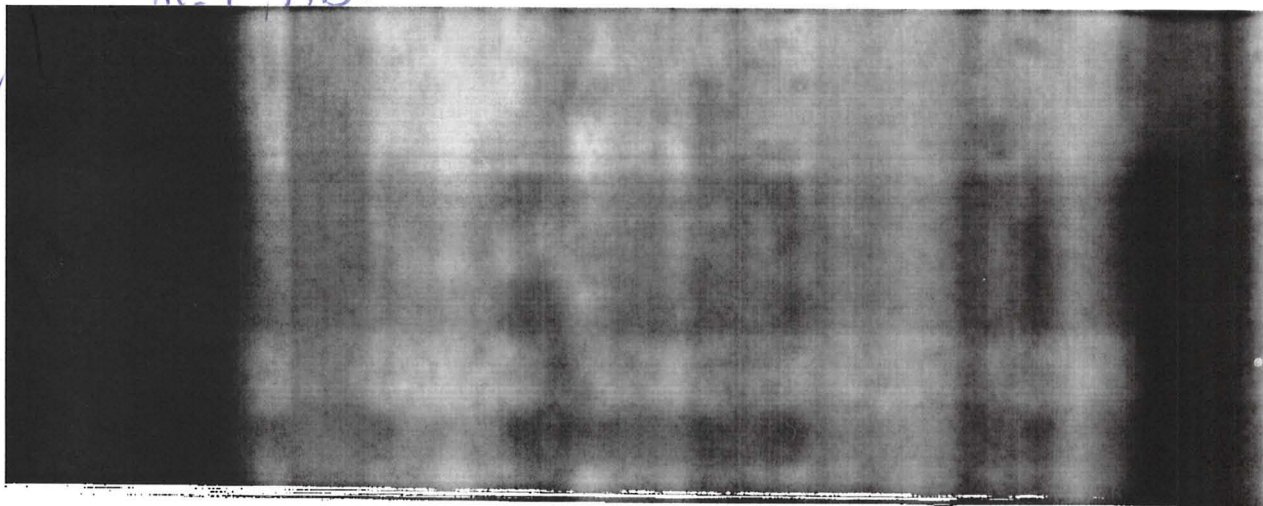


1761485

1995



**APLICACIÓN DE IMÁGENES TM-LANDSAT EN LA DETECCIÓN DE ZONAS DE ALTERACIÓN
HIDROTHERMAL PRÉ-METAMÓRFICA CON MINERALIZACIONES EN Au EN UNA SECUENCIA
VOLCANO-SEDIMENTAR PRECÁMBRICA: GRUPO SERRA DO ITABERABA, SÃO PAULO, BRAZIL**

Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida*

Caetano Juliani**

Annabel Pérez Aguilar

Marco Aurélio Bonfá Martin

Instituto de Geociências, USP

Caixa Postal 11348 CEP 05422-970 São Paulo, SP Brazil

*E-mail: tirdalme@usp.br

**E-mail: cjuliani@usp.br

RESUMEN

En área cercana a la ciudad de São Paulo, Brasil, ocurre una secuencia volcano-sedimentar (Gr. Serra do Itaberaba - GSI) del Proterozoico Medio o Inferior, metamorfozada predominantemente en la facies anfibolito. Inscritas dentro de cuerpos de metabasitos, en el contacto de estos con rocas metapelíticas ocurren, entre otras rocas, granate anfibolitas y granate-cordierita-cummingtonita anfibolitas interpretadas como siendo el producto metamórfico sobre rocas básicas y volcanoclásticas alteradas hidrotermal-metasomáticamente en régimen de descargas de fluidos en fondo oceánico. Tales rocas y principalmente las metapelitas contienen sulfuros y, con frecuencia, mineralizaciones en oro. La vegetación natural instalada encima de estas rocas presenta anomalías botánicas causadas por la predominancia amplia de la monocotiledónica Marantaceae *Calathea sp.* en el sub-bosque y por la más baja densidad de árboles. Esta anomalía fué sutilmente detectada en composición colorida TM-Landsat (4R3G5B), por la mayor reflectancia en la banda TM4. Fueron experimentados diferentes métodos para realzar este comportamiento, utilizándose desde la aplicación clásica de Análisis por Principales Componentes (APC) hasta razones, subtracciones y, por fin, aplicación de APC sobre los resultados de las subtracciones, lo que resultó en gran realze del mismo, permitiendo la identificación de las anomalías tonales en ocurrencias de pequeño porte. El origen de la respuesta espectral es sin duda la vegetación, como muestran los elevados DN_s en la PC2 obtenidos por una APC sobre las bandas 3, 4, 5 y 7. La utilización de la APC sobre las bandas que resultaron de la subtracción de bandas originales fué considerado un procesamiento de interés para estudios donde se observan respuestas espectrales sutiles.

Es importante salientar que la detección de estas zonas de alteración hidrotermal-metassomáticas pré-metamórficas pueden ser de grande utilidad en trabajos de prospección de oro e de metales básicos en secuencias volcano-sedimentarias, como puede ser verificado en el GSI.

1. INTRODUCCIÓN

Como cerca de 70% de la superficie emersa del planeta está recubierta por vegetación, la importancia de la aplicación de la geobotánica en la discriminación de diferentes litotipos es enorme, particularmente en aquellos asociados a depósitos minerales. En ambientes tropicales húmedos y densamente cubiertos por bosques, la movilidad de los elementos es mayor, lo que implica en una mayor dificultad para aplicar este método, siendo más difusos los *estresses* químicos y, consecuentemente, la respuesta vegetal asociada. Trabajos recientes en geobotánica, como el de Paradella *et al.* (1994), salientan esta dificultad.

Este estudio, todavía preliminar, no implicó en el descubrimiento de ocurrencias minerales o de litotipos alterados, siendo desarrollado, al contrario, en una área geológicamente bien conocida, con levantamientos en escala 1:25.000 (Juliani, 1993) y detalles en 1:5.000 (Pérez Aguilar, 1995), existiendo diversas ocurrencias de sulfuros y de ouro, verificándose en el campo evidencias nítidas de la correlación existente entre modificaciones en la cobertura vegetal y a presencia de rocas de la Fm. Morro da Pedra Preta con alteración hidrotermal pré-metamórfica. Constatado este hecho, fueron adquiridas y processadas imagens TM-Landsat, verificándose la detectabilidad de las anomalías geobotánicas, principalmente con la aplicación de Análise por Principales Componentes.

Las anomalías geobotánicas se deben a la presencia de concentraciones anómalas de elementos químicos en el suelo, principalmente aquellos de toxicidad elevada. Segundo Lillesand & Kieffer (1994) las anomalías geobotánicas se pueden expresar de formas diferentes, entre otras por la distribución anómala de especies y/o comunidades de vegetales y por el retraso en el crecimiento y/o disminución de la cobertura vegetal del terreno. En el local estudiado ocurren en el sub-bosque proeminentes concentraciones de una monocotiledónea específica, común en la Mata Tropical Atlántica (Marantaceae *Calathea sp.*), sobre un suelo que se desarrolló a partir de metabasitos alterados hidrotermalmente, presentando, frecuentemente, crecimiento anómalo pudiendo alcanzar alturas de 1,6 m, contrastando con alturas habituales menores que 1 m. En estos mismos locales se observó también una menor densidad de la cobertura arbórea. Portanto, la anomalía geobotánica en cuestión parece expresarse por lo menos a través de dos de sus formas habituales, pudiendo todavía ocurrir de otras maneras, exigiendo estudios complementarios en asociación con botánicos.

Adicionalmente, como estos litotipos son relativamente más resistentes a la meteorización, en relación a los metabasitos no alterados hidrotermalmente, proporcionan el surgimiento de pequeñas elevaciones donde especialmente se concentran las anomalías observadas.

En la área, la pequeña expresión de los litotipos más alterados ciertamente dificulta su identificación en imágenes orbitales, una vez que en la mayor parte de los casos se trabaja con *pixels* mixtos.

La importancia de esta investigación adviene de la potencialidad mineral asociada a los litotipos en cuestión y de la posibilidad de extender las investigaciones para áreas semejantes mineralizadas en ouro, observándose, entretanto, que el método podrá ser aplicado apenas en áreas con vegetación natural preservada, pues en locales sujetos a la acción antrópica ocurren respuestas espectrales semejantes sin cualquier correlación con las rocas subyacentes.

2. ARCAZO GEOLÓGICO

La área estudiada, localizada a cerca de 35 km del centro de la ciudad de São Paulo, se insiere en el contexto geológico de la Região de Dobramentos Sudeste (Hasui *et al.*, 1978) y está delimitada por las zonas de cizallamiento de Jundiuvira (al norte), Rio Jaguari (al sur), Mandaqui (al oeste) y de Sertãozinho (al este) conforme puede ser observado en la FIGURA 1.

En la región afloran litotipos del Grupo Serra do Itaberaba (GSI), definido por Juliani *et al.* (1986, 1994), y del Grupo São Roque (GSR), originalmente denominado de Série de São Roque por Oliveira (1925), conforme puede ser visto en la FIGURA 2. O GSI posue edad incierta, posicionándose entre el Proterozóico Medio y/o Inferior.

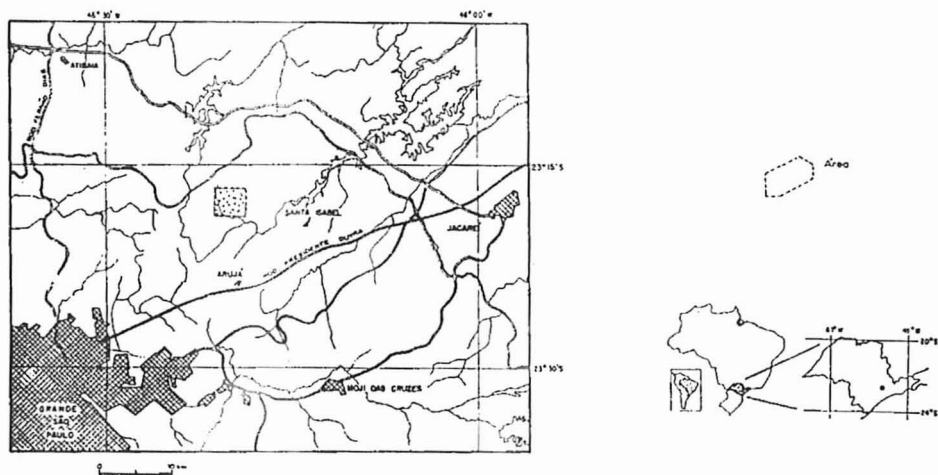


Figura 1 - Ubicación del área de estudios

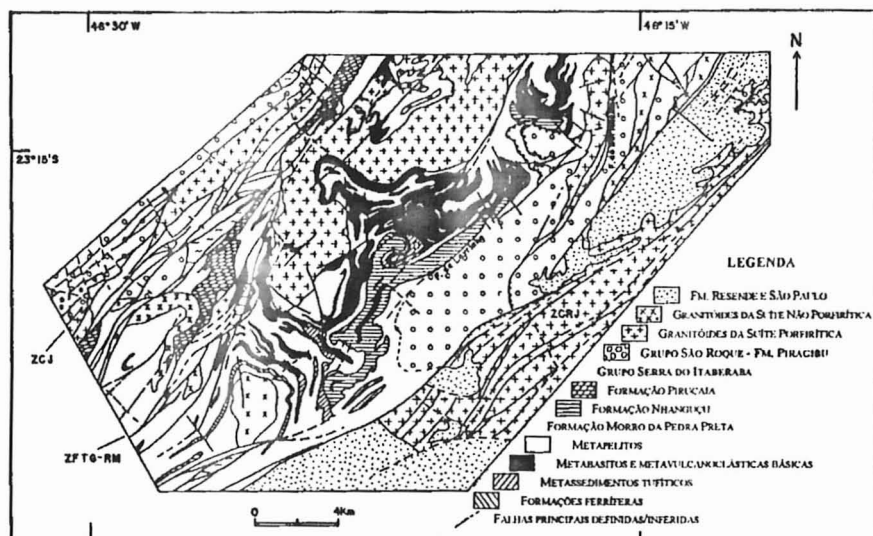


Figura 2 - Esbozo geológico de la región a nordeste de la ciudad de São Paulo, segundo Juliani (1993)

El Grupo fué subdividido por Juliani (1993) en las siguientes unidades litoestratigráficas:

a) **Formación Morro da Pedra Preta**, basal, compuesta esencialmente por anfibolitas, anfibólitos esquistos, metabasitos y esquistos diversos (incluyendo metapelitas grafitosas, manganíferas, con sulfuros, cuarzosas y tuffíticas), con rocas metavolcanoclásticas, calcio-silicáticas, formaciones hierriíferas (BIFs tipo Algoma), metavolcánicas/volcanoclásticas intermediárias a ácidas, cordierita-granate-cummingtonita anfibolitas, cummingtonita anfibolitas, granate anfibolitas, biotita anfibolitas, chorlitos, *metacherts* con hematita e/o magnetita y margarita-coriéndon esquistos. Incluye rocas metabásicas con *pillow lavas* y meta-espelitas. El quimismo de las rocas ígneas es compatible con el de tholeiitas producidas en segmentos normales de cadenas meso-oceánicas (Tipo N), con posibles gradaciones para zonas bajo influencia de plumas mantélicas (Tipo E).

b) **Formación Nhangucu**, superpuesta concordantemente a la anterior, pudiendo presentar discordancias erosivas y/o tectónicas locales. Está constituida por metapelitas manganíferas y calcio-pelitas con lentes subordinadas de anfibolitas, rocas carbonáticas/calcio-silicáticas en sus porciones superiores y raros cuerpos de metabasitos, metariolitas (Juliani *et al.*, 1995), metavolcanoclásticas y chorlitos. Este conjunto está recubierto por esquistos finos bandados, ricos en andalusita, con posibles contribuciones subordinadas de sedimentos evaporíticos.

c) **Formación Pirucaia**, esencialmente cuartzítica, posuindo, muy subordinadamente metapelitas cuarzosas y metabasitas. El conjunto representa depósitos marginales de la cuenca sedimentaria del Grupo Serra do Itaberaba.

Sobre este Grupo está posicionado, a través de fallas de empujón y posiblemente también a través de discordancias erosivas, el **Grupo São Roque**, representado por la **Formación Piragibu**, conforme redefinición de Juliani (1993) y de Juliani *et al.* (1994). Está constituida, predominantemente, por metasedimentos rítmicos, en parte arcosianos, con metabasitas y metavolcanoclásticas muy subordinadas. En la base de la formación ocurren algunas lentes de metaconglomerados y metabrechas con guijarros y fragmentos de granitoides, metasedimentos y metabasitas. El conjunto fué metamorfozido en la facies de los esquistos verdes de baja presión (Tipo Abukuma o New Hampshire).

Debido a la escasez de datos geocronológicos, y aún de levantamientos geológicos detallados en regiões similares, no existe consenso entre los investigadores en relación a la edad del GSR, posicionandolo algunos en el Proterozoico Medio y otros en el Superior.

Ambos grupos fueron poli-deformados, estando el GSI más intensamente deformado, posuindo una S2 como foliación principal, estando casi siempre sub-paralelizada al acamamiento sedimentar, de modo análogo a lo que ocurre con la S1 en el GSR.

El GSI fué metamorfozido en la facies anfibolito medio, con gradaciones para la facies de los esquistos verdes y anfibolito superior, de presión intermediária (Tipo Barroviano), durante el desarrollo de la S1 (condiciones máximas de $P \sim 5 - 6 \text{ kb}$ y $T^{\circ} \sim 620^{\circ} \text{ C}$), siendo muy común la cristalización de cianita, posteriormente invertida para sillimanita, con surgimiento de cordierita al final del evento, debido a una queda aproximadamente isotérmica de la pressão, acompanhada de la intrusión de masas graníticas.

Los granitoides están representados por tonalitas a granodioritas no-porfíricas muy deformadas y alteradas hidrotermalmente, que en parte pueden representar restos retrabajados del basamiento cristalino de la secuencia supracrastral, y por granitos a granodioritas porfíricas intrusivos, algunos de los cuales metamorfozados.

3. GEOLOGIA DE LAS ZONAS ALTERADAS

En el esbozo del mapa geológico de la FIGURA 3 puede observarse la distribución de los cuerpos de anfibolitas que sufrieron alteración hidrotermal-metasomática y litotipos asociados.

Apesar de las deformaciones todavía puede ser reconstituída la geometría de los cuerpos, que en planta son groseramente triangulares, indicando formas originales cónicas, con la base situada en la interface con las metapelitas superpuestas.

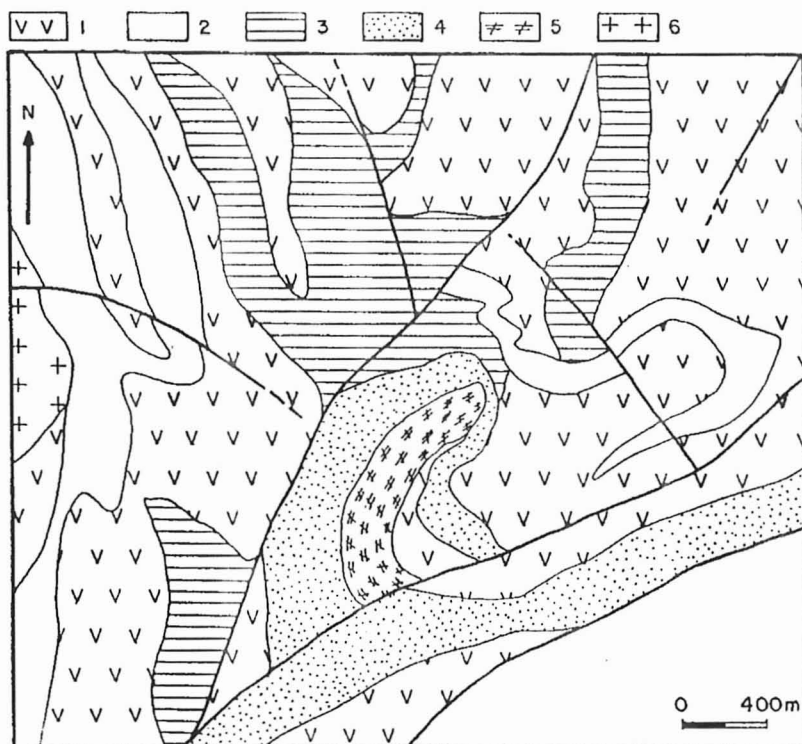


Figura - 3 Esbozo geológico de las zonas de alteración hidrotermal-metasomática. (1) Metabasitas con intercalaciones subordinadas de metapelitas y metatufos; (2) Esquistos diversos y sedimentos tufíticos; (3) Zonas hidrotermalizadas-metasomatizadas previamente al metamorfismo, incluyendo granate-cordierita-cummingtonita anfíbolitas, granate anfíbolitas, biotita anfíbolitas, metatufos y metabasitas calcio-silícáticas y cummingtonita-metaintermediarias; (4) metapelitas hierro-magnesíferas; (5) rocas sedimentarias calcio-silícáticas; (6) granitoides. Simplificado de Pérez Aguilar (1995).

Estas anfíbolitas se encajan casi que esencialmente en las metabasitas, de modo discordante al acamamiento sedimentar, o se distribuyen en la interface metabasita/metapelitas, y están compuestas por diversos tipos petrográficos (Juliani *et al.* 1992, Pérez Aguilar *et al.* 1994), destacándose entre éstas metabasitas calcio-silícáticas, meta-intermediarias carbonatizadas y silicificadas, granate anfíbolitas y granate-cordierita-cummingtonita anfíbolitas.

Estratigráficamente arriba de estos cuerpos ocurren siempre metavolcanoclásticas básicas y intermediarias rocas calcio-silícáticas, que por su vez están recubiertas por metapelitas ricas en manganeso y hierro (formados por procesos exhalativos volcanogénicos).

Petrográficamente pueden ser reconocidos varios tipos de rocas, con distintas asambleas de minerales, reflejando la composición química magmática y/o volcanoclástica original así como diferentes intensidades de la alteración pre-metamórfica.

Las anfíbolitas básicas menos alteradas preservan todavía las texturas y estructuras observadas en las metabasitas no afectadas por estos procesos, poseyendo mayor cantidad de anfibólito (actinolita substituyendo hornblenda), biotita frecuente y menor volumen de plagioclasia. Con el incremento de la alteración surge granate y el anfibólito pasa a ser una hornblenda magnesiánica. En las zonas de alteración más intensas la hornblenda es substituida por cummingtonita siendo abundantes cordierita y granate. Plagioclasia cálcica (labradorita-bytonita) y cuarzo también son frecuentes y, subordinadamente, ocurren hornblenda, clorita, estauroлита, rutilo, ilmenita, magnetita, zircón y apatita. En algunas muestras existen antofilita-gedrita, en otras carbonatos y flogopita y, a veces, poseen magnetita en abundancia. En la base de los cuerpos pueden estar asociadas granate anfíbolitas, meta-intermediarias ricas en cordierita y cummingtonita y metabasitas y/o metatufos originalmente carbonatizados, hoy variavelmente calcio-silicáticos.

Las diferentes asambleas minerales corresponden a un zonamento de la alteración hidrotermal-metasomática, con las partes periféricas relativamente más frías y enriquecidas en potasio y las centrales en magnesio, inseridas en extensas zonas carbonatizadas y, a veces potasificadas, anteriormente al metamorfismo. Zonas de silicificación y de carbonatización parecen sobreponerse como procesos exalativos finales con relación a las alteraciones más intensas.

4. MINERALIZACIONES ASOCIADAS

A) ORO

Son conocidas diversas mineralizaciones de oro, concentradas casi que totalmente en la Fm. Morro da Pedra Preta del GSI, algunas primarias y otras secundarias. Las primarias pueden ser subdivididas en los tipos singenético y epigenético, cuya meteorización y retrabajamiento mecánico dieron origen a depósitos secundarios en eluvios, coluvios y aluviones.

El tipo predominantemente singenético ocurre en horizontes estratigráficos bien definidos, con cuerpos mineralizados encajados concordantemente en la interface de las unidades volcánicas y metapelíticas, o todavía entre cuerpos de metabasitas de la Formación Morro da Pedra Preta. Se asocia a los cuerpos de metavolcánica/metavolcanoclásticas básicas y/o intermediarias alteradas hidrotermal-metasomáticamente, *metacherts* con sulfuros, chortitos y anfíbolitas calcio-silicáticas.

Los cuerpos mineralizados afloran en extensión superior a 10 km, formando lentes con más de una centena de metros de extensión y espesura máxima de 50 metros. Los teores de oro y plata varían, respectivamente, de 0,07 a 13,0 ppm y de 1,0 a 1,9 ppm (Beljavskis, 1988, Beljavskis *et al.*, 1993).

El tipo epigenético se asocia preferencialmente a las formaciones hierriíferas (BIFs) y anfíbolitas metavolcanoclásticas básicas cisalladas, constituyendo venas de cuarzo sulfurosas o manganesíferas, con hasta 1,5 m de espesura, casi siempre intensamente deformadas. Los teores de oro y plata varían, respectivamente, de 0,11 a 11,2 ppm y 0,05 a 1,8 ppm, con muestras puntiforme alcanzando más de 25 ppm de Au.

El oro se presenta casi siempre en forma libre, granulación gruesa, asociado a covelina y calcopirita y, subordinadamente, a pirita, o inclusive a cuarzo.

B) SULFOROS

Diseminaciones abundantes de sulfuros, así como fisuras rellenas, son muy frecuentes en los litotipos del GSI, especialmente en las metabasitas, granate anfíbolitas, anfíbolitas meta-intermediarias y meta-ácidas volcánicas/subvolcánicas. Pueden constituir 2-3% del volumen de las rocas, siendo esencialmente de pirrotita y pirita, con calcopirita muy subordinadamente.

En las metapelitas, especialmente en las grafitosas, pueden ocurrir fuertes diseminaciones y aún estratos centimétricos de sulfuros macizos. Concentraciones mayores son encontradas en las metapelitas dispuestos sobre los

cuerpos de granate-cordierita-cummingtonita anfíbolitas, metabasitas y meta-volcanoclásticas carbonatizadas y hidrotermalizadas y rocas meta-intermediarias, pudiendo ocurrir en camadas de más de 100 m de espesor.

En el la cartografía geológica detallada fueron encontradas grandes cantidades de sulfuros asociados a los cuerpos de anfíbolitas hidrotermalizadas-metasomatizadas, llegando a constituir pequeñas lentes macizas, con 2-4 cm de extensión y 0,5-1 cm de espesura.

Se debe destacar que estos datos foram obtenidos esencialmente a través de investigaciones geológicas y petrogenéticas desarrolladas por el DMP-IGUSP en la región pués, a pesar de que las mineralizaciones y el potencial metalogénico son conocidos, todavía no fueron realizadas en la región prospecciones minerales detalladas.

5. METODOLOGÍA Y DATOS OBTENIDOS

Se utilizó la imagen TM-Landsat WRS 219/76, con las bandas 3, 4, 5 y 7, adquirida en formato digital junto al Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Las imágenes fueron procesadas en el Laboratório de Procesamento de Imagens e Geoprocessamento del Instituto de Geociências de la USP, en ambiente PC. Inicialmente fué hecha la corrección atmosférica por el método del *pixel* oscuro (Chavez, 1975), siendo subtraídas, respectivamente para las bandas TM3, TM4, TM5 y TM7, los valores 18, 12, 5 y 0.

Habiendo um conocimiento previo de la geología local, inclusive de las ocurrencias de las anfíbolitas alteradas hidrotermal-metasomáticamente, fué realizada la lectura de los parámetros estadísticos esenciales (DN medio, moda, variación absoluta) para todas las bandas y sobre los litotipos presentes. La topografía acentuada introdujo un problema adicional, por fornecer diferentes ángulos de las superficies con relación a la iluminación solar. Para evitar este problema, las áreas de muestreo fueron siempre seleccionadas en vertientes iluminadas. Los resultados obtenidos, sumariados en la Tabla 1, muestran que existe una mayor reflectancia de las zonas de alteración en las bandas infrarojas, principalmente en la banda TM4, en comparación con as litologías que las encajan. De las litologías presentes en la área, solamente el granito posee un comportamiento semejante, lo que implica en un comportamiento espectral relativamente característico para aquellas facciones. Baseándose en estos datos fueron aplicadas diversas técnicas de realce, obtendose diversos resultados.

LITOTIPOS	TM 3 media	TM4 media	TM 5 media	TM 7 media
anfíbolitas calcio-silícicas	$3,7 \pm 0,6$	$70,8 \pm 07,6$	$62,4 \pm 6,6$	$14,6 \pm 1,6$
metabasitas	$3,9 \pm 0,7$	$63,0 \pm 7,0$	$57,0 \pm 5,6$	$13,6 \pm 1,5$
(1)	$3,9 \pm 0,2$	$58,5 \pm 1,2$	$51,2 \pm 1,3$	$12,2 \pm 0,8$
metapelitas manganíferas	$4,15 \pm 0,4$	$55,4 \pm 0,6$	$52,3 \pm 2$	$12,5 \pm 0,9$
(2)	$4,7 \pm 1,4$	$81,0 \pm 4,2$	$74,2 \pm 5,3$	$17,4 \pm 1,5$
metapelitas	$4,9 \pm 0,1$	$71,3 \pm 0,1$	$66,7 \pm 0,6$	$15,6 \pm 0,8$
granitoides	$6,1 \pm 0,3$	$78,9 \pm 4,4$	$73,2 \pm 4,3$	$17,9 \pm 0,9$
metabasitas no alterados	$6,3 \pm 0,8$	$70,4 \pm 2,6$	$66,7 \pm 3,3$	$16,6 \pm 1,4$

(1) granate-cordierita-cummingtonita anfíbolitas, producidos nas zonas de mayor alteración hidrotermal-metasomática.

(2) metabasitas y metatufos variadamente alterados, incluyendo zonas calcio-silícicas.

Tabla 1 - Comportamiento espectral (media y desvío padron de los DNs medios) en las bandas TM 3, 4, 5 y 7 (después de la corrección atmosférica) de los bosques sobre los principales litotipos del Grupo Serra do Itaberaba, presentes en la área de estudo.

La aplicación de Análisis por Principales Componentes (APC) sobre las bandas TM 3, 4, 5 y 7 presentó, como previsto, una fuerte contribución de la banda TM4 en la PC 2, salientando las anomalías tonales asociadas a las porciones más alteradas. El resultado, entretanto, fué poco superior al presentado por la banda original. La aplicación de APC sobre las bandas en el infrarojo podrían dar, supuestamente, una respuesta más característica en la PC1, por existir alguna correlación entre las 3 bandas. Sin embargo, en la PC2 nuevamente fué observado el realce de las áreas alteradas, justamente donde la banda TM4 posee una participación mayor.

La aplicación de índices de vegetación, con divisiones entre las bandas 4/3 y 5/3 y 4/5, no presentó buenos resultados, mereciendo, aún así, ser retrabajada futuramente, pues técnicamente debería ser adecuada. Por tanto no fue posible aplicar la técnica de APCs Dirigidas sobre las razones 4/3 y 4/5, de Okada *et al.* (1994), que permiten un grande realce del comportamiento espectral de la vegetación en la PC1. Entretanto fué aplicada una variante de este método, utilizándose subtracciones, que tal como las divisiones, implican en el realce de las informaciones no correlacionadas. Esto permitió obtener buenos realces, principalmente con las TM4 - TM3. Las imágenes que resultaron de las subtracciones TM4 - TM3 y TM5 - TM3, tuvieron sus histogramas corregidos para que los Dns más bajos pudieran coincidir con zero, siendo a seguir submetidos a una APC, resultando en una APC2 con 93% de la información oriunda de la subtracción TM4 - TM3. Este producto mostró una respuesta notable de las zonas de alteración hidrotermal pré-metamórficas, pero también presentó numerosas respuestas espurias fuera de la área de estudio, particularmente sobre el granito situado a noroeste. Esta PC2 fué submetida a un intenso LUT (*gain* positivo y *offset* negativo, ambos muy elevados) aprovechando el hecho de que las zonas alteradas presentan invariavelmente DNs muy elevados. Para componer un *triple* con esta PC (FIGURA 4b) fueron escogidas las bandas TM3 y TM5 devido a la baja a nula respuesta espectral de las zonas alteradas en ellas, permitiendo el realce de la participación de la PC2, por contener la casi totalidad de la información de interés, con fuerte respuesta de las anomalías de la vegetación asociada a las zonas donde afloran las anfíbolitas como resultado de las alteraciones hidrotermal-metasomáticas pré-metamórficas, habiendo todavía igual realce de las respuestas espurias mencionadas.

La eficiencia del conjunto de procesamiento efectuados puede ser evaluada comparando las figuras 4a (TM4/TM3/TM5 en composición RGB) y 4b (TM4 - TM3/TM5/TM3 en composición RGB), obtenidas a partir de las mismas informaciones primarias de las bandas TM.

6. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mostraron la posibilidad de realzar notablemente el comportamiento espectral característico, fornecido por las anomalías geobotánicas, reflejo de la presencia de anfíbolitas e otras rocas alteradas hidrotermal-metassomáticamente. A pesar de que la detectabilidad está esencialmente asociada a la banda TM4, el conjunto de procesamientos realizó notablemente aquellas facciones espectrales. Los problemas más graves encontrados fueron la ocupación antrópica en la región, restringiendo la área posible de aplicación del método por fornecer numerosas respuestas espurias.

Entretanto, en áreas próximas del Grupo Serra do Itaberaba, recubiertas por vegetación natural y con levantamientos geológicos apenas en escala 1:25.000, fueran encontradas diversas áreas con comportamiento espectral característico de la presencia de alteración hidrotermal, que serán brevemente verificadas en campo.

Este estudio será también extendido para el resto de la faja de afloramiento de los grupos Serra do Itaberaba y São Roque, con mineralizaciones de oro conocidas, para probar la eficiencia del método. Siendo su resultado positivo, el método propiciará buenas posibilidades de definirse rápidamente y a costos bajos, áreas potenciales que pueden contener mineralizaciones de sulfuros e oro en secuencias volcano-sedimentarias semejantes, facilitando y dirigiendo tabajos de prospección mineral..

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo) por la ayuda en el financiamiento del trabajo (proceso 93/4350-0)

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beljavskis, P. - 1988 - *Prospección geoquímica experimental en la ocorrência de ouro Tapera Grande - Guarulhos - SP*. São Paulo, 161p. (Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).
- Beljavskis, P.; Garda, G.M.; Juliani, C. - 1993 - Aspectos gerais das mineralizações de ouro dos arredores de Guarulhos - SP. *Revista do Instituto Geológico*, Vol. 14 núm. pp.:21-29.
- Hasui, Y.; Almeida, F.F.M. de & Brito Neves, B.B. de - 1978 - As estruturas brasileiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. *Anais...*, Recife, SBG, v.6, p. 2423-2437.
- Juliani, C. - 1993 - *Geologia, petrogênese e aspectos metalogenéticos do grupo Serra do Itaberaba e São Roque na região das serras do Itaberaba e da Pedra Branca, NE da cidade de São Paulo*. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências - USP, 2 vol., 803 p., 5 mapas.
- Juliani, C.; Beljavskis, P. & Schorscher, H.D. - 1986 - Petrogênese do vulcanismo e aspectos metalogenéticos associados: Grupo Serra do Itaberaba na região do São Roque - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986. *Anais...*, Goiânia, SBG, v.2, p. 730-743.
- Juliani, C.; Perez Aguilar, A.; Martim, M. A. B.; Beljavskis, P. - 1995 - Ocorrência e petrografia dos meta-riólitos da Formação Nhanguçu - Grupo Serra do Itaberaba (SP). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 4, Águas de São Pedro, 1995. *Boletim de Resumos...*, São Paulo, SBG/NSP-NRJ (no prelo).
- Juliani, C.; Schorscher, H.D.; Beljavskis, P.; Garda, G.M. - 1994 - Lito-estratigrafia e petrografia do Grupo Serra do Itaberaba, NE da cidade de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Balneário de Camburiú, 1994. *Boletim de Resumos Expandidos...*, Balneário de Camburiú, SBG, v.2, p. 101-103.
- Juliani, C.; Schorscher, H.D.; Perez Aguilar, A.; Beljavskis, P. - 1992 - Cordierita-granada-cumingtonita anfíbolitos no Grupo Serra do Itaberaba (SP): evidência de alterações hidrotermais-metassomáticas pré-metamórficas. In: JORNADAS CIENTÍFICAS DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS da USP, 2, São Paulo, 1992. *Boletim IGUSP, Publicação Especial*, Vol. 12 pp.59-61.
- Lillesand, T. M. & Kieffer, R. W. - 1994 - Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons, Third Edition, New York. 750p.
- Okada K.; Segawa, K. & Hayashi, I. - 1994 - Removal of the vegetation effect from Landsat TM and GER imaging spectroradiometer data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 48 núm. 6 pp. 16-27.
- Oliveira, Y.P. de - 1925 - Análises de calcários. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico*, (10):1-45.
- Paradella, W. R., Silva, M. F. F. da; Rosa, N. de A. & Kushigbor, C. A. - 1994 - A geobotanical approach to the tropical rain forest environment of the Carajás Mineral Province (Amazon Region, Brazil), based on digital TM data and DEM data. *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 15 num. 8, pp. 1633-1648.
- Pérez Aguilar, A. - 1995 - Geologia, petrografia e metamorfismo dos granada-cordierita-cumingtonita anfíbolitos do Grupo Serra do Itaberaba (SP). Dissertação de Mestrado (Instituto de Geociências - USP) (em conclusão).

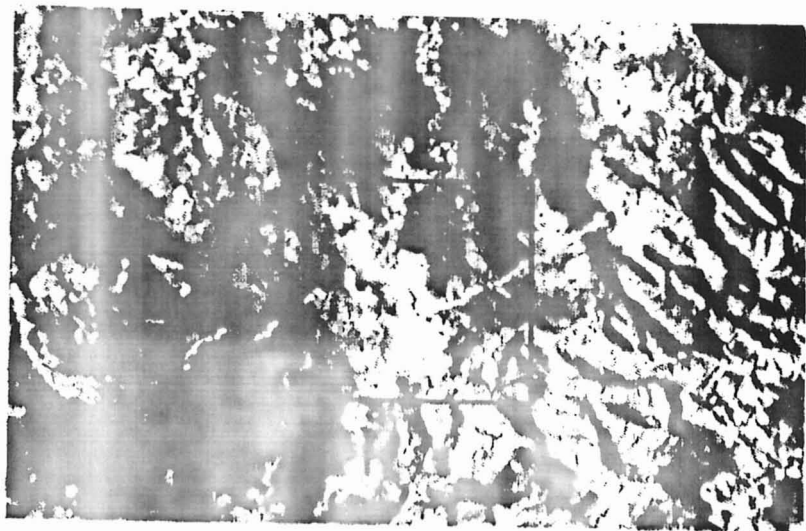


Figura 4a - Composición 4R/3G/5B de la area de estudio.

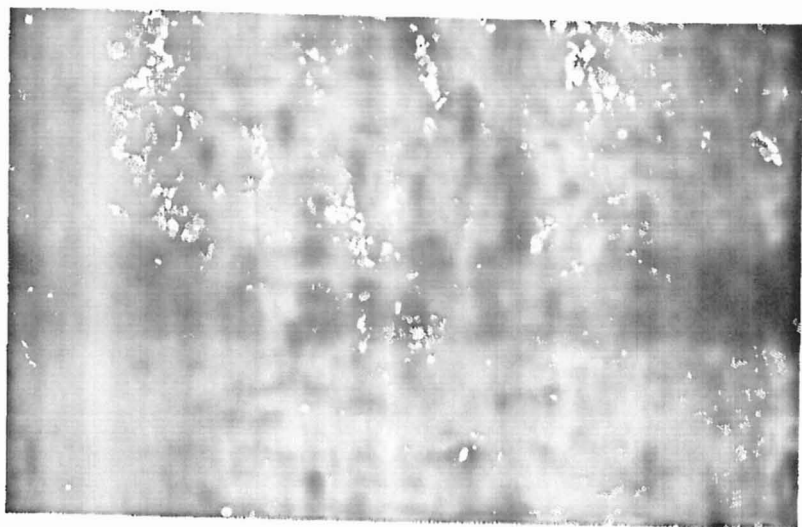


Figura 4b - Composición C2R/5G/3B, con fuerte LUT en la C2. Los locales en amarillo refieren a las zonas de alteración hidrotermal. Las regiones con respuesta confirmada (área de estudio), probable o espuria están citadas en el texto