

# Aplicação de técnicas de processamento digital de imagens de satélite para identificação de unidades litológicas no Município de Morro do Chapéu-Bahia

Lílian Graicy Lima Moraes Lima <sup>1</sup>  
Washington de Jesus Sant'anna da Franca Rocha <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS  
BR 116, Km 3, 44431-460, Feira de Santana- BA, Brasil  
graicylima@gmail.com  
wrocha@uefs.br

**Abstract.** This article proposes to verify the applicability of Digital Processing of Satellite Images to support geological mapping. To that end, there was performed supervised and no-supervised classifications in satellite images, obtained by the sensor Landsat 7 ETM, seeking to identify and separate the geological units present in the area. To determine the geological contacts were also used data obtained by processing the Digital Terrain Model which provided information on the geomorphology, the drainage pattern and evidenced structural lineaments that could be associated with geological units. The results recommend the use of the processing of satellite imagery as technical assistant to the mapping of geological units in the region, enabling the optimization of the fieldwork and improvement of final maps.

**Palavras-chave:** mapeamento geológico, Landsat, geomorfologia, geologic mapping, Landsat, geomorphology.

## 1. Introdução

O presente trabalho é resultante da pesquisa de Iniciação Científica desenvolvida na Universidade Estadual de Feira de Santana, realizada com o propósito de verificar a aplicabilidade do Processamento Digital de Imagens de Satélites como suporte ao mapeamento de unidades litológicas. A área de estudo está localizada no município de Morro do Chapéu, na região da Chapada Diamantina no Estado da Bahia, situado entre as coordenadas 11°10' e 11°37' de latitude sul e 41°23' e 41°9' de longitude oeste.

O processo digital de imagens de sensoriamento remoto visa fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração de informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. O resultado desse processo é a produção de outras imagens, com informações específicas extraídas e realçadas a partir das imagens originais (CRÓSTA, 1992). Objetivou-se nessa pesquisa geoprocessar a imagem de satélite e o Modelo Digital de Terreno visando o mapeamento estratigráfico-espectral das unidades geológicas que afloram na área de estudo. O resultado esperado foi a elaboração de mapa temático das unidades geológicas através da interpretação de imagens.

A geologia da área é caracterizada por rochas metassedimentares de idade proterozóica, representadas pelos Grupo Chapada Diamantina e Una, parcialmente cobertas por sequências sedimentares fanerozóicas (tércio-quadernárias). No município de Morro do Chapéu, afloram rochas dos grupos Chapada Diamantina – Formações Tombador, Caboclo e Morro do Chapéu, e do Grupo Una – Formações Bebedouro e Salitre.

A Formação Tombador é praticamente de origem fluvial e é constituída de arenitos e de conglomerados, originados pela deposição de um sistema de leques aluviais em depressões do embasamento cristalino, passando para fluvial típico. Os arenitos da Formação Tombador passam gradacionalmente para lamitos e arenitos finos interestratificados da Formação Caboclo, depositada em uma plataforma marinha rasa dominada por tempestades. Ocorrem ainda corpos alongados de arenito com textura grossa, interpretados por DOMINGUEZ (1993) como de origem fluvial, que preenchem vales escavados na plataforma Caboclo

durante períodos de nível de mar baixo. Capeando estes corpos de arenito ocorrem intercalações de camadas de calcarenito oolítico e tapetes algais silicificados, intercalados a camadas de lamito depositadas em ambiente de planície de maré (Dominguez,1993; Misi, 1994).

A Formação Morro do Chapéu é constituída na base por conglomerados, com seixos e calhaus bem arredondados, formados de rochas granitóides, arenitos, quartzitos, filitos, laminitos “algais” e calcarenitos oolíticos. Estão também presentes, na base, arenitos conglomeráticos com estratificação cruzada acanalada de origem fluvial, que passam gradacionalmente no sentido do topo para arenitos bem selecionados com estratificação cruzada de médio porte e lamitos com acamamento ondulado e lenticular depositados em um ambiente estuarino (Dominguez,1993; Misi, 1994).

O Grupo Una na Bahia é dividido em duas formações: A Formação Bebedouro e Formação Salitre. A Formação Bebedouro é caracterizada pela presença de metassedimentos siltico-argilosos, as quais se associam lentes relativamente contínuas de metagrauvaca conglomerática, com clastos de formas angulares, tamanhos variáveis e tipos diversos, esparsamente distribuídos na matriz silto-argilosa formada por clorita, sericita, quartzo e calcita. Essas características permitem classificar a rocha conglomerática como diamictito ou mixtito. O topo da formação é constituído por lentes de quartzito arcossiano médio, com pirita disseminada. Considera-se que esta formação tem origem glacio-marinha. A formação Salitre é uma unidade litológica carbonática de ambiente marinho, reconhecida geomorfologicamente através de um relevo pouco acidentado composto por dolinas e carstes. É constituída, da base para o topo, por unidades carbonáticas e pelito-carbonáticas evidenciando ciclos deposicionais de transgressões e regressões marinhas (Franca-Rocha, et al. 2005). As unidades basais dessa formação repousam discordantemente sobre as fácies siliciclásticas da Formação Bebedouro, prevalecendo no topo fácies carbonáticas que passam para fácies predominantemente siliciclásticas (metargilitos, metassiltitos e margas) (Misi, 1994).

## **2. Metodologia de Trabalho**

Foi utilizado um recorte da imagem de satélite obtida pelo sensor LANDSAT 7 ETM+, em 21 de maio de 2001, cena de código de órbita/ponto 217/68, com resolução espacial de 25 metros, resolução espectral de 6 bandas no VIS-NIR/SWIR e resolução radiométrica de 8 bits (256 níveis de cinza). Utilizou-se também uma imagem do Modelo Digital do Terreno originária da missão de mapeamento do relevo terrestre SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e NGA (*National Geospatial-Intelligence Agency*) dos Estados Unidos no ano 2000, disponibilizada em formato GEOTIFF (16 bits) pela EMBRAPA (Miranda, 2005), com resolução espacial de 90 metros e o mapa geológico elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) em 1995, no projeto “Mapas municipais: Município de Morro do Chapéu (BA) na escala 1:200.000. Procedeu-se de forma a retirar da imagem de satélite as feições e dados geológicos que pudessem vir estruturar a confecção de um mapa temático de unidades geológicas.

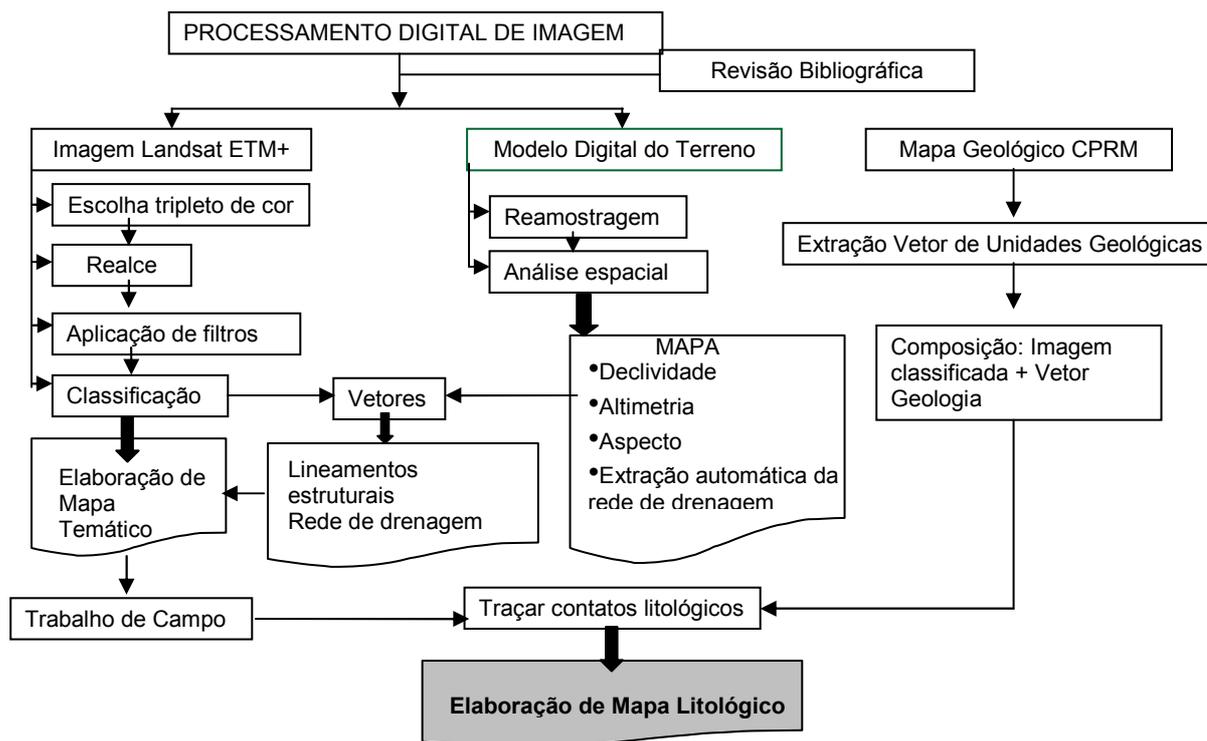


Figura 1 – Fluxograma metodológico

No processamento da imagem procedeu-se a seleção de composições coloridas das bandas em tripletos de falsa cor (FFC), por análises do histograma da imagem, do contraste, da correlação entre bandas multiespectrais e por análise visual, obtendo-se melhor contraste na FCC combinando as bandas 3, 5 e 7. O passo seguinte consistiu na aplicação de realces e filtros para então realizar a classificação da imagem por técnicas de classificação supervisionadas e não supervisionadas. Para a classificação não-supervisionada utilizou-se o algoritmo ISODATA (Técnica de Análise de Dados por Auto-Organização Interativa), o qual consiste em um meio de interpretação de imagens de sensoriamento remoto assistida por computador, onde o algoritmo de classificação identifica padrões típicos nos níveis de cinza. A classificação supervisionada foi realizada utilizando-se o algoritmo MAXVER (Máxima Verossimilhança), o qual considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes utilizando parâmetros estatísticos.

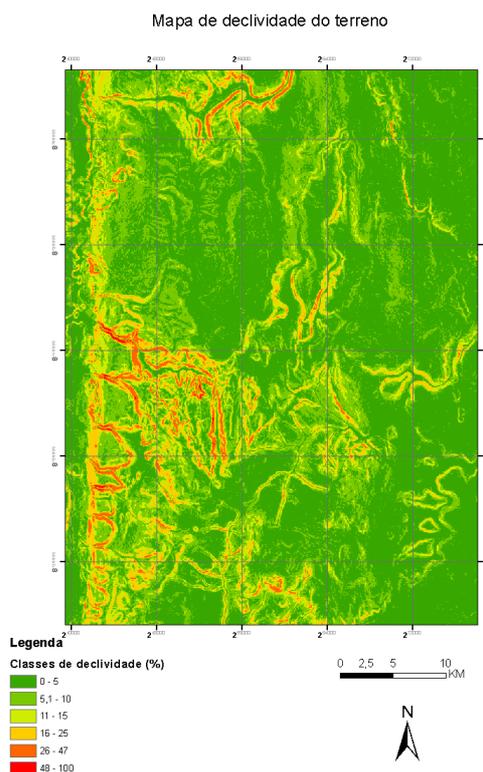
O arquivo digital com as informações altimétricas, originalmente com resolução espacial de 90m, foi reamostrado para a resolução espacial de 25 metros, utilizando procedimentos recomendados por Crepani&Medeiros (2004). O passo seguinte foi gerar, com o auxílio do programa *ArcGIS* módulo *ArcMap*, os mapas de declividade, sombreamento do relevo e classificação altimétrica. Esses dados gerados foram utilizados para traçar os vetores dos lineamentos estruturais, rede de drenagem e contatos litológicos. A imagem classificada foi então comparada ao mapa geológico existente para verificar a exatidão dos contatos encontrados. A figura 1 representa os procedimentos metodológicos adotados nessa pesquisa.

### 3. Resultados e Discussão

O Modelo Digital do Terreno forneceu importantes informações acerca da morfologia da região, que apresenta valores altimétricos compreendidos entre 538 e 1278 metros. As classes de declividade estabelecidas neste trabalho, tiveram por base as orientações da Instrução Normativa nº 31/06 do INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária).

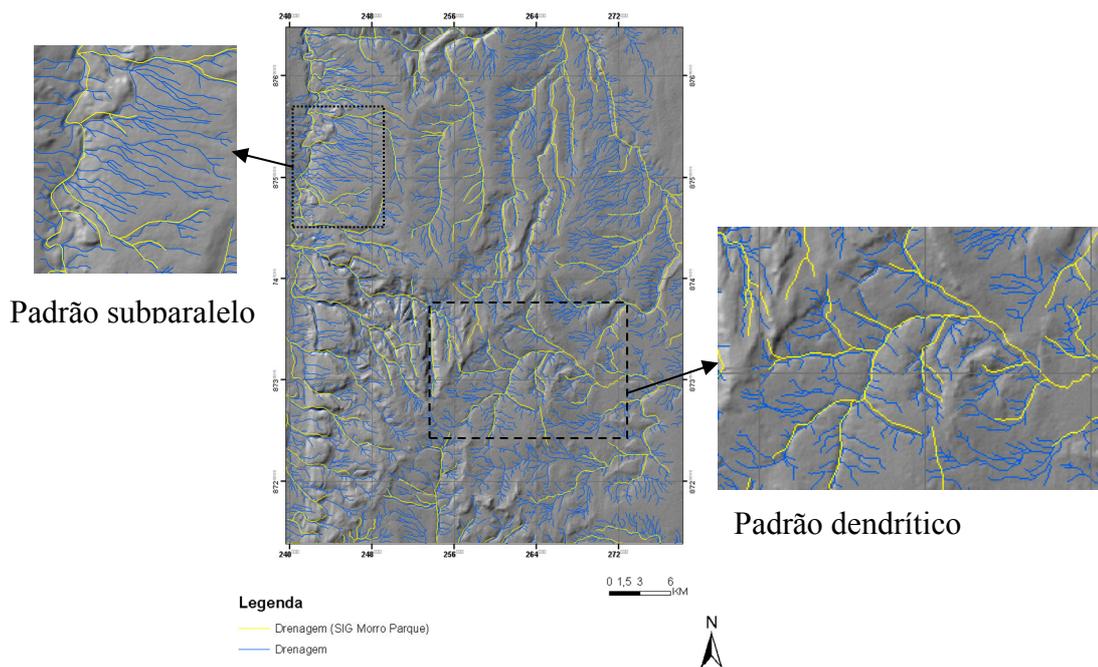
O mapa de declividade gerado (figura 2) apresenta valores mais altos localizados a oeste e norte da região de estudo, onde encontramos declividades superiores a 48%. A oeste, tem-se a

unidade geomorfológica Pediplano Cimeiro Dissecado da Formação Morro do Chapéu, definida por Franca-Rocha et. Al. (2006) como uma unidade caracterizada por apresentar dissecação acentuada do relevo, com vales muito encaixados, fraturas estreitas e profundas associadas a afloramentos. Essa unidade está associada ao contato entre a formação Morro do Chapéu e a bacia carbonática, caracterizada por falhas de empurrão. Além dessa unidade, observa-se a presença de valores elevados de declividade ao norte, na unidade Pediplano Cimeiro Tabular da Formação Morro do Chapéu, onde, segundo Franca-Rocha (op. citado), ocorre extenso e profundo vale (200m) aberto pelas drenagens dos rios Jacaré e Salitre.



**Figura 2 – Mapa de declividade**

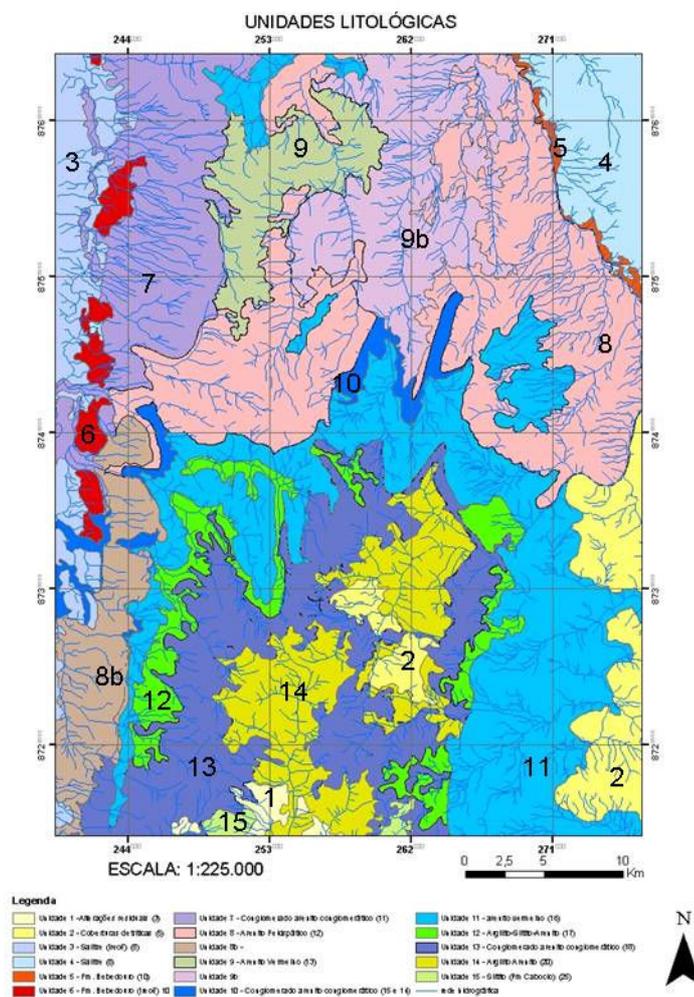
A extração automática da drenagem foi realizada utilizando-se a ferramenta *Spatial Analyst* do *ArcGIS*. O arquivo raster gerado foi editado usando-se a imagem Landsat e o MDT e transformado em arquivo vetorial. Esse arquivo foi sobreposto à imagem Landsat e aos outros mapas gerados. Esse procedimento foi necessário, pois o arquivo digital referente à drenagem, não tinha detalhamento suficiente para ajudar na interpretação da imagem. Segundo Bezerra (2003), entende-se como padrão de drenagem o arranjo apresentado pelos diversos canais para compor a bacia de drenagem. A drenagem resultante desse procedimento pode ser observada na figura 3, representada pela cor azul, enquanto que a drenagem em amarelo representa o vetor anteriormente existente. Tendo como referência o trabalho de Deffontaines & Chorowics (1991) citado por Bezerra (2003), podemos inferir que a área de estudo apresenta um padrão predominantemente dendrítico, cuja característica principal é apresentar ramos irregulares em todas as direções, semelhantes a uma árvore e que apresenta junção do canal principal com os tributários em ângulos variados. De acordo com os autores, a drenagem dendrítica implica em carência ou ausência de controle estrutural significativo, sendo o declive fator controlador. Com o detalhamento da drenagem, foi possível identificar também que em alguns setores há a ocorrência de padrão de drenagem subparalelo - canais orientados em direções similares, mas sem a regularidade do padrão paralelo.



**Figura 3 – Mapa de relevo sombreado com sobreposição da drenagem**

Através do mapa geológico utilizado como referência neste trabalho, foram identificadas as unidades geológicas mapeadas na área de estudo, sendo identificadas as seguintes ocorrências: conglomerado-arenito-conglomerático, arenito feldspático, arenito vermelho, argilito-siltito-arenito, conglomerado/arenito/argilito de origem glacial, calcário cinza claro além de deposições recentes relacionadas à evolução geomorfológica da área caracterizadas por aluviões, alterações residuais e coberturas detríticas.

Sobre as imagens classificadas, sem supervisão e com supervisão, foi adicionado o vetor das unidades geológicas da CPRM para verificar a exatidão dos contatos. Nas duas classificações foram encontradas as mesmas divergências quanto ao mapa geológico de referência, indicando que as classificações pelos dois métodos são compatíveis, de uma forma geral. Entretanto, o conhecimento prévio da área de estudo permitiu que algumas unidades fossem classificadas de acordo com observações de campo. Dessa forma, a classificação supervisionada é a que melhor se adequou a este trabalho. O resultado da classificação supervisionada realizada pode ser observado na figura 4. É importante acrescentar que as unidades 8b e 9b, estão sem descrição da litologia porque representam uma divergência entre o mapa geológico e as classificações realizadas. Tanto na classificação supervisionada quanto na não-supervisionada estas unidades apresentaram resposta espectral diferente das unidades 8 e 9 (figura 4). Esse fato pode ser atribuído à cobertura vegetal, principalmente na unidade 9, na qual observa-se, pela imagem de satélite, que essa área apresenta uma boa cobertura vegetal. Na unidade 8b, segundo o mapa geológico, ocorre a litologia arenito feldspático e na base ocorre a litologia argilito-siltito-arenito. Nas classificações realizadas não foi possível distinguir o contato entre essas litologias e, conforme citado anteriormente, neste local encontramos respostas espectrais diferentes daquela encontrada para o arenito feldspático (unidade 8) em outros locais da imagem.



**Figura 4 - Unidades litológicas classificadas**

#### 4. Conclusões

Na comparação dos resultados, verificou-se que, na classificação não-supervisionada, há uma maior variação de alvos identificados, refletindo a separabilidade espectral da imagem, enquanto que na imagem classificada com supervisão, há uma maior homogeneidade, resultante da interferência acoplada a elementos de interpretação. Com as imagens classificadas, foram realizadas comparações entre as unidades mapeadas pela CPRM e as unidades identificadas pela imagem de satélite. Nos resultados obtidos houve divergência quanto à ocorrência da unidade representada pelo arenito feldspático em alguns pontos da imagem, visto que apresentam assinatura espectral diferentes. Contudo, verificou-se que houve uma boa correlação entre as unidades, principalmente nos afloramentos com maior dimensão e pouca cobertura vegetal, mas há alguns contatos identificados no mapa da CPRM que não coincidem com os contatos obtidos no processamento da imagem. Essas divergências podem ter origem na interferência causada pela cobertura vegetal ou ainda na escala de trabalho.

Os dados do modelo digital do terreno trouxeram informações importantes para a consolidação da classificação e para traçar os contatos litológicos, visto que a rede de drenagem, o sombreamento do terreno e a representação da declividade evidenciaram as compartimentações do relevo e lineamentos estruturais que puderam ser associados às unidades geológicas.

É importante ressaltar que foi possível identificar 15 litologias na área de trabalho e que a nomenclatura atribuída teve como base para informação o mapa geológico da CPRM, visto que não foi possível realizar trabalho de campo suficiente para conferir toda as unidades. Os resultados alcançados recomendam a utilização do processamento de imagens de satélite como técnica auxiliar ao mapeamento das unidades geológicas da região, possibilitando a otimização dos trabalhos de campo e o aperfeiçoamento dos mapas finais.

### **Agradecimentos**

Agradeço a Universidade Estadual de Feira de Santana pela oportunidade de realizar essa pesquisa de Iniciação Científica e ao CNPQ pela bolsa de iniciação científica.

### **Referências Bibliográficas**

BEZERRA, Pedro Edson Leal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE Diretoria de Geociências. ANÁLISE ESTRUTURAL DA DRENAGEM. Belém/PA, Setembro de 2003

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. Imagens Fotográficas Derivadas de MNT do Projeto SRTM para Fotointerpretação na Geologia, Geomorfologia e Pedologia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004.

CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais – Projeto Mapas Municipais – Município de Morro do Chapéu (Ba): informações básicas para o planejamento e administração do meio físico. Organizado por Antônio José Dourado Rocha e Iveraldo Vieira Gomes da Costa. Salvador: CPRM, 1995, v.: il. color.; 16 mapas anexo, gráficos, tabelas.

CRÓSTA, Á. P. 1992. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Ed. rev. Campinas, SP: IG/UNICAMP.

DOMINGUEZ, José Maria Landim. As Coberturas do Cráton do São Francisco: uma abordagem do ponto de vista da análise de bacias. In: DOMINGUEZ, José Maria Landim; MISI, Aroldo, eds, O Cráton do São Francisco, SBG BA-SE/SGM/CnPq, Salvador, Ba, Brasil, 1993. P.137-159.

FRANCA-ROCHA, W. J. S.; VALE, R.; LOBÃO, J.. [org]. 2006. Projeto De Redefinição Da Poligonal Do Parque Estadual De Morro Do Chapéu – PEMC. UEFS/SEMAR.

FRANCA-ROCHA, W.; MISI, A.; RIBEIRO, S.H.S.; Sequências Carbonáticas neoproterozóicas de cobertura no Cráton do São Francisco – aplicação de geotecnologias como suporte às correlações entre unidades estratigráficas em sub-bacias. In: III Simpósio sobre o Cráton do São Francisco. Salvador: CBPM; UFBA; SBG, 2005, p. 27-30.. Anais.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, Ministério do Desenvolvimento Agrário. Instrução Normativa nº 31 de 06/06/06: ROTEIRO PARA ELABORAÇÃO DO PLANO ECOLÓGICO ECONÔMICO –PEE. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/index.php>. Acesso em: 04/10/08.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.) **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 13 ago. 2008.

MISI, Aroldo; SILVA, Maria da Glória. Chapada Diamantina Oriental – Bahia: geologia e depósitos. Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração/Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1994.

ZALOTI JUNIOR, Orlando D.; FREITAS, Corina da C.; SANT'ANNA, Sidnei João S.; ANDRADE, Raquel Avancini M. de; Avaliação do Modelo Digital do Terreno extraído de dados do SRTM: uma abordagem baseada na declividade, aspecto e uso/cobertura do solo. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5043-5050.