

Comissão Técnica: Comissão Técnica 5 - Sensoriamento Remoto

**Processamento Digital de Imagens para definição de áreas hidrotermalizadas:  
Complementação do Mapa Geológico, com enfoque para anomalias  
hidrotermais**

**Marcos S. Campello, Charles Rezende Freitas, Ana Clara Moura**

**Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG**

Instituto de Geociências - Departamento de Geologia e Departamento de Cartografia  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Campus Pampulha, CEP: 31270-901 – Belo Horizonte – MG  
mscampello2005@yahoo.com.br  
{charlesrf,anaclara}@ufmg.br

## RESUMO

Os mapeamentos geológicos do estado de Minas Gerais apresentam significativas diferenças de detalhamento lito-estrutural. Áreas de maior interesse onde ocorrem de forma sistemática as jazidas de maior relevância já foram objeto de detalhamentos em projetos subsidiados por órgãos governamentais, entre eles: Projeto Espinhaço, Projeto Leste, Projeto Sul de Minas, detalhamento do Quadrilátero Ferrífero entre outros. No entanto, uma grande parte do Estado ainda não foi contemplada com projetos de mapeamentos geológicos de base, fator que vem contribuindo de forma negativa para o desenvolvimento de certas regiões.

O Levantamento Aerogeofísico realizado pela CODEMIG/LASA para sete áreas no Estado de Minas Gerais consiste em um importante conjunto de dados que são potenciais para a confecção de produtos cartográficos de cunho geológico, ainda pouco conhecidos e explorados. Dessa forma, foi selecionada uma área com base na disponibilidade de imagens Landsat e em função da cobertura do levantamento aerogeofísico, posicionada no município do Alto Rio Doce, no sudeste de Minas Gerais, aproximadamente a 220Km da Cidade de Belo Horizonte.

A Geologia da região envolve gnaisses do Complexo Barbacena e seqüências do Supergrupo Minas. Durante etapas de campo, foram verificadas presença de afloramentos de pegmatitos, conformando a existência de intrusões pegmatíticas entre eles duas lavras abandonadas ainda na década de 1950. Com base nos dados aerogeofísicos da CODEMIG, especificamente a gamaespectrometria do percentual em potássio, PPM do urânio e do tório, foram implementadas equações para o fator “F” conforme Biondi (2001), que consiste na equação definida pelo produto do Urânio pelo Potássio, dividido pelo Tório. O resultado é um mapa de 8 bites que destaca as anomalias hidrotermais, que podem corresponder também aos corpos pegmatíticos, além da definição de outros corpos hidrotermalizados. Os resultados obtidos confirmam 60% dos pontos levantados em campo, indicando ainda outras regiões potencialmente mineralizadas.

Como produto final tem-se a complementação do Mapa Geológico da CODEMIG para a região com enfoque para as ocorrências das anomalias hidrotermais e dos corpos pegmatíticos associados. Deve-se destacar que este tipo de informação ainda não se encontrava disponível. Este mapeamento traz importantes contribuições sobre a geologia da região, beneficiando futuras pesquisas minerais podendo ainda resultar em um melhor aproveitamento dos bens minerais disponíveis, assim como abre espaço para que a técnica seja amplamente utilizada em situações semelhantes.

**PALAVRAS CHAVES:** Geologia, Aerogeofísico, Sensoriamento Remoto, Mapeamento Geológico, Hidrotermalismo.

## ABSTRACT

The geologic map of Minas Gerais state present significant differences on the lito-structural detailing. Areas of greater interest, with systematic occurrence of major mines, already had been object of detailing in projects subsidized by governmental institutes, between them: *Projeto Espinhaço*, *Projeto Leste*, *Projeto Sul de Minas*, and the detailing of the *Quadrilátero Ferrífero*. However, a great part of the State does not have detailed geologic maps, this factor contributes in a negative way for the development of specific regions. The airborne geophysical survey carried through for the CODEMIG/LASA for seven areas in the State of Minas Gerais consists in a important tool for the confection of products of cartographic and geologic interest, still little known and used. A small area was selected, on the basis of the availability of Landsat images and in function of the covering of the airborne geophysical survey. The selected area is located in the administrative area of the Alto Rio Doce, in the Southeast of Minas Gerais, approximately 220Km of the City of Belo Horizonte. The geology of the region involves gnaisses of the *Barbacena Complex* and sequences of *Supergrupo Minas*. Based on field data, presence of outcrops of pegmatites, had been verified conforming the existence does bodies. Two abandoned quarries by the decade of 1950, were also identified. On the basis of the airborne geophysical survey data of the CODEMIG, specifically of the percentage in potassium and the

gamma spectrometry (PPM) of uranium and thorium, had been implemented equations for in agreement with factor “F”, as proposed by Biondi (2001). Results confirm 60% of the points raised in field, indicating other mineralized regions. As ending product the updating of the Geologic Map of the region with approach for the occurrences of hidrothermal anomalies and pegmatites bodies associates. This mapping still brings important contributions on geology of the region, benefiting future mineral research, being able to result on better exploitation of the available mineral goods in this region.

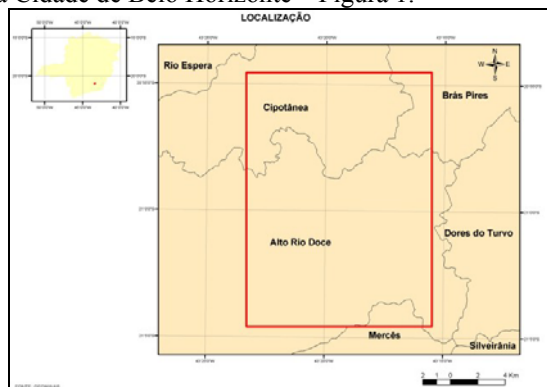
**KEYWORDS:** Geology, Airborne Geophysical Survey, Remote Sensing, Geologic Mapping, Hidrotermalismo

## 1 - INTRODUÇÃO

Os mapeamentos geológicos do estado de Minas Gerais apresentam significativas diferenças de detalhamento quanto a representação lito-estrutural. Áreas de maior interesse onde ocorrem de forma sistemática as jazidas de maior relevância já foram objeto de detalhamentos em projetos subsidiados por órgãos governamentais, entre eles: Projeto Espinhaço, Projeto Leste, Projeto Sul de Minas, detalhamento do Quadrilátero Ferrífero entre outros. No entanto, uma considerável parte do Estado ainda não foi contemplada com projetos de mapeamentos geológicos de base, fator que vem contribuindo de forma negativa para o desenvolvimento de certas regiões. O Levantamento Aerogeofísico realizado pela CODEMIG para sete áreas no Estado de Minas Gerais consiste em um importante conjunto de dados que são potenciais para a confecção de produtos cartográficos de cunho geológico, ainda pouco conhecidos e explorados.

## 2- DEFINIÇÃO DA ÁREA, LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

Com base no mapeamento geológico escala 1:1000000 CODEMIG (2002), imagens Landsat e em função da cobertura do levantamento aerogeofísico da CODEMIG Área 2, foi selecionada uma área com aproximadamente 8000,00ha posicionada no Distrito de Abreus, no município do Alto Do Rio Doce, no sudeste de Minas Gerais, aproximadamente a 220Km da Cidade de Belo Horizonte – Figura 1.

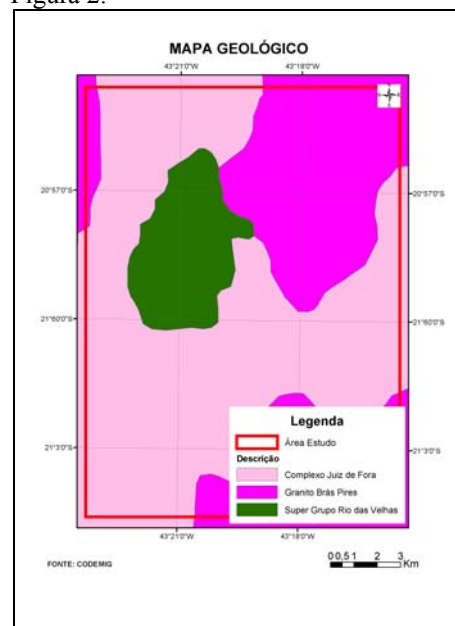


**Figura 01 – Localização**

O acesso é feito, a partir de Barbacena, pela MGT-265 até a cidade de Desterro do Melo, daí toma-se a MGT-132 por mais 32 Km até a cidade do Alto Rio Doce, ainda na MGT-132, em direção ao Distrito de Abreus, atinge-se a área quando percorre-se aproximadamente 8 Km nesta estrada.

## 3- GEOLOGIA

Na região o embasamento é representado pelas rochas do Complexo Mantiqueira. De acordo com Noce et. al. (2002) o Complexo Mantiqueira é um complexo ígneo plutônico de idade paleoproterozóica (ca. 2180 – 2050 Ma). Na porção noroeste da Folha Ubá, são representados por gnaisses bandados com intercalações de anfibolito de espessura métrica, sendo essas rochas também presentes na região do Distrito de Abreus – Figura 2.



**Figura 02 – Mapa Geológico CODEMIG**

Face ao profundo intemperismo as exposições são muito raras e, via de regra, resumem-se a um saprólito de gnaiss. Trata-se de um gnaiss bandado com freqüentes intercalações de anfibolito, que podem atingir vários metros de espessura. Os gnaisses podem estar injetados por veios graníticos de granulação grossa. O estudo em áreas adjacentes revela que o Complexo Mantiqueira é constituído principalmente de biotita-hornblenda gnaisses cinzentos, bandados, de

composição tonalítica a granodiorítica. São frequentes as intercalações concordantes de corpos anfibolíticos, lenticulares a contínuas, com espessura variando de centimétrica a métrica. Os gnaisses exibem, quase sempre, feições de migmatização revelando estágios distintos de anatexia. As paragêneses minerais, texturas e estruturas encontradas indicam condições metamórficas da fácies anfibolito superior.

O Complexo Juiz de Fora é composto por ortognaisses e metabasitos com paragênese da fácies granulito, igualmente de idade paleoproterozóica. O litotipo característico dessa unidade é um gnaisse enderbítico, de granulação média, verde-escuro, exibindo bandamento centimétrico e intercalações máficas boudinadas. Sua mineralogia essencial é plagioclásio, quartzo, ortopiroxênio e clinopiroxênio; biotita e hornblenda ocorrem como produto de reações retrometamórficas.

O Grupo Nova Lima integra a porção intermediária do Supergrupo Rio das Velhas, tendo este em sua base o Grupo Quebra Ossos (metavulcanitos ultramáficos) em seu topo o Grupo Maquine (metassedimentos detríticos).

O Grupo Nova Lima (Dorr 1969 in Pedrosa Soares 1994) engloba metassedimentos pelíticos e psamíticos, metavulcanitos básicos a ácidos, formações ferríferas, formações manganêsíferas (gonditos e queluzitos), metacherte e raros dolomitos e conglomerados.

Na região de Ubá a exploração dos depósitos de bauxita constituem a principal atividade mineral. Tais depósitos desenvolvem-se, principalmente, sobre rochas charnockíticas e enderbíticas e estão localizados nos topos e encostas das serras da região, entre as altitudes de 700 e 900 m. Outra atividade mineral registrada é representada por pedreiras de brita. Corpos de pegmatito, explorados intermitentemente para caulim, quartzo, feldspato e berilo, são também descritos.

### 3.1 - GEOLOGIA ECONÔMICA

O termo Caulim é utilizado tanto para denominar a rocha que contém o mineral caulinita, quanto o produto resultante do beneficiamento da mesma. A caulinita, seu principal constituinte, é um silicato de alumínio hidratado que apresenta a seguinte fórmula  $Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$ .

No caso dos pegmatitos, a exploração deve-se principalmente pelos minerais industriais e gemas nele existentes, visando interesses puramente econômicos.

A deficiência do mapeamento geológico de base na região, aliada a ausência de publicações sobre as ocorrências de pegmatitos na região, são fatores que contribuem de forma negativa para a pesquisa. Por outro lado a presença de pelo menos três frentes paralizadas ainda nas décadas de 40 e 70 confirmam a presença de pegmatitos na região. Ressalta-se ainda a proximidade da área solicitada em relação os corpos pegmatíticos posicionados na Folha Ubá (IBGE).

Com base nos dados das etapas de campo, os pegmatitos da área em estudos encontram-se encaixados predominantemente nos gnaisses do Complexo Mantiqueira, sendo os mesmos pegmatitos simples e estratiformes.

## 4 - METODOLOGIA

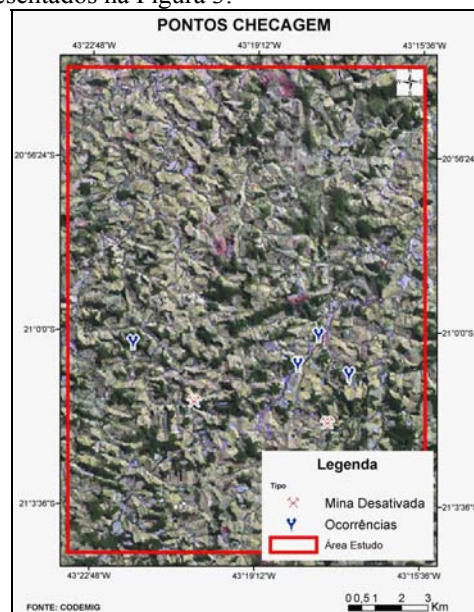
### Etapas de Campo

Inicialmente, com base no mapeamento geológico da CODEMIG (2002) e informações horais, foi realizada uma etapa inicial de campo com a finalidade do reconhecimento da localização de antigas minerações/garimpos de caulim abandonadas (ainda nas décadas de 1940 e 1970), na região do distrito de Abreus. Durante esta etapa, dois corpos pegmatíticos foram identificados.

### Etapas de Escritório

Posteriormente, foi definida uma região para teste em função das ocorrências (acima citadas), no total de aproximadamente 2500ha.

Com a finalidade de localizar as ocorrências e antigas minas, foram adquiridos no site umiacs, os dados do sensor remoto ETM (Landsat 7). A combinação RGB 753 foi empregada para a localização dos pontos de maior interesse assim como representados na Figura 3.



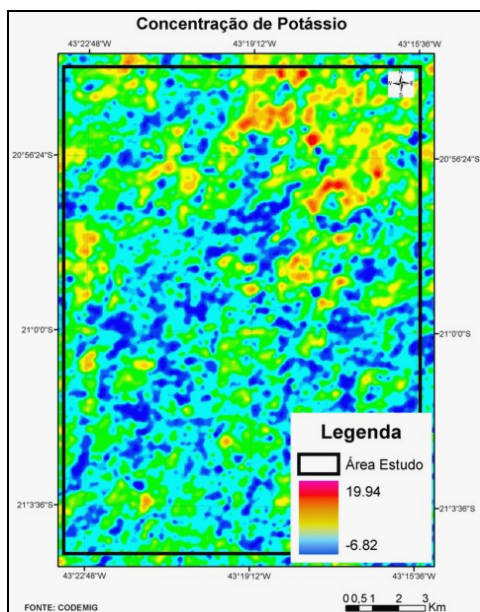
**Figura 3:** Dado de sensor remoto: combinação RGB 753, Landsat 7.

Durante a etapa de pesquisa bibliográfica, foi verificada a existência de artigos Biondi et. al. (2001a,b) entre outros indicando possíveis combinações dos dados gamaespectrométricos, com a finalidade da definição de regiões hidrotermalizadas.

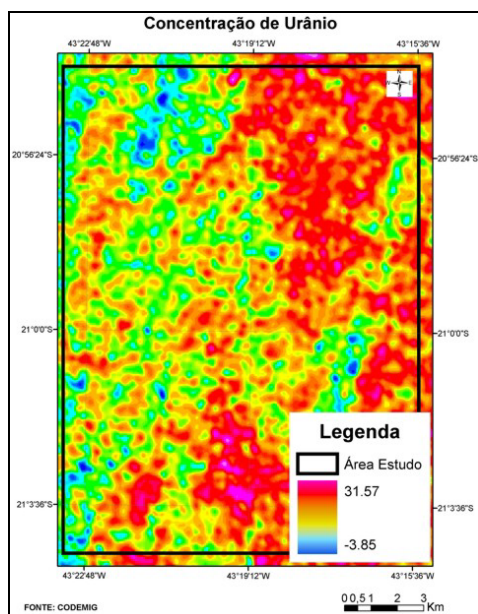
O Levantamento Aerogeofísico da CODEMIG, especificamente a gamaespectrometria do K\_percent



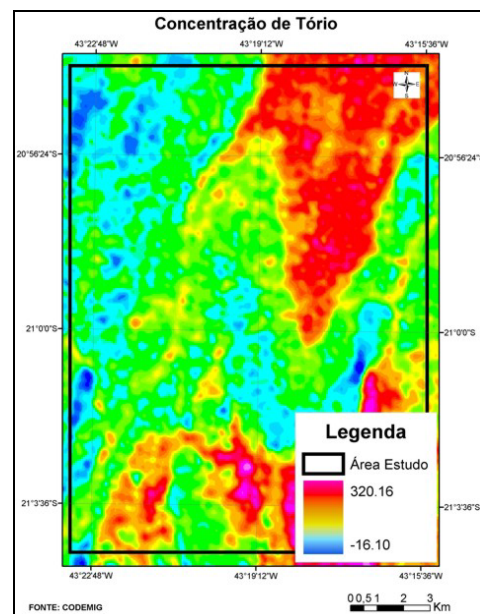
(Figura 4), Uppm (Figura 5), e Thppm (Figura 6), possibilitou a confecção das Figuras 4, 5 e 6 conforme representado a seguir.



**Figura 4:** Levantamento Aerogeofísico CODEMIG, percentual em Potássio (K\_percent).

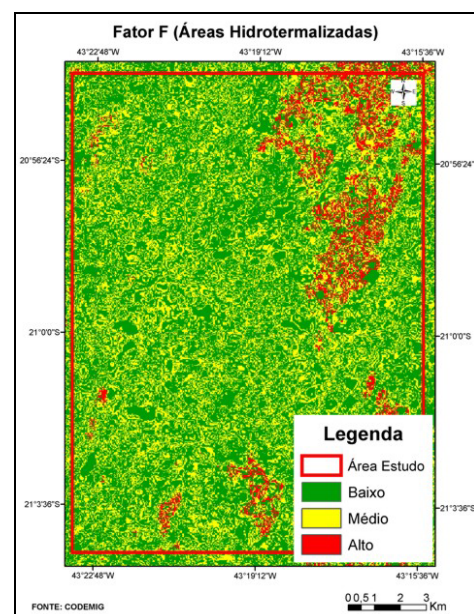


**Figura 5:** Levantamento Aerogeofísico CODEMIG, Urânio – partes por milhão (U\_ppm).



**Figura 6:** Levantamento Aerogeofísico CODEMIG, Tório – partes por milhão (Th\_ppm).

Com base nos dados gamaespectrométricos foi confeccionado o fator “F” ( $F = (U \cdot K) / Th$ ), com a finalidade de ressaltar as regiões com maior alteração hidrotermal Figura 7.



**Figura 7:** Levantamento Aerogeofísico CODEMIG, Urânio – partes por milhão (U\_ppm).

## 5 – RESULTADOS

O produto final – complementação do Mapa Geológico da área – foi obtido pela inteceção dos Mapa de Anomalias Hidrotermais gerado a partir da implementação do Fator “P” Biondi (2001) Figura 7 e o Mapa Geológico da CODEMIG (2002) Figura 2. A

este produto cartográfico, foram acrescentadas as localizações das minas desativadas e os pontos de checagem – Figura 8.

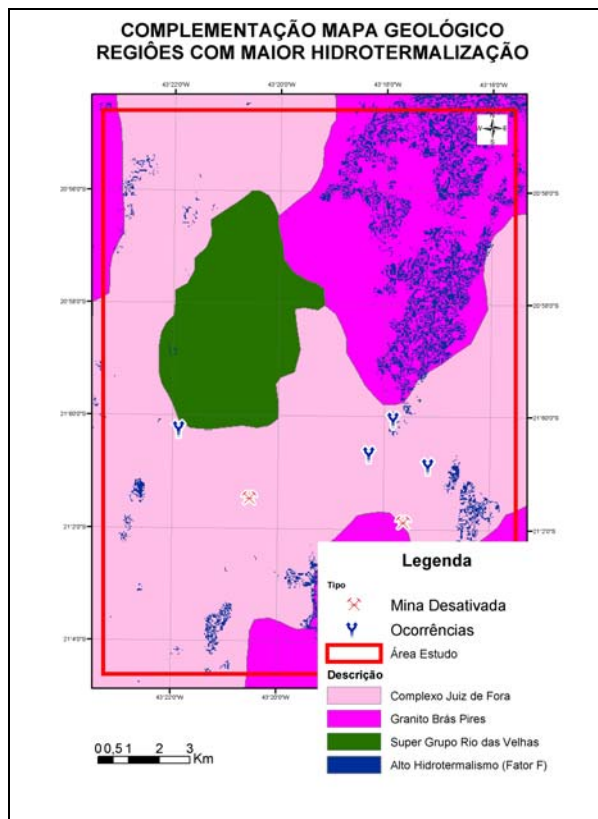


Figura 8: Produto Final – Complementação do Mapa Geológico da CODEMIG – Regiões com alto hidrotermalismo.

## 6 – CONCLUSÕES

A aplicação do “Fator F” conforme proposto por Biondi et. al. (2001) com base nos dados do Levantamento Aerogeofísico da CODEMIG, Área 2, sobretudo a gamaespectrometria, consistem em um importante subsídio para o mapeamento das anomalias hidrotermais existentes na região, possibilitando o apontamento de novas áreas potencialmente hidrotermalizadas/mineralizadas.

A metodologia proposta pode ser aplicada em áreas adjacentes, complementando etapas vinculadas à pesquisa mineral, proporcionando melhor desenvolvimento de certas regiões.

## 7 – BIBLIOGRAFIA

BIONBI J. C. et. al. 2001. Análise da Favorabilidade para Depósitos de Caulim na Bacia de Campo Alegre (SC) Revista Brasileira de Geociências 31(1):59-66, março de 2001.

BIONBI J. C. et. al. 2001. Controles Geológicos e Geomorfológicos dos Depósitos de Caulim da Bacia de Campo Alegre (SC) Revista Brasileira de Geociências 31(1):13-20, março de 2001.

CODMIG, levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais área 2 – Pitangui-São João Del Rei-Ipatinga, Relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos - Secretaria de Estado de Minas e Energia – SEME Governo de Minas Gerais, Junho / 2001

FRANÇA, Andréa Vaz de Melo. Avaliação da metodologia de fusão de dados, por transformação no espaço de cores (IHS), no estudo geológico/geofísico a oeste de Unaí - Minas Gerais. 2003

LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S.A., Relatório Final do Levantamento e Processamento dos dados Magnetométricos e Gamaespectrométricos junho / 2001

## 8- APOIO

- Projeto Rochas Ornamentais de Minas Gerais;
- FUNDEP – Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa;
- Laboratório de Geoprocessamento – IGC/UFMG
- CNPq.