

## Caracterização espectro-mineralógica de argilas coletadas na Mina Brejo-verruga na Vila de Igatu, município de Andaraí, Bahia.

Filipe Ramos Mello<sup>1</sup>  
Suzana Modesto de Oliveira Brito<sup>1</sup>  
Joselisa Maria Chaves<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS  
Caixa Postal 44036-200 – Feira de Santana - BA, Brasil  
lipegeografo@gmail.com  
smobrito, joselisa}@uefs.br

**Abstract.** There are no studies on clays in the region of Andaraí-Ba, nothing is known about the mineral composition of the material. The objective of this work is to characterize clays used by potters using reflectance spectroscopy. This is an experimental study for the semi-arid region of Bahia and is a technique that does not require pretreatment of samples accelerating the mineralogical analysis. The methodology proved to be efficient, because the sample was identified.

**Palavras-chave:** *espectroscopia, mineral, Igatu.*

### 1. Introdução

Nas investigações químico-mineralógicas de constituintes argilominerais existe um agravante: o tempo gasto nos ensaios laboratoriais. Os ensaios laboratoriais para determinação de componentes químicos de elementos demandam um longo período, pois para a aplicação de métodos de identificação tradicionais é necessário digerir/ “abrir” a amostra, que requer que o pesquisador tenha um cronograma extenso.

A análise espectral de amostras através de espectrorradiometria é capaz de trazer respostas acuradas quanto aos elementos constituintes da mesma, pois permite capturar o espectro emitido por cada elemento, proporcionando respostas quanto a sua composição química e mineralógica (Clark, 1999). Cada elemento da natureza possui uma resposta espectral que o caracteriza (as assinaturas espectrais), dessa forma é possível, através da análise dos espectros, identificar e caracterizar argilas, entre outros minerais.

Quando a superfície de um mineral é exposta a radiação eletromagnética em certa faixa de comprimento de onda, os fótons podem ser refletidos, absorvidos ou transmitidos através da superfície do mineral (reflectância, absorvância e transmitância). Todas as superfícies naturais interagem com os fótons. Esses fótons são absorvidos ou refletidos mediante processos eletrônicos e vibracionais das moléculas formadoras do material fornecendo informações químicas sobre o mineral, quando expostos a luz (Clark 1999). Essas interações podem ser medidas através da espectrografia, dando origem aos espectros de absorção, emissão e transmissão. Esses espectros são característicos para cada substância e para cada faixa de comprimentos de onda estudada.

No caso de amostras de minerais, a espectrorradiometria é uma técnica executada no intervalo de comprimento de onda de 0,4 a 2,4  $\mu\text{m}$ , direto sobre a superfície do material em pó, não requerendo nenhum tratamento prévio do mineral. A interação da radiação nesta faixa de comprimentos de onda com o material analisado produz espectros individuais, que podem ser comparados com espectros-padrão para obtenção da mineralogia do material estudado.

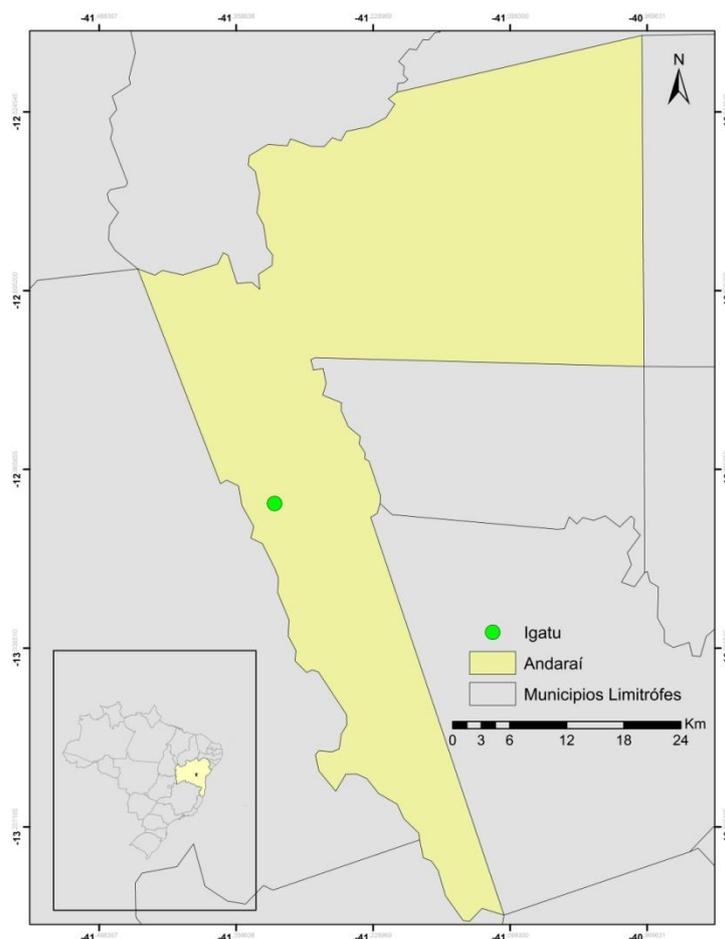
O objetivo desse trabalho é identificar e caracterizar do ponto de vista espectral as amostras de argilas coletadas e poder identificar o que as constitui. Para isso são utilizados dados de espectroscopia de reflectancia das amostras de argilas coletadas na Mina Brejo-verruga, Distrito de Igatu, município de Andaraí-Ba, uma vez que não existem na região de

Andaraí-Ba estudos sobre a caracterização de argilas por meio de Espectroscopia de Reflectância.

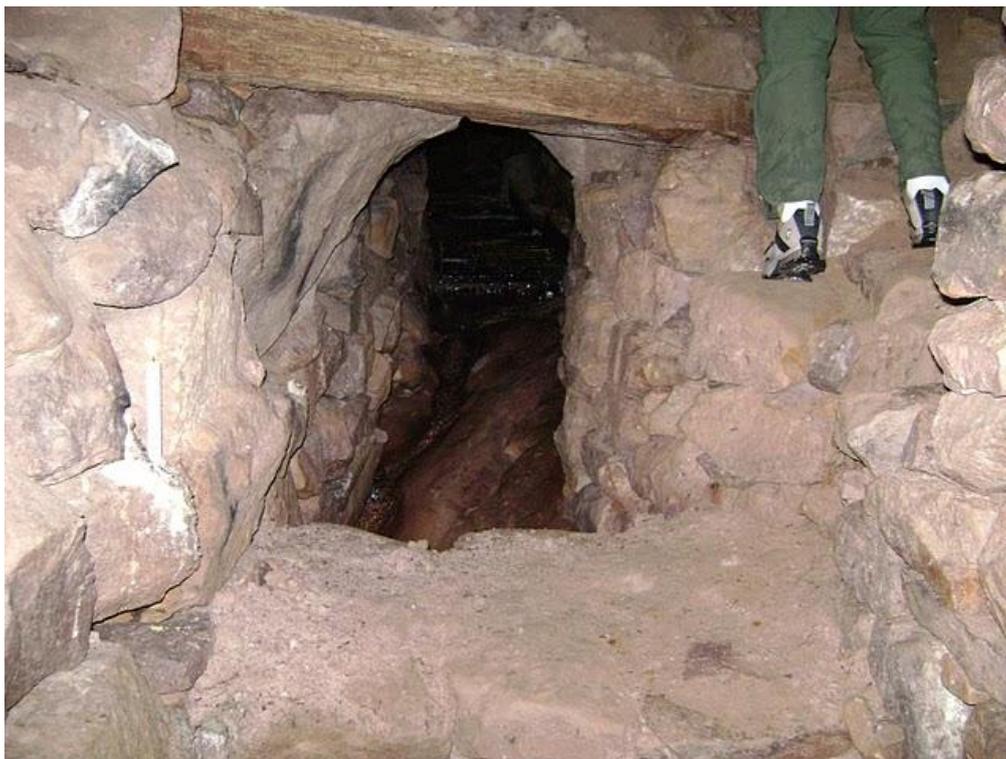
### 1.1 Localização da área de estudo

A vila de Igatu, pertencente ao município de Andaraí (Figura 1), antes denominada Xique-Xique de Igatu, na primeira fase do garimpo de diamantes, foi um próspero povoado no alto da serra, perto da cidade de Andaraí. Com o declínio da produção de diamantes a vila praticamente foi abandonada, restando muitas casas fechadas, ruínas e poucos moradores. Igatu tem hoje pouco mais de 300 habitantes, antes eram cerca de 10 mil. O garimpo do Brejo-verruga (Figura 2) é uma antiga mina reestruturada para a visitação turística (Figura 3) e é nesse local que se encontram depósitos com argilas ainda não identificadas. Igatu esta localizada entre os municípios de Andaraí ao sul e o de Mucugê a nordeste, sendo que ambos estão situados na Chapada Diamantina, no Estado da Bahia. A área de estudo possui como limites as coordenadas: 242051E e 250967E, e 8578948N e 8566420N

Igatu está localizada no alto da Serra do Sincorá, situada em torno de 730m de altitude acima do mar apresentando 410 km e 310 km de distância entre as cidades de Salvador e Feira de Santana, respectivamente.



**Figura 1:** Mapa de localização da área de estudo



**Figura 2:** Foto de uma das entradas da mina  
Fonte: [www.andaraí.gov.br](http://www.andaraí.gov.br)



**Figura 3:** Bonecos representando figuras importantes do garimpo da região feitos a partir de argila encontrada na "gruna" Foto: Ricardo Senna

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Metodologia de coleta e caracterização das amostras

As amostras em torrões são as mais usuais e são utilizadas para várias análises. Amostras obtidas desta maneira se prestam para, para todas as análises químicas e espectrais (Kiehl, 1979).

Estando o material seco e rígido foi necessária a utilização da picareta, para desagregá-lo, sendo que, antes da desagregação, foi feita uma limpeza da superfície com a faca geológica. Por fim o material foi removido com pá e depositado numa sacola coletora de 10 x 15 cm. Após a coleta o material foi levado para o laboratório e armazenado em frascos e local apropriado.

As amostras foram secadas a 60°C em estufa por 1 hora e moídas em moinho de bolas para redução do tamanho e desagregação da amostra, durante 10 min. As amostras foram então peneiradas em diferentes malhas sendo aproveitadas apenas a fração que passou na peneira de 0,005 mm (74 mesh), para retirada das partículas mais grossas.

### 2.2 Obtenção dos Espectros

As amostras foram colocadas em placa sintética de cor preta (500 mg), de forma a cobrir toda a superfície da placa. Esse material foi analisado em espectrorradiômetro modelo FieldSpec Pro FR (ASD, 2002) com um FOV (*Field Of View*; Campo de Visada) de 25 graus, fonte de iluminação halógena (NORIS), placa de referência Spectralon, que cobre a faixa espectral de 0,4 a 2,5  $\mu\text{m}$ , durante 60 segundos, no Laboratório de Espectrometria no prédio do Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente.

### 2.3 Tratamento dos Espectros

#### A) Remoção do contínuo

O conjunto de assinaturas espectrais obtido para as amostras de argila teve o contínuo removido pela técnica *continuum-removal* (Rsi, 2009), com o objetivo de manipular os dados com qualidade para visualização e realce. Define-se o contínuo como sendo a linha base, que toca o máximo número possível de pontos da curva de reflectância espectral sem cruzar - lá (Hoff, 2002). A remoção do contínuo é realizada através de operações de subtração utilizando-se o *software Envi 4.7*.

#### B) Análise empírica dos dados espectrais

Após remoção do contínuo os dados espectrais foram utilizados na elaboração de uma biblioteca espectral própria. Essa biblioteca é composta por curvas espectrais de argilominerais puros (curvas de referência obtidas na biblioteca da USGS) e das curvas espectrais das amostras de argila extraídas em campo.

O método empírico utiliza uma base bibliográfica da USGS (*United States Geological Survey*) e os trabalhos de Ducart (2004), Senna (2003) e Clark (1999). Para a análise dos espectros são observadas a forma da curva semelhante; localização das bandas de absorção ( $\mu\text{m}$ ); profundidade das bandas de absorção; presença de argilominerais; e presença de outros minerais (Senna & Souza Filho 2003, Hoff 2002).

A geometria dos picos ou bandas são elementos fundamentais na determinação de minerais. Esses picos ou bandas podem ser descritos como: largos, agudos, simétricos, com braço direito assimétrico, com ombro esquerdo ou direito e com dublete (Lyon & Khu, 1989 citado por Senna, 2003).

### 3. Resultados e discussões

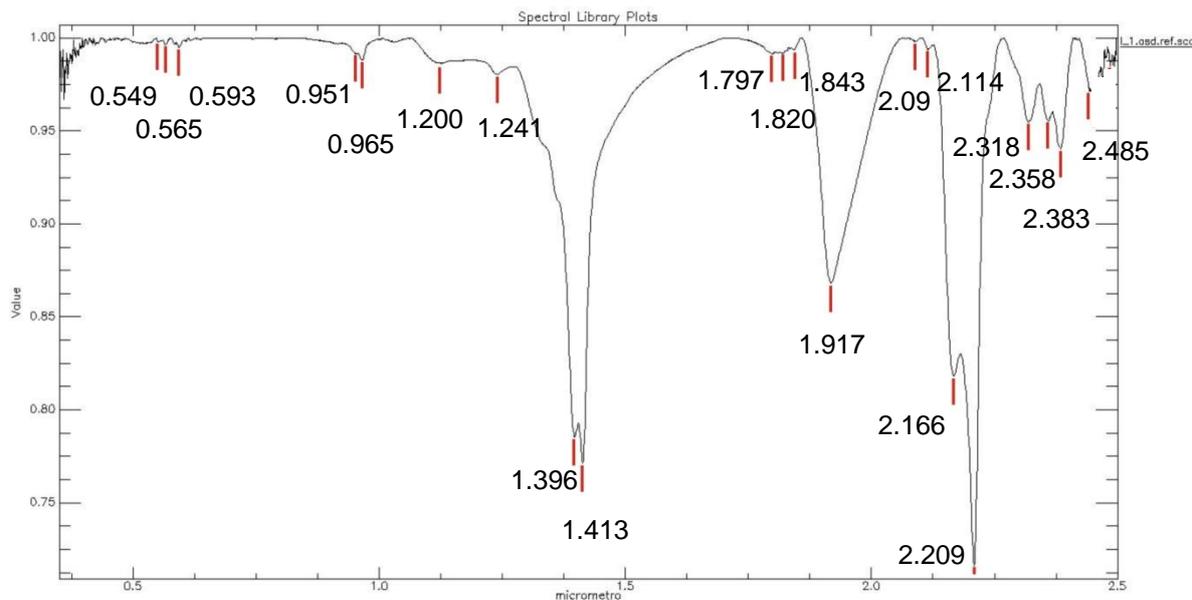
O espectro coletado dessa amostra (Figura 4) possui valores baixos de reflectância devido à presença matéria orgânica. Absorções são verificadas em 2.453, 2.485; 2.383, 2.358 e 2.318 (causada por mistura espectral característica da caulinita); 2.209 e 2.166 (absorção dupla diagnóstica da caulinita); 2.114; 2.09; 1.917; 1.843; 1.820; 1.797; 1.413; 1.396 (presença de molécula de água); 1.241; 1.200; 0.965 e 0.951 (óxidos e hidróxidos de ferro); 0.593; 0.565; 0.549  $\mu\text{m}$ . Observa-se a presença de picos discretos caracterizando pequena presença de Fe. Nota-se a queda acentuada em direção ao azul. As absorções em 2.383 e 2.209  $\mu\text{m}$  são devido à presença de argilominerais. As características identificadas no espectro dessa amostra são semelhantes aos de uma caulinita da biblioteca da USGS. A caulinita é um filossilicato, sua fórmula química é  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

Verifica-se especificamente na caulinita dupla absorção entre 1.413 e 1.396  $\mu\text{m}$ , isto é, picos de absorções com valores bem próximos, que a diferencia da Dickita e da Halosita (argilominerais do mesmo grupo). Uma série de pequenas absorções ocorrem entre 1.797, 1.82 e 1.84  $\mu\text{m}$  devido à alta presença de cristais de caulim. A absorção que permite diagnosticar a presença de caulinita é dupla e ocorre entre 2.166 e 2.209  $\mu\text{m}$ , sendo a segunda mais acentuada, outra característica é a presença de três absorções discretas sequenciadas entre 2.318, 2.358 e 2.83  $\mu\text{m}$ .

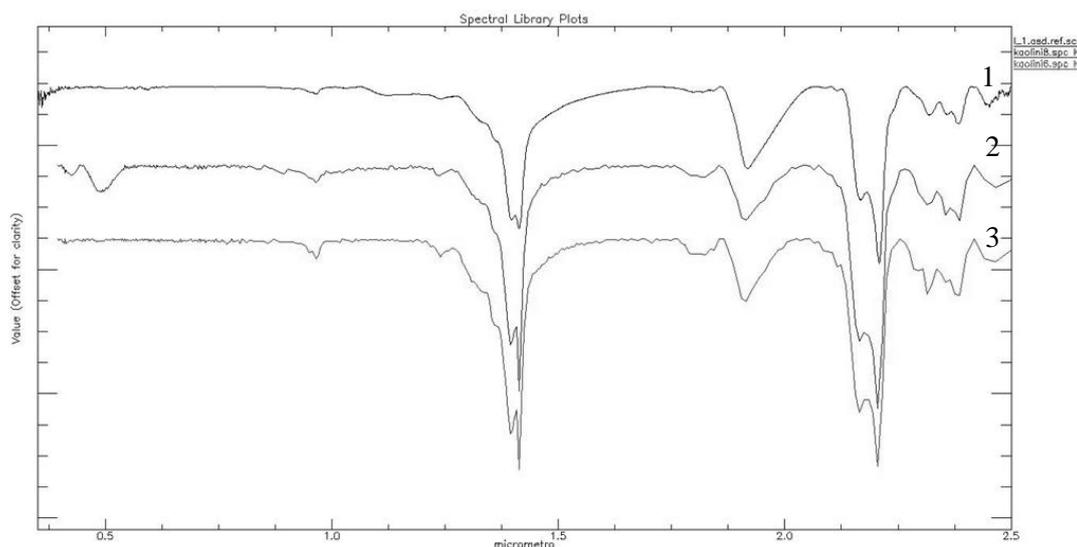
Percebe-se ao se comparar o espectro coletado a partir da amostra I e o espectro da caulinita (da biblioteca da USGS), que os mesmos possuem feições diagnósticas idêntico aos picos de absorções, assim como as feições duplas também possuem semelhança (Figura 5).

A caulinita é um argilomineral estruturado por uma folha de sílica e outra de alumínio ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ). Sua estrutura é do tipo não expansiva e sua rigidez impede que moléculas de água penetrem entre as camadas que constituem o mineral. Em média os cristais de caulinita possuem diâmetro que varia entre 0,2 de micro a 2 micra (0,002 mm), em alguns casos variam de 0,1 de micro a 5 micra, a capacidade catiônica de troca é de 3 a 15 e.mg/100g de material seco. Esse argilomineral apresenta valores baixos em relação à coesão, retenção de água, plasticidade, contração, dilatação, capacidade de troca catiônica e superfície específica se comparada com outros argilominerais.

A caulinita ocorre durante o intemperismo químico e também hidrotermal, em solos que sofreram lixiviação de bases, com baixa concentração de cátions. É abundante em solos de climas quente e úmido, com elevado índice pluviométrico. Pode formar-se também por processos diagenéticos em bacias sedimentares. Portanto pode ser formado a expensas de muitos minerais e rochas e em quantidades consideráveis.



**Figura 4:** Espectro da amostra I



**Figura 5:** Comparação entre espectro da amostra I [1] e espectros da caulinita 8 [2] e 6 [3] da biblioteca da USGS.

#### 4. Conclusões

É sabido que na região do SWIR (1.2 a 2.5  $\mu\text{m}$ ) ocorrem os picos de absorções característicos dos argilominerais, no entanto as amostras coletadas de olarias possuem materiais não argilosos que reagem em outros canais (como VIS e NIR). Assim optou-se por não reamostrar o conjunto de espectros (biblioteca espectral) para o SWIR. Essa atitude possibilitou identificar misturas espectrais que auxiliaram uma caracterização e identificação com maior acurácia, uma vez que a gama de elementos identificados foi bem maior.

Como esperado os intervalos entre 1.4 a 2.2  $\mu\text{m}$  foram fundamentais para a identificação de argilominerais nas amostras. Em todas as amostras foram identificados argilominerais.

Pode-se ver que a análise espectral foi de grande utilidade na identificação prévia dos materiais, permitindo inclusive a decisão sobre análises posteriores. Embora permita a identificação de materiais através do espectro, a espectrorradiometria não possui um mecanismo de quantificação dos componentes da amostra, sendo necessária a

complementação da análise com outras técnicas, como difração de raios X (DRX), fluorescência de raios X (FRX), etc. No entanto, a realização de um estudo prévio por espectrorradiometria permite o melhor direcionamento do trabalho, otimizando a utilização dos recursos disponíveis.

A espectrorradiometria apresenta-se, então, como uma técnica útil para a identificação preliminar de amostras de argilominerais, diminuindo o tempo de processamento das amostras, visto que as mesmas não precisam de nenhum tratamento para serem analisadas, exceto moagem e secagem. A técnica permite uma seleção das amostras a serem encaminhadas a processamento posterior para separação da fração argila, diminuindo os custos com reagentes e o tempo de processamento. Além disso, por se constituir em técnica não destrutiva, não produz resíduo a ser lançado no ambiente, reduzindo a contaminação de efluentes provocada pelo uso de reagentes químicos no tratamento do material.

### **Agradecimentos**

Os agradecimentos são voltados à Fapesb (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia), à UEFS, à PPGM e ao Laboratório de Química e Catálise Ambiental (LABCAT).

### **Referências Bibliográficas**

Clark, R.N. Reflectance Spectra, AGU Handbook of Physical Constants, 1995. 178-188. Disponível em: <http://www.clarkvision.com/rnc/publist.html>. Acesso em: dezembro de 2009.

Clark, R. N., Chapter. Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy, in Manual of Remote Sensing, Volume 3, **Remote Sensing for the Earth Sciences**, (A.N. Rencz, ed.) John Wiley and Sons, New York, 1999. p 3- 58. Disponível em: <http://www.clarkvision.com/rnc/publist.html>. Acesso em: janeiro 2010.

Ducart, Diego Fernando. **Caracterização da alteração hidrotermal associada às ocorrências auríferas de los Menucos, Argentina, por meio de técnicas de espectroscopia de reflectância**. 2004. 96 p. Dissertação (Mestrado), UNICAMP. Campinas, 2004.

Hoff, Rosemary. **Integração de dados geológicos de sensoriamento remoto, espectrorradiométricos e geofísicos aplicados à prospecção de depósitos filonéticos de fluorita hidrotermal no sudeste de Santa Catarina**. 2002. 270 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 2002.

Hunt, G.R. Spectral signatures of particulate minerals, in the visible and near-infrared, *Geophysics* **42**, 501-513. Disponível em: <http://econgeol.geoscienceworld.org/cgi/content/abstract/74/7/1613>, 1977. Acesso em: janeiro de 2010.

Lyon, R. J. P; Khu, H. Spectral Band Shapes as criteria for mineral discrimination in field spectroscopy. In: **Thematic Remote Sensing for Exploration Geology**, 7 ed, Calgary, Alberta, Canadá, Proceeding, 1989.

Kiehl, Edmar José. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 204p.

Research Systems, Inc (RSI). ENVI User's Guide. ENVI Version 4.7, 2009. 94 p.

Senna, Julio Alves. **Caracterização de argilo-minerais de utilização na indústria cerâmica por espectroscopia de reflectância**. 2003. 290 p. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, UNICAMP, Campinas-SP, 2003.

Senna, J. A.; Souza Filho, C. R. Caracterização e modelagem de argilas utilizadas pela indústria cerâmica por espectroscopia de reflectância e dados multiespectrais ASTER - Um experimento no depósito de ball clay de São Simão, São Paulo, 2005. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 650-659. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltdid.inpe.br/sbsr/2004/11.26.16.58/doc/1903.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2010.

Senna, Juliano Alves. **Caracterização Espectro-mineralógica e aspectos sobre a gênese de matérias-primas cerâmicas clássicas do Brasil: estudo de caso em depósitos de pirofilita, talco, e caulinita.** 2008. 201 p Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, UNICAMP, Campinas-SP, 2008.

Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia (SRH). Banco de dados geográficos. Salvador, CD-Rom SIG-BA, 2003.