

Identificação das unidades litoestratigráficas da Bacia Hidrográfica do Cuvelai com apoio em imagens do Satélite Landsat 8

Caso de estudo - município de Ombadja - Cunene

Identification of the lithostratigraphic units of the Cuvelai River Basin supported by images from the Landsat Satellite 8

Case study - Ombadja municipality – Cunene

Américo da Mata Lourenço Victorino¹

¹Faculdade de Ciências da Universidade Agostinho Neto, Departamento de Geologia, Avenida 4 Fevereiro, n.º 71, Número de contribuinte 7101005232, Luanda, Angola, email: amevictorino@yahoo.com.br.

CITAR COMO:

Victorino, A. D. M. L.
Identificação das unidades litoestratigráficas da Bacia Hidrográfica do Cuvelai com apoio em imagens do Satélite Landsat 8. Caso de Estudo - Município de Ombadja - Cunene. Revista Angolana de Geociências, 2020, 1(1), p. 70-76

INFORMAÇÃO ADICIONAL:

Recebido: 29/04/2020

Aceito: 12/06/2020

*Autor correspondente:

Américo da Mata Lourenço Victorino (e-mail: amevictorino@yahoo.com.br)

Licença: CC BY-NC

Copyright: Centro de Investigação em Ciências Geológicas Aplicadas

Conflitos de interesses:

O autor declara que não há conflitos de interesses

Resumo: O presente artigo é parte integrante do projecto de doutoramento a ser realizado no município de Ombadja, que ocupa uma superfície de aproximadamente 12.370 Km² da província do Cunene o qual está integrado na bacia hidrográfica do Cunene e do Cuvelai. O objectivo é o de determinar as unidades lito-estruturais presentes no município de Ombadja. A metodologia utilizada obedeceu o pré-processamento, processamento, a álgebra de imagens (criação de rácios e índices) das imagens de satélite. A combinação R7G5B3, foi a mais utilizada para a identificação e descrição das unidades geológicas e como resultado foram reconhecidas e um total de vinte e oito (35) unidades geológicas destacando-se a presença das areia de tonalidades amarelo-ocre do Calaári superior ocupando 28,15% (4638,64 km²) e as areias finas com lentículas de pequenos seixos, silte e argila do sistema paleo-Cunene com quase 50% da área total (7380,65 km²) respectivamente.

Palavras-chave: Geologia, teledetecção, combinação de bandas, álgebra de mapas, Ombadja.

ABSTRACT: This article is an integral part of the doctoral project to be carried out in the municipality of Ombadja, which occupies an area of approximately 12,370 km² in the province of Cunene which is integrated in the hydrographic basin of Cunene and Cuvelai. The objective is to determine the litho-structural units present in the municipality of Ombadja. The methodology used followed the pre-processing, processing, image algebra (creation of ratios and indices) of satellite images. The combination R7G5B3, was the most used for the identification and description of the geological units and, as a result, a total of twenty-eight (35) geological units were recognized, highlighting the presence of yellow-ocher sand from the upper Calaári occupying 28, 15% (4638.64 km²) and fine sands with small pebble lentils, silt and clay from the paleo-Cunene system with almost 50% of the total area (7380.65 km²) respectively.

Keywords: Geology, remote sensing, band combination, map algebra, Ombadja.

INTRODUÇÃO

O município em referência possui uma dimensão territorial de aproximadamente 12.370 km² e está delimitado geograficamente a norte pelo paralelo 16°00'S, a este pelo meridiano 16°00' E, a oeste pelo meridiano 15°00'E, e a sul pelo paralelo Ruacaná-Cuangar 17°23'04"S, que marca a fronteira com a república da Namíbia. Este município, é atravessado pelas bacias hidrográficas do Cunene e Cuvelai.

O presente artigo objectiva a elaboração da cartografia geológica prévia visando a realização de trabalhos de hidrogeologia enquadrados no projecto de doutoramento a realizar-se na parte NW da bacia hidrográfica do Cuvelai, município de Ombadja, e na parte SW da bacia hidrográfica do Cunene, ambas bacia transfronteiriças, situadas na província do Cunene (Angola). Tais informações são de importância fundamental na separação e qualificação dos sistemas aquíferos a serem cartografadas, uma vez que mais de 85% da área são dominados por uma cobertura dominada pelas unidades da cobertura sedimentar composta pelo Grupo Calaári Superior, e Calaári remobilizado com três grandes unidades morfosedimentares: Delta do Cunene, Delta do Cuvelai e Delta do Cuvango. A relevante utilização das imagens de satélite na elaboração das composições coloridas no presente trabalho incluem processamentos relacionados a análise em componentes principais, rácios e índices. A Análise em Componentes Principais (ACP, ou PCA- Principal Component Analysis é um método de análise estatística multivariada, cujo objectivo é o de resumir informação contida num grande grupo de variáveis, num novo conjunto, mais pequeno, sem perder uma parte significativa da informação. Na utilização da ACP, as bandas da imagem são tratadas como variáveis cuja informação é expressa através de combinações lineares não correlacionadas (designadas vectores próprios ou coeficientes) de modo a que cada combinação linear extraída, componente principal (CP), tenha uma variância sucessivamente mais pequena.

A cartografia preliminar com ênfase na diferenciação da litologia, textura, alterações do aspecto da rocha e, tipo de porosidade, estruturas tectónicas e geomorfológicas, além da composição mineralógica de sedimentos e rochas, resulta do facto da carta geológica de Angola publicada e que abrange a área de estudo apresentar-se a escala 1:1000 000 (figura 1).

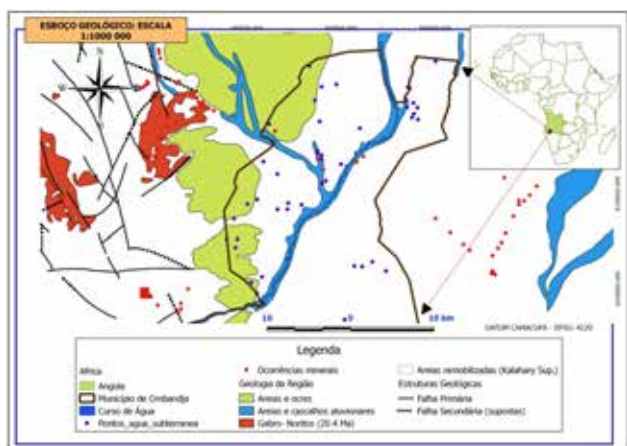


Figura 1: Mapa geológico de Angola à escala de 1:1000 000 (Araújo, 1992) - (mod. de Américo Victorino, 2020)

GEOLOGIA

Regional

É na bacia sedimentar do Calaári onde se localiza a região de estudo e caracteriza-se por ser uma bacia endorréica de origem tectónica desenvolvida no Cratão do Congo, que cobre aproximadamente uma superfície de 2.5 milhões de km². Esta bacia abarca parte dos territórios nacionais de Angola, Namíbia, Botswana, Zâmbia, Zimbabwe e África do Sul. Durante o seu preenchimento sedimentar encontram-se idades compreendidas entre o Cretácico Superior e o Quaternário, sedimentos que foram depositados principalmente durante os períodos nos quais a bacia esteve sujeita a regimes de esforços distensivos. Desde o Proterozóico superior até à actualidade, esta bacia recebeu elevadas quantidades de sedimentos, sendo actualmente uma das sub-bacias que formam a grande bacia do Calaári (Figura 2).

Local

Do ponto de vista geológico o município de Ombadja é dominado pelas unidades de cobertura sedimentar composta pelo Grupo Calaári Superior Calaári remobilizado com a presença de duas (2) grandes unidades morfosedimentares sendo estas, os Deltas do Cunene, de Cuvelai (Araújo, 1992).

As rochas graníticas relacionadas com o Complexo Gabro-Anortosítico do Cunene na área de Oncôcua-Cahama-Quipungo-Matala, denominadas na literatura como “granitos vermelhos”, foram datadas através do método da isócrona Rb-Sr por (Carvalho H. C., 1987) e (Carvalho H. d., 1990). Nestes granitóides e nas rochas do Complexo Gabro-Anortosítico do Cunene intruem diques de carbonatitos e de sienitos nefelínicos que foram estudados por (Drüpel, 2007). Os diques de gabros noríticos intrusivos no Grupo Chela foram caracterizados por (Ernst, 2013). No sector meridional da Folha de Cahama, afloram sedimentos de plataforma continental estável pertencentes à Sequência de Damara do ciclo Pan-Africano estudados por (Miller, 1983), entre outros. Finalmente, o levantamento antigo e recente da margem continental angolana e as suas relações relativamente ao encaixe da rede fluvial e o esvaziamento erosional da Bacia intra-continental de Calaári, está documentado por (Sessa, 2013) e (Rosante, 2013).

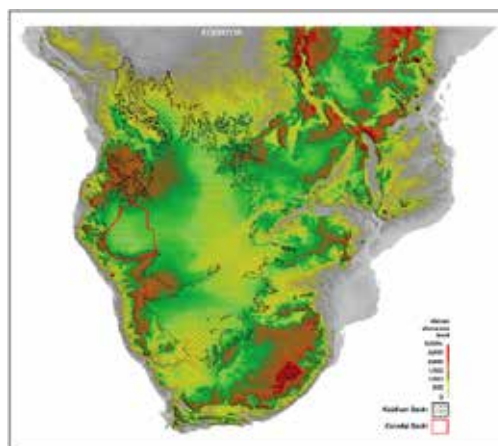


Figura 2: Limites geográficos da grande Bacia do Calaári e da Bacia do Cuvelai - (mod. de Haddon, 2005).

Tabela 1. Descrição geológica das Folhas Sul E-33/C e I - IGEO
– 2019 (RGB 6/7, 6/5, 4/2)

Nº	Caracterização geológica das unidades geológicas presentes na área de estudo
1	Um conjunto de rochas metamórficas de idade Paleoproterozóica constituído pelos ortognaisses quartzo-feldspáticos de Ruacanã, pertencentes ao Complexo de Epupa.
2	Um conjunto de rochas ígneas granitoides Paleoproterozóicas intrusivas no Complexo anterior, que com base na sua composição geoquímica e nas relações com a deformação Eburneana agrupam-se em sin-, tardi- e pós-tectónicas.
3	Um conjunto de rochas gabbroicas e anortositicas Mesoproterozóicas do Complexo Gabro Anortositico do Cunene, com o qual estão temporalmente relacionadas com um conjunto de rochas graníticas.
4	Metassedimentos supracorticais Mesoproterozóicos da Formação Cahama-Otchinjau
5	Os arenitos da Formação Nabis do Grupo Nosib do Supergrupo de Damara de idade Neoproterozóica.
6	Depósitos glaciogénicos da Formação Dwyka do Supergrupo Karroo de idade Pérmica inferior.
7	As rochas sedimentares siliciclásticas continentais do Grupo Calaári de idade Cenozóica.
8	Depósitos relacionados com os sistemas fluvio-deltaicos dos rios Cunene, Cubango e Cuvelai.

ESTRATIGRAFIA

Os trabalhos de cartografia geológica na região de estudo acima mencionados permitiram distinguir oito conjuntos litológicos principais (Tabela 1) apresentados do mais antigo ao mais recente.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Metodologia de tratamento, interpretação e classificação das imagens de satélite da área de estudo (Tabela 1) objectivou a extração de informações relativas aos objectos geológicos e estruturais identificáveis na imagem tais como: contactos, falhas, zonas de cisalhamento, formações geológicas, zonas de alteração, etc. A Figura 3 apresenta o fluxograma simplificado da metodologia adoptada para esta pesquisa:



Figura 3: Fluxograma metodológico simplificado

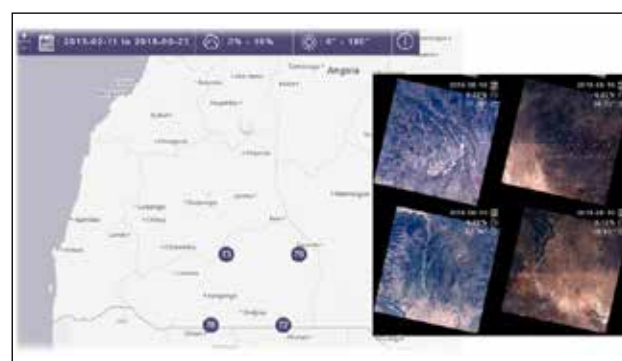


Figura 4: Aquisição de imagens Landsat.

Fonte: <https://libra.developmentseed.org/>

Os equipamentos e programas utilizados foram: Estação de trabalho HP Z1, imagens do sensor LANDSAT-8 (Tabela 1) e os Softwares de teledeteção remota e de código aberto, nomeadamente o QGIS (Plug-in de classificação semi-automática) e ao SAGA-GIS.

As imagens do sensor LANDSAT-8 utilizadas constam de 8 cenas (tabela 1 e Tabela 2), encontram-se no formato GeoTIFF. As referidas imagens correspondem a órbita 219, pontos 72, 73, 76 e 78, com data de passagem em 19 de Junho de 2019. Para tal, na área geográfica de estudo foram utilizadas 4 cenas (Figura 4 e Tabela 2), adquiridas pelo sensor Operational

Land Imager (OLI) do satélite Landsat 8 (Tabela 3). As imagens Landsat 8 estão corrigidas geometricamente (Nível 1 T- Correção de Terreno) e foram obtidas, com a menor percentagem possível de nuvens entre (0,00% e 0,15%) durante a estação seca.

Para o registo das referidas imagens e extracção das informações básicas como rede viária e rede de drenagem foram utilizadas como base de apoio as cartas topográficas do IGCA – Instituto Geográfico e Cadastral de Angola, escala 1:100.000, Folhas números 400, 401, 402, 421, 422, 423, 444, 445 e 446 (Angola, 1956).

Tabela 2. Descrição das cenas Landsat OLI utilizadas.

Faixa-Linha	Data de aquisição	Cobertura de nuvens %	Qualidade da imagem (em 10) OLI	Elevação do Sol
181-71	21/07/2013	0	9	43,1
181-72	21/07/2013	0,1	9	41,87
180-71	14/07/2013	0	9	42,27
180-72	14/07/2013	0,01	9	41,02
179-71	23/07/2013	0	9	43,39
179-72	23/07/2013	0	9	42,16
178-71	16/07/2013	0,01	9	42,48
178-72	16/07/2013	0	9	41,23

Tabela 3. Landsat 8 – Bandas espectrais ópticas (OLI, 1 a 9) e térmicas (TIRS, 10 e 11)

Bandas Espectrais	Características	Extensão de banda (µm)	Resolução espacial (m)
Banda 1	Costeira/Aerossol (Coastal/ Aerosol)	0,435 - 0,451	30
Banda 2	Azul (Blue)	0,452 - 0,512	30
Banda 3	Verde (Green)	0,533 - 0,590 30	30
Banda 4	Vermelho (Red)	0,636 - 0,673	30
Banda 5	IVP (NIR)	0,851 - 0,879 30	30
Banda 6	IVOC1 (SWIR1)	1,556 - 1,651	30
Banda 7	IVOC2 (SWIR2)	2,107 - 2,294 30	30
Banda 8	Pan	0,503 - 0,676	15
Banda 9	Cirrus	1,363 - 1,384 30	30
Banda 10	IVT1 (TIRS1)	10,60 - 11,19	100
Banda 11	IVT2 (TIRS2)	11,50 - 12,51 100	100

RESULTADOS

Para calcular a reflectividade da superfície, estimou-se a transmissividade da atmosfera (descendente e ascendente), a irradiância difusa e a radiância atmosférica devida à dispersão. O efeito da atmosfera não é constante na imagem, mas determinadas zonas podem ter sido mais afectadas, em função da presença de aerossóis e vapor de água.

As correcções atmosféricas foram calculadas pelo método de correcção para dados multiespectrais e hiperespectrais que apresentaram óptimos resultados no visível, infravermelho próximo e infravermelho de onda curta (Figura 5). Determi-

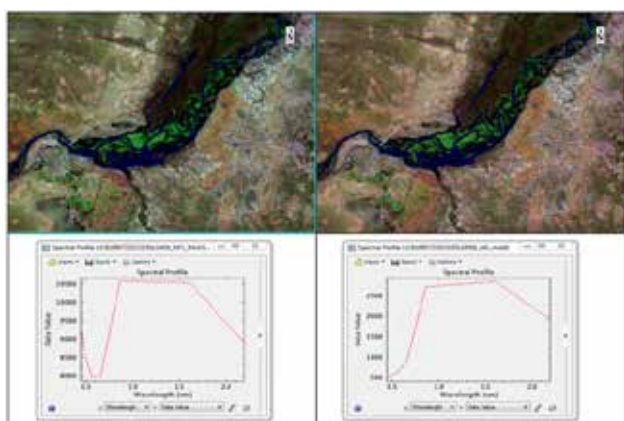


Figura 5: Cena original sem correcções atmosféricas (esquerda) e corrigida (direita) em composição colorida RGB

naram-se os parâmetros de correcção directamente do pixel observado na cena, sem informação auxiliar. Foram recolhidas amostras estatisticamente representativas de no mínimo 10 materiais diferentes numa cena.

Para extracção de informação relativa à presença de água em imagens multiespectrais existem vários índices disponíveis baseados no comprimento de onda que permitem evidenciar a água visível. No presente caso de estudo foi testado o Modified Normalised Difference Water Index (MNDWI) por Xu (2006):

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR}$$

Onde: Green (Verde) corresponde à banda 3 e SWIR (Infravermelho médio de onda curta) à banda 6.

O MNDWI resultante varia entre valores de -1 e 1, tipicamente os valores superiores a zero indicam a presença de água. Este índice foi calculado por cena Landsat 8. As imagens resultantes variam entre valores de -1 e 1, onde tipicamente os valores superiores a zero indicam a presença de água (Figura 6). A validação dos corpos de água foi realizada com base nas composições coloridas das bandas, RGB:543, que diferenciam a água em:

- Zonas de água limpa, representadas com tons azuis-escuros a preto;
- Zonas de água rasa ou com sedimentos, representadas a azul claro.

O Índice de vegetação com diferença normalizada (NDVI) evidenciou valores altos na parte norte do município e na proximidade das linhas de água, onde a vegetação apresenta-se vigorosa. A maior parte do município apresenta valores médios densidade vegetal na ordem de (-1 a -0,3) correspondendo a solos com ausência de vegetação (Figura 7).

O Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) que é uma medida da vegetação verde saudável:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

No sensor OLI do Landsat 8, corresponde à banda 5 (NIR) e à banda 4 (Red).

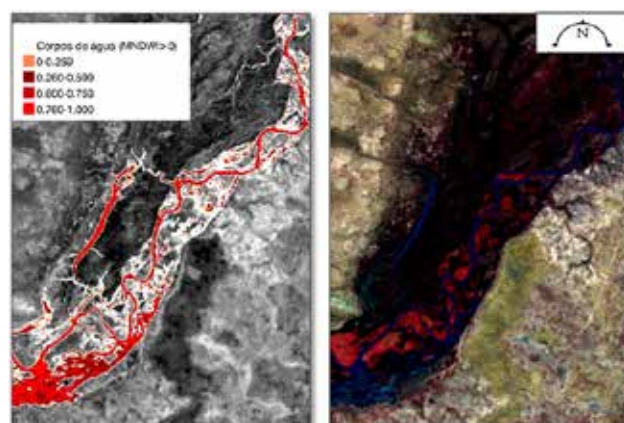


Figura 6: Sector inferior do Rio Cunene – Lado Esquerdo – Corpos de água identificados pelo algoritmo MNWDI. lado Direito – Composição colorida das bandas OLI 543.

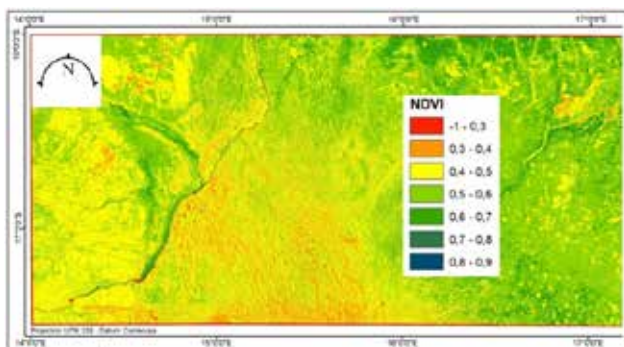


Figura 7: Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) convertido em escala de cor – (Américo Victorino, 2020)

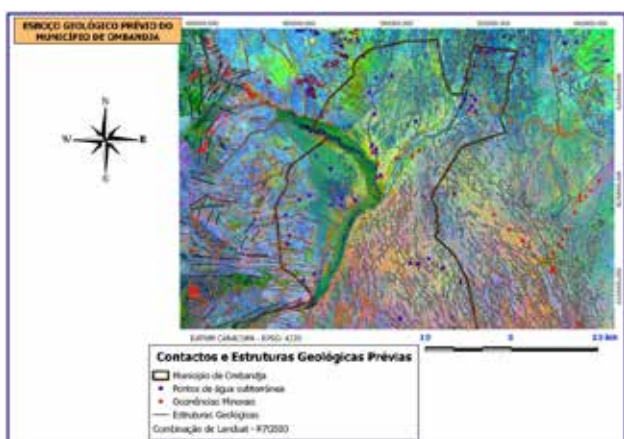


Figura 8: Segmentação dos rácios (RGB 6/7, 6/5, 4/2) – (Américo Victorino, 2020)

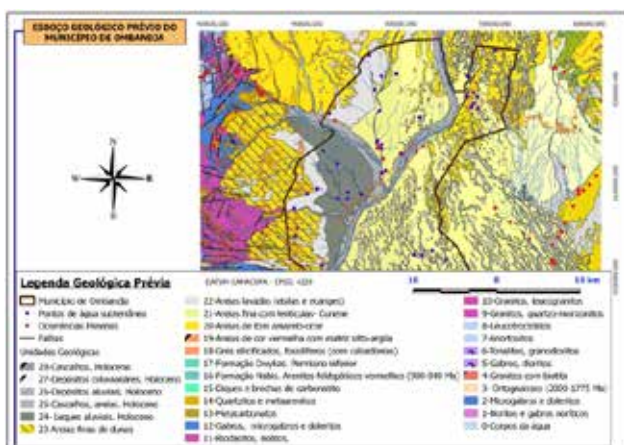


Figura 9: Mapa final – Descrição prévia da Litologias presente na área de estudo – (Américo Victorino, 2020)

O NDVI varia entre valores de -1 e 1; com o limiar crítico para coberturas vegetais em torno de 0,2- 0,3 e para a vegetação > 0,6. Aplicando uma escala de cor ao índice NDVI (Figura 8.12 e Figura 8.13), evidenciam-se valores altos (em cor verde) no bordo N, na metade oriental do bloco e na proximidade da existência de linhas de água, onde a vegetação pode ser significativamente vigorosa. Valores médios a baixos de vigor vegetal ou com pouca densidade estão representados em tons amarelo-alaranjados, onde os valores mais baixos (-1

a - 0,3, a vermelho) correspondem a solos descobertos (sem vegetação) ou a água.

A combinação dos rácios (RGB 6/7, 6/5, 4/2) destacaram-se na área os tons avermelhados coincidentes com zonas de vegetação densa, os tons verdes brilhantes e finalmente as areias do calahari identificadas com os tons amarelo-rosados (Figura 4). Na cena Landsat 180-071 correspondendo as folhas com números 400, 421, 422, 444 e 445, foram reconhecidas vinte e oito (28) unidades geológicas particularizadas da seguinte forma: a unidade de Areia de tom amarelo-ocre do Calaári superior com 28,15% da área total da carta e equivalente a 4638,64 km², seguidamente a unidade areia fina com lenticulas de pequenos seixos, silte e argila do sistema paleo-Cunene do Calaári remobilizado com 19,79% da área total da carta 3261,32 km² e a unidade depósitos de cobertura areno-argilosos com 12,56% da área total da carta 2070,11 km². Já na cena Landsat 180-072 correspondendo as folhas com números 401, 402, 423 e 446, foram identificadas nove (9) unidades geológicas, sendo de maior extensão as unidades sedimentares associadas ao ciclo do Calahari remobilizado sendo elas: a unidade areia fina com lenticulas de pequenos seixos, silte e argila do sistema paleo-Cunene com quase 50% da área total da folha (7380,65 km²), seguida da unidade areias e argilas do delta do Cuvelai com 14,63% (2402,03 km²) tal como se verifica na (Figura 5).

DISCUSSÕES

Pré-processamento das Imagens de Satélite

Nesta fase corrigiram-se os valores de calibração do sensor para cada banda, fiada e ângulo zenital solar, bem como os modelos atmosféricos correspondentes;

Correcção radiométrica

Foram feitas correções matemáticas para a obtenção de magnitudes física e atmosfera dos dados (Adler-Golden, 2006). Esta variável é a reflectividade aparente. Define-se reflectividade como a relação entre a energia reflectida e a incidente, e esta varia entre valores de 0 e 1, onde os valores 0 correspondem a superfícies totalmente absorventes, e os valores 1 a superfícies perfeitamente reflectoras.

Correcção atmosférica

Para calcular a reflectividade da superfície, é necessário estimar a transmissividade da atmosfera (descendente e ascendente), a irradiância difusa e a radiância atmosférica devida à dispersão (Bernstein, 2005). Os procedimentos para abordar estas correções com exactidão são trabalhosos e requerem dados sobre as condições da atmosfera no momento da aquisição da imagem, que é difícil estarem disponíveis. O efeito da atmosfera não é constante na imagem, mas determinadas zonas podem ter sido mais afectadas, em função da presença de aerossóis e vapor de água.

Composições coloridas

No presente estudo prévio da geologia da área, foi utilizado o mosaico de uma série de combinações de “falsa cor” (Engesat) as quais citam-se: A composição R7G5B3 apresentou óptimos resultados, permitiu a identificação com o detalhe necessário

e suficiente para diferenciação da vegetação e dos principais contactos litológicos presentes na região.

Rácios e índices de bandas espectrais

As diferentes bandas quando combinamos algebricamente entre si permitiram a determinação dos minerais de argila, ferro, óxidos de ferro (Drury, 1987) e as zonas que se verificam os índices de água, pelo que são descritos a seguir:

Minerais de Argila

O rácio de minerais de argila destacou na área de estudo as rochas alteradas hidrotermalmente que confinam minerais de argila e alunite. Este rácio resulta da equação 1:

$$\text{Relação de minerais de argila} = \frac{(\text{SWIR1 banda 6})}{(\text{SWIR2 banda 7})}$$

Equação 1 - rácio de minerais de argila

Onde: — Infravermelho médio de onda curta 1

(SWIR1): 1,55-1,75 μm

— Infravermelho médio de onda curta 2

(SWIR2): 2,08-2,35 μm

Minerais de ferro

Este rácio de minerais ferrosos realçou as rochas que apresentaram na sua composição mineralógica elevadas percentagens de ferro. Ele resulta da equação 2:

$$\text{Ferrous Minerals Ratio} = \frac{(\text{SWIR bandas 6})}{(\text{NIR bandas 5})}$$

Equação 2 - rácio de minerais ferrosos

Onde: — Infravermelho próximo (NIR)

— Infravermelho médio de onda (SWIR)

Índice de água com diferença normalizada (NDWI)

Para a identificação dos locais com presença de água foi utilizado o índice NDWI de (Pereira, 2018) baseado no comprimento de onda o qual permite que se evidencie na região a água existente e distribuída espacialmente de forma aleatória na superfície da região em estudo. Para tal foi utilizada equação seguinte:

$$\text{NDWI} = \frac{\text{Verde (bandas 3)} - \text{SWIR bandas 6}}{\text{Verde (bandas 3)} + \text{SWIR bandas 6}}$$

Equação 3 - Rácio para extracção de relativa à presença de água

Onde: — Infravermelho próximo (NIR)

— Infravermelho médio de onda (SWIR)

Referindo-se á escala comparativa dos valores do NDWI quando enquadrados na escala de <0,3→Sem água e >0,3→Água (McFeeters, 2013) e tendo sido obtidos a partir da equação 4, os valores obtido da área de estudo variam entre de -1 e 1, permitindo desta forma classificarem-se as áreas com presença de água.

Índice de vegetação (Normalized difference vegetation index)

O (NDVI) visando realizar o mapeamento das zonas

que possuem a vegetação saudável e por correlação os locais com elevada possibilidade de acumulação de água (Santoro, 2020):

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR banda 5}) - (\text{Vermelho (banda 4)})}{(\text{NIR banda 5}) + (\text{Vermelho (banda 4)})}$$

Equação 4 – Índice Normalizado de Vegetação (NDVI)

Onde: — Infravermelho próximo (NIR)

CONCLUSÕES

Por este facto o autor tem a destacar enumerando as principais conclusões do presente trabalho:

O Escudo do Congo Sudoeste, que foi um domínio Arcaico-Paleoproterozóico sujeito aos processos tectono-metamórficos relacionados com o episódio Eburneano. Uma vez estabilizado, o Escudo de Angola a ~1800-1750 Ma com a cessação da orogenia Eburneana, durante o Mesoproterozóico ocorreu um evento tectono-magmático intraplaca no qual se localizaram de forma coetânea magmas bimodais a ~1.375 Ma sob um regime extensional (Tack et al., 2010).

As rochas sedimentares siliciclásticas do Grupo Calaári e os depósitos terrígenos fluviais recentes dos conjuntos foram sedimentados no Cenozóico, como parte do preenchimento da Bacia intracratónica do Calaári, também denominada regionalmente como do Congo foram convenientemente identificadas e mapeadas a partir da metodologia proposta.

A utilização das imagens Landsat (banda R7G5B3) resultou apropriada para o reconhecimento das unidades sedimentares da área de estudo e permitiu que se atingissem os objectivos propostos.

Relativamente ao estudo do cálculo do índice NDWI (índice diferencial de água normalizado) foi possível identificar na zona noroeste (NW) da região de Ombadja as massas de água e zonas de elevada saturação de humidade. Este facto permitirá a execução prioritária de trabalhos prospectivos futuros nesta zona visando a elaboração de um modelo numérico de fluxo de água subterrânea.

Nesse sentido, a utilização das imagens do sensor Landsat 8 permitiu a realização do presente trabalho de forma mais rápida e eficiente. Melhorando além disso, a base bibliográfica para a planificação de trabalhos hidrogeológicos futuros no município de Ombadja.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me ter dado saúde e força para superar as dificuldades. À Universidade e aos meus orientadores, pelo suporte no pouco tempo que lhes coube. À minha família e amigos que sempre estiveram ao meu lado e à todos que directa ou indirectamente contribuíram para a realização do presente trabalho, o meu muito obrigado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Adler-Golden, R. L. (2006). *Improved Reflectance Retrieval from Hyper - and Multispectral imagery without Prior Scene or Sensor Information*.
- [2] Angola, S. G. (1956). *Carta Topográfica de Angola 1:100 000. Carta de Angola 1:100 000 (Cartograma)*. Luanda.
- [3] Araújo, A. e. (1992). *Geologia de Angola. Notícia explicativa 1:1000000*. Luanda.
- [4] Bernstein, L. S.-G. (2005). *Validation of the Quick Atmospheric Correction (QUAC) algorithm VNIR-SWIR multi-and hyperspectral imagery*.
- [5] Carvalho, H. C. (1987). *The Kibarian Cycle in the SW Angola and its extensions to NE*. 22.
- [6] Carvalho, H. d. (1990). *Gabbro-anorthosite complex of SW Angola/NW Namíbia. Série Ciências da Terra Comunicacoes 2, Instituto de Investigacao Científica Tropical, Departamento Ciências da Terra, Lisboa*.
- [7] Drüpel, K. L. (2007). *Petrology and isotopic geochemistry of the Mesoproterozoic anorthosite and related rocks of the Cunene Intrusive Complex, NW Namíbia. Precambrian Research*.
- [8] Drury, S. (1987). *Image Interpretation in Geology. Clay ratios*. London: Allen and Unwin.
- [9] Engesat. (s.d.). <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>. Obtido em 15 de Abril de 2020, de <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/>
- [10] Ernst, R. P.-D. (2013). *Mesoproterozoic intraplate magmatic 'barcode' record of the Angola portion of the Congo craton: newly dated magmatic events at 1500 and 1110 Ma and implications for Columbia (Nuna) supercontinent reconstructions. Precambrian Research*.
- [11] McFeeters, S. K. (2013). *Uso do Índice de Água da Diferença Normalizada (NDWI) dentro de um sistema de informação geográfica para detectar piscinas para abatimento de mosquitos: uma abordagem prática. Califórnia Fresno: Remote Sensing*.
- [12] Miller, R. M. (1983). *The Pan-African Damara Orogen of Namíbia. Special Publications of the Geological Society of South Africa, 11, pp. 431-515*.
- [13] Pereira, L. E. (2018). *Análise Comparativa entre Métodos de Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) em Área Úmida Continental. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*.
- [14] Rosante, K. (2013). *Evolução termocronológica do Sudoeste do Angola e correlação com o sudeste brasileiro: termocronologia por traços de fissão em apatita. Estado de São Paulo: Univ. Est. Paulista*.
- [15] Santoro, M. A. (17 de Janeiro de 2020). <https://blog.aegro.com.br/indice-de-vegetacao/>. Obtido em 15 de Abril de 2020, de <https://blog.aegro.com.br/indice-de-vegetacao/>
- [16] Sessa, J. C. (2013). *Paleoenvironmental and paleobiogeographical implications of a middle Pleistocene mollusc assemblage from the marine terraces of Baía das Pipas, SouthWest Angola. J. Paleontol.*



Foto: DR