

Mapeamento espectral de áreas carbonáticas a partir de imagens TM/ LANDSAT na região de Água Fria, Goiás

Pedro Paulo Pires de Deus Rocha¹
Marina Marques Dalla Costa¹
Marina Lima Queiroz¹
Ana Carolina Argolo Nascimento¹
Cássia Cristina Pinheiro¹
Nexcy Carolina Carvajal de León¹
Adriana Chatack Carmelo¹
José Elói Guimarães Campos¹

¹ Universidade de Brasília – UnB/IG
Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília DF, Brasil
{marina28.09, caromurci}@gmail.com
{anargolo, cassia.pinheiro, marinadalla, piresss}@aluno.unb.br
{chatack, eloi}@unb.br

Abstract. This work applies thematic classification and transformation techniques in the spectral domain of TM/LANDSAT satellite images of the Água Fria region, Goiás, in order to outline carbonatic rocks, which correspond to the Sete Lagoas Formation (Bambuí Group) and to the Psammitic-Pelitic-Carbonated Unit of the Paranoá Group. Additionally, we aim to refine previously established geological contacts, since the strong weathering of these rocks restricts their definition by traditional geological mapping. Spectral band ratios were calculated and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was applied with an aim to individualize areas with low and high biomass. Parallelepiped and Isodata classifications were tested and the obtained product was integrated with field data showing high correlation between outcrops observed in the field and low biomass (no vegetation) areas in the image. The routines applied to discriminate carbonates and hydrous minerals did not produce satisfactory results, probably due to low spectral, radiometric and spatial resolution of the TM/LANDSAT images. As a final result, it was possible to individualize three potential areas for carbonate occurrence: *alpha*, *beta* and *delta*, corresponding, respectively, to high, medium and low potential, as well as to refine the geological map of the area, adding new information to it. In order to obtain better results, more tests must be done with the other classification tools available. The image acquisition date must also be taken into consideration, since anthropogenic factors may modify the spectral response of the targets in the course of years.

Palavras-chave: remote sensing, carbonates, geology, sensoriamento remoto, carbonatos, geologia.

1. Introdução

O presente trabalho tem por objetivo apresentar e avaliar o potencial do sensoriamento remoto no mapeamento geológico de semidetalhe, a partir de imagens do satélite TM/LANDSAT, na região de Água Fria (GO). Foram utilizadas técnicas de transformação no domínio espectral e classificação temática para individualização dos corpos de carbonatos e refinamento dos contatos geológicos da área.

A área de estudo foi selecionada por apresentar um ambiente geológico formado por feições litológicas, geoquímicas e estruturais monótonas, tendo avançado estado de alteração intempérica, o que caracteriza fator limitante para o mapeamento geológico tradicional. A região apresenta relevante interesse tectônico e estratigráfico dentro da Faixa Brasília (FDB), devido à presença dos grupos Paranoá, Bambuí e Canastra em faixa restrita (30 km de extensão lateral) e pela proximidade do limite com o Cráton São Francisco (Jiucoski e Campos, 2006).

A cidade de Água Fria está a cerca de 50 km na direção norte - nordeste do Distrito Federal (Figura 1).

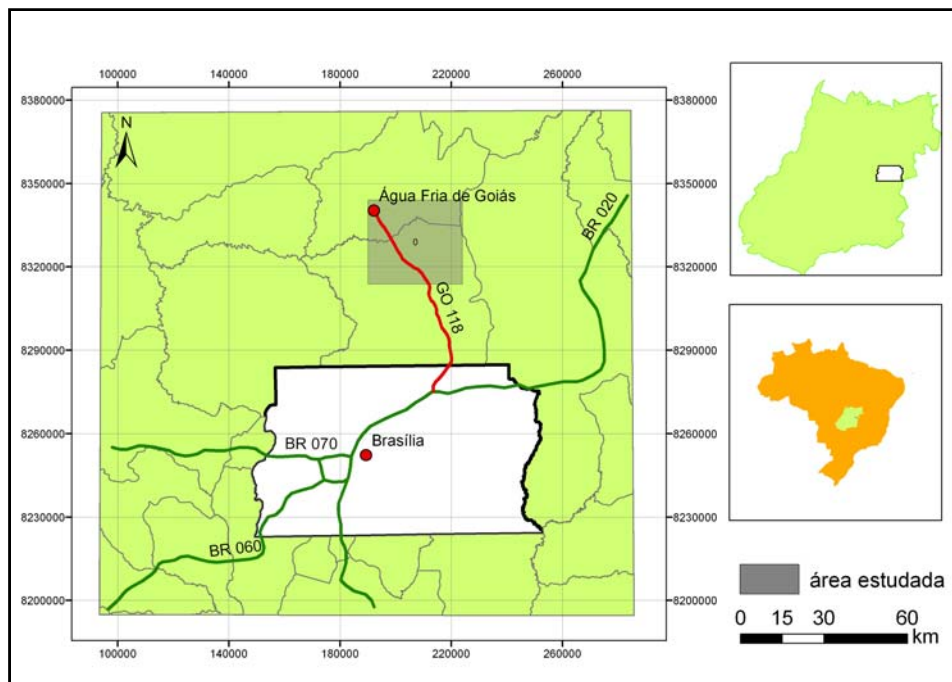


Figura 1: Mapa de localização da região de Água Fria, Estado de Goiás.

1.1 Contexto geológico

A área de estudo está inserida na porção central da Província Estrutural Tocantins, a qual consiste em uma importante zona orogênica de idade neoproterozóica, formada provavelmente a partir do processo colisional entre antigos blocos continentais, correspondentes aos crátons Amazônico e São Francisco e o Bloco Parapanema. A amalgamação desses continentes ocorreu durante o Ciclo Brasileiro e foi responsável pela formação de cinturões de dobras e empurrões, conhecidos como Faixa Brasília, Faixa Araguaia e Faixa Paraguai.

A Faixa Brasília ocupa a porção centro-leste da Província Tocantins e estende-se ao longo da direção norte-sul por cerca de 1100 km (Fuck, 1994). As principais unidades sedimentares e

metassedimentares da Faixa Brasília apresentam deformação tectônica progressivamente mais intensa em direção a oeste, acompanhada por crescente metamorfismo (Dardenne, 2000). O grau metamórfico varia de sedimentos não metamorfisados na área cratônica a metamorfismo de fácies anfíbolito e granulito na porção ocidental.

Na área de estudo, afloram rochas dos grupos Canastra, Bambuí e Paranoá. O Grupo Bambuí está sobreposto à seqüência do Grupo Paranoá por meio de discordância regional. O Grupo Canastra sobrepõe-se aos outros dois grupos por falha de empurrão regional, que compõe sistema de *nappe* (Jiucoski e Campos, 2006).

O Grupo Canastra ocorre principalmente na porção sudoeste da área, sendo composto por filitos e lentes de mármore, metamorfisados no fácies xisto verde. O Grupo Paranoá aflora com suas seqüências de topo (Faria, 1995; Freitas-Silva e Campos, 1998): Metarritmito Arenoso (**R₃**), Quartzito Médio (**Q₃**), Metarritmito Argiloso (**R₄**) e Unidade Psamo-Pelito Carbonatada (**PPC**). Na porção oriental, afloram as unidades **R₃**, **Q₃** e **R₄** e, nas porções central, norte-noroeste e oeste-noroeste, ocorrem as unidades **R₄** e **PPC**. A Unidade **R₃** é formada por metarritmitos compostos por metassiltitos argilosos e quartzitos médios a grossos com intercalações locais de silexito. A Unidade **Q₃** é constituída por quartzitos puros de granulação média, silicificados e fraturados. A Unidade **R₄** é predominantemente argilosa, com intercalações delgadas de quartzitos finos e metassiltitos, além de micas detríticas. A Unidade Pelito-Psamo-Carbonatada (**PPC**) possui intercalações estratificadas de pelitos e quartzitos grossos associados a lentes de rochas carbonáticas e margas. Há também presença de dolomitos com estromatólitos de formatos colunares e cônicos, além de silicificação do carbonato. Esta unidade aflora nos três domos observados na região. O Grupo Bambuí, formado por sucessões de litologias pelíticas e carbonáticas, perfaz grande parte da porção central da área de estudo, ocorrendo raramente em serras. Na região, predominam as formações (Dardenne, 1981): Sete Lagoas e Serra de Santa Helena. A primeira formação é constituída por lentes extensas de calcários e dolomitos, ambos por vezes silicificados, depositados em meio a pelitos. Os calcários são micríticos, maciços, laminados, intensamente fraturados e com estruturas em *lapiês*. A Formação Serra de Santa Helena apresenta predominância de arcóseos muito finos a siltosos, dispostos em camadas com espessuras delgadas a médias, e com intercalações de pelitos (Jiucoski e Campos, 2006).

2. Metodologia

As imagens do sensor multiespectral TM/ LANDSAT apresentam dados da região do espectro eletromagnético refletido e emitido, correspondente às sete bandas espectrais. O uso de tais dados espectrais permite identificar o comportamento dos alvos de interesse, a partir da extração de informações úteis na discriminação litológica/composicional e no padrão estrutural das rochas.

Nesta pesquisa foi utilizada imagem TM/ LANDSAT, obtida em 05 de maio de 2000, referente às bandas 1, 2 e 3 (visível), banda 4 (infravermelho próximo) e bandas 5 e 7 (infravermelho médio). Foram aplicadas técnicas de transformação no domínio espectral e classificação temática para discriminação de corpos carbonáticos e refinamento dos contatos geológicos da área. No domínio espectral, foram realizadas divisões de bandas TM5/ TM7, TM5/ TM4 e TM4/ TM3, com objetivo de identificar minerais com composições carbonática e férrica e realçar a vegetação. O índice da diferença da vegetação normalizada ($NDVI = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3}$) foi usado para separar regiões que apresentam maior e menor volume de biomassa, especificamente neste estudo, foram identificadas áreas sem cobertura vegetal. Também, foram

geradas composições RGB resultantes da ampliação de contraste (RGB/543, RGB/752 e RGB/754) e da transformação por principais componentes.

Os classificadores ISODATA (não supervisionado) e paralelepípedo (supervisionado) foram empregados com intuito de gerar imagens que apresentassem diferentes assinaturas espectrais dos alvos. A classificação ISODATA resultou em uma imagem com 50 classes a partir de 10 iterações. O resultado da classificação supervisionada foi restrito a áreas de treinamento identificadas no campo como carbonatos, o que caracterizou a amostragem em polígonos constituídos por poucos *pixels*.

Os produtos digitais gerados foram integrados às informações geológicas obtidas em campo (mapa de pontos referentes a Unidade **PPC** e Formação Sete Lagoas). Os processamentos foram gerados no *software* ENVI®, versão 4.4 (RSI). Para integração, análise e elaboração dos mapas finais foi usado o *software* ArcGis®, versão 9.2 (ESRI).

3. Discussão dos Resultados

As divisões das bandas processadas não apresentaram melhoras de contraste das imagens, logo não realçaram os alvos. A divisão das bandas TM5/TM7, empregada para discriminar minerais hidratados e carbonatos, não gerou um produto final com realce espectral satisfatório, pois apresentou extensas áreas da imagem como regiões de carbonato. Isto pode ser decorrente das baixas resoluções espectral, radiométrica e espacial apresentadas pelas imagens do TM/LANDSAT.

O resultado da aplicação do índice da diferença da vegetação normalizada ($NDVI = TM4 - TM3 / TM4 + TM3$) mostrou a separação de áreas em função da biomassa da vegetação, caracterizando regiões com alta a baixa cobertura vegetal. Neste trabalho, as regiões apresentadas com baixo volume de biomassa foram interpretadas como áreas potenciais para afloramentos rochosos, o que foi corroborado pela localização da maioria dos pontos de campo.

A imagem classificada a partir do algoritmo não supervisionado ISODATA mostra a distribuição espectral a partir de 50 classes distinguíveis na imagem, resultando em um produto que apresenta classes espectralmente similares. Entretanto, as classes identificadas não mostram na mesma proporção variações litológicas e/ou mineralógicas, necessitando de análise para aplicar uma fusão de classes, *a posteriori*. A imagem gerada a partir do classificador supervisionado paralelepípedo não foi satisfatória para discriminar rochas carbonáticas devido as limitações apresentadas pela imagem TM/LANDSAT, conseqüentemente, refletidas nas áreas de treinamento usadas para classificação.

O mapa de pontos da área é constituído por 100 pontos, dos quais cerca de 90% apresentam descrições de afloramentos. Vinte pontos são descritos como rochas carbonáticas, pertencentes a Unidade PPC (Grupo Paranoá) e a Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí).

Após análise dos dados, foram indicados três produtos relevantes para a integração das informações que apresentam potencial para rochas carbonáticas: (i) mapa de pontos referentes aos afloramentos de rochas carbonáticas (Unidade **PPC** e Fm. Sete Lagoas); (ii) áreas que apresentam pouca ou nenhuma vegetação, as quais foram geradas a partir do NDVI; e (iii) seleção de cerca de 10 classes geradas pelo classificador não supervisionado ISODATA que apresentam correlação com a resposta espectral associada a rochas carbonáticas.

A interpretação da integração de dados está resumida na tabela 1, a qual apresenta o comportamento espectral potencial para rochas carbonáticas em função da dos três indicadores selecionados. Áreas com potencial alto (Alfa) mostram pontos de campo com rochas carbonáticas localizados em uma das 10 classes indicadas e em áreas sem cobertura vegetal, representando

45% do total de pontos obtidos no campo como Unidade **PPC** (Grupo Paranoá) ou Formação Sete Lagoas (Grupo Bambuí). As áreas apresentadas com potencial médio (Beta) estão localizadas parcialmente sobre uma das 10 classes, perfazendo 35% dos pontos de campo. E as áreas com baixo potencial não apresentam sobreposição em nenhuma das classes indicadas.

Tabela 1: Áreas que apresentam comportamento espectral potencial para rochas carbonáticas.

Áreas Carbonáticas	Probabilidade	Potencial
Alfa	0,45	Alto
Beta	0,35	Médio
Delta	0,20	Baixo

Com as informações das imagens (Figura 2) e de campo foi possível contribuir para o refinamento dos contatos do mapa geológico da área (Jiucoski e Campos, 2006), apresentar novas ocorrências para a Unidade **R₄** e definir área do domo da porção central como sendo formado apenas pela Unidade **PPC** (Figura 3).

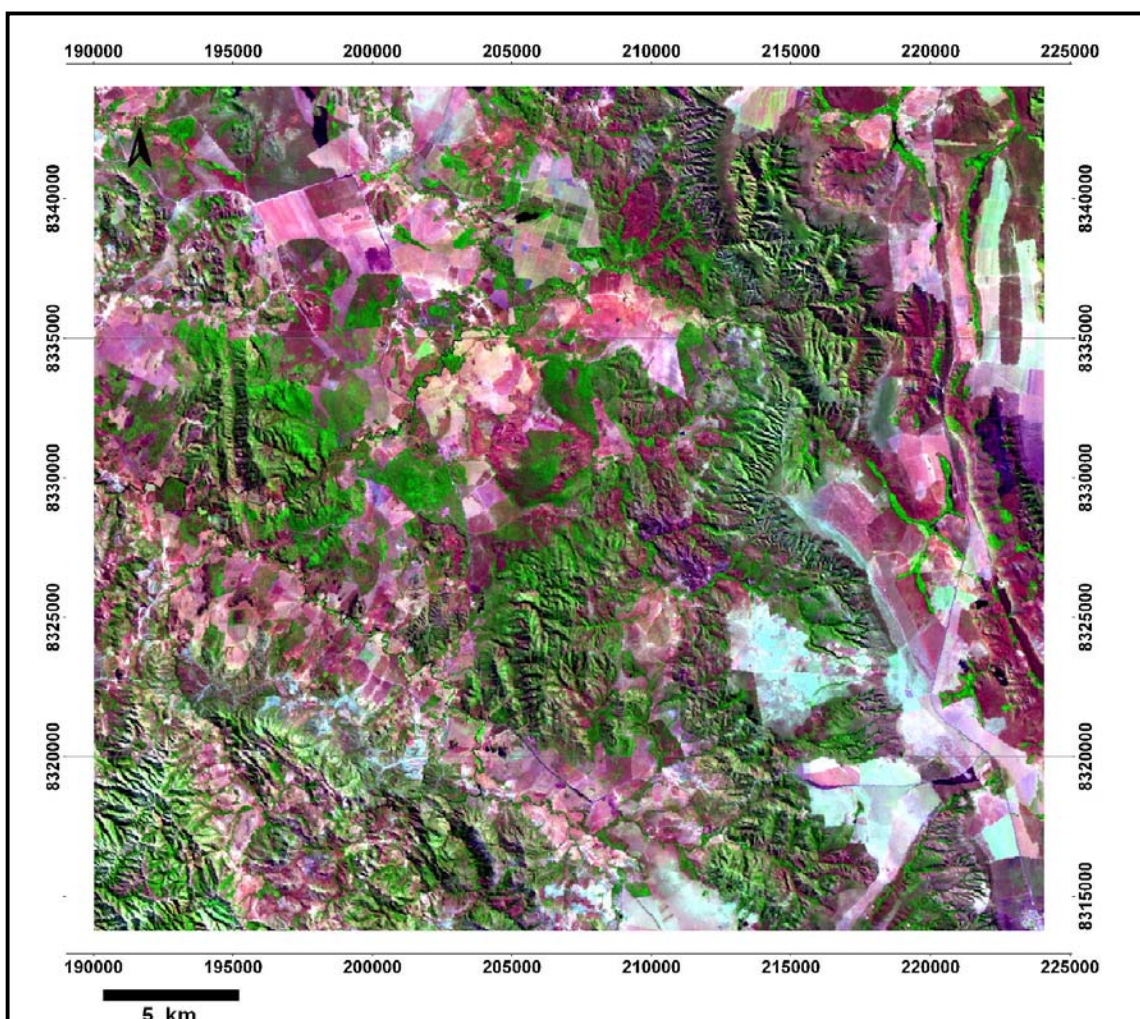


Figura 2: Composição RGB/ 543 da região de Água Fria, Estado de Goiás.

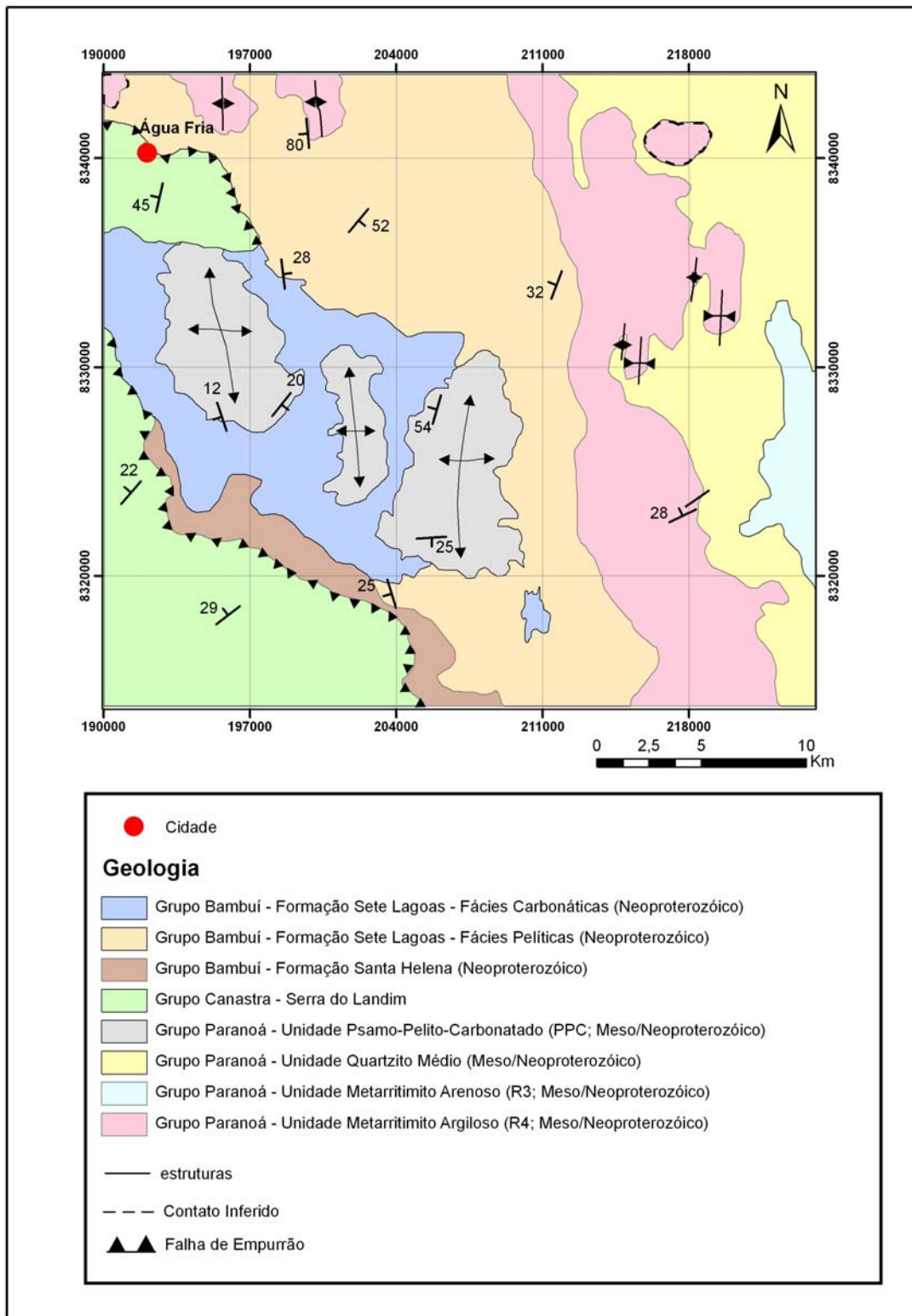


Figura 3: Mapa de geológico da região de Água Fria, Estado de Goiás (Modificado de Jiucoski e Campos, 2006).

4. Conclusões

As imagens multiespectrais do TM/ LANDSAT não apresentam características ideais (resoluções espectral, radiométrica e espacial) para o mapeamento espectral de rochas carbonáticas e de semi-detulhe. O processamento de imagens obtidas pelo sensor multiespectral ASTER geraria produtos finais com maior acurácia espacial e melhor discriminação espectral do fácies carbonático.

Devem ser aplicados mais testes com os diferentes tipos de classificadores disponíveis para obtenção de imagens com classes que apresentem respostas espectrais mais relacionadas com a discriminação dos alvos existentes na área.

A data da aquisição da imagem de satélite usada para mapeamento espectral deve ser mais próxima daquela em que é realizado o mapeamento geológico, pois a realidade do terreno deve sr condizente com o comportamento espectral apresentado na imagem.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Instituto de Geociências (UnB) pelo apoio ao trabalho de campo, ao Laboratório de Sensoriamento Remoto pelo auxílio e pela infra-estrutura oferecida. Também, são prestados agradecimentos pessoais ao técnico Sérgio P. F. Brito e aos professores Edson E. Sano e José Affonso Brod.

Referências Bibliográficas

- Dardenne, M. A. O grupo Paranoá na região de Alto Paraíso – GO. In: *Simpósio Geologia do Centro-Oeste*, 2. Goiânia. Atlas... Goiânia. SBG. p:65-71. 1981.
- Dardenne M.A. The Brasília Fold Belt. In: Cordani U.G.; Milani E.J.; Thomaz Filho A.; Campos D.A. (Edit.). **Tectonic Evolution of South America**. XXXI International Geological Congress. Rio de Janeiro, Brazil. p: 231-263. 2000.
- Environmental Systems Research Institute – ESRI. 2004. ArcGis. Versão 9.2.
- Faria, A. **Estratigrafia e Sistemas Depositionais do Grupo Paranoá nas Áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D’Aliança – Alto Paraíso de Goiás**. Brasília. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 1995. 199p. (Inédito)
- Freitas-Silva, F. H.; Campos, J. E. G. **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**. Relatório Técnico. Meio Físico do Distrito Federal. Vol. I. Convênio IEMA/UnB. Brasília. 1998. 208p.
- Fuck, R.A. A Faixa Brasília e a Compartimentação Tectônica da Província Tocantins. In: *Simpósio de Geologia do Centro-Oeste*, 4. Brasília, 1994. Anais, 1:184-187.
- Jiucoski, C. C.; Campos, J. E. G. **Geologia dos Grupos Bambuí, Paranoá e Canastra na região de Água Fria, estado de Goiás**. Projeto de Iniciação Científica (Relatório Final). Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. 2006.
- Research System. The Environment for Visualizing Images – ENVI. Versão 4.4.