso, como os minerais e rochas são péssimos condutores de eletricidade criando problemas quanto a produção de correntes e voltagens altas deve-se efetuar a metalização de superfície a ser analisada. Tal processo pode ser efetuado com Pt, Au, Al, Cu e C, sendo este último o mais indicado em geociências devido ao baixo custo, sua presença pouco comum em análises, transparência na seção, fácil remoção, etc. A espessura da cobertura é controlada através de medidas de revistividade da seção.

Uma vez preparada a lâmina, esta é montada no porta amostra e deixada em um frasco dissecador até ser analisada.

2.5.3 - Procedimento analítico

Além das amostras analisadas, utilizou-se padrões de minerais com análise química conhecida, que teoricamente deveriam estar presentes nas amostras em análise. Assim sendo escolheu-se padrões de apatita, zircão, granada e alani-

ta. Porém como não existiam padrões de zircão e alanita na microssonda do Instituto de Geociências utilizou-se outros minerais que apresentavam elementos presentes na constituição teórica daqueles minerais.

Utilizando-se cristais de RAP e LIF do espectrômetro 3 (único em condições de operação) efetuou-se os diagramas X-Y dos padrões e amostras em estudo.

Conhecendo-se os elementos das amostras padrão, bem como, obtendo-se o diagrama X-Y das amostras e a posição relativa dos picos destes elementos dentro do diagrama, pela simples comparação com os diagramas das amostras em estudo, pode-se identificar os elementos comuns a ambas as amostras, permitindo desta maneira, a eliminação de vários picos das amostras problemas simplificando a identificação dos picos restantes.

Para tanto foi utilizado o "plotter" da microssonda com as seguintes condições de operação.

Ganho	gross gain	64
	fine gain	8
Tempo de resposta	time cte	0-15
Amplificação	Range	1 k
Velocidade de deslocamento da caneta registradora		50

Adotou-se o valor máximo do odômetro do espectrômetro 3 (3,78) para início da operação, fazendo portanto, uma varredura decrescente do espectro.

3 - GEOLOGIA REGIONAL

3.1 - TECTÔNICA

A região objeto do presente trabalho situa-se na "Zona de Transcorrência São Paulo, responsável por um deslocamento horizontal dextral da ordem de 300 km, que também deve ter influído na diferenciação longitudinal do Cinturão dobrado Ribeira,graças a uma componente vertical do rejeito" (HASUI *et alii.*, 1975). Esta zona de transcorrência divide o cinturão Ribeira, pertencente a faixa de Dobramentos Brasiliana, em dois segmentos norte e sul. Caracteriza-se como as demais unidades do Brasiliano por: pouco magmatismo inicial, abundância de corpos graníticos e migmatitos e fácies de metamorfismo regional não ultrapassando anfibolito.

O segmento norte abrange gnaisses e migmatitos,com ocorrência de granulitos junto a faixa litorânea. O segmento sul, estruturado segundo NNE e localmente N45E abrange a seqüência ectinítica do Grupo Açunguí que ocupa o sul de São Paulo e o Paraná.

O Grupo São Roque restringe-se à Zona de Transcorrência de São Paulo não podendo ser considerada simples prolongamento do Grupo Açunguí, do qual se separa pela falha transcorrente de Taxaquara com um rejeito horizontal estimado de 150 km, apresentando diferente evolução estrutural (HASUI *et alii.*, 1975). Ainda pode-se inferir que tais grupos se formaram em duas bacias geossinclinais diferentes,em contato presentemente devido ao falhamento transcorrente de Taxaquara (HASUI, *op. cit.*). Assim sendo, a área estudada, situada dentro da Zona de Transcorrência de São Paulo é constituída pelas rochas do Grupo São Roque, dentro do Cinturão dobrado Ribeira pertencente ao último ciclo tecto-orogênico (700-450 m.a.).

3.2 - ESTRATIGRAFIA

O Grupo São Roque é constituído de metassedimentos clásticos, intercalados por anfibolitos e penetrado por volumosos corpos graníticos de composição predominantemente adamelítica (COUTINHO, 1972).

Dentro destes metassedimentos há predominância de filitos e mínima contribuição de meta-arcózios, metaconglomerados e micaxistos. Ocasionalmente, observam-se lentes de calcários e quartzitos, de proporções reduzidas.

COUTINHO (1955) caracterizou os metaconglomerados, como "sedimentos" basais aos clásticos mais finos (filitos atuais) e aos calcários de fim da seqüência sedimentar, constituindo antigo geossinclinal, metamorfisado após um evento diastrófico primitivo. Assim sendo, as rochas que constituem a Serra do Mar (Segmento Norte da Faixa de Dobramento Ribeira) forneceram sedimentos que uma vez submetidos a um diastrofismo pós-arqueozóico foram erodidos fornecendo os sedimentos do Grupo São Roque.

CORDANI *et alii* (1961) consideram os metaconglomerados juntamente com os meta-arcózios como a unidade litológica inferior, formada provavelmente em uma bacia em subsidência rápida, dando-se uma aceleração do processo erosivo, resultando a deposição de conglomerados e sedimentos arenáceos imaturos, com elevada percentagem de feldspatos clásticos (meta-arcózios).

Esta faixa de metaconglomerados, segundo COUTINHO (1972) com 500 m de largura, apresenta uma espessura de 1.500 m na região cortada pela Rodovia Anhanguera com base na observação dos contatos inferidos com os metassedimentos vizinhos. Aparentemente o metaconglomerado passa gradual e lateralmente a meta-arcózio e metagrauvacas, depositadas posteriormente. Estas últimas formariam o topo da seqüência inferior e indicariam um ambiente de deposição a maiores profundidades marinhas e devido a correntes de turbidez,

representando característicos sedimentos geossinclinais (CORDANI *et alii, op. cit.*).

Os quartzitos estariam relacionados a deposição das grauvacas que sujeita a longos períodos de interrupção do processo sedimentar em certas áreas, teria se intemperizado, mais intensamente, resultando na "purificação" do quartzito com lavagem e expulsão das argilas contidas nas grauvacas. Tal fato aliado a retomada da sedimentação normal explicaria a feição atual de lentes de quartzito imersos em micaxistos quartzo-feldspáticos (COUTINHO, 1966) que CORDANI *et alii, op. cit.*) citaram como protoquartzitos segundo KRYNINE (1951).

Superpondo-se a esta seqüência, sedimentos de natureza argilosa (filitos atuais) parecem indicar uma sedimentação estável, originada de uma região madura permitindo que somente material fino e coloidal atingisse a bacia de captação dos sedimentos.

Por fim em bacias restritas teríamos a deposição de carbonato de cálcio com teor de magnésio variável constituindo lentes imersas na seqüência argilosa. Complementando a seqüência geossinclinal teríamos um magmatismo básico intrusivo e/ou extrusivo constituindo atualmente lentes de rochas metabásicas a maioria das vezes concordantes com a xistosidade regional.

Com os eventos tecto-orogênicos do Brasiliano (vide item 3.1), os sedimentos finos, sob ação do metamorfismo regional, originaram os filitos e calcários metamórficos do Grupo São Roque. Com as intrusões graníticas posteriores ou finais ao metamorfismo, os termos clásticos finos originaram os sericita-xistos na proximidade destes corpos graníticos bem como as rochas calcossilicatadas, por ação das soluções graníticas em calcários magnesianos impuros.

Cessada a fase diastrófica orogênica, sucedeu-se um período erosivo que prolongou-se até o Cenozóico quando teve início a sedimentação da Bacia de São Paulo. Posteriormente

novo período erosivo ocorreu até sedimentação quaternária recente. Com base nesta evolução e caracterização geológica pode-se esboçar a seguinte seqüência estratigráfica para a região de Perús.

QUATERNÁRIO — Sedimentos pouco consolidados recentes

DISCORDÂNCIA EROSIVA

TERCIÁRIO — Sedimentos da Bacia sedimentar de São Paulo

DISCORDÂNCIA EROSIVA

Granitos tardi a pós-tectônicos (Pirituba e Anhanguera)

DISCORDÂNICA ANGULAR E TECTÔNICA

METAMORFISMO REGIONAL

Pré-ϵ sup. — Basaltos e/ou diabásios

DISCORDÂNCIA ANGULAR OU CONCORDÂNCIA

GRUPO SÃO ROQUE — Arqilitos e siltitos com lentes de calcário

Argilitos e siltitos

DISCORDÂNCIA EROSIVA

Grauvacas com lentes de arenitos

Grauvacas

Conglomerados e arcózios interdigitados

DISCORDÂNCIA EROSIVA

Pré-ϵ inferior — Migmatitos

3.3 - GEOCRONOLOGIA

CORDANI & BITTENCOURT (1967), HASUI & HAMA (1972) e CORDANI & KAWASHITA (1973) estudando os metamorfitos da faixa de dobramentos Ribeira, concluiram para a coluna estratigráfica (item 3.2) as seguintes datações de rochas:

O metamorfismo do Grupo São Roque data de 714 milhões de anos, porém ainda no Pré-ϵ Superior (CORDANI & BITTENCOURT, 1967). Os granitos do tipo "Pirituba" constituintes da Serra da Cantareira, tardi-tectônicos, tiveram seu emplaçamento há 645 milhões de anos. Posteriormente introduziram-se no Grupo São Roque os "granitos" turmaliníferos de Perús, bem como o Granito Anhanguera (HASUI, 1970) do Morro do Tico-Tico há 613 milhões de anos.

CORDANI & KAWASHITA (1973) apresentam dados de datações referentes as intrusivas no "Grupo Açunguí" compatíveis com os dados obtidos por HASUI & HAMA.

3.4 - PETROGRAFIA

Com base na seqüência estratigráfica exposta no item 3.2 passa-se a descrever os tipos litológicos que abrangem a região a qual pertence a área objeto deste trabalho. Procurou-se através de uma descrição detalhada das rochas regionais identificar possíveis condições favoráveis à mineralização de urânio. Além disso, o conteúdo mineralógico de tais rochas serviu, através de comparações, para testar algumas das hipóteses sobre a origem dos minerais uraníferos secundários de Perús e verificar a existência de outras regiões possivelmente portadoras de urânio.

3.4.1 - Metaconglomerados

Ocupando a porção SW, limítrofe do Pico do Jaraguá caracteriza-se por exposições restritas e em variável

estado de alteração, podendo ser observado em estado praticamente são junto a Rodovia Anhanguera na altura do km 18, ocorrendo, portanto, fora da área de estudo.

Apresentam-se, constituídos predominantemente por seixos de rochas granitóides (≅85%) e quartzitos (cerca de 15%) e, em diminuta proporção, seixos de micaxistos, epidositos, quartzo e feldspatos imersos em matriz pouco xistosa, de granulação heterogênea e exibindo características marcantes de deformação tectônica (tangenciamento, alongamento assimétrico, interpenetração de seixos e também fragmentação e diluição do material na matriz). Os seixos, em geral, exibem forma elipsoidal e diâmetro em torno de 20 cm.

A matriz observada ao microscópio, revela agregados confusos de quartzo-feldspato, com difícil distinção de clastos inteiros, fragmentos despregados de seixos maiores e componentes recristalizados. Os feldspatos (microclínio-plagioclásio) apresentam geminação rara e o conteúdo de An varia em torno de An_{10-30} (COUTINHO, 1972).

A constituição mineralógica dos seixos e da matriz é apresentada na Tabela 2 com base no trabalho de COUTINHO, *op. cit.*, que já havia efetuado estudos nesta região em 1953 e 1955 (vide bibliografia). A proporção relativa dos seixos e matriz, ainda segundo o mesmo autor, situa-se ao redor de 50%, porém sem apresentar uma homogeneidade com termos variáveis dentro do intervalo ruditos-meta-arenitos.

Aparentemente a xistosidade e a lineação são paralelas a estratificação, tendo CORDANI *et alii* (1961) designado esta xistosidade como de "acamamento".

3.4.2 - Metaarcózios e metagrauvacas

Os primeiros apresentam-se em tons claros de cinza a amarelo, passando a metagrauvacas com o aumento do conteúdo de biotita. Destes últimos, muitos apresentam-se es-

verdeados em virtude de grande quantidade de epídoto. A estratificação é bem nítida nos arcózios.

As rochas mais compactas apresentam recristalização, observando-se, nos casos mais pronunciados, um mosáico de granulação fina composto essencialmente de quartzo e feldspato potássico intersticial, contendo magnetita idiomórfica disseminada, epídoto e finíssimas lâminas de sericita e biotita.

Os grãos dos metaarcózios apresentam diâmetro variável entre 50 e 500μ com maiores dimensões observadas em grãos feldspáticos (CORDANI *et alii*, 1961). A matriz assemelha-se àquela dos metaconglomerados já descritos anteriormente.

A composição mineralógica é variável (Tabela 3) observando-se a presença constante de sericita levemente ferrífera, biotita verde, titanita em agregados (leucoxênio) e epídoto de origem metamórfica, além de outros acessórios.

3.4.3 - Quartzitos

Os quartzitos estão representados a SW da área de estudo constituindo feição geomorfológica de destaque, representada pelo Morro do Jaraguá. Constituem-se essencialmente de quartzo (mais de 80%) apresentando textura granular suturada.

COUTINHO (1972) explica tal fato atribuindo aos grãos maiores uma maior resistência aos processos de cataclase e microgranulação constituindo, portanto, grãos reliquiares.

A análise modal dos quartzitos revelou os seguintes resultados para três amostras estudadas por COUTINHO (*op. cit.*):

Quartzo	96	88	82
Muscovita	3	11	13
Biotita	1	1	4
Apatita	pr	-	pr
Zircão	pr	pr	pr
Opacos	pr	-	1
Turmalina	pr	pr	pr

pr = presença

3.4.4 - Filitos

Apresentam abundância de sericita e quartzo microgranular associado, ou então constituindo lentes. O aspecto macroscópico em geral é avermelhado devido ao estado adiantado de intemperismo no qual se encontram tais rochas, dificultando inclusive sua caracterização mineralógica. Como acessórios encontram-se turmalina, sillimanita, zircão e estaurolita. Por vezes o conteúdo de turmalina é elevado, induzindo a pensar na ação de fenômenos pneumatolíticos e de remobilização responsável inclusive pelo idiomorfismo dos cristais presentes.

É a unidade litológica de maior expressão no Grupo São Roque sendo superado unicamente pelos adamelitos porfiríticos de maior expressão na região. São encontrados, na porção W e SW nas proximidades da área de estudo.

Dentro da área, os filitos passam a sericita-xistos, correspondendo a uma região de maior grau de metamorfismo e igualmente afetada pela intrusão de corpos graníticos tardi a pós-tectônicos. A caracterização desta passagem só é possível através de análise mineralógica dos minerais índices de fácies metamórficas, sendo macroscopicamente difícil a distinção de um limite no campo, em vista do grau de alteração de tais rochas e da passagem gradual de um tipo para outro.

3.4.5 - Sericita-xistos

Originado do metamorfismo regional sobre rochas muito argilosas, apresentam xistosidade e menos freqüentemente, clivagem de cizalhamento em discordância com o acamamento original. Concentram-se ao redor dos corpos graníticos a NW da cidade de São Paulo, numa extensão de aproximadamente 35 km. Apresentam freqüentemente manchas lenticulares brancas, provavelmente devidas a sillimanita alterada, ao lado de núcleos esféricos de granada limonitizada. Igualmente a presença de estaurolita, é observada com freqüência. Localmente estes xistos podem se apresentar mais compactos e profundamente deformados, aparentemente relacionados a intrusões graníticas próximas ou proximidade de grandes falhamentos. Constituem a encaixante dos corpos granitóides com contatos raramente observáveis, em geral cobertos por sedimentos recentes. Nas proximidades dos granitos apresentam granulação mais grosseira, observando-se paralelamente uma sucessão mineralógica do micaxisto no sentido do corpo granítico dos minerais biotita, muscovita, cordierita, granada, estaurolita e sillimanita.

Com base nesta sucessão mineralógica e no conceito de fácies de metamorfismo, a despeito das dificuldades impostas pelo estado de alteração destas rochas e precariedade de afloramentos, COUTINHO (1972), define zonas de metamorfismo dentro do Grupo São Roque e Complexo Cristalino. Assim sendo, estabeleceu, dentro do Grupo São Roque, uma estreita faixa (≅ 1 km) ao redor do Morro do Tico-Tico como pertencente à Zona da Sillimanita, caracterizada pela presença deste mineral em associação com as paragêneses quartzo-muscovita-biotita, quartzo-biotita-almandina-estaurolita e quartzo-biotita-muscovita-estaurolita. Estas três associações, isoladamente caracterizam a zona da estaurolita que abrangeria uma área maior limítrofe ao maciço da Cantareira e imediatamente externa à zona sillimanita ao redor do Morro do Tico-Tico. Mais externamente a estas

duas zonas ainda circunscrevendo os maciços granitóides citados definiu com reservas a zona de almandina, caracterizando o restante da região como zona de biotita.

Os micaxistos constituem-se predominantemente de quartzo, muscovita e biotita. Nas proximidades do Granito Anhanguera a turmalinização está presente em grau variável de intensidade dependendo da proximidade dos corpos graníticos, às expensas da biotita e soluções provenientes do núcleo magmático (PENALVA & HASUI, 1970).

As Tabelas 4 e 5 fornecem as análises modais dos filitos e micaxistos do Grupo São Roque.

3.4.6 - Anfibolitos

São constituídos principalmente por anfibólio e plagioclásio (≅ 90%) apresentando secundariamente quartzo, titanita, epídoto, opacos (ilmenita, magnetita), microclínio, biotita, turmalina, apatita e clorita. A textura é variável, passando de nematoblástica fina a grosseira. Esta última próxima a corpos graníticos (CORDANI *et alii*, 1963).

Apresentam-se, geralmente, em intercalações concordantes nos metassedimentos regionais e mesmo em granitos (ELLERT, 1964), destacando-se um grande corpo discordante nas proximidades do Morro do Jaraguá.

Não possuem orientação pronunciada visível, com xistosidade incipiente (caracterizável ao microscópio) e lineação sub-horizontal coincidente com as da rocha encaixante (COUTINHO, 1972).

Os plagioclásios exibem sinais evidentes de cataclasamento decorrente de metamorfismo dinamotermal, apresentando-se freqüentemente microgranulados.

Paralelamente, a textura blastofítica, geminação complexa de ripas palimpsesticas e a homogeneidade de com

posição mineral, revelam uma origem ígnea toleítica para os anfibolitos (COUTINHO, *op. cit.*).

Por outro lado, a grande variação do teor de anortita nos plagioclásios é dificilmente explicável através unicamente de eventos relacionados ao metamorfismo, tendo GOMES (1962) proposto uma heterogeneidade da composição dos plagioclásios originalmente que, deste modo, reagiram desigualmente em relação ao processo dinamotermal.

Análises efetuadas em oito amostras de anfibolitos do Grupo São Roque por COUTINHO (1972) revelaram as composições modais constantes da Tabela 6.

3.4.7 - Rochas granitóides

Estes corpos ocupam a porção correspondente as zonas de mais elevado grau de metamorfismo, dentro do Grupo São Roque, destacando-se, o maciço da Cantareira e inúmeros corpos graníticos menores, aos quais estão relacionados diques aplíticos e pegmatíticos. Estes últimos, em geral apresentam-se orientados segundo E-W ocupando regiões estruturalmente mais frágeis dentro dos micaxistos regionais, como zonas de falha ou eixos de dobras.

Constituindo os corpos do Itaqui, Taipas, Itaim, Cantareira e uma pequena apófise a SE da localidade de Perús observa-se o "Granito Pirituba" que na realidade apresenta composição granodiorítica-adamelítica (COUTINHO,1972, ELLERT, 1964). São rochas porfiríticas de granulação grosseira, constituída por megacristais de microclínio (até 5 cm de diâmetro) imersos em massa fundamental fanerítica quartzo-feldspato-biotítica com granulação média variando ao redor de 2 mm. Acessoriamente observa-se, nesta unidade, a presença de titanita, apatita, magnetita, alanita e zircão e como produto de alteração sericita e clorita.

Segundo alguns autores a cristalização do "Granito Pirituba" seria metamórfica. COUTINHO (1966, 1972) atra

vés de estudos petrográficos, concluiu que esta é uma cristalização tardia apoiado, entre outros, no fato de que os cristais idiomórficos de microclínio com terminações facetadas contêm inclusões paralelas aos contornos geométricos do mineral hospedeiro indicando certa mobilidade do meio durante o crescimento do mineral.

Em alguns locais observa-se uma variação na coloração da matriz que aparentemente passa de leucocrática a mesocrática. A constituição e proporcionalidade dos constituintes é aproximadamente constante para todas as rochas representadas pelo granodiorito porfirítico. Em alguns locais, possivelmente associados a tectônica da intrusão, aparecem afloramentos de tais rochas com textura praticamente eqüigranular com fenocristais de feldspato de reduzido tamanho, arredondados, confundindo-se com a matriz. Localmente, o "Granito Pirituba" pode apresentar indícios de gnaissificação que podem ser confundidos com gnaisses, se não forem consideradas as relações de contato (CAMARGO, 1965).CORDANI *et alii* (1961) observaram orientação dos cristais de biotita dentro do corpo granítico, explicando sua origem provável pela tectônica das intrusões (textura fluidal) ou talvez, orientação reliquiária de rochas xistosas assimiladas durante a intrusão.

COUTINHO (1972), referindo-se à seqüência de cristalização dos minerais dentro deste granito, indicou o plagioclásio como o primeiro componente siálico a se cristalizar seguido pelo quartzo e, posteriormente, microclínio.Justificando o aparecimento do microclínio na fase final através da presença de "nítidas traves de geminação e 2V relativamente alto, caracteres comuns a microclínio de alta triclinicidade cristalizado a temperatura comparativamente baixa". E conclui: "O perfeito idiomorfismo dos cristais maiores não implica em cristalização inicial, pois tanto macroscópica, como microscopicamente, nota-se a presença de grande proporção de inclusões, por vezes arredondadas de quartzo, plagioclásio, biotita, etc., sugerindo arranjo geométri-

co". Fornece ainda dados de análises modais reproduzidos na Tabela 7.

A elevada triclinicidade dos feldspatos indica a descalcificação dos mesmos com conseqüente introdução de potássio como evidenciado igualmente pela sericitização. O U encontra-se muitas vezes substituindo o átomo de Ca que apresenta raio iônico similar, portanto com a dissolução dos compostos de Ca o U é liberado, podendo vir a se combinar com outros elementos, formando compostos mais simples e menos refratários de urânio e portanto, prováveis minérios. Isto explica também a relação direta existente entre o aumento do conteúdo de K nos granitos e conseqüente aumento do teor de U, como geralmente se observa em várias jazidas.

Os granitos turmalilíferos foram estudados por HASUI (1963) que relacionou-os a um anticlinal de orientação E-W dentro dos xistos, aparentemente de tipo isoclinal com plano axial E-W mergulhando fortemente para norte. De acordo com a composição mineralógica estas rochas são granitos verdadeiros e granodioritos. São rochas leucocráticas holocristalinas hipidiomórficas com granulação média de 1 a 5 mm. Seus principais constituintes são quartzo, albita, micropertita e turmalina e acessoriamente apatita, alanita e granada. O conteúdo de turmalina é elevado (até 10%) tendo uma origem secundária provavelmente a partir de feldspatos (pertita e plagioclásio) e muscovita (Tabela 8).

Uma característica peculiar destas rochas, encaixadas ora concordante, ora discordantemente nos micaxistos regionais, é o seu nítido bandamento, cuja origem provavelmente está ligada à difusão iônica de soluções boríferas,em forma de ondas, sobre microclínio, plagioclásio ou muscovita.

Estes granitos que se concentram a SE da localidade de Perús, tem origem incerta, tendo CORDANI *et alii* (1963) relacionado, geneticamente, esses corpos ao "Granito Pirituba", estando sua ocorrência condicionada a uma zona

de maior fraqueza das encaixantes.

Limitado a oeste pela Rodovia Anhanguera ao norte pelos vales dos córregos Itaim e Caieiras e a sul e leste pelo rio Juqueri constituindo os Morros Grande e do Tico-Tico, temos o Granito Anhanguera constituindo um "stock" ocupando uma área de 10 km^2 que foi estudado por PENALVA & HASUI (1970).

Sua forma é elíptica com o maior eixo orientado na direção E-W, concordantemente com a orientação das estruturas regionais. A rocha de caráter intrusivo é um granito leucocrático cujos principais constituintes são: ortoclásio pertítico, quartzo e plagioclásio (An_{10}), estando igualmente presente, grande quantidade de turmalina. Os minerais acessórios são muscovita, biotita, granada, apatita e zircão.

O emplaçamento do Granito Anhanguera provocou metamorfismo de contato nas encaixantes, que passaram da fácies xistos-verdes a piroxênio-hornfels, constituindo auréola de aproximadamente 1,5 km de espessura nos contatos norte e sul. PENALVA & HASUI (*op. cit.*) consideraram tal intrusão de caráter tardicinemático e pós cinemático classificando-o como dentro do conceito de Raguin como um maciço circunscrito.

Subordinadamente aos granitos, ocupando o interior destes ou atravessando as encaixantes regionais, observamos corpos pegmatíticos de composição mineralógica simples ou localizadamente, complexa (Perús).

Os contatos dos corpos graníticos, em geral se processa com reações metamórficas de contato nas encaixantes, turmalinização localizada, introdução de diques e apófises de composição granítica, surgimento de fraturas de tensão e cizalhamento nas encaixantes.

3.4. 8 - Outras rochas

a) Metassedimentares

Constituindo alguns corpos lenticulares, associados aos filitos do Grupo São Roque, observamos calcários metamórficos impuros de coloração cinza apresentando-se localmente grafitosos com veios de calcita e dolomita recristalizados. A calcita eqüigranular é o principal constituinte da rocha, que apresenta grãos de quartzo esparsos de provável origem detrítica. Silicatos de cálcio e magnésio apresentam-se em teores apreciáveis (até 13% segundo COUTINHO, 1953) relacionados provavelmente a fenômenos metassomáticos e/ou reações de contato próximo a corpos graníticos. Na rocha observa-se também pirita em quantidades muito pequenas.

b) Metabásicas

Ocorrência de epidosito foi estudada em 1955 e em 1972 por COUTINHO. São rochas de coloração esverdeada xistosas quando cloríticas e mais compactas quando epidotisadas, apresentando granulação fina e textura granoblástica a nematoblástica e por vezes lepidoblástica.

c) Metamorfitos de contato

Observa-se na proximidade dos corpos graníticos, uma alteração nos metassedimentos regionais com variações texturais e/ou mineralógicas e até mesmo surgimento de novas rochas. Assim, próximo aos maciços graníticos observa-se a presença de sillimanita, estaurolita e turmalinização intensa dos micaxistos. Ao mesmo tempo pode-se verificar um aumento das dimensões das placas de muscovita.

Dispersas na região e apresentando dimensões diminutas, observa-se igualmente na proximidade de corpos graníticos, rochas calcossilicatadas referidas por FRANCO (1958)

como hornfels cálcio silicatadas. Constituem lentes nos micaxistos, "roof-pendants" e xenólitos nos granitos. Sua mineralogia está representada por piroxênio, feldspato, titanita, hornblenda verde, biotita, labradorita, clinozoisita, apatita, actinolita-tremolita, turmalina, flogopita, quartzo e oligoclásio. A textura poiquiloblástica é freqüente. A rocha macroscopicamente tem aspecto bandado com coloração cinza a cinza-esverdeado alternadas. Estas bandas de coloração diferente apresentam constituição mineralógica distinta, tendo CORDANI *et alii* (1963) explicado sua origem através de metamorfismo de contato agindo diferencialmente sobre calcários magnesianos impuros.

Análises modais deste hornfels efetuadas por CORDANI *et alii (op. cit.)* mostraram os resultados da Tabela 9.

Como se pode ver pela composição modal das diversas litologias que ocorrem na região, a presença de apatita em quantidades desprezíveis, traços, é comum a todas as rochas. Portanto parece pouco provável ter sido este mineral o único responsável pela mineralização uranífera de Perús através do intemperismo, visto que as demais rochas com apatita na mesma quantidade e submetidas às mesmas condições climáticas não revelaram até o momento nenhuma ocorrência significativa de minerais uraníferos secundários.

4 - GEOLOGIA LOCAL

4.1 - GEOLOGIA ESTRUTURAL

O arcabouço estrutural da área de estudo foi delineado com vistas a caracterização de feições favoráveis à percolação de soluções mineralizantes. Especial atenção, mereceu a identificação de estruturas ligadas a tectônica das intrusões graníticas locais e os falhamentos verticais.

Muitas vezes, nas rochas metassedimentares, devido ao grau de alteração, a distinção de planos de juntas e falhas é impraticável. O mesmo sucede com a identificação de planos de xistosidade e sua distinção das juntas e do acamamento.

Na região de afloramento dos granitos, a principal dificuldade foi a presença de blocos que constituem geralmente as únicas exposições disponíveis. Isto porque não se pode assegurar com precisão se os mesmos encontram-se "in situ" ou são transportados. Por outro lado a rocha exibia elevada homogeneidade e uma menor densidade de feições estruturais.

Na Figura 7 observa-se a predominância das orientações estruturais segundo as atitudes N70-80E e N70W. A primeira, corresponde à direção geral da Zona de Transcorrência de São Paulo, sendo a predominante na região. A segunda reflete, provavelmente, efeitos localizados do tectonismo, resultante de introdução de corpos graníticos e deformações associadas, bem como, arqueamento das encaixantes, fissuras de tensão e cizalhamento das bordas da intrusão. As medidas aqui utilizadas igualmente forneceram, para as juntas, duas direções preferenciais N45E e N60W. A xistosidade também com duas orientações preferenciais, reflete pela observação do mapa geológico (Anexo 3), uma relação direta com a introdução do maciço da Cantareira (a Este da área) e bossa granítica de Taipas, na porção central da área, representada pela direção predominante N15W com mergulhos va-

riáveis de acordo com a proximidade dos corpos intrusivos e nível de erosão. Já a direção geral de xistosidade N65E está relacionada aparentemente a falhas transcorrentes no sul da área onde provavelmente o contato do granito e mica xisto é tectônico sucedendo o mesmo na porção norte com falhamento evidenciado por desnível topográfico acentuado e plano de falha observado no Ponto 2 do Perfil A (Ponto A-2).

Os veios de quartzo, aplito e pegmatito distribuídos na área acompanham as direções de xistosidade porém, não necessariamente concordantes com os planos de xistosidade. Deste modo pode-se observar as orientações dominantes N85E (principal) e N05W (secundária).

Os falhamentos de atitude aproximada E-W (N85W), parecem relacionar-se aos grandes falhamentos que delimitam a faixa de ocorrência do Grupo São Roque ao norte da cidade de São Paulo, correspondendo à zona de falhamento taxaquara.

A despeito da difícil observação de estrias de atrito em planos de falhamento verificou-se que estas quando presentes, mostram-se orientadas horizontalmente ou com mergulhos raramente superiores a 45° quando em planos aproximadamente E-W, indicando um caráter predominantemente transcorrente dos falhamentos principais da área em estudo.

Assim sendo, pode-se observar no Ponto 4-4 falhamento N86W vertical com estrias de atrito indicando um movimento subsidente do bloco SW no sentido NW observando-se, o inverso no bloco NE. Já no Ponto IV-5 praticamente no extremo oposto da região estudada observa-se falhamento transcorrente N45W 75SW com bloco NE se deslocando no sentido NW.

Pequenas dobras podem ser observadas nas bordas sul e norte da bossa granítica de Taipas (Pontos 71, II-4, A-5, Anexo 15) e no Ponto 4-7 (Anexo 15) ao sul da Estrada da Parada. Estes dobramentos em sericita-xistos bastante alterados, apresentam flancos com mergulhos suaves (não excedendo 45°) e eixos mergulhando para NE e S-SE. Deste

modo, no Ponto 7-1 observa-se um anticlinal com eixo rumando para N04E e mergulho 6°NE e um sinclinal com eixo mergulhando 24°SE e rumo S4E, aparentemente caracterizando um dobramento não cilíndrico. No Ponto II-4 próximo ao ponto anterior, uma outra estrutura anticlinal é observada, existindo eixo orientado segundo N33W e mergulhando 10°SE com o flanco leste cortado por falhamento N49E 70SE, exibindo brecha tectônica com cerca de 20 cm de espessura. No Perfil A, próximo ao afloramento de pegmatitos complexos litiníferos e granitos turmalinníferos observa-se num corte da Estrada Velha de Campinas, um anticlinal orientado segundo N36E e mergulhando 08NE, com mergulhos suaves nos flancos, representa uma dobra não cilíndrica com flancos N16W 10NE e N59E 20NW. Nas proximidades do limite sul da área de estudo próximo a exposição do Maciço Pirituba, no extremo sul da área, e paralelamente ao contato deste com as encaixantes, aflora num corte de estrada muito alterado um conjunto de pequenas dobras anticlinais com eixo, exibindo orientação N54E e mergulho não determinado para SW e inclinadas para NW (Ponto 4-7) constituindo dobras assimétricas.

Dentro do batólito da Cantareira e outros corpos granitóides menores atentou-se para a presença de lineações, xenólitos e eventuais foliações. Constatou-se nas rochas do Maciço Cantareira uma grande homogeneidade e uma incipiente lineação dos megacristais de microclínio em determinados locais, notadamente nas regiões de contato com as demais rochas. Foliação de biotita ou mesmo correspondente a uma textura fluidal decorrente do emplaçamento do maciço só foi observada nos Pontos 3-5 e II-6, a primeira na Serra do Ajuá e a segunda no interior da bossa granítica de Taipas, próximo a borda do corpo, com direção nitidamente paralela ao contato deste com sedimentos recentes. No Ponto II-6 a foliação apresenta-se paralela à direção de juntas existentes no local. Em ambos os casos, acredita-se que a foliação esteja relacionada à tectônica das

intrusões.

As lineações dos feldspatos, geralmente apresentam-se evidentes junto à borda do corpo granítico, com mergulhos predominantemente inferiores a 45° e direção paralela aos limites do corpo intrusivo. Esta relação das lineações dos feldspatos com a borda do corpo, mesmo em casos que a xistosidade das encaixantes é discordante da direção do contato pode indicar um caráter intrusivo tardicinemático para o granodiorito-adamelito da Cantareira.

Trabalhos anteriores realizados na área sugerem a existência de um anticlinal cujo eixo estaria localizado a altura da bossa granítica de Taipas (CORDANI *et alii*, 1963) que estava associado a possível sinclinal cujo eixo passaria próximo ao pico mais alto do Jaraguá (CORDANI *et alii*, 1961). Mais ao norte desse corpo HASUI (1963) estudando os granitos turmaliníferos de Perús, relacionou-os a um anticlinal de tipo isoclinal com plano axial EW e mergulho forte para o norte.

Esta ocorrência de granitos turmaliníferos corresponde a uma área de maior complexidade estrutural ao que parece. Aí teríamos a interferência de direções estruturais N70E e NW (15°-50°) com grande densidade de fraturamento, em geral verticais. Além disso, falhamentos de grande expressão cortam a área e a xistosidade constitui planos tendendo a verticais. As relações de contato são discutíveis, principalmente observando-se os diques de pegmatitos que cortam as metabásicas locais e até mesmo as calcossilicatadas em relação aos corpos de granito turmalinífero.

Alguns contatos observados (Pontos IV-4, V-2 e V-3), revelaram direção paralela a falhas e xistosidade, porém, nem sempre com planos concordantes como se observa no Ponto V-2.

Na maior exposição de granito turmalinífero (Ponto IV-5) observa-se na porção média superior hornfels cal-

cossilicatado com acamamento reliquiar N86W 40 NE. Esta rocha é igualmente observada no Ponto IV-4, exibindo acamamento reliquiar N86W 64NE na borda do corpo granítico e subjacente a rochas metabásicas. Aparentemente, as calcossilicatadas não apresentam continuidade em superfície, estando provavelmente relacionadas a um arqueamento das encaixantes causado pela intrusão do corpo granítico. Devido as dimensões e mobilidade da intrusão a direção geral das calcossilicatadas pode ter sido mantida, porém os seus arqueamentos provavelmente foram diferentes no centro e borda da intrusão resultando diferentes mergulhos dos corpos de calcossilicatados.

Internamente o granito turmalinífero exibe bandas de cores cinza e esbranquiçada constituindo curiosos desenhos geométricos, inclusive dobramentos com largura variável até alguns metros. HASUI (1963) efetuando medições deste bandamento e sistemas de diaclases dentro de tais corpos determinou a existência de três sistemas de diaclases, sendo dois subverticais e um sub-horizontal. Quanto às dobras presentes não constatou nenhuma orientação preferencial.Apontou ainda o mesmo autor uma lineação de turmalina paralela aos flancos e perpendicular ao eixo das dobras admitindo relacionar-se a fluxo magmático. Observa-se também nestes corpos veios e bolsões de pegmatitos de dimensões variáveis, irregularmente distribuídos e formato extremamente variável, que para efeito de mapeamento foram considerados juntamente com os granitos turmaliníferos.

Nas rochas constituintes da Serra do Ajuá (Cantareira) observou-se no Ponto OP1-6 xenólito de rocha melanocrática xistosa contendo feldspato e rico em biotita. No Ponto 4-6 observa-se um afloramento de filito com finas lâminas de quartzito que se encontra aparentemente imerso na massa granodiorítica constituindo um "roof pendant". Ainda pode-se observar megacristais de microclínio cataclasados, (Ponto a-1) relacionados provavelmente a contatos tectônicos ou proximidade de zonas de cizalhamento dentro do cor-

po granítico, visto que estudos existentes sobre a área revelam ocorrência desta feição em outros locais.

O Diagrama Schmidt-Lambert (Figura 8) mostra todas as medidas efetuadas no local e suas zonas preferenciais de concentração. Predominam as fraturas e falhas verticais com ligeira direção preferencial em torno de N70E e N85W, correspondendo a tendência regional aproximada E-W. A xistosidade, embora com pequeno número de dados, mostra discreta tendência para N65E e mergulhos ao redor de 30°.

4.2 - ESTRATIGRAFIA

Na área estudada não foi observada a presença de calcários, metaconglomerados, metaarcózios e metagrauvacas. A presença de filitos é observada unicamente ao sul da área constituindo aparentemente um "roof" de pequenas dimensões. Quartzito é observado somente como pequenas lentes localizadas dentro do micaxisto.

Os sericita-xistos são a rocha predominante na região e subordinadamente o "Granito Pirituba". Outros corpos graníticos e metamórficos ocorrem na área.

Sericita-xistos com lentes de rochas calcossilicatadas constituem no local a base da seqüência metassedimentar. Sobre estas assentam-se os metabasitos (anfibolitos) do Grupo São Roque comportando-se como pequenos corpos aparentemente concordantes com as encaixantes na área de estudo encerrando a coluna estratigráfica do referido grupo na área.

Os corpos intrusivos, adamelíticos granodioríticos da Cantareira, são responsáveis por fenômenos de turmalinização e feldspatização das encaixantes.

Encerrando o ciclo magmático teríamos os granitos turmalinníferos e pegmatitos associados ocupando a porção centro-oeste da área e cuja origem estaria relacionada a eventos finais da intrusão do batólito da Cantareira que teriam sucedido aparentemente somente nesta microregião. Não se ob

servou até o presente, qualquer afloramento do contato destes pegmatitos e granitos turmalinífero com o maciço da Cantareira, tendo-se notícia da observação de contatos do Granito Pirituba com pegmatitos turmalinífero, distintos daqueles de Perús, nas proximidades de Mairiporã (ELLERT,1964).

Cessado o magmatismo e metamorfismo regional a área estaria sujeita a um período de erosão seguido por um período de sedimentação terciária (Bacia de São Paulo) e novo período erosivo precedendo a sedimentação recente. No local só pudemos observar a presença destes últimos, acreditando-se porém que sedimentos terciários possam ser constatados através de sondagens.

Os sedimentos recentes restringem-se a pequenos depósitos localizados dentro do talvegue dos rios ou planícies aluvionares, observando-se os maiores depósitos na porção centro-sul da região onde sua deposição parece obedecer a linhas tectônicas preferenciais.

Os corpos graníticos são aproximadamente elípticos ou circulares caracterizando-se como corpos circunscritos de fase final de metamorfismo. Exceção deve ser feita aos granitos turmalinífero de Perús que embora orientem-se preferencialmente segundo as estruturas regionais, apresentam, em superfície contatos pouco regulares com os sericita-xistos denotando um caráter pós-tectônico. O grande paralelismo dos contatos entre micaxisto e granodiorito com atitudes de falhamentos próximos sugerem, nos pontos em que isto ocorre, a existência de um contato de natureza tectônica. Muitas vezes os contatos destas duas unidades não são observáveis ou de difícil caracterização. Porém o realce geomorfológico dos contatos associado a feições características das encaixantes (turmalinização e feldspatização) quando próximas à intrusão revela a presença do contato no ponto observado ou na sua vizinhança.

Os pegmatitos apresentam-se ora concordantes às atitudes locais dos xistos ora discordantes. Nos corpos gra

níticos apresentam-se em bolsões irregulares, lenticulares, etc., com dimensões variadas e limites pouco definidos, distinguindo-se a existência de dois tipos na área.

No extremo SW observa-se, no Ponto II-2, próximo à estação ferroviária do Jaraguá, rocha finamente laminada, extremamente alterada com forte mergulho para SW, constituindo pequeno corpo lenticular dentro do micaxisto.

As rochas calcossilicatadas são observadas principalmente na porção centro-oeste em contato com o granito turmalinífero e as metabásicas, já tendo sido abordada no item 4.1.

4.3 - PETROGRAFIA

As unidades litológicas aqui presentes já foram descritas no item 3.4 cabendo neste tópico a caracterização dos tipos ocorrentes na área com pequena ênfase para a petrografia da área anômala, constituída basicamente de granitos-turmalinígeros e pegmatitos complexos.

4.3.1 - Micaxistos

Constituídos basicamente de muscovita e quartzo, apresentam, na proximidade dos corpos granitóides turmalinização, conforme observado nos Pontos V-3 e A-16. Por vezes exibem variação na composição mineralógica, decorrente de alteração de metamorfismo de contato. Desta forma somam-se aos constituintes essenciais, granadas e agregados radiais de sillimanita representados atualmente por núcleos aproximadamente esféricos milimétricos de óxidos de ferro e máculas brancas de sericita e argila branca como observado no Ponto A-15 e proximidades dos Pontos A-4 e V-1 onde os micaxistos se acham profundamente deformados e compactos.

A textura destas rochas é predominantemente lepidoblástica com granulação em torno de 0,3 mm. Algumas amostras de sericita-xisto presentes na área próxima aos dois

últimos pontos citados já foram anteriormente estudados por FRANCO (1958), CORDANI *et alii* (1963) e COUTINHO (1972). Constataram estes autores a presença de estaurolita em mínima quantidade numa das amostras (provavelmente referente ao Ponto V-1) que apresenta textura granoblástica a porfiroblástica e representa um corpo de aproximadamente 2 km de extensão com orientação próxima a E-W, partindo do contato com o granodiorito Pirituba na altura do córrego Andando, indo até as proximidades de Perús.

Esta rocha apresenta destacada feição linear nas fotos aéreas da região. Ao norte constitui contato ao longo de toda sua extensão com um corpo pegmatítico muito alterado (Ponto VII-1). Já o seu contato sul está limitado a uma apófise granítica que se ergue ao norte do córrego Andando. Verifica-se no afloramento forte corrugamento e um grande plano de falha transcorrente N70W 80NE, aos quais a faixa de cerca de 2 km de extensão parecem estar relacionada. A gênese desta faixa é discutível.

FRANCO (1958) referiu-se a ela como hornfels decorrente do metamorfismo termal gerado pela intrusão de corpos pegmatíticos e graníticos da região de Perús.

O micaxisto, em geral, é facilmente caracterizável na área pela alteração típica (argilosa de coloração arroxeado) e xistosidade pronunciada imposta pela muscovita. Porém, na porção SW sua caracterização é mais difícil confundindo-se com filitos e aparentemente milonitos que alí ocorrem. A distinção destas rochas muitas vezes é difícil mesmo quando em lâminas delgadas, tendo-se procurado utilizar nesta distinção relações de campo.

4.3.2 - Calcossilicatadas (hornfels)

Estas rochas compactas e na maioria das vezes de granulação submilimétrica, foram observadas em alguns pontos da área (IV-4, IV-5, Pedreira Ceramit) em contato com os turmalina-granitos e pegmatitos associados. Exibem es

trutura palimpsesticas apresentando camadas centimétricas.

No Ponto II-2 foi coletado amostra finamente laminada (espessura das lâminas inferior a 5 mm) de coloração alternada branca e vermelha, bastante alterada e argilosa. Não fosse a situação de campo (acamamento N66W 66SW), teríamos considerado tais rochas como sedimentos. Esta rocha constituindo aparentemente, um pequeno corpo lenticular, dentro do micaxisto, aflora totalmente alterada, não permitindo mesmo após laminação uma conclusão satisfatória a respeito. De acordo com autores que atuaram na área, a descrição desta amostra como hornfels calcossilicatado foi a indicada embora diferisse das características gerais das demais calcossilicatadas existentes na região e já descrita em diversos trabalhos anteriores.

Outros corpos de calcossilicatadas ocorrem a SW da área de estudo, nas proximidades da bossa granítica de Taipas e do corpo anfibolítico do Jaraguá, confundindo-se por vezes com este último. Os afloramentos de rocha fresca são raros. Porém a observação da natureza de seu manto de alteração, permite inferir sua ocorrência em outros pontos desta localidade. Através de tal observação, embora seja difícil delimitar os corpos, as rochas calcossilicatadas parecem ocupar extensões maiores do que aquelas observada na porção centro-oeste da área, não se limitando a pequenos corpos lenticulares.

Por outro lado, a observação de lâminas delgadas de amostras provenientes do setor SW revelaram a presença de uma rocha constituída por uma microdobra com duas fases: uma de hornblenda e a outra de tremolita sugerindo uma relação de gênese da calcossilicatada com o anfibolito local.

4.3.3 - Metabásicas (anfibolito)

São encontrados em duas localidades: a SW, num prolongamento do corpo anfibolítico do Jaraguá, discordante das encaixantes regionais e representando a maior exposição

de metabásicas dentro do Grupo São Roque, tendo sido estuda da por CORDANI *et alii* (1961) e mais detalhadamente por GOMES (1962, 1964, 1972); e, na porção centro-oeste associa da aos pegmatitos, granitos turmalinígeros de Perús e cal cossilicatadas. Estes últimos apresentam-se cortados por corpos tabulares de pegmatito e aplito no Ponto IV-3. No contato destes corpos com o anfibolito observa-se turmalini zação intensa, com cristais de turmalina negra de dimensões centimétricas partindo do anfibolito para o interior do peg matito. Este anfibolito apresenta textura granoblástica grosseira e direção N75E, paralela a falha transcorrente N74E vert. Os corpos intrusivos na metabásica apresentam orientações N14E 30 NW e N66W 60 SW correspondendo aos peg matitos, e atitudes N76W vert. e N16W vert. correspondendo a aplitos. Uma falha vertical N56W também corta o corpo, apresentando movimento inclinado tendendo a vertical, indi cando provável reativação deste plano de falha.

4.3.4 - Quartzitos

Ocupam pequena área no extremo SW da região junto ao corpo anfibolítico, representando parte da lente quartzí tica que constitui o Morro e o Pico do Jaraguá. Sua presen ça foi constatada em dois afloramentos, inferindo-se o seu contato com as demais encaixantes.

É uma rocha compacta, bastante dura, constituída quase exclusivamente de quartzo. Subordinadamente, identifi ca-se a presença de sericita em quantidades não superiores a 15%.

4.3.5 - "Granito Pirituba"

Ocupando toda a porção leste encontra-se o maciço granodiorítico-adamelítico da Cantareira constituindo a Ser ra de mesmo nome e localmente a Serra do Ajuá. Exceto nas pedreiras, as exposições deste batólito acham-se cobertas

por densa cobertura vegetal natural. Os afloramentos, em geral, estão representados por matacões de dimensões variadas, constituindo em alguns casos aglomerados de blocos. Nestes casos é nítida a concordância das superfícies dos matacões com uma superfície topográfica única conforme se observa no Ponto II-6. A similaridade desta superfície topográfica dos matacões com a do terreno em que se situam indica nitidamente que estes blocos encontram-se "in situ". Em geral tanto nos blocos como nas pedreiras observa-se o granodiorito pouco alterado ou praticamente são.

Na bossa granítica de Taipas e nas Serras do Ajuá e Cantareira as características texturais típicas desta rocha estão bem evidenciadas. Já na pequena apófise da localidade de Perús ao N do córrego Andando e a W da Estrada Velha de Campinas os megacristais de microclínio apresentam-se em menor quantidade, sendo a matriz bastante quartzosa, além do que dois veios de quartzo de direções paralelas cortam o "granito" neste local. Provavelmente essa maior quantidade de quartzo esteja relacionada aos fenômenos pneumatolíticos hidrotermais que geraram os corpos pegmatíticos e granitos turmaliníferos próximos. A mesma feição é observada nas proximidades do Morro do Jaraguá, em um bloco isolado de pequenas dimensões, aparentemente relacionado à bossa granitóide de Taipas e que exibiu num pequeno veio de quartzo que o atravessa contagem radiométrica total pouco superior a média da localidade (170 c.p.s.).

Constata-se nestes granodioritos a presença de sulfetos disseminados na matriz em quantidades acessórias com dimensões, que variam de milimétricas a centimétricas. As maiores concentrações destes sulfetos (de Fe e/ou Cu) observa-se na Pedreira Itaberaba (Ponto I-1) onde o "Granito Pirituba" se apresenta muito falhado e cortado por grande número de veios de aplito. Os sulfetos por vezes contornam os grãos de microclínio, como foi observado no Ponto 2-1.

Dentro dos cristais de microclínio, ocorrem in

clusões de plagioclásio sericitizado. Estes cristais caracterizam-se por elevada triclinicidade indicando cristalização a baixas temperaturas, portanto, na fase final de consolidação do maciço.

4.3.6 - Granitos turmalinîferos e pegmatitos

Os granitos turmalinîferos até o presente momento, só foram descritos na localidade de Perús, próximo ao córrego Andando e Ribeirão Perús. Estes corpos apresentam-se em variável estado de alteração, constatando-se grandes massas intensamente alteradas próximo a outras pouco alteradas em níveis topográficos aproximadamente iguais. Caracterizam-se pela grande quantidade de turmalina (quase que exclusivamente negra) e total ausência de biotita ou outro máfico em sua mineralogia. Esta turmalina essencialmente secundária teria se formado às expensas de feldspatos e muscovita, conforme se observa ao microscópio.

Dentre os minerais quantitativamente menos significativos, a apatita de coloração esverdeada, aparece inalterada na maioria das vezes. A caracterização da alanita é difícil, tendo-se adotado tal classificação para um mineral amarelo acastanhado de relevo alto e contorno poliédrico.

O quartzo participa com cerca de 50% da amostra exibindo forte extinção ondulante, mais pronunciada do que aquela observada nos micaxistos regionais.

O plagioclásio apresenta vez por outra sericitização, podendo-se observar nas albitas ripas do geminado polissintético, quebradas e arqueadas.

A grande quantidade de turmalina, aliada ao formato extremamente irregular e complexo das bandas dentro do corpo granítico e a profusão de veios pegmatítitcos associados sugere a existência de um magma de elevada fluidez afetado por deformações durante a fase final de consolidação como sugerem o quartzo e a albita. Estudos efetuados por

HASUI (1963) revelaram uma orientação preferencial do bandamento em torno de N60-70W com mergulhos para SW, correspondendo igualmente a atitudes de diaclases preenchidas por autunita, segundo observado por MAU (*in* HASUI, 1963).

Os veios pegmatíticos apresentam-se parcialmente concordantes com este bandamento evidenciando segundo HASUI (*op. cit.*) início da fase pegmatítica-pneumatolítica anteriormente ao término de cristalização dos granitos turmaliníferos existindo ainda certa facilidade de escoamento paralelamente ao bandamento.

Na região estudada pode-se distinguir dois tipos de pegmatitos: simples, mineralogia representada por poucos minerais, não exibindo zoneamento, e, complexos com mineralogia variada e zoneamento pouco pronunciado.

Os pegmatitos simples foram observados em vários pontos (1-3, I-4, VII-2, 6c) apresentando-se quase sempre muito alterados, constituídos por quartzo, turmalina preta, e feldspato (microclínio ?) alterado para argila. Sua distinção dos complexos é imediata através das medidas radiométricas, constatando-se para os simples,baixas contagens, enquanto nos complexos se observa elevadas contagens. Estes corpos pegmatíticos simples apresentam-se geralmente alongados e nas proximidades de intrusões graníticas maiores, cortando os xistos.

Os pegmatitos complexos aparecem associados aos granitos turmaliníferos imersos nestes ou cortando as encaixantes regionais. As dimensões destes corpos são extremamente variadas, podendo-se distinguir intercrescimentos gráficos de quartzo e feldspato e pequenos corpos de pegmatitos laminados indicativos neste último caso, da grande fluidez do material. Pode-se caracterizar em alguns corpos pelo menos três zonas distintas: zona de borda de espessura milimétrica a centimétrica, representada por associação de sericita e granada vermelha (provavelmente piropo); zona de parede e/ou intermediária constituída por ampla gama minera

lógica, tendo a maior expressão dentro dos corpos de pegmatito complexo, e, a zona do núcleo representada por cristais de dimensões até decimétricas de turmalina negra e rósea, microclínio, quartzo e berilo.

A zona intermediária e/ou de parede foi assim referida por representar uma zona de características tanto de uma como de outra zona sem limites definidos que permitam identificar uma ou outra. O núcleo ocupa porção restrita dentro do pegmatito e nem sempre é observável nos afloramentos. Caracteriza-se pela presença de grandes cristais de berilo. Este berilo é visualmente muito semelhante ao feldspato, distinguindo-se, macroscopicamente, somente pela seção hexagonal típica e ausência de clivagem. Determinações roentgenográficas revelaram, para o berilo de Perús, os parâmetros da Tabela 10. Estes dados foram obtidos com anticatodo de Cu, filtro de Ni e comprimento de onda λ = 1,5405 Å.

Veios de quartzo turmalinífero e quartzo puro de pequena extensão cortam as rochas regionais em diversos locais, representando uma fase final de consolidação dos líquidos magmáticos. Por vezes estes veios se acham fortemente contorcidos com o quartzo excessivamente fragmentado (próximo ao Ponto IV-3).

Tanto o pegmatito como o granito turmalinífero apresentam grande quantidade de minerais uraníferos secundários ocupando fraturas dentro destas rochas, tendo-se observado (GABELMAN, 1963) sua presença dentro dos xistos até distâncias indeterminadas, partindo do corpo pegmatítico. Observações de campo constataram a presença de tais minerais unicamente associados às intrusões de Perús.

Pelo menos dois eventos penumatolítico-hidrotermais verificaram-se nas intrusivas da localidade de Perús. Isto se evidencia pela existência de duas gerações de turmalina no granito turmalinífero; presença de turmalina zonada coaxialmente; albitização de feldspatos; associação de

mica lepidolita sempre a turmalina litinífera. A turmalina zonada, apresenta-se em relação ao eixo, de fora para dentro: turmalina rósea, parda e preta no centro. Uma análise química obtida por KNECHT (1936) revelou para estas zonas um conteúdo de Li_2O diminuindo da borda para o centro e associação de lepidolita à porção mais externa, indicando a introdução de uma solução litinífera posterior à fase do boro.

5 - PROSPECÇÃO RADIOGEOLÓGICA

5.1 - INTRODUÇÃO

Foram efetuadas 108 contagens na região estudada correspondente a 18 perfis de caminhamento com uma média de quatro contagens por perfis totalizando pouco mais de 50 km percorridos.

O levantamento radiométrico,em contagens por segundo (c.p.s.), indicou cinco anomalias na área conforme caracterizado a seguir tendo-se obtido cerca de 40 amostras da área pesquisada. Procurou-se sempre que possível efetuar as contagens em rocha sã, uma vez que o objetivo era a observação de teores fundamentais de minerais radioativos e eventuais anomalias em rocha, que poderiam indicar a presença de minerais primários. Já a realização de contagens em solo apontariam, eventualmente, depósitos superficiais secundários sem que estes tivessem necessariamente correlação com mineralizações mais profundas na rocha subjacente aos aluviões e regolitos, principalmente considerando-se a grande mobilidade e instabilidade química dos compostos de urânio em nosso ambiente, além das coberturas de solos a maioria das vezes, serem aloctones devido às declividades acentuadas das regiões cristalinas.

O cálculo dos valores médios das contagens foi feito através da média aritmética:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

O uso da média aritmética permite uma melhor representação do valor médio de uma população,por não eliminar a influência dos seus termos extremos. Tal fato não ocorre quando emprega-se as médias geométrica e ponderada

que diminuem a influência dos elementos que ocorrem em pequena quantidade dentro da população.

Para o cálculo do desvio padrão, adotado como medida de dispersão dos dados, utilizou-se a relação:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

onde o uso da diferença n-1 em lugar simplesmente de n (número de amostras) permite uma melhor estimativa do desvio padrão da população da qual a amostra foi extraída(SPIEGEL, 1974).

5.2 - RESULTADOS

A área objeto do presente estudo, abrange rochas graníticas tardi a pós-tectônicas aos metamorfitos do Grupo São Roque e xistos micáceos,anfibolitos, quartzitos e rochas calcossilicatadas do referido Grupo, permitindo, devido a esta heterogeneidade, o estabelecimento de um "background" regional com variações locais inerentes aos tipos litológicos. Assim sendo para os corpos granitóides, obteve-se um "background" de 75 c.p.s., com variações de 50-90 c.p.s. (referentes ao desvio padrão). Por outro lado, os xistos micáceos forneceram um "background" médio de 88 c.p.s. com variações de 69-108 c.p.s. As demais rochas, estando representadas por um número de pontos de medida bem inferior, só foram consideradas para efeito de avaliação do "background" regional, cujo valor situou-se em torno de 82 c.p.s., variando entre 50 e 112 c.p.s. Igualmente na contagem total, verificou-se uma contagem média de 100--101 c.p.s. nos corpos granitóides e ao redor de 115 c.p.s. nos xistos micáceos. Observou-se porém no campo, que geralmente os corpos de adamelito ("Granito Pirituba") apre

sentavam as contagens totais superiores, ao dos xistos micáceos, como se deduz da observação dos perfis (Anexos 4 à 14), tal valor (100-101 c.p.s.),considerou porém conjuntamente,os corpos pegmatíticos,direta ou indiretamente relacionados ao maciço da Cantareira,introduzindo por vezes valores radiométricos anormalmente negativos como o do Ponto 2 no Perfil VII. Paralelamente verificou-se também, uma maior oscilação do "background" nos xistos micáceos do que nos corpos granitóides, o que se confirmou na determinação dos desvios padrões de mais ou menos 38 c.p.s. no primeiro caso e mais ou menos 15 c.p.s. no caso dos granitóides. Este fato talvez possa ser explicado pela maior variação do grau de alterabilidade das rochas micáceas, mais susceptíveis às intempéries, do que as rochas graníticas que em sua maioria apresentavam-se inalteradas (ao menos visualmente).

Não foram considerados como já explicado anteriormente (item 2) solos e sedimentos recentes na prospecção radiométrica.

No levantamento efetuado, destacou-se como única área anômala radiometricamente a região de aproximadamente 6 km^2 a E de Perús, nesta mesma localidade, onde já se conhecia mineralizações uraníferas secundárias em cavidades e fraturas do granito-turmalinífero local. Nesta área, constataram-se cinco anomalias, podendo-se dividí-las em: duas de primeira ordem, representando de 16 a 21 vezes o "background" local; e, três de segunda ordem, de 5 a 7 vezes o "background" local.

A anomalia mais intensa de 3.000 c.p.s. encontra-se em granito-turmalinífero são, caracterizando-se localmente como uma anomalia punctual, dentro do Perfil V. A segunda com 2.000 c.p.s. aparece em pegmatito inalterado, próximo ao contato com rochas calcossilicatadas (hornfels) apresentando igualmente caráter punctual local, no Ponto 4 do Perfil IV. Ainda no Perfil IV, próximo à anomalia do Ponto 4, encontramos no Ponto 5, duas anomalias secundárias próximas,

uma de 1.800 e outra de 2.200 c.p.s., caracterizando em planta (Anexo 15) uma anomalia linear de difícil constatação no campo. Estas anomalias secundárias situam-se em corpos pegmatíticos complexos que encontram-se imersos irregularmente na massa de granito-turmalinífero. Ainda a E dos Pontos 4 e 5, no Ponto 3, dentro do Perfil IV, nas proximidades da Estrada Velha de Campinas, uma anomalia de 600 c.p.s. é observada em pegmatito complexo, granatífero próximo ao contato com metabasitos (anfibolitos) do Grupo São Roque. Estas anomalias estão discriminadas no Anexo 17.

Paralelamente constataram-se alguns pontos com baixa radioatividade, muito inferior aos valores médios dos "background" (BG) observados. Assim, nos Pontos 5-10 (Ponto 10 do Perfil 5), II-9 e VII-1 obtiveram-se contagens respectivamente de 15, 45 e 50 c.p.s. sendo as duas primeiras em rochas argilosas e a última em pegmatito alterado. Provavelmente o estado bastante alterado do afloramento justifique este comportamento. O intemperismo pode ter induzido à uma lixiviação dos minerais radioativos constituintes da rocha ou então originado novos minerais com elementos radioativos. No caso de simples lixiviação, os elementos radioativos foram liberados da rocha e portanto essa emite baixa ou nenhuma radioatividade. No caso de novos compostos com elementos radioativos, estes estarão em início de desintegração (decaimento radioativo) e desta maneira emitirão baixa radiação; portanto haverá pequeno registro de contagens pelo cintilômetro.

Os valores de 15 e 50 c.p.s. apresentam-se inferiores mesmo com referência a dados regionais em rochas similares obtidas em trabalhos anteriores (CPRM, 1975). Assim para metassedimentos síltico-argilosos do Grupo Açunguí o valor do BG mínimo foi 30 c.p.s. enquanto para corpos granitóides o mínimo obtido foi de 80 c.p.s.

O Ponto 5-10, onde se obteve o menor valor radiométrico situa-se no extremo SW da área, próximo a corpos an

fibolíticos, quartzíticos e graníticos. Está representado por afloramento de rocha siltosa extremamente decomposta muito fraturada de coloração amarelo-alaranjada, podendo tratar-se provavelmente de um anfibolito extremamente decomposto, visto que se observou nas proximidades deste afloramento um bloco de 1 m de diâmetro, desta rocha, isolado num corte de estrada (Anexo 17).

O valor de 45 c.p.s. observado no Ponto II-9 foi obtido em micaxisto próximo ao contato com a bossa granitóide de Taipas exibindo grande feldspatização e porfiroblastos (talvez sillimanita em agregados). Esta rocha se encontra extremamente alterada passando a solo de alteração.

O pegmatito muito alterado que aparece no Ponto VII-1, em contato com o sericita xisto apresenta mineralogia simples, constituída de quartzo feldspato e turmalina negra. Apresenta-se em estado avançado de alteração ao S da Av. Fiore Peccicacco, na localidade de Perús. Este corpo acha-se orientado aproximadamente E-W concordando aparentemente com a xistosidade das encaixantes e com as direções locais de fraturamento provavelmente relacionadas a falhamento local.

No local da anomalia V-2 só foi conseguida amostra para elaboração de lâmina delgada e autoradiografia.Ao lado desta anomalia um ponto de radioatividade igualmente elevada (2.000 c.p.s.) permitiu obtenção de amostra em dimensão adequada. Macroscopicamente, constatou-se a presença de quartzo enfumaçado e turmalina preta no ponto de anomalia máxima.

A anomalia IV-3 (600 c.p.s.) localizou-se em pegmatitos, intrusivos em anfibolitos, próximo do contato entre estes corpos correspondendo a manchas escuras, dentro do corpo pegmatítico, onde se concentram turmalina e granada.

A anomalia IV-4 está representada por uma maior concentração de quartzo em plano de falha dentro do pegma-

tito, nas proximidades do contato das rochas calcossilicatadas com o pegmatito. Tal contato exibe atitude N14E 55SE.

Já as anomalias IV-5 foram constatadas em granito-turmalinífero com grande número de fraturas mineralizadas com minerais uraníferos secundários que forneceram contagens totais entre 600 e 1.500 c.p.s. Este valor, de certa maneira, não era esperado para estes minerais e sim contagens máximas, visto tratar-se de minerais sabidamente uraníferos com teores de até 9,55% em U_3O_8 no mineral e em torno de 0,1% em rocha, segundo análises químicas contidas em KNECHT (1938). Embora estes dados não sejam recentes, e os equipamentos então disponíveis para análise, apresentassem menores recursos que os atuais, julgamos confiáveis em face da obtenção de dados similares, em nosso trabalho, para algumas rochas regionais. Porém tal fato é explicável, visto que outras fontes de radioatividade (Th e K) estão presentes na área. Além disso, fator a considerar é o estado de equilíbrio dos minerais uraníferos que podem ter-se formado recentemente e portanto estar em fase inicial de decaimento radioativo exibindo pequena radioatividade. A despeito de tal fato, observou-se em fratura preenchida por mineral uranífero, a máxima anomalia desta pedreira, identificada no Anexo 17 como IV-5 (2.200) correspondendo a 2.200 c.p.s. Obteve-se paralelamente, em granito turmalinífero a anomalia IV-5 (1.800) associado a manchas escuras de turmalina negra e quartzo enfumaçado.

A Tabela 11 apresenta os resultados do levantamento radiométrico de superfície efetuado na área de estudo.

5.2.1 - Perfis radiogeológicos

A elaboração de perfis geológicos e radiométricos superpostos permitiu a observação do comportamento radiogeológico face aos fatores de influência referentes às contagens com o cintilômetro. Igualmente foram observadas as contribuições radiométricas das mineralizações locais. Os

perfis radiogeológicos forneceram ainda, a amplitude e o contraste das anomalias registradas. Deste modo, verificou-se que o fator de influência mais freqüentemente observado em todas as medidas, foi a litologia como pode-se notar nos Perfis 4, Op 5, VII. O efeito topografia se fez presente em alguns perfis, mais destacadamente no Perfil 3. Embora não apresentasse uma correlação definida, notamos, em alguns casos, uma variação das contagens quando ocorriam variações bruscas na temperatura, como se constatou nos Perfis Op 1 e Op 2 e, talvez, parcialmente no Perfil Op 5, visto que neste último há implicações de ordem litológica. Por outro lado, constatou-se igualmente no Perfil Op 2 uma maior contagem em cotas mais altas talvez relacionado à topografia.

Alguns locais exibiram também contagens possivelmente afetadas pelo efeito de massa (ou cavidade) a exemplo dos Pontos Op 1-1 e Op 1-6.

As anomalias acham-se caracterizadas nos Perfis IV e V. Nos Anexos 4 a 14 são apresentados os perfis aqui citados, os quais passamos a descrever, juntamente com um resumo dos demais perfis percorridos na área. Uma análise comparativa dos perfis pode ser vista na Figura 9.

a) PERFIL A

Na seqüência representada neste perfil, pode-se observar uma predominância dos afloramentos de micaxistos, sobre os granitóides regionais.

Partindo-se de um prolongamento do maciço da Cantareira exposto na pedreira abandonada da CONSPEDRA, cruza-se falhamento transcorrente vertical, aproximadamente E-W, descendo-se a partir daí, na topografia, até atingir a cota 750 m junto ao córrego Andando (Ponto 4) e próximo a falhamento transcorrente subvertical. A partir daí sobe-se novamente na topografia atingindo-se a cota aproximada de 860 m, que não supera a inicial (950 m). A atitude da xistosidade das encaixantes regionais assume a posição vertical próximo

à localidade de Taipas (Ponto 6) junto a uma bossa granítica. Sua inclinação varia em torno de vertical até o Ponto 18 próximo ao falhamento do Ponto 17, onde se verifica uma sensível atenuação dos mergulhos aparentes, que não superam os 45 graus.

Os corpos graníticos afloram, ao longo do perfil, em três pontos. Dois deles próximos a Taipas e o último junto à Serra do Ajuá.

Os pegmatitos complexos de Perús, situam-se próximo à área topograficamente mais baixa, em torno da cota 770m.

As contagens radiométricas totais, foram as que mais variaram. Observou-se o valor mínimo de 60 c.p.s. no Ponto 9 representado por solo residual de xisto possível motivo da baixa contagem). O valor máximo foi igualmente observado em micaxisto, correspondendo à 135 c.p.s. no Ponto 6. O valor médio situou-se em torno de 106 c.p.s. Do Ponto 14 ao 18 os valores se mantiveram estáveis correspondendo igualmente ao maior contraste radiométrico local com uma relação CT/BG = 1,3, porém sem qualquer valor anômalo.

b) PERFIL I

Do Ponto 1 (Pedreira Itaberaba) ao Ponto 5 (cerca de 700 m após o Jardim Terezinha) nota-se um desnível de 100 m na topografia com a cota mais baixa em torno de 800m. Um relevo movimentado caracteriza os primeiros 1.000 m do perfil, aparentemente afetado por dobramentos e falhamentos conforme observado na Pedreira Itaberaba. Observa-se localmente em 100 m de distância desnível da ordem de 50 m (próximo ao Ponto 2). Prosseguindo-se no perfil constata-se,em nível pouco superior ao Ponto 2, adiante uns 300 m, um patamar ligeiramente arqueado nas proximidades de intrusão pegmatítica que aflora em cerca de 300 m no perfil. Possivelmente do início do patamar até o corpo pegmatítico, tem-se pequeno sinclinal e neste último um anticlinal. Do término do patamar até o Ponto 5 o relevo volta a ser acidentado

devido a proximidade dos granodioritos e adamelitos da Cantareira que afloram a menos de 50 m do ponto referido.

A exposição rochosa da Pedreira Itaberaba, mostra-nos o corpo "granítico" Pirituba intensamente falhado, cortado por aplitos, contendo sulfetos de Cu e exibindo nas bordas do corpo granulação mais fina. Na porção final constatou-se pegmatito de mineralogia simples bastante alterado. Este conjunto caracteriza os únicos afloramentos de granitóides no perfil.

A xistosidade das encaixantes (sericita-xisto) não apresenta mergulhos aparentes fortes até o fim do perfil, onde esta mergulha verticalmente, junto ao maciço da Cantareira. A feição anticlinal é caracterizada junto ao Ponto 3 e no Ponto 4 sendo inferida a sinclinal adjacente.

Radiometricamente, não há valores anômalos a menos que consideremos o Ponto 3 como anomalamente negativo (item 5.2). A radioatividade máxima aí encontrada foi 115 c.p.s. (contagem total CT), para um mínimo de 55 c.p.s. no Ponto 3. A média dos valores aí observados foi em torno de 82 c.p.s. de significado não estatístico visto tratar-se de uma pequena amostra (5 valores) com variações extremas.

O efeito litologia pode ser nitidamente verificado no perfil.

c) PERFIL IV

Apresenta no início do perfil, corpo granodiorítico com destaque topográfico, representando a porção mais elevada desta seção (810 m). A partir deste, em direção a Perús, o relevo levemente ondulado, diminui até a cota 740m, na pequena várzea do Ribeirão Perús, permanecendo em torno desta cota até o fim do perfil. Outra feição, que constitui um ressalto, na topografia, embora não tão destacado quanto o granodiorito ("Granito Pirituba") das proximidades do Ponto 1, é o granito turmalinífero de Perús explorado nas Pedreiras Peccicacco.

Entre estes dois corpos graníticos encontramos rochas metabásicas associadas a pegmatitos e calcossilicatadas perturbadas por falhamentos.

Sem dúvida alguma a principal ocorrência desta seção é a presença de quatro anomalias, como pode-se observar nos dados de CT, caracterizando-se como uma de primeira ordem e três de segunda ordem, constatadas pela razão contagem total/"background" (CT/BG). O BG do perfil foi um dos mais elevados, senão o mais elevado da área estudada, registrando o valor médio de 132 c.p.s.

A contagem total oscilou entre o mínimo de 97,5 no granodiorito e o máximo de 2.200 correspondendo a anomalia do Ponto 5 (IV-5 - 2.200). Em geral toda a exposição de granitos turmalinífero exibiu CT elevada, acreditando-se que um comportamento radiométrico do corpo possa ser definido com malha mais fechada, topograficamente controlada, efetuando-se contagens nos seus nós. Interessante notar a correlação entre os contornos do granito turmalinífero e o perfil das anomalias.

d) PERFIL V

Apresentando relevo pouco acidentado, localmente alterado por grandes aberturas em rocha (pedreiras), apresenta cota superior a 740 m e inferior a 810 m, atingindo o valor máximo de 805 m no Ponto 4.

Dois falhamentos podem ser visualizados neste corte: primeiro no Ponto 1, de caráter transcorrente, subvertical, ocorre em muscovita-xistos intensamente deformados, exibindo grande espelho de falha; o segundo aparece no fim do perfil paralelo ao contato do granito-turmalinífero com o micaxisto.

Duas exposições de turmalina granito, em pedreiras existentes na área, representadas pelos Pontos 2, 4 e 6, são observadas. O contato destes corpos com as encaixantes se mostrou concordantemente à direção de xistosidade porém não

necessariamente paralela ao plano de xistosidade, como pode-se observar próximo ao Ponto 2 rumo ao Ponto 5, onde se constata um mergulho da xistosidade oposto àquela exibida pelo contato. Já no Ponto 3, embora não se observe no perfil, constatou-se uma concordância entre os planos de xistosidade e de contato, sugerindo a existência de anticlinal envolvendo a exposição rochosa presente em 4 e 6.

O BG médio situou-se em torno de 113. A relação CT/BG média situou-se em torno de 1,7 sem considerar o valor anômalo do Ponto 2, representando a seção de maior contribuição da rocha na radioatividade total, ou seja, aparentemente a participação dos elementos radioativos nas rochas locais é maior ao longo deste perfil do que nos demais observados, inclusive considerando o Perfil IV, onde sem computar os valores anômalos verificou-se uma relação CT/BG de 1,4.

A máxima contagem total desta seção foi 3.000c.p.s. correspondendo ao maior valor da área e anomalia de maior contraste (CT/BG = 20,7). O mínimo valor total foi 120c.p.s., obtendo-se o valor médio de 659 c.p.s.

e) PERFIL VII

A porção central destaca-se na topografia com cotas próximas de 850 m contrastando com o início do perfil (Pontos 1 e 2) onde o ponto mais alto não atinge a cota 800m. O relevo eleva-se rapidamente a partir do Ponto 2, onde observam-se fraturas verticais, provavelmente associadas a falhamentos localizados a oeste do perfil e que parecem condicionar a geomorfologia local, visto que a erosão diferencial não explicaria a irregularidade no perfil, em se tratando unicamente de sericita-xistos (exceto no Ponto 1 e pequeno corpo pegmatítico no Ponto 2). A partir do Ponto 3, um declive suave, atinge a porção mais baixa da seção (cota 730 m), elevando-se a partir daí até o fim do perfil e mesmo depois deste. No mesmo intervalo, a xistosidade sugere

a existência de um sinclinal de eixo aproximadamente N75E com plano axial mergulhando para norte. A extensão deste eixo para NE parece complicar-se próximo ao maciço da Cantareira onde a xistosidade apresenta comportamento variável.

Litologicamente a existência de uma exposição pegmatítica muito alterada no início do perfil e pequeno corpo observado num corte de estrada no Ponto 2, são as únicas variações dentro do micaxisto que também se apresenta bastante alterado em todo o perfil.

As contagens registradas no micaxisto, são aproximadamente iguais, com variações nos Pontos 2 e 4 devido a efeito de massa dada a proximidade de vales não muito abertos.

A mínima contagem total registrada, foi 50 c.p.s., correspondendo a um dos valores mais baixos da área, associado a corpo pegmatítico (Ponto 1). O máximo valor (CT) foi 150 c.p.s.

f) PERFIL 3

Contido inteiramente nos granodioritos/adamelitos da Serra da Cantareira, apresentando relevo montanhoso, representa uma das porções mais elevadas da área, atingindo cota próxima a 1.200 m (Ponto 7). Caracteriza-se por pequenos morros com declividade mais pronunciada no flanco S-SW que no flanco oposto, notando-se próximo ao Ponto 5 paralelismo do perfil deste flanco com o mergulho aparente exibido por cristais de biotita presentes no "Granito Pirituba". Esta característica do relevo é perfeitamente observável no campo, onde após se percorrer um aclive com relativa dificuldade segue-se um patamar ou uma declividade pouco pronunciada.

A seção radiométrica acompanha, grosso modo, o perfil geológico, com menores contagens nos pontos mais baixos, aumentando nos altos, denotando o efeito da topografia.

O mínimo valor registrado foi 80 c.p.s. e, o maior, de 155 c.p.s. (Ponto 5), deve-se provavelmente a efeito de massa relacionada a pequena elevação a SW deste ponto. O "background" oscilou em torno de 81 c.p.s.

g) PERFIL 4

Relevo moderado levemente ondulado é o que se observa aqui. O corpo intrusivo (Pirituba) parece ter afetado pronunciadamente os muscovita xistos regionais, que no local aparecem cortados por numerosos veios de quartzo com atitudes variáveis, observando-se no "granito" veios de aplito. O fraturamento vertical observado no Ponto 7 parece estar relacionado a falhamento vertical existente junto ao corpo granítico. Uma exposição de micaxisto aflora no Ponto 6 no interior do corpo granítico, apresentando direção paralela ao micaxisto presente nos Pontos 4 e 7 e mergulho para SE ligeiramente diferente do verificado naqueles pontos.

A litologia parece influenciar as contagens conforme se verifica nitidamente no perfil de CT. Aparentemente a introdução de veios de quartzo eleva os registros de radioatividade. No Ponto 4 a contagem obtida para o micaxisto possivelmente se refere ao efeito de massa visto que o local era cortado por falha onde se desenvolveu uma ravina dentro do micaxisto. Mesmo assim não se registraram valores anômalos, com as razões CT/BG atingindo o valor máximo de 1,6 nos Pontos 4 e 6. Um valor máximo de 125 c.p.s.e o valor mínimo de 75 c.p.s. foram registrados neste caminhamento.

h) PERFIL Op 1

Apresentando relevo semelhante ao do perfil anterior, cobrindo igualmente unicamente rochas graníticas, situa-se em sua quase totalidade acima da cota 950 e abaixo da cota 1.100.

No início registrou-se 120 c.p.s. diminuindo até 75 c.p.s. (contagem total no Ponto 4) e subindo até 100c.p.s. no fim do perfil. O efeito de massa parece explicar o comportamento diferencial das contagens ao longo do corpo granítico.

i) PERFIL Op 2

Começa na cota 870 m e termina na cota 1.100 m atingindo, próximo ao término a elevação máxima de 1.160 m.

É uma seção bastante simples, representada praticamente por um único aclive e exclusivamente afloramentos do "Granito Pirituba".

A radioatividade média foi 88.5 c.p.s. (CT). Não se registrou qualquer anomalia, sendo os valores radiométricos máximos e mínimos respectivamente 92,5 e 85 c.p.s. (CT).

Fraturamentos verticais foram medidos nos Pontos 1 e 4.

j) PERFIL Op 5

A princípio observa-se ocorrência de micaxisto até o Ponto 2, onde o contato do corpo granítico com as encaixantes, localmente feldspatizadas, ocupa pequena ravina. Provavelmente, a zona entre os Pontos 1 e 2 abrigam sinclinal com eixo orientado segundo N70E. O mergulho da xistosidade, no Ponto 2, não foi precisado, sabendo-se que este aponta para NW,porém com inclinação desconhecida. O contato observado junto ao Ponto 2 é bem destacado geomorfologicamente e nitidamente observável em foto aérea, notando-se um condicionamento do relevo à erosão diferencial. Deste modo, o perfil topográfico que inicialmente é levemente ondulado e aproximadamente plano, passa a caráter montanhoso ao adentrar o corpo granítico, elevando-se da cota 800 até 1.050 m.

A radioatividade aumenta no corpo granítico, pró

ximo ao contato, reduzindo-se no fim do perfil. O máximo valor registrado foi 105 c.p.s. e o mínimo 70 c.p.s.

1) DEMAIS PERFIS

1-1 - PERFIL II

Apresentando topografia levemente ondulada, abriga altitudes médias em torno de 850 m e máxima não superior a 900 m em seus 3.900 m de extensão. Deslocando-se no sentido do Pico do Jaraguá a Taipas, observa-se neste perfil a xistosidade, em geral subvertical, mergulhando para SW, cortada por fraturamentos verticais, estruturas essas paralelas a falhamentos de pequena expressão observados junto a bossa granítica, já nas proximidades de Taipas. Neste mesmo local pode-se ver dobras em escala de afloramento orientadas segundo N-NE. Prosseguindo nesta seção, atravessa-se o corpo de granodiorito atingindo-se, no fim do perfil, novamente as encaixantes regionais com xistosidade oposta à observada anteriormente.

Um dos perfis menos radioativos (BG médio = 64 c.p.s.), forneceu sua maior contagem em quartzito que aparece unicamente no Ponto 1, onde registrou-se 100 c.p.s. Paralelamente no encerramento desta seção observou-se uma das mínimas contagens da área (45 c.p.s.) em micaxisto, nitidamente deformado pela ação das intrusivas próximas, aparentemente cataclasado.

1-2 - PERFIL 5

Ocupa porção de relevo bastante aplainado, com declividades geralmente inferiores a 30°. O nível topográfico médio corresponde a 825 m.

Na porção S, aflora o quartzito do Jaraguá com foliação N66W 58SW. Enquanto as demais rochas metamórficas também mergulham para SW. Observa-se um fraturamento, mer

gulhando em sentido contrário à xistosidade que varia de pouco inclinado a vertical próximo à bossa de Taipas.

A cerca de 2 km à SE do Jaraguá, na parte média do perfil, as metamórficas encontram-se intensamente decompostas e cizalhadas, apresentando pequenas lentes de quartzito, sendo dificilmente caracterizáveis. Aparentemente dois planos de falhas cruzam-se neste local com indicações de rejeitos verticais ou inclinados, talvez explicando a saliência topográfica desta porção da seção.

Destaca-se neste trecho a menor radioatividade registrada na ára 15 c.p.s., representando cerca de 1/4 do "background" médio local (66 c.p.s.) e aproximadamente 1/5 do "background" regional. Observa-se também uma contagem máxima de 170 c.p.s., correspondente a razão punctual CT/BG de 3,1 em veio centimétrico de quartzo, cortando matacão de rocha granítica rica em quartzo, eqüigranular aparentemente diferenciada do corpo de Taipas existente nas proximidades. Este bloco provavelmente não se acha "in situ".

1-3 - PERFIL 7

Inteiramente inserido em micaxistos, apresenta sua porção central levemente mais baixa que os extremos, constituindo no todo, relevo praticamente plano. As cotas variam de 810 a 850 m, sendo máxima junto à Estrada de Taipas (começo da seção).

A radiometria cresce de S para N (nas proximidades do corpo granodiorítico de Taipas) atingindo valor próximo de 102.5 c.p.s.

1-4 - PERFIL 9

Representado por apenas três pontos (executado parcialmente), apresenta na porção central micaxisto com xistosidade vertical, entre duas exposições graníticas do maciço

da Cantareira, constituindo relevo levemente ondulado encaixado junto às escarpas da Serra do Ajuá.

A radiometria registrou de 85 a 90 c.p.s. no corpo granítico e 80 c.p.s. no micaxisto.

1-5 - PERFIL 9/Op 1

Esta seção foi elaborada quando nos dirigíamos do Perfil Op 1 ao Perfil 9.

A seção é percorrida inteiramente sobre o "Granito Pirituba" em encosta acidentada da Serra do Ajuá em sentido descendente, da cota 1070 à cota 800 m, perfazendo uma extensão de 1.360 m.

A radioatividade é ligeiramente superior na porção central da encosta. O mínimo valor obtido foi 75 c.p.s. e o máximo 110 c.p.s.

1-6 - PERFIL Op 4

Ocupando a porção ao N do córrego Andando, a E-SE de Perús está representado por pequena apófise granítica tendo nas proximidades corpo pegmatítico orientado segundo E-W e mergulhando para N. O conjunto destaca-se morfologicamente, constituindo pequena elevação pouco superior a 850 m.

O registro radiométrico é maior no pegmatito do que no "granito" e no xisto encaixante, evidenciando efeito litológico. As contagens obtidas nestas três unidades, foram, respectivamente, 180, 110 e 95 c.p.s

5.2.2 - Mapas radiométricos e análise de tendência

Além dos perfis, foi elaborado com os dados radiométricos disponíveis, mapas de ISORADS de contagem total e razão contagem total/"background". Inicialmente, obtiveram-se estes mapas através de interpolação geométrica manual

das curvas de igual valor entre os dados disponíveis resultando os Anexos 15 e 16. Visando verificar os resultados assim observados, foi realizada através de computador, uma análise de tendência (TREND SURFACE ANALYSIS) com vistas a uma melhor caracterização das feições das anomalias então observadas, obtendo-se superfícies de até 8º grau, incluindo superfícies de até 2º grau para os resíduos dos dados de contagem total.

Observando-se o Anexo 15 constata-se boa correlação entre os turmalina-granitos e pegmatitos com a extensão e conformação das anomalias radiométricas, notadamente nas proximidades dos Pontos 4 e 5 do Perfil IV onde a anomalia adquire caráter aproximadamente linear WNW-ESE paralela a direção de falha subvertical, aparentemente condicionante do emplaçamento do granito turmalinífero. A NNW da anomalia, observa-se uma isorad de 150 c.p.s. circunscrevendo uma apófise de granito do tipo Pirituba que eleva-se ao N do córrego Andando. A SSE, próximo a região anômala de Perús e aos limites N da bossa granítica de Taipas e W do maciço da Cantareira nota-se igualmente uma isorad de 150 c.p.s. provavelmente decorrente da somatória da contribuição das encostas, de composição granodiorítica-adamelítica associado a influência da proximidade da zona anômala. A mesma anomalia linear WNW-ESE, observada no Perfil IV, é modificada, à medida que se afasta dos pontos de maior contagem, para NNE-SSE acompanhando aproximadamente uma várzea aluvionar de mesma orientação estendendo-se para o interior da bossa granítica de Taipas sendo aparentemente decorrente da influência deste corpo. Aparentemente a topografia e o efeito de massa são responsáveis pelas demais isorads observadas.

Comparando-se o Anexo 15 com o Anexo 16, ou seja, mapa CT com CT/BG, nota-se uma correlação apenas parcial, sendo praticamente coincidente na área anômala de Perús, exceto a W da anomalia onde o Anexo 16 se mostra mais conservativo quanto às dimensões da região anômala o que nos parece mais aconselhável face aos teores obtidos para Th e U naquela

região através dos dados de espectrometria.

Os mapas obtidos por computador, assemelham-se àqueles obtidos manualmente referentes a dados de contagem total da superfície de tendência de 8º grau, exceto na porção centro-norte/NW onde este último apresenta uma região anômala não detectada no campo (Anexo 19).

Em todas as análises automáticas a anomalia de Perús foi perfeitamente detectada e delimitada com precisão no mapa de resíduos (Anexo 21).

Igualmente pode-se caracterizar através do mapeamento radiométrico o contorno do "Granito Pirituba", que aparece à E e SE da área (Anexos 18, 19 e 20). Além disso na porção centro-sul do Anexo 19 uma pequena área anômala parece corresponder a bossa granítica de Taipas. Neste mesmo Anexo distingue-se o efeito de massa e/ou cavidade também observado na interpretação manual, na região centro-este.

A região foi melhor detalhada pelos mapas contagem total e de resíduos (Anexos 19 e 21).

6 - CARACTERIZAÇÃO DA RADIOATIVIDADE DAS AMOSTRAS

6.1 - MICROAUTORADIOGRAFIA ALFA

As amostras obtidas durante o levantamento radiogeológico e visitas posteriores à área, foram analisadas inicialmente por este método.

Para uma mesma amostra obtiveram-se diversos resultados que representam a presença de vários focos radioativos na(s) lâmina(s) examinada(s). Assim sendo, procurou-se identificar a presença de U e Th nos pontos radiometricamente anômalos e estimar o teor de tais elementos nestes locais. Com esse objetivo foram pesquisadas as amostras: 2 e 7 (Ponto V-2); 11, 14 e 16 (coletadas no Ponto V-5); 24 (Ponto IV-4); 30, 32 e 35 (Ponto IV-5).

Na Tabela 12 observa-se que a razão de Th:U situa-se pouco abaixo dos valores comumente encontrados em rochas graníticas (2,7 → 3,7) se considerarmos a média dos valores da área total, para as amostras analisadas, ou seja Th/U = 2,5. Paralelamente, ainda em termos de área total, constata-se um teor médio de U em torno de 117 ppm indicando um valor anômalo para corpos graníticos. Em geral corpos graníticos de elevado conteúdo de U e Th são alcalinos e apresentam tais elementos em quantidade muitas vezes superiores ao dobro dos teores de U e Th dos granitos alcali-cálcicos tendo-se observado em albita-granitos da Nigéria valores em torno de 130 ppm de U.

Os teores obtidos na área restrita da autoradiografia prestaram-se à identificação dos minerais de U e Th e à determinação do conteúdo destes elementos nos referidos minerais. Sendo mais representativos para análise de distribuição local do urânio e tório os dados de área total que utilizamos nas observações seguintes:

Os teores mais altos de U e Th (880 e 970 ppm) foram

verificados na amostra 35 correspondente ao Ponto IV-5 que igualmente se mostrou como a principal área urano-torífera. Em conteúdo de urânio a amostra nº 24, representativa do Ponto IV-4 vem logo a seguir com um valor médio de 124 ppm. E em teor de Th o Ponto V-4, correspondendo às amostras 11, 14 e 16 apresentaram em média 200 ppm, equivalendo à segunda maior concentração de Th na área, segundo o método empregado.

Na amostra 2 representante do Ponto V-2 obteve-se, para a área restrita em duas fotos examinadas, estimativas do teor de U entre 0,3 e 0,5% enquanto para o Th registrou-se teores de 2 e 7% respectivamente. Observou-se ainda que as amostras com maior densidade de focos radioativos corresponderam às anomalias radiométricas detectadas através da cintilômetria. Assim sendo, a amostra nº 7 correspondente ao Ponto V-2, apresentou o maior número de focos radioativos, correspondendo no campo à anomalia máxima de 3.000 c.p.s. A seguir, examinou-se a amostra 32, correspondendo à anomalia de 2.200 c.p.s. e a amostra 24 representativa do Ponto IV-4, onde se registrou a contagem de 2.000 c.p.s.

6.1.1 - Caracterização dos focos radioativos

Identificou-se basicamente três tipos de focos radioativos: lineares, geralmente no contato entre dois ou mais minerais ou mesmo relacionados a fraturas intragrãos; punctuais, correspondente a grãos de minerais imersos em cristais de feldspato ou turmalina ou mesmo entre estes minerais; traços alfa isolados, distribuídos homogeneamente sobre cristais de feldspato.

A Foto 3/6 mostra um foco punctual da amostra V-2A. Já na Foto 3/4, observa-se um foco linear no contato entre um cristal de turmalina e feldspato, prosseguindo para o interior do primeiro, preenchendo fraturas. Por vezes, tais feições (linear e punctual) se confundem produzindo um padrão, como a da Foto 2/20. Constata-se ainda, na Foto 2/32 uma dis

tribuição homogênea dos traços alfa, sem distinguir-se propriamente a presença de um foco.

Através de tais fotos e análise das seções delgadas correspondentes, verificou-se em alguns casos, a associação de feições lineares a fraturas preenchidas por soluções supérgenas ou hipógenas, ricas em óxidos de ferro ou quartzo, apresentando as paredes corroídas, onde um grande foco linear (Foto 3/2) cobre uma fratura preenchida por material aparentemente quartzoso visível no canto direito superior da foto.

Apesar da microscopia óptica, a granulação extremamente fina não permitiu uma identificação segura dos minerais dos focos punctuais revelando uma provável atividade radiométrica, devido a apatita, alanita e zircão, estes dois últimos de difícil caracterização nas lâminas petrográficas.

Os traços alfa homogeneamente distribuídos em cristais de feldspato, podem estar relacionados à introdução de U, através da albitização ou ainda, talvez, à presença de apatita ou alanita finamente disseminada em tais cristais.

As lâminas autoradiografadas, apresentam mineralogia bastante simples representada essencialmente, por feldspato, quartzo e turmalina negra, observando-se intercrescimentos pertíticos nos feldspatos potássicos (microclínio e ortoclásio) bem como textura mirmequítica freqüente entre quartzo e feldspato. O quartzo, por vezes, apresentava-se fraturado, com bordas arrendondadas. A turmalina, geralmente euhédrica, constitui não raramente exemplares zonados e fraturas preenchidas por quartzo, sugerindo uma fase final de introdução de fluídos. Freqüentemente, observam-se minerais acessórios imersos em um cristal de feldspato exibindo textura poiquilítica. A sericitização é um fenômeno observável em alguns feldspatos analisados. Subordinadamente, observa-se apatita (inalterada), mica litinífera, flogopita(?), granada, alanita (?) e zircão (?).

6.2 - ESPECTROMETRIA GAMA

Com base nos dados obtidos em cerca de 20 amostras das anomalias radiométricas constatadas no campo, obtiveram-se os seguintes teores médios:

TABELA 13

el	U	U_3O_8eq	Th	ThO_2eq	K	K_2Oeq
	ppm		ppm		%	
$\bar{X}$	110	132	86	98	6,5	7,89
$\pm \sigma$	260	210	310	350	5,5	6,66

Pode-se constatar, através de tais dados e observando-se os teores obtidos para cada amostra (Tabela 14) uma grande dispersão em tais valores, revelando uma grande variação na distribuição dos elementos e compostos considerados nas rochas de Perús caracterizando um comportamento típico de minerais constituintes de pegmatito e rochas correlatas cuja, constituição mineralógica, disparidade granulométrica e zoneamento (pegmatitos complexos) geram uma distribuição aleatória dos teores dos compostos e elementos aqui estudados.

Os dados da Tabela 14 permitem a comparação dos teores de Th, U e K através das relações K/U, Th/U, K/Th. Os valores de K e U plotados na Figura 10 indicam uma correlação entre o log do teor de U e o teor de K semelhante a uma equação de 2º grau, onde se tem uma relação inversamente proporcional para valores inferiores a 10 ppm de U e diretamente proporcional a partir de 30 ppm de U, não observando-se presença de K entre tais teores. Pode-se notar na mesma figura uma grande dispersão dos dados justificando a não apresentação de uma relação matemática representativa deste comportamento. Já nos teores de U e Th pode-se notar uma certa tendência de proporcionalidade direta entre os logs dos teo

res de tais elementos, admitindo-se, por extensão, um comportamento similar da relação Th e K ao já observado para o U e o K.

Comparando-se os dados da espectrometria γ com os mapas de isorads do item 5, observa-se que na área anômala os valores da razão Th/U são os menores, aumentando à medida que nos afastamos da região anômala, chegando a valores ao redor de 5 na Pedreira Botuquara (amostra Pe-Bo-1), indicando um domínio de minerais uraníferos na área anômala (região do U). As anomalias radiométricas situam-se em geral entre 10 e 1.000 ppm de U, observando-se um único valor anômalo para o Th no Ponto IV-4, correspondendo a 1.420 ppm. Igualmente neste ponto obteve-se um dos principais valores anômalos para o U (580 ppm). Nota-se ainda que corresponderam às anomalias radiométricas os teores máximos de U e Th obtidos por espectrometria γ. Porém a extensão dos teores aqui obtidos para os demais pontos do mapeamento radiométrico não é oportuna face à pequena quantidade de dados disponíveis para o estabelecimento de uma correlação e devido à contribuição variável dos conteúdos de U, K e Th das amostras para os registros radiométricos de campo que geram dados pouco consistentes, uma vez que o aparelho utilizado no campo não permitia discriminação de canais (faixas energéticas dos três elementos e seus isótopos).

De posse dos dados de microautoradiografia α e espectrometria γ pode-se estabelecer um paralelo entre estes dois métodos em termos quantitativos obtendo-se uma variação média dos dados para amostras analisadas por ambos os métodos, em torno de 50% (COELHO, 1978).

6.3 - ANÁLISE POR MICROSSONDA ELETRÔNICA

A utilização deste método permitiu a caracterização de elementos presentes nos focos radioativos através da análise de focos lineares e punctuais na lâmina da amos

tra V-2-A, a mais radioativa dentre as seções examinadas, como se observa nas Fotos 3.2 e 3.4.

Observou-se nesta amostra que uma das regiões de maior intensidade radioativa correspondia a um grão de quartzo bem caracterizado não só pelo seu hábito ao microscópio da microssonda, mas também por exibir catodoluminescência rósea típica deste mineral.

Como pode-se notar através do exame dos diagramas X-Y anexos, dos diversos pontos analisados, presenciou-se em todos os focos radioativos O, Si, Al e Fe como elementos principais e subordinadamente Ca, Ti, Mn e Na ocorrendo com bastante freqüência.

No Ponto 6 (vide diagrama correspondente) pode-se caracterizar a presença de K e ausência de Na, percebendo-se igualmente intensa catodoluminescência azul-esverdeada. Provavelmente temos neste ponto uma substituição do K pelo Na (albitização ?).

Não se notou em todos os pontos observados, presença de P.

Nos diagramas analisados constatou-se a presença de picos de intensidade considerável além daqueles identificados que foram interpretados como sendo correspondentes a ondas satélites dos principais elementos presentes. Além disso raias de pequena intensidade derivadas da análise com cristal RAP, pertencentes à série M não foram identificadas devido a dificuldade analítica de tal série que além de não constar de tabelas de identificação tem uma determinação imprecisa devido à natureza de tais faixas que são muito largas.

As Fotos 4.1 e 4.2 mostram a posição dos pontos analisados na lâmina V-2-A e as Figuras 11, 12 e 13 apresentam os diagramas correspondentes a tais pontos.

7 - CONCLUSÕES

Excluindo-se os sedimentos recentes, que não foram objeto de estudo, observou-se que as anomalias radiométricas situam-se em maciços granítico-pegmatíticos posteriores ao Grupo São Roque.

As rochas encaixantes, pertencentes aos metamorfitos do Grupo São Roque, bem como o granodiorito-adamelito tardi-tectônico da Cantareira, não apresentaram evidências de áreas com possibilidades significativas de mineralização de radioativos.

A radioatividade da área de estudo apresentou-se localmente afetada pelo efeito litologia, sendo o pegmatito mais radiogênico do que o granito e este último mais radioativo que o micaxisto. Também a topografia influenciou as contagens efetuadas, observando-se em geral contagens pouco maiores em altos topográficos.

Em alguns pontos observados, a cintilometria acusou valores pouco acima do normal devido ao efeito de massa ou cavidade, resultante da somatória das contribuições radiométricas de encostas em regiões geomorfologicamente baixas.

Algumas contagens em pegmatitos profundamente alterados, revelaram valores radiométricos extremamente baixos, contrariando o efeito litologia.

A dispersão das contagens obtidas no sericita-xisto/filito do Grupo São Roque foi maior que nas demais unidades analisadas devido, provavelmente, às variações no estado de alteração destas rochas.

O levantamento cintilométrico revelou-se eficiente na detecção de anomalias de U e Th conforme constatou-se através da espectrometria γ de laboratório.

Não pode ser estabelecida qualquer relação entre as contagens de campo e o conteúdo de U, Th e K dos pontos visitados.

A microautoradiografia α permitiu visualizar pelo menos três tipos de focos radioativos:

a. concentrações de minerais radioativos de diminutas proporções dispersos nos interstícios dos minerais constituintes dos granitos turmaliníferos e pegmatitos;

b. minerais radioativos preenchendo fraturas e pequenas vênulas dentro de cristais de minerais maiores ou mesmo intergrãos;

c. minerais fundamentais da rocha portando alta radioatividade provavelmente devido substituição de Ca por U.

O mesmo método permitiu identificar alguns cristais de quartzo fortemente radioativos.

A microautoradiografia α constituiu, no presente estudo, eficiente e barato método na quantificação do conteúdo uranífero das amostras analisadas, indicando um teor médio regional para este elemento de 108 ppm. Dados obtidos por espectrometria γ registraram 110 ppm para o mesmo elemento. O mesmo não se pode dizer do conteúdo de Th que apresentou diferença de 83% em relação aos dados de espectrometria.

A existência de pelo menos duas gerações de constituintes radioativos é evidente em Perús. Uma representada por minerais constitutivos da rocha e outra posterior a tais minerais, preenchendo fendas e fraturas.

A relação entre o conteúdo de U e K obtidos através da espectrometira γ induz a concluir pela associação de grande parcela do U à constituição mineralógica dos maciços graníticos (% U = n % K) enquanto amostras portadoras de baixo teor de U (< 10 ppm) estariam associadas a processos epigenéticos. A estes processos epigenéticos, além de minerais uraníferos primários, temos, em grande escala, na localidade de Perús, a presença de minerais uraníferos secundários preenchendo fraturas.

Analisando as relações Th/U, obtidas pela espectrometria γ pode-se notar que a região compreendida entre o córrego Andando, Ribeirão Perús e Estrada Velha de Campinas apresenta, o domínio do U, pois aí se observou os menores valores desta relação. Os dados da mesma relação nas demais localidades mostram um domínio do Th e uma concentração baixa de U.

A origem e natureza da solução epigenética é discutível (supérgena ou hipógena). A atitude das estruturas onde se alojam os minerais secundários,igualmente representa a orientação preferencial da região,não permitindo concluir sobre um possível condicionamento estrutural para tais ocorrências minerais. Se as mineralizações se concentrassem em "trends" de fraturas pouco freqüentes, a explicação de uma origem hipógena seria reforçada.

A configuração anômala da região de Perús sugere a existência de uma fonte de minerais uraníferos (hoje totalmente erodida) nas cabeceiras do Ribeirão Perús, ao longo do qual tais minerais teriam se disseminado até serem barrados por falhas e fraturas de orientação WNW-ESE onde se alojaram. Desta maneira a origem destes minerais estaria ligada à ação de águas de superfície.

Outros aspectos que favorecem a interpretação de uma solução supérgena para os minerais uraníferos de Perús são:

a. deposição de minerais secundários coincidentemente a zonas de fraturamento e cizalhamento;

b. presença destes minerais nas porções de relevo geomorfologicamente mais baixo;

c. concentrações dos minerais uraníferos em delgadas lâminas dentro de fissuras;

d. ausência de minerais portadores de elemento que geralmente acompanham o U hidrotermal, tais como Mo, Pb e V;

e. deslocamento do equilíbrio radioativo para o lado do U.

No entanto, outros fatores igualmente reforçam a hipótese de uma origem hipógena.

a. Minerais portadores de U primário, preenchendo fraturas da rocha e não só minerais secundários;

b. associação destes minerais com quartzo enfumaçado em alguns locais;

c. coincidência da zona mineralizada com a ocorrência de granitos turmalinífero e pegmatitos, portanto dentro de uma litologia específica;

d. o variado grau de alteração encontrado na mesma localidade em rochas similares, em níveis geomorfológicos iguais;

e. presença de meta-autunita II, mineral formado em temperatura superior a 100°C.

Com base nestas observações e à luz dos dados atuais pode-se admitir que o urânio inicialmente concentrou-se nas fases magmáticas finais, alojando-se em minerais constituintes da rocha, ou mesmo constituindo minerais uraníferos primários. Posteriormente, movimentos tectônicos (bastante evidentes através do exame de minerais do granito turmalinífero), facilitaram a remobilização de parte deste urânio ocupando microfissuras, falhas e fraturas. Por fim, o intenso intemperismo atuante na área, deslocou, através de soluções superficiais, parte do urânio contido na rocha e em fraturas mineralizadas numa fase anterior.

Os dados obtidos através da microssonda eletrônica revelaram uma certa complexidade química, pela presença nos pontos analisados, de O, Si, Al, Fe, Ca, Ti, Mn e Na. Assim sendo entre os minerais uraníferos comumente presentes em pegmatitos, pode-se concluir por uma mineralogia mais próxima da tucholita e allanita. Também o quartzo constituinte do pegmatito e granito turmalinífero mostrou-se portador de U e Th, provavelmente aprisionados na fase final de cristalização das rochas locais.

Tanto o U como o Th apresentam-se em concentrações extremamente variáveis nas amostras analisadas. Fato previsível face às características das mineralizações em pegmatitos e tendo em conta o reduzido número de amostras utilizadas no estudo que não objetivou uma quantificação precisa dos conteúdos uranotoríferos regionais.

O conteúdo uranífero dos pegmatitos e granito-turmalinígeros é anômalo se comparado com os "clarkes" de rochas similares em várias partes do mundo(com raríssimas exceções, maior que 6 ppm). Estes teores devem aumentar em profundidade, devido ao menor estado de alteração das rochas.

Distingue-se na região dois tipos de mineralizações: minerais uraníferos essenciais da rocha e minerais essenciais portadores de urânio; e, os minerais secundários que preenchem descontinuidades geológicas da rocha. No primeiro caso os teores médios de U e Th situam-se respectivamente em 110 e 86 ppm. Já no segundo caso os dados são apenas inferidos com base na bibliografia disponível, estimando-se um conteúdo teórico de 60% de UO_3 tendo por base a predominância da autunita como mineral secundário.

Ainda com base na bibliografia, considerações de volume dos corpos, densidade, grau de fraturamento, abertura de fraturas, porosidade e extensão das mineralizações, e os conteúdos de U e Th obtidos através dos diversos métodos chegamos a uma reserva geológica estimada conforme mostra a Tabela 13 A.

TABELA 13 A

VALORES EM TONELADAS	U_3O_8	U	ThO_2	Th
em minerais da rocha	1570	1340	1200	1045
em fraturas	2500	2000	-	-
TOTAL	4070	3340	1200	1045

Porém os minerais de U e Th presentes na região apresentam fórmula química complexa, sendo um deles sabidamente refratário (alanita), apresentando paralelamente problemas de liberação, notadamente nos minerais constituintes da rocha que apresentam componentes radioativos incorporados aos cristais de tais minerais.

O teor de U de 110 ppm nos minerais da rocha é cerca de dez vezes menor que o teor mínimo economicamente explotável, embora tal dado seja passível de retificação através de pesquisas detalhadas com objetivo estratégico.

Os minerais secundários embora não refratários, são sujeitos a grandes perdas no processo de extração e beneficiamento devido ao seu modo de ocorrência e características físico-químicas. Além disso, se considerarmos como representativos os valores obtidos por KNECHT (1938), estes valores teóricos caem para 645 ton. U_3O_8 e 516 ton. U nos minerais secundários.

Justifica-se a continuidade dos estudos na área anômala de Perús face à existência de indícios favoráveis de mineralização, tais como:

a. associação dos minerais uraníferos à fase final de magmatismo;

b. concentração das anomalias em área bastante cizalhada relacionada à tectônica das intrusões ácidas tardi a pós-cinemáticas;

c. presença de falhamentos transcorrentes associados à área anômala, que além de constituirem local de aporte, às soluções mineralizantes, constituem geralmente condutos preferenciais dos líquidos magmáticos;

d. similaridade com outras províncias uraníferas já em exploração ou pesquisa, como: Rössing (sudoeste da África); os granitos de Helmsdale (Escócia); e, alguns depósitos de Portugal e Espanha (Salamanca).

A título de sugestão um melhor detalhamento da

área poderá ser obtido através da execução de perfilagens γ ou na impossibilidade desta, perfilagens radiométricas através de furos a trado cavadeira de 8" nos aluviões próximos aos corpos graníticos, em malhas regulares, com obtenção simultânea do perfil geológico do terreno assim como controle topográfico das locações. Da mesma forma os corpos granítico-pegmatíticos mineralizados poderiam ser estudados através de espectrometria γ de campo em malhas regulares de 10 m de espaçamento, com amostragem simultânea para estudos de laboratório, ou ainda utilizando-se o método do "track-etch" através do qual fitas de filmes sensíveis são impressionados pela emissão de radioatividade. Neste último caso igualmente seriam coletadas amostras e em ambos os casos um controle topográfico deverá ser realizado.

De posse de tais resultados poder-se-ia selecionar uma área potencialmente mais favorável para investigações de subsuperfície, uma vez que as maiores exposições rochosas na área não se aprofundam além dos 40 m, não se dispondo de informações sobre possíveis mineralizações abaixo desta profundidade.

8 - AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar os seus melhores agradecimentos ao Professor Doutor Aledir Paganelli Barbour pelo constante apoio, orientação e dedicação que lhe foi prestada em todas suas iniciativas e etapas de realização do presente trabalho.

Igualmente, é imensamente grato ao Professor Doutor Kenkichi Fujimori, cuja inestimável colaboração tornou possível a realização deste estudo.

Agradece também a Comissão Nacional de Energia Nuclear,na pessoa do geólogo Paulo Roberto Cruz,pelo empréstimo de cintilômetro, sem o qual os trabalhos de campo não poderiam ser desenvolvidos em sua plenitude.

Ao geólogo Webster Ueipass Mohriak que muito colaborou no tratamento dos dados de autoradiografia e espectrometria gama.

À química Ivonete A. Sardella que gentilmente obteve os espectros das amostras analisadas.

Aos Professores Doutor Evaristo Ribeiro Filho e Doutor Darcy Pedro Svisero pela obtenção de microfotografias das lâminas autoradiografadas.

Ao Professor Doutor Geraldo Conrado Melcher pela autorização do uso do Laboratório da Escola de Engenharia de Minas para preparação das amostras.

À Divisão de Recursos Minerais da Nuclebrás, pelo acesso à bibliografia disponível e referências úteis ao presente trabalho.

Aos Professores Doutor Gilberto Amaral e Doutor Nelson Ellert pelo processamento do "Trend Surface Analysis".

Ao Professor Doutor Celso de Barros Gomes que nos orientou nos estudos de microssonda eletrônica permitindo, igualmente fosse utilizado o equipamento do Instituto de Geo

cias.

Ao geólogo Antonio Juarez M. Martins que autorizou a utilização da biblioteca da CPRM.

Aos funcionários do Instituto de Geociências: Paulo Mori pela colaboração nas atividades realizadas no Laboratório de raios X; ao fotografo Jaime de S. Marcos pelos serviços fotográficos; a Senhora Melany Thereza Isauk, Senhor Cláudio Hopp e Senhor Waldemar Lucas de Oliveira (in memorian) pela preparação das lâminas delgadas e seções polidas.

O autor deseja exprimir sua gratidão ao Senhor Fiore Peccicacco, que permitiu o livre acesso às áreas de sua propriedade.

A todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram na realização deste estudo, o autor apresenta seus melhores agradecimentos.

9 - BIBLIOGRAFIA

ABREU, S.F. - 1973 - Recursos Minerais do Brasil. Ed. Blücher Editora da USP.

AB'SABER, A.N. - 1947 - Geomorfologia da região do Jaraguá em São Paulo. An.Ass.Geogr.Bras., v. 2, pp. 29.53.

AGTERBERG, F.P. - 1964 - Statistical Techniques for Geological Data. Tectonophysics, vol. 1, nº 3, pp. 233-255.

ALMEIDA, F.F.M. de - 1955 - As camadas de São Paulo e a tectônica da Serra da Cantareira. Bol.Soc.Bras.Geol., vol. 14, nº 2, pp. 23-40.

ALMEIDA, F.F.M. de - 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista. Geologia do Estado de São Paulo, Bol. do IGG, nº 41, pp. 169-263.

ARGENTIÉRI, R. - 1954 - Urânio e Tório no Brasil. Edições LEP Ltda., São Paulo.

CAMARGO, W.G.R. - 1965 - Minerais uraníferos de Perús, SP. Tese de Cátedra apresentada ao Dep. de Mineralogia da F.F.C.L, USP, 216 pp.

CAMARGO, W.G.T. & COUTINHO, J.M.V. - 1960 -Beta-uranofanio de Perús, São Paulo, SP. Bol.Soc.Bras.Geol., vol. 9, nº 2, pp. 8.

CAMARGO, W.G.R. & SVISERO, D.P.- 1969 - Haweeite, a new occurrence in Brazil. The American Mineralogist, vol.54.

CATALDO, D.M. - 1963 - Grande Região Sul. Geografia do Brasil. Biblioteca Geográfica Brasileira. Pub. nº 18, Vol. IV, Tomo I.

COELHO, P.E.F.P. - 1978 - Minerais radioativos de alguns pegmatitos de Perús (SP), Annais do 30º Congresso Brasileiro de Geologia, Recife, PE.

CORDANI, U.G. *et alii* - 1961 - Geologia da região do Jaraguá, SP. Bol.Soc.Bras.Geol., vol. 10, nº 2, pp. 72-91.

CORDANI, U.G. *et alii* - 1963 - Rochas calcossilicatadas da região de Perús, SP. An.Acad.Bras.Ci., vol. 35, nº 3, pp. 361-372.

CORDANI, U.G. & BITTENCOURT, I. - 1967 - Determinações de idade potássio-argônio em rochas do Grupo Açunguí. An. XXI Congr.Bras.Geol., Curitiba, pp. 218-233.

CORDANI, U.G. & KAWASHITA, K. - 1971 - Estudo geocronológico pelo método Rb-Sr de rochas graníticas intrusivas no Grupo Açunguí.An. XXV Congr.Bras.Geol., pp. 6, São Paulo.

COUTINHO, J.M.V. - 1953 - Petrologia da região de São Roque, São Paulo. Bol. nº 159, FFCL, USP, 85 p.

COUTINHO, J.M.V. - 1955 - Meta-conglomerado e rochas associadas no município de São Paulo. Bol. nº 186, FFCL,USP, pp. 5-56.

COUTINHO, J.M.V. - 1972 - Petrologia do Pré-Cambriano de São Paulo e arredores. Bol. IG, USP, nº 3, 160 pp.

C.P.R.M. - 1975 - Projeto Sul de São Paulo - Reconhecimento radiogeológico, Relatório Final - Contrato CBTN-CPRM.

ENGINEERING AND MINING JOURNAL - Nov. 1966 - Uranium, pp.76-94.

ENGINEERING AND MINING JOURNAL - Nov. 1975 - Brazil 75 for mining the best is yet to come, pp. 89-177.

FAUL, H. - 1957 - Nuclear geology. John Wiley & Sons, Inc., New York, 414 pp.

FRANCO, R.R. - 1958 - Contribuição ao conhecimento de rochas termometamórficas da Série São Roque. Bol. nº 189, FFCL, USP, 81 pp.

FUJIMORI, K. - 1974 - Minerais radioativos do Campo Agostinho, Poços de Caldas, MG. Tese de Livre-Docência apresentada ao Dep. de Min. e Petrologia do IG-USP, 161 pp.

GABELMAN, J.W. - 1963 - Reconaissance for uraniun in the Perus area, São Paulo, Brazil. USAEC 4546, Washington, pp. 5-7.

GEOPESQUISADORA BRASILEIRA LTDA. & TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD. - 1972 - Estudo de águas subterrâneas. Avaliação Preliminar. Gov. do Estado de São Paulo, Secr. dos Serviços de Obr. Públ., DAEE.

GOMES, C.B. - 1962 - Contribuição ao conhecimento dos anfibolitos da região do Jaraguá, SP. Bol.Soc.Bras.Geol., vol.12.

HASUI, Y. - 1963 - Sobre os granitos turmaliníferos de Perús, SP. Bol.Soc.Bras.Geol., v. 12, nrs. 1 e 2, pp. 87-108.

HASUI, Y. & HAMA, M. - 1972 - Geocronologia do Grupo São Roque pelo método do potássio-argônio. Rev.Bras.Geoc., vol. 2, nº 1, pp. 18-24.

HASUI, Y. *et alii* - 1975 - The Ribeira Folded Belt. Rev.Bras. Geoc., vol. 5, pp. 257-266.

HEINRICH, E.W. - 1958 - Mineralogy and geology of radioactive raw materials. McGraw Hill Book Co., Inc. New York.

IAEA - 1970 - Uranium exploration geology. Viena, Publishing Section, IAEA.

IAEA - 1973 - Uranium exploration methods. Viena, Publishing Section, IAEA.

IAEA - 1974 - Formation of uranium ore deposits. Viena, Publishing Section, IAEA.

IAEA - 1976 - Exploration for U ore deposits. Proc. of a symp. Viena, Publishing Section, IAEA.

KNECHT, T. - 1936 - Sobre algumas novas ocorrências minerais no Estado de São Paulo. Bol. nº 23. Dep.Geog. Geol. da Sec. Agric. São Paulo, pp. 411-434.

KNECHT, T. - 1940 - Os minérios não metálicos do Estado de São Paulo. Bol. 27, IGG, São Paulo, 291 pp.

KNECHT, T. - 1950 - Ocorrências minerais do Estado de São Paulo. Publicação especial do IGG.

KRUMBEIN, W.C. & GRAYBILL, F.A. - 1965 - An introduction to statistical models in geology. McGraw Hill, New York.

MACIEL, A.C. & CRUZ, P.R. - 1973 - Perfil analítico do urânio. Bol. 27 DNPM, Rio de Janeiro.

MACIEL, A.C. *et alii* - 1973 - Metodologia da prospecção de urânio no Brasil. An. do XXVII Congr.Bras.Geol., vol. 2, pp. 431-440.

MACIEL, A.C. *et alii* - 1973 - Reservas de urânio e tório no Brasil e no Mundo - Capacidade de Produção e Perspectivas de Demanda. An.XXVII Congr.Bras.Geol., vol. 2, pp. 353-368, Aracaju, SE.

MATZKO, J.J. - 1960 - Radiometric reconaissance Rio de Janeiro, São Paulo and Perus Area, Brazil. C.N.E.N. Rel. IUBR 64, Rel. interno.

NININGER, R.D. - 1955 - Minerals for atomic energy. D.Van Nostrand Company, Inc.,New York, 368 pp.

PAGE, L.R. - 1950 - Uranium in pegmatites. Economic Geology, vol. 45, pp. 13-33.

PENALVA, F. & HASUI, Y. - 1970 - A intrusão granítica dos Morros Grande e do Tico-Tico, município de Caieiras, SP. An.Acad.Bras.Ci., 42 (4), pp. 725-730.

RAGUIN, E. - 1973 - Les roches plutoniques dans leurs apports avec les gites minéraux. Masson et Cie. Éditeures, Paris.

REGO, L.F. de M. & SANTOS, T.de S.D. - 1938 - Contribuição para o estudo de granitos da Serra da Cantareira. Bol. IPT, nº 18.

ROSER, F.X. *et alii* - Radiogeology of some High-Background areas of Brazil. The Natural Radiation Environment, cap. 53, pp. 855-872.

ROUBAULT, M. - 1958 - Geologie de l'Uranium. Masson et Cie., Éditeures, Paris.

SANTOS, L.C.S. dos -1976 - Distribuição geoquímica do urânio em ambiente tropical. An.XXIX Congr.Bras.Geol., pp. 17.

SPIEGEL, M.R. - 1974 - Estatística. Trad. por Pedro Cosentino. Ed. McGraw-Hill do Brasil, Brasília.

SUSZCYNSKI, E.F. - 1975 - Os recursos minerais reais e potenciais do Brasil e sua metalogenia. Liv.Interciência, Rio de Janeiro, 536 pp.