

Programação *Python* e índices físicos na detecção de bordas na Unidade de Conservação Parque Estadual Mata Da Pimenteira (Pernambuco)

Rayane Cavalcanti da Fonseca¹*, João Rodrigues Tavares Jr.², Ana Lúcia Bezerra Candeias³

¹Mestra em Ciência Geodésicas e Tecnologias e Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. (*Autor correspondente: rayanec.fonseca@outlook.com)

²Doutor em Geociências, Professor na Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

³Doutora em Computação Aplicada, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 05/11/2020 – Revisado em: 28/12/2020 – Aceito em: 11/01/2021

RESUMO

A Unidade de Conservação (UC) Parque Estadual Mata da Pimenteira, foi a primeira a ser instituída no Estado de Pernambuco. A UC está localizada no município de Serra Talhada e é caracterizada por apresentar uma grande variabilidade biológica. Em termos cartográficos, devido a sua grande extensão torna-se difícil um monitoramento contínuo. Dessa forma, a partir do uso de ferramentas livres é possível detectar, extrair e disponibilizar as informações pertinentes desta UC. Assim, a partir do uso do *software* livre de geoprocessamento SPRING versão 5.4.3 e com o uso da plataforma orbital do Google Earth, fez-se uso das técnicas de processamento digital, nas imagens R-G-B e nos índices de vegetação *Modified Photochemical Reflectance Index* (MPRI) e no *Visible Atmospherically Resistant Index* (VARI). Obtendo-se como resultado as bordas da estrada vicinal e do reservatório. Fez-se uso da linguagem de programação Python versão 3.7 para elaborar um Webmapa com a finalidade de demonstrar as informações cartográficas detectadas deste Parna Estadual.

Palavras-Chaves: Parque Estadual Mata da Pimenteira. Filtro de Sobel. Vegetation Indexes. Segmentação. Webmapa.

Python programming and physical indexes in border detection at the Conservation Unit Parque Estadual Mata Da Pimenteira (Brazil)

ABSTRACT

The Conservation Unit (UC) Mata da Pimenteira State Park was the first to be instituted in the State of Pernambuco. The UC is located in the municipality of Serra Talhada and is characterized by its great biological diversity. In cartographic terms, due to its large extension, continuous monitoring is difficult. Thus, from the use of free tools, it is possible to detect, extract and make available relevant information of this UC. Therefore, using the free SPRING geoprocessing software version 5.4.3 and using the Google Earth orbital platform, digital processing techniques were used in the R - G - B images and in the Modified vegetation indexes Photochemical Reflectance Index (MPRI) and the Visible Atmospherically Resistant Index (VARI). As a result, the edges of the outer road and the reservoir are obtained. The Python version 3.7 programming language was used to develop a Webmap in order to demonstrate the cartographic information detected from this State Parna.

Keywords: Mata da Pimenteira State Park. Sobel Filter. Vegetation Indexes. Segmentation. Webmapa.

Fonseca, R., Tavares, Jr, R., Candeias, A. (2020). Programação *Python* e índices físicos na detecção de bordas na Unidade de Conservação Parque Estadual Mata Da Pimenteira- PE. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.1, n.2, p.42-57.



1. Introdução

As Unidades de Conservações (UC) são de grande importância para conservar a biodiversidade, mitigar os passivos ambientais e promover as políticas ambientais de conscientização da população através da educação ambiental. A introdução de uma UC se torna essencial para a manutenção da integridade do ecossistema e das espécies, principalmente em regiões com fortes impactos ambientais, causados em sua maioria por fatores antrópicos (Frickmann & Medeiros, 2018). Dessa forma, sua constituição, gestão e o seu zoneamento, são instrumentos que atuam na redução da degradação ambiental, assim como estabelece uma relação de participação ecológica entre a população, seja ela local ou não, com o meio ambiente (Vallejo, 2009).

No estado de Pernambuco a primeira UC instituída foi o Parque Estadual Mata da Pimenteira. Este Parna Estadual teve seu processo de criação no ano de 2010, a partir da necessidade de proteção e restauração do ecossistema ali presente. Foram propostas áreas de preservação permanente (APP), reserva legal (RL), definição dos limites territoriais e por fim sua designação como unidade de conservação no ano de 2012 pelo decreto de nº 37.823/2012 (Santos, 2013). Esta UC está localizada no município de Serra Talhada e apresenta uma área de 887,24ha sendo formada por topos de serras, fragmentos de Caatinga arbórea, com cerca de 300ha de extensão e conhecida como Mata da Pimenteira. Nela pode ser encontrada uma alta heterogeneidade biológica, mas com forte influência antrópica, presença de extensas áreas de assentamentos, queimadas e outros problemas existentes, consequentes de um processo histórico anterior à sua formação em unidade de conservação. (CPRH, 2013).

No entorno desta UC se tem o açude saco. Este açude é envolvido por espécies do bioma Caatinga e dispõe de pequenas áreas de plantio sequeiro em suas margens, usufruído pelos moradores locais que exercem atividades nesta região (CPRH, 2013). O acesso a esta UC se dá pela rodovia federal BR-232, no entanto, observa-se que ao redor deste Parna Estadual assim como no seu interior, a presença de estradas vicinais. Esses acessos são importantes para o deslocamento dos assentados e das comunidades locais, das entidades fiscalizadoras e dos pesquisadores que visam desenvolver estudos na região.

A estrada vicinal e o açude saco, correspondem as feições de interesse deste estudo. Com o monitoramento da estrada vicinal é possível analisar a relação entre o aumento extensivo das vias de acesso, a expressiva retirada da vegetação nativa e o consequente aumento na exposição do solo. Como também acompanhar os níveis do comprimento do açude saco em diferentes épocas do ano. Para isso, torna-se necessário o uso de fontes como o Sensoriamento Remoto (SR) e às técnicas de Processamento Digital de Imagem (PDI). As técnicas do PDI viabilizam a aquisição dos dados uma vez que sua extração é feita de forma rápida e eficiente, com ferramentas que podem ser aplicadas em diferentes plataformas orbitais.

Entre as diferentes técnicas do PDI existentes, os filtros morfológicos é uma alternativa para o estudo da detecção de bordas. Com o uso dos filtros morfológicos as imagens são realçadas, os objetos se tornam nítidos e assim os alvos contidos nas cenas são capturados pelos sensores e posteriormente delimitados (Meneses & Almeida, 2012). Dentre os vários filtros não-lineares existentes o de Sobel é um exemplo que pode ser utilizado para fins de detecção das bordas. O operador de Sobel atua reduzindo a sensibilidade quanto aos efeitos dos ruídos na imagem (Dias et al., 2011). Nele o contorno é determinado a partir da descontinuidade entre os níveis de coloração da cena (Filho, 2007). Sendo úteis na definição de bordas dos lugares com intensa massa de vegetação (Prina, 2011). E destacando as feições lineares no terreno (Silva, 2012).

Para a detecção de bordas, fez-se uso do filtro de Sobel sobre cada banda espectral, R – G – B e nos Índices de Vegetação (IV). Considerou-se para a pesquisa o uso dos índices: *Modified Photochemical Reflectance Index* (MPRI) e o de *Visible Atmospherically Resistant Index* (VARI). Esses IVs encontram-se na faixa espectral do visível e estabelecem as correlações com os parâmetros biofísicos. E atuam distinguindo as possíveis mudanças na luz e nas condições ambientais do campo a partir das combinações das imagens.

Com os elementos detectados na cena, torna-se possível integrar esses dados na base cadastral, temática e espacial dessa região que contempla a unidade ambiental. Contribuindo-se para a atualização do acervo

técnico e a elaboração de mapas temáticos e interativos. Para Florenzano (2005), quando o conhecimento científico é definido e as técnicas são exploradas, a não disponibilização desses dados, a partir das geotecnologias, se tornam mal ou subutilizadas. Bilar e Pimentel (2016), afirmam que a efetividade dos parques estaduais não dependem somente das ações das políticas ambientais, mas também de recursos humanos, materiais e a capacitação dos gestores ambientais, a partir do uso de ferramentas livres, gratuitas e de amplo conhecimento.

Neste contexto este estudo tem como objetivo apresentar ferramentas, *softwares* de acesso livre e o uso de linguagem de programação de fácil manipulação para a propagação de informações pertinentes da UC Parque Estadual Mata da Pimenteira para fins acadêmicos, bem como para o acesso e conhecimento da população. Dispondo de uma metodologia passível de ser reproduzida por entidades acadêmicas e por gestores ambientais que apresentam interesse em acompanhar de forma rápida e otimizada as mudanças nas unidades ambientais, mas que dispõem de baixos recursos tecnológicos e financeiros.

2. Material e Métodos

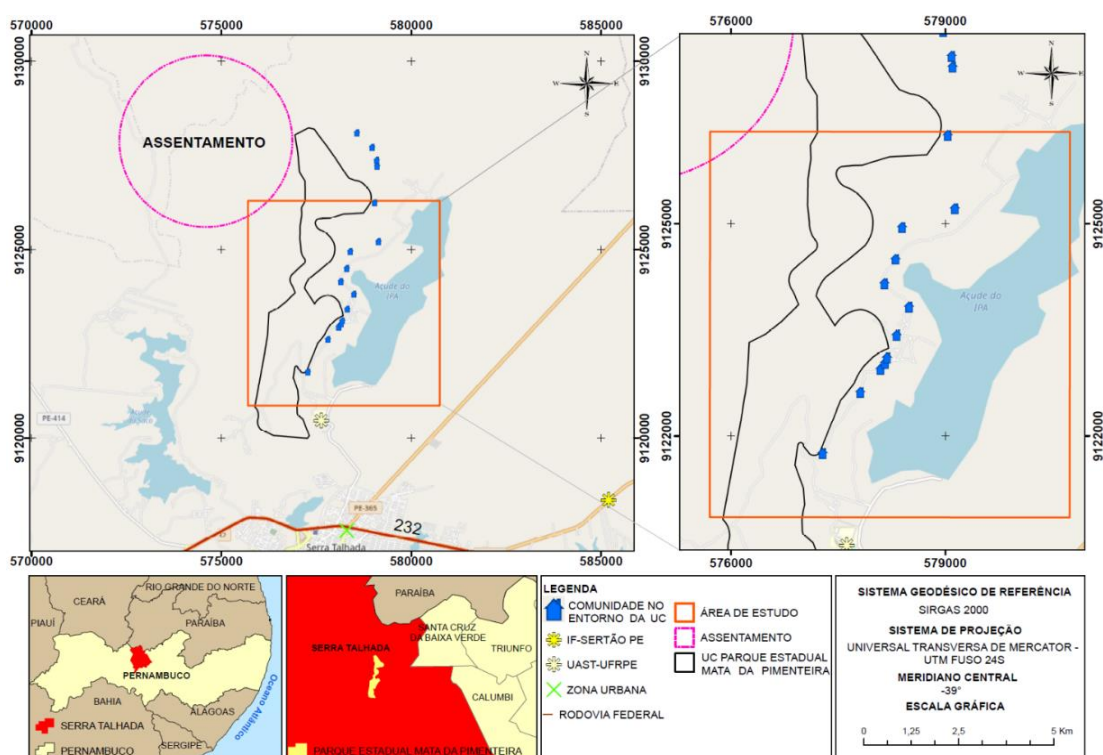
2.1 Caracterização da Área de Estudo

A UC Parque Estadual Mata da Pimenteira está localizada no município de Serra Talhada no Estado de Pernambuco. Este município é um dos mais desenvolvidos na região do Sertão Pernambucano, dispondo de universidades e institutos federais. O acesso principal ao município se dá pela rodovia federal BR-232 que está a uma distância aproximada de 415 km da capital pernambucana (CPRH,2013).

A UC está situada geograficamente na latitude Sul de 7°53'21" e 7°57'36" e na longitude Oeste de 38°18'42" e 38°17'7", respectivamente. Por estar compreendida numa região semiárida do estado de Pernambuco, sua precipitação é baixa ao longo do ano com cerca de 653,2 mm anual e com eventos de chuvas que se iniciam no mês de dezembro, mas com maior proporção nos meses de janeiro à maio. Em relação a temperatura, entre os meses de outubro à março apresentam uma variação com média de $26,3 \pm 3,56$ MJ/m²/dia (Silva, 2012).

A figura 1 abaixo ilustra a localização da UC Parque Estadual Mata da Pimenteira, sua posição geográfica em relação à zona urbana municipal e as instituições de ensino federal.

Figura 1 – Localização do Parque Estadual Mata da Pimenteira e da sua área de estudo



2.2 Aspectos Metodológicos

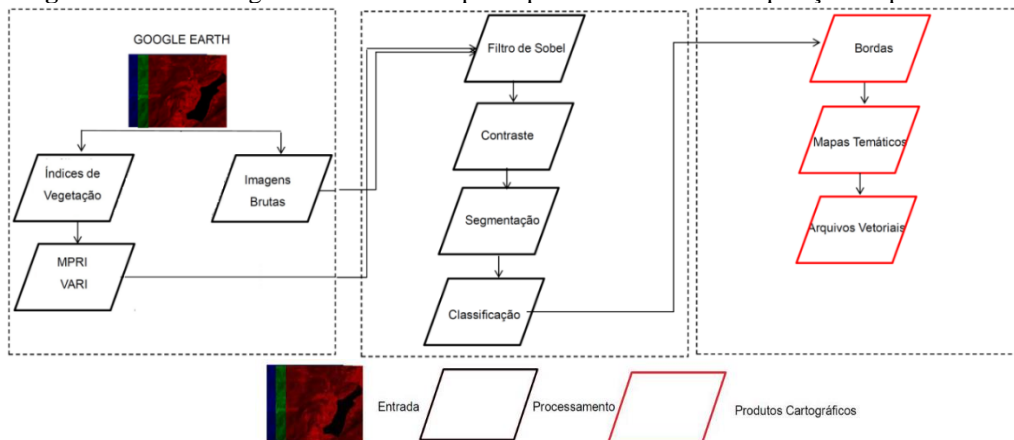
Para a detecção de bordas fez-se uso das imagens da plataforma orbital do Google Earth. O critério considerado para a seleção das imagens baseou-se nas condições de visibilidade, disponibilidade da imagem, recobrimento da área de estudo, qualidade da resolução e na possibilidade de reprodução da metodologia proposta.

Para o processamento das imagens considerou-se o uso do *software* livre do Sistema de Processamento de Informações Geográficas (SPRING), versão 5.4.3, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Neste *software*, fez-se uso do filtro de Sobel em cada banda espectral R - G - B e nos índices de vegetação MPRI e o VARI. Com as imagens resultantes, fez-se as etapas da segmentação e da classificação. Adquirindo-se as classes da estrada vicinal e do açude saco.

Com o resultado, fez-se uso do *software* QGIS versão 2.14.2 objetivando-se converter os dados vetoriais e de extensão shapefile (.shp) em arquivos Geojson. Os arquivos Geojson são aptos para inserção em ambiente de programação Python. A partir de uma rotina de programação elaborada na interface gráfica do Jupyter Notebook, insere-se estes arquivos Geojson que dispõe sobre as informações pertinentes do Parna Estadual, assim como dos arquivos detectados e extraídos pelo processamento dos índices físicos e nas bandas espectrais R - G - B.

No diagrama de blocos (figura 2) apresenta-se um roteiro da etapa de processamento até se obter o produto cartográfico.

Figura 2 – Metodologia elaborada da etapa do processamento até a aquisição do produto cartográfico.



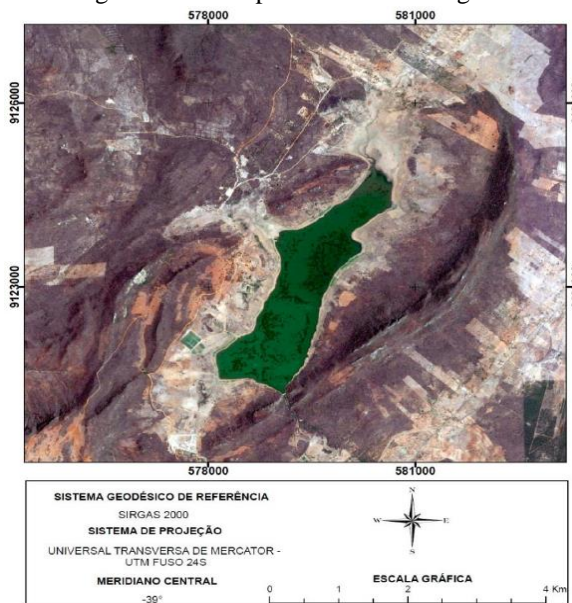
Fonte: autores, 2020.

2.2.1 *Uso de geotecnologias no processamento digital de imagem: Google Earth*

A plataforma orbital do Google Earth é formada por um mosaico de imagens com diferentes resoluções espaciais, isto é, Landsat, Quickbird, Ikonos e Spot, além de contar com fotografia aérea. No entanto, apresenta-se na maioria das regiões com uma resolução espacial de 15 metros (Prina et al., 2011) e escala de 1:75.000. Fazendo-se uso das imagens históricas disponível na plataforma do Google Earth, fez-se o ajuste da cena para a data de 29 de novembro de 2014. Considerou-se esta data devido a presença de pouca ou nenhum recobrimento de nuvens e a boa disponibilidade de observação.

As cenas utilizadas foram registradas pelos satélites Landsat e Copernicus – Sentinel. De acordo com as informações do Google Earth para o ano de 2016, tem-se que as imagens registradas pela plataforma do Landsat apresentam sua disponibilização pela NASA Goddard Space Flight Center e pelo US Geological Survey. Enquanto os dados registrados derivam-se do Copernicus Sentinel. Na figura 3 abaixo apresenta-se a imagem orbital do Google Earth.

Figura 3 – Imagem orbital da plataforma do Google Earth usada para este estudo.



2.2.2 Índices de Reflectância Fotoquímica Modificado (MPRI) e Índices Variável Atmosférica Resistente (VARI)

O MPRI (*Modified Photochemical Reflectance Index*) foi proposto por Yang, Willis e Muller em 2008, sendo comumente utilizado em estudos onde as imagens estão na faixa espectral do visível (Ferreira et al, 2016). Este IV está associado com a influência do uso da luz, ou seja, a estrutura do dossel e a sua ontogenia varia conforme a presença ou ausência da incidência solar (Peñuelas et al, 2011). Considera-se este IV como um índice de desempenho fotossintético, com uso para todos os tipos de vegetação. Determinando-se a partir dos arranjos algébricos de subtração, soma e diferença entre as bandas espectrais do verde e do vermelho, conforme observa-se abaixo.

$$MPRI = \frac{\rho_3 - \rho_4}{\rho_3 + \rho_4} \quad (1)$$

Onde,

ρ_3 = banda espectral verde (G) e ρ_4 = banda espectral vermelha (R).

O VARI (*Visible Atmospherically Resistant Index*) foi proposto por Gitelson et al. em 2002. A partir das operações matemáticas de soma, diferença e subtração entre as bandas espectrais do vermelho, verde e azul, obtém-se este índice físico. Conforme observa-se na equação abaixo.

$$VARI = \frac{\rho_3 - \rho_4}{(\rho_3 + \rho_4) - \rho_2} \quad (2)$$

Onde,

ρ_2 = banda espectral do azul (B), ρ_3 = banda espectral verde (G) e ρ_4 = banda espectral vermelha (R).

Com este índice VARI torna-se possível monitorar a área foliar das culturas que se encontram em estágios avançados (Louhaichi et al., 2001; Gitelson et al., 2002). Analisar o desenvolvimento e a diferença da

coloração dos cultivos através dos déficits de nutrientes, bem como sua respectiva relação aos problemas no balanço nutricional do solo e o consequente indicativo da saúde vegetal (Senthilkumaran, 2018).

2.2.3 *Análise R – G – B das bandas espectrais da plataforma orbital do Google Earth*

Nesta etapa, sobre cada imagem R-G-B fez-se o uso do filtro de Sobel. Nas imagens resultantes, realizou-se a segmentação e a classificação da imagem com o intuito de se extrair as bordas detectadas das feições da estrada vicinal e do açude saco. Esta metodologia, baseada na adoção de filtros morfológicos, tem-se destacado como uma ferramenta importante na criação e atualização de mapas e dos bancos de dados geográficos. Empregando-se no acompanhamento das alterações ambientais e no monitoramento urbano (Sirmacek & Unsalan, 2009; Unsalan & Boyer, 2005; Quang, Thuy, Sang & Binh, 2015; Sun et al., 2016).

2.2.4 *Segmentação de Imagem*

Na segmentação de imagem, tem-se que as informações contidas numa cena são agrupadas em várias regiões ou conjunto de pixels. Apresentando-se diferentes métodos para a segmentação como: o crescimento por regiões, limiarização, divisão e fusão (Gonzales & Wintz, 2010). Dentre todos os métodos de segmentação, para este trabalho fez-se uso da operação de segmentação por crescimento de regiões. A segmentação por crescimento de regiões é um método que consiste em um processo iterativo que atua minimizando a heterogeneidade espectral dos pixels contidos em um segmento (Definiens, 2008). As regiões são formadas a partir das semelhanças entre as propriedades como nível de cinza, textura ou cor (Gonzalez e Woods, 2010).

A segmentação é comumente aplicada em situações em que os alvos detectados muitas vezes são homogêneos (Meinel, 2011). Para extração e reconhecimento de feições de uma imagem (Yasmin et al, 2013). O resultado esperado são regiões que estão individualizadas e geram uma imagem formada por um conjunto de áreas que estão conectadas pela borda e não apresentam sobreposição (Acharya et al., 2013).

2.2.5 *Classificação de Imagem*

A classificação de imagem é uma técnica que permite a coleta de dados nas imagens orbitais e são baseadas em informações pré-estabelecidas pelo operador que as subdividem em diferentes classes. Cada classificador irá apresentar um tipo diferente de algoritmo que atua nas amostragens dos pixels extraídos. As combinações desses pixels desenvolvem uma assinatura espectral a partir das amostras coletadas na etapa de treinamento, desconsiderando os pixels misturados que podem estar inclusos erroneamente. Para realizar a etapa de classificação considerou-se duas classes, definidas como: estrada vicinal e açude saco. As bordas dessas classes foram detectadas nas imagens segmentadas e em formatos vetoriais (.shp).

2.2.6 *Geotecnologias para elaboração do Webmapa*

Com o arquivo vetorial no formato (.shp) da estrada vicinal e do açude saco, provenientes do processamento dos índices de vegetação e das análises de cada banda espectral R – G – B. Fez-se a conversão destes arquivos para Geojson. Posteriormente, desenvolveu-se uma rotina de programação em ambiente Python na interface gráfica do Jupyter Notebook para a inserção destes resultados detectados.

Além destas informações, introduziu-se outros elementos que caracterizam o Parna Estadual como: a localização, o limite territorial da UC, as residências circundantes e o seu zoneamento ambiental. A figura 4 abaixo ilustra um trecho da rotina elaborada para o desenvolvimento da interface do Webmapa em ambiente Python.

Figura 4 – Elaboração da rotina em ambiente Python.

```

zoom_start=12

mapa= folium.Map(location=[-7.935510,-38.300475], zoom_start=zoom_start, control_scale=True)
draw= Draw()
draw.add_to(mapa)

assentamento = os.path.join('assentamento.json.geojson')
casa = os.path.join('casa.json.geojson')
mpri = os.path.join('mpri.json.geojson')
vari = os.path.join('vari.json.geojson')
r = os.path.join('r.json.geojson')
g = os.path.join('g.json.geojson')
b = os.path.join('b.json.geojson')
sr = os.path.join('sr.json.geojson')
zua = os.path.join('zua.json.geojson')
uc = os.path.join('uc.json.geojson')
za = os.path.join('za.json.geojson')
zan = os.path.join('zan.json.geojson')

folium.GeoJson(mpri, name='IV MPRI',
               style_function=lambda feature:{
                   'fillcolor':'blue',
                   'color':'blue',
                   'weight': 0.5,}).add_to(mapa)

folium.GeoJson(vari, name='IV VARI',
               style_function=lambda feature:{
                   'fillcolor':'black',
                   'color':'black',
                   'weight': 0.5,}).add_to(mapa)

folium.GeoJson(r, name='Banda Espectral - R',
               style_function=lambda feature:{
                   'fillcolor':'black',
                   'color':'black',
                   'weight': 0.5,}).add_to(mapa)
folium.GeoJson(g, name='Banda Espectral - G',
               style_function=lambda feature:{
                   'fillcolor':'green',
                   'color':'green',
                   'weight': 0.5,}).add_to(mapa)
folium.GeoJson(b, name='Banda Espectral - B',
               style_function=lambda feature:{
                   'fillcolor':'purple',
                   'color':'purple',
                   'weight': 0.5,}).add_to(mapa)
    
```

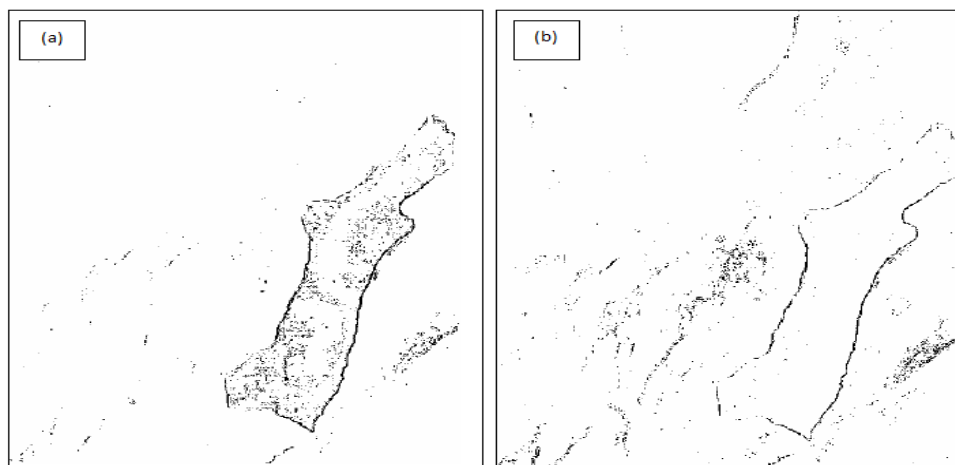
Fonte: autores,2020.

3. Resultados e Discussão

3.1 Índices de Vegetação

Para destacar os índices de vegetação MPRI e o VARI, atribuíram-se valores de ganho e offset. O ganho e o offset são parâmetros que indicam a capacidade de agrupamento das feições para destacar as bordas. Considerou-se, portanto, para o índice MPRI o valor de ganho e offset de 20, respectivamente. Enquanto para o índice VARI, fez-se uso do valor de 50 para os parâmetros considerados, ganho e offset, respectivamente. A Figura 5 ilustram os índices físicos MPRI e VARI resultante das operações aritméticas nas imagens do Google Earth.

Figura 5 – Resultados dos índices físicos: (a) MPRI e (b) VARI.

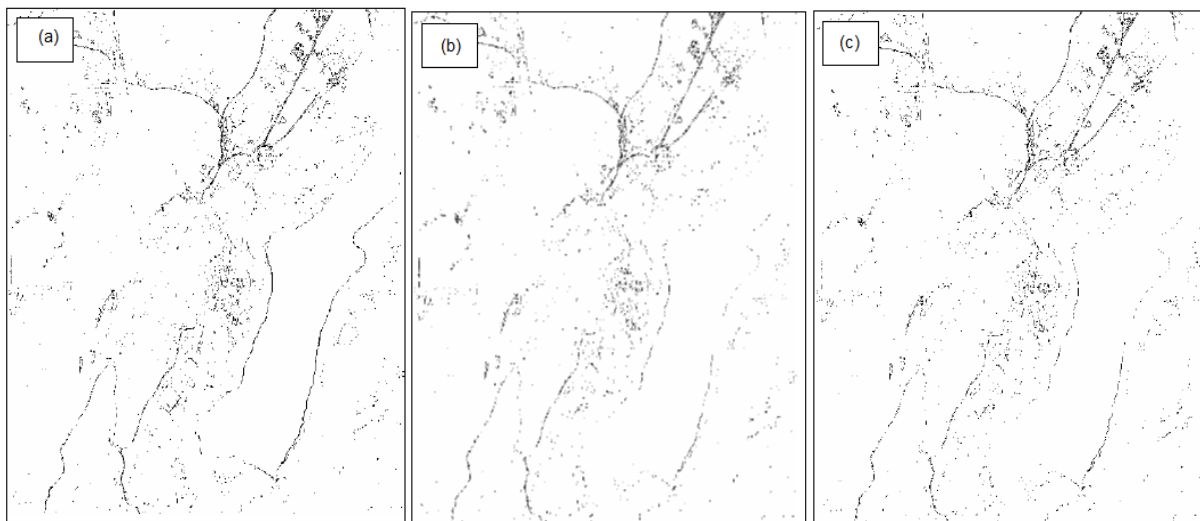


Observa-se nos resultados acima que os índices de vegetação MPRI (figura 5a) e o VARI (figura 5b) destacaram as bordas do açude saco em melhor representação do que a feição da estrada vicinal. Para Namikawa (2016), como os corpos de água apresentam baixa reflectância, conseguem ser mais rapidamente caracterizados. Refletindo-se, em maior proporção quando se faz uso de métodos simples, baseados no limiar entre as bandas espectrais individuais e nas combinações algébricas entre duas ou mais bandas espectrais na faixa do visível.

3.2 Detecção de bordas nas bandas espectrais R – G – B da plataforma do Google Earth.

Em cada banda espectral R-G-B fez-se uso do filtro de Sobel. O operador de Sobel atua amenizando os ruídos existentes entre as feições contidas numa cena e contribui para a detecção de bordas. A figura 6 abaixo apresenta as imagens R – G – B resultante do operador de Sobel nas imagens orbitais.

Figura 6 – Bandas espectrais com aplicação do filtro de Sobel e contraste negativo. (a) R (*red*), (b) G (*green*) e (c) B (*blue*).



As figuras 6 a, b e c apresentadas acima, destacam-se por representarem as bordas da estrada vicinal e do açude saco. Porém, observa-se que a figura 6a, a feição do açude saco consegue ser mais bem detectada do que nas demais imagens.

3.3 Segmentação de Imagem

A segmentação de imagem fez-se nas imagens resultantes dos índices de vegetação e nas bandas espectrais R-G-B da plataforma orbital do Google Earth. Em alguns *softwares*, como exemplo, o SPRING, a segmentação é dita como supervisionada, isto é, torna-se necessário a introdução de valores para os parâmetros do limiar de similaridade e da área, pelo operador. Esses parâmetros desempenham papéis importantes no processo de agregação dos pixels das regiões, definindo-se o limiar de homogeneidade, além de se basear na distância euclidiana entre um pixel (MUI et al., 2015).

Para os índices de vegetação, MPRI e o VARI, considerou-se a adoção dos valores de 20 para o limiar de similaridade e 20 para área, respectivamente. A figura 7 abaixo destacam a segmentação obtidas pelos índices de vegetação MPRI e o VARI.

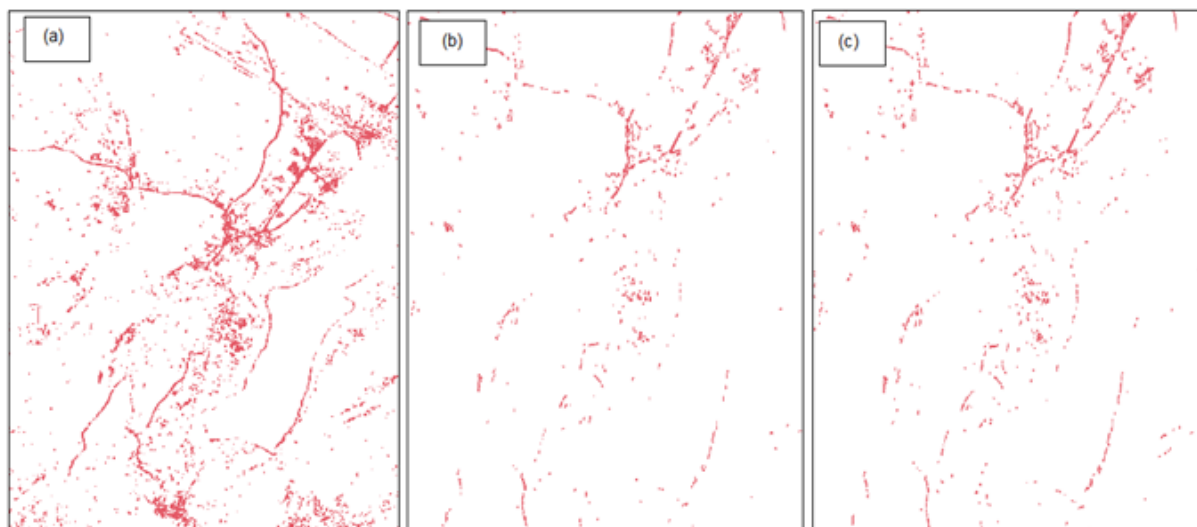
Figura 7 – Resultado obtido. (a) IV MPRI. (b) IV VARI.



Fonte: autores,2020.

As imagens representadas acima, ilustram o resultado da segmentação para os índices de vegetação MPRI (figura 7a) e o VARI (figura 7b). Conforme se observa os índices de vegetação MPRI e o VARI caracterizam as bordas do açude saco, mas não detectam agrupamentos significativos para a delimitação da estrada vicinal. Este resultado se dá, devido à intensidade de variação da reflectância espectral entre a cobertura do solo e as áreas com presenças de corpos hídricos (Jiang et al., 2014).

Nas imagens segmentadas R-G-B, fez-se uso dos valores de 40 e 40, respectivamente, para os parâmetros de similaridade e área da banda espectral do vermelho (R) e 5 e 5, respectivamente, para a similaridade e a área das bandas espectrais do verde (G) e do azul (B). A figura 8 apresentam-se os resultados obtidos por esta metodologia.

Figura 8 – Segmentação das bandas R, G, B usando o operador de Sobel. (a) banda R. (b) banda G. (c) banda B.

Fonte: autores,2020.

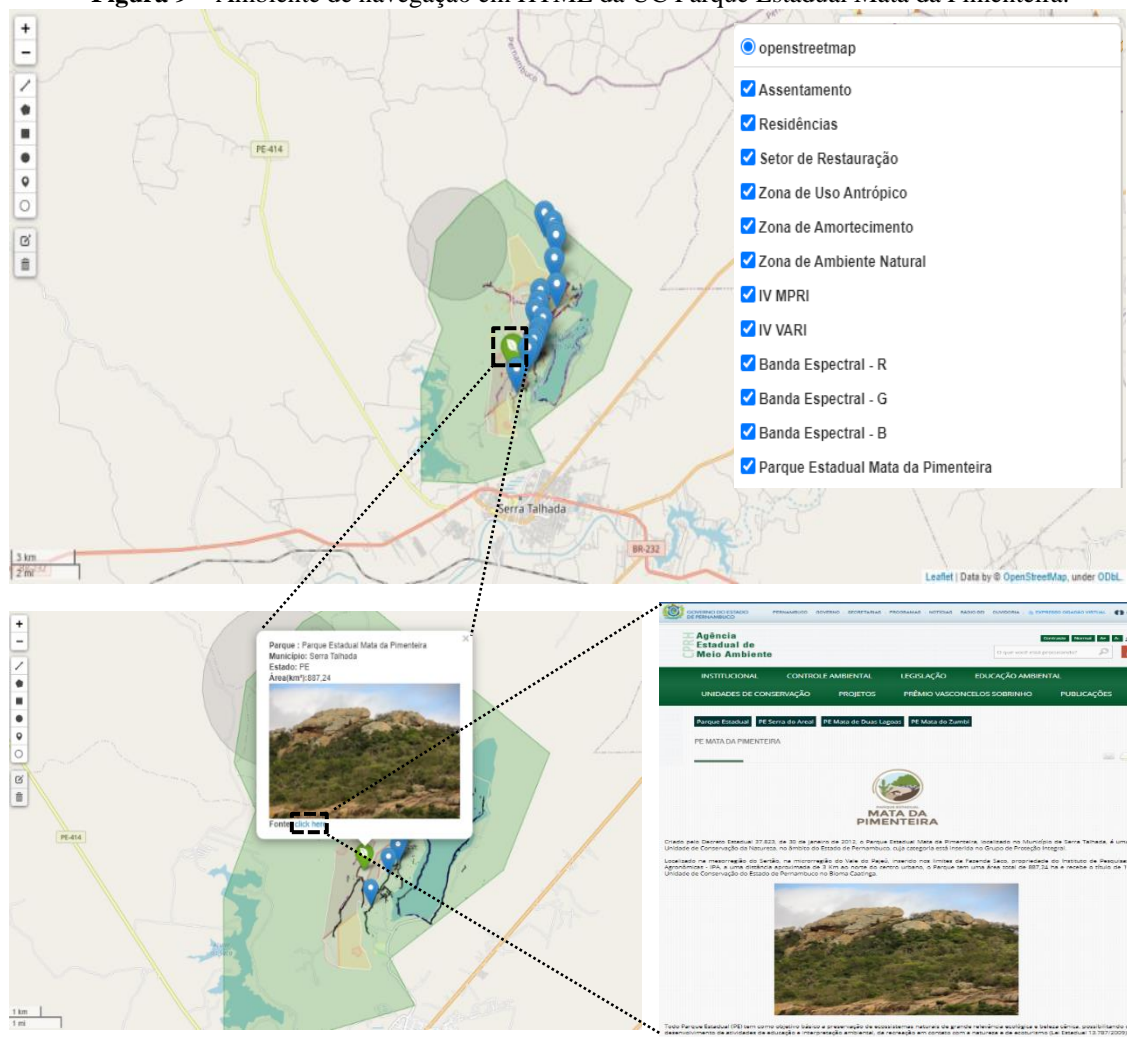
As figuras 8 a, b e c, representam as imagens segmentadas das bandas espectrais do vermelho (figura 8a), verde (8b) e azul (8c). Conforme observa-se, as bordas do açude saco e da estrada vicinal, conseguem ser mais bem representadas na figura 8a. Mediante a análise das imagens 8b e 8c, o nível de discriminação das feições apresentam um decaimento, que podem ser o reflexo do nível de informação contidas nas imagens R-G-B brutas das plataformas orbitais.

3.4 Classificação de Imagem e Ambientação em Linguagem de Programação Python

Com as feições detectadas e extraídas do açude saco e da estrada vicinal na etapa da segmentação, fez-se a conversão para o formato Geojson (.txt) e posterior implementação dentro de uma rotina elaborada em linguagem de programação Python, desenvolvida na interface gráfica do jupyter notebook. Para visualizar e disponibilizar este arquivo, considerou-se exportar para a linguagem de navegação *HyperText Markup Language* (HTML).

A figura 9 ilustra a página de navegação web com as informações pertinentes sobre esta UC. Observa-se a interface cartográfica do arquivo. E se representa as informações pertinentes da UC Parque Estadual Mata da Pimenteira, como: seus zoneamentos, as residências, o assentamento, uma ilustrativa do Parna Estadual e uma fonte contendo o link de acesso para o site dos órgãos ambientais competentes.

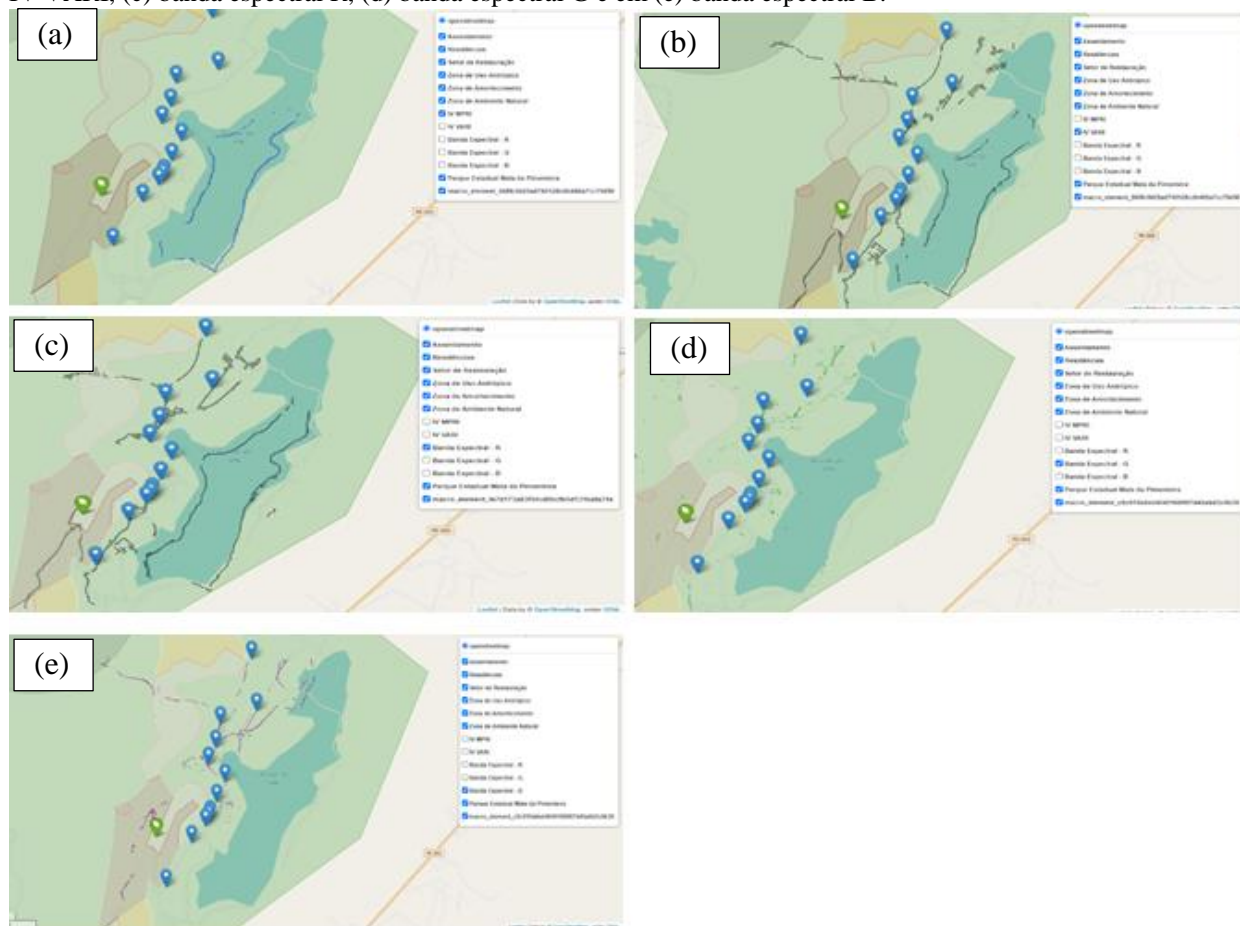
Figura 9 – Ambiente de navegação em HTML da UC Parque Estadual Mata da Pimenteira.



Fonte: autores,2020

Com os resultados obtidos pelas metodologias propostas, provenientes da detecção de bordas dos índices de vegetação e das bandas espectrais R-G-B, são apresentados na interface gráfica para análises de forma individual ou não. A figura 10 apresenta a interface com representação individual de cada borda extraída.

Figura 10 – Ambiente de navegação em HTML e representação de cada estudo proposto. Em (a) IV MPRI, (b) IV VARI, (c) banda espectral R, (d) banda espectral G e em (e) banda espectral B.



Fonte: autores, 2020.

Na figura 10 acima, ilustra-se a representação cartográfica individual de cada borda detectada pelos processamentos considerados. As figuras 10 a e b, caracterizam as bordas detectadas pelos índices de vegetação MPRI e o VARI, respectivamente. Por sua vez, as figuras 10 c, d e e, descrevem as bordas das bandas espectrais do R-G-B, respectivamente.

O Webmapa gerado em linguagem de navegação HTML dispõem de várias ferramentas de visualização dos dados, que permitem manusear a escala, régua métrica para se obter a distância entre as feições, leitura de coordenadas geográficas das áreas consideradas para o estudo ou não, e outros instrumentos de relevância para a disponibilização interativa dos dados.

4. Conclusão

A metodologia elaborada nesta pesquisa, destacaram-se por apresentar resultados satisfatórios nos arranjos considerados para a detecção de bordas nos índices de vegetação e nas imagens R-G-B. Como também na preservação da geometria das feições. Isto se dá porque as imagens do Google Earth têm uma configuração mais simples em nível de detalhamento das informações, devido a ser o resultado da combinação entre imagens

com diferentes resoluções espaciais, espectrais e radiométricas. Assim suas respostas não são diretamente afetadas pelos processamentos considerados, porque com esse mosaico de imagens é necessário que haja um equilíbrio quanto aos padrões de cada cena, isto é, textura, cor, brilho além de outros fatores existente que podem interferir na qualidade da imagem.

Para os índices de vegetação, MPRI e o VARI, os resultados observados destacaram-se em melhor delimitação para as bordas do açude saco. Enquanto as feições da estrada vicinal, pouco ou nada conseguiram ser discretizada. Por sua vez, na análise das bandas espectrais R-G-B, identifica-se que as feições do açude saco e da estrada vicinal são representadas em todas as imagens, mas com maior destaque para a banda espectral do vermelho.

O desenvolvimento de um Webmapa em ambiente de programação Python foi um produto cartográfico proposto para atender uma das necessidades desta UC Parque Estadual Mata da Pimenteira. A elaboração de um Webmapa representa um instrumento importante para a difusão das unidades ambientais para a sociedade. Além de serem relevantes para a propagação do conhecimento científico pelas entidades acadêmicas que fazem uso deste ambiente para realizar diferentes estudos.

Dessa forma, o estudo apresentado destaca uma metodologia que pode ser reproduzida por diferentes instituições. Com o uso de imagens de fácil aquisição e de ampla cobertura temporal e espacial, representando um ponto positivo principalmente para as regiões de difícil acesso, que necessitam de monitoramento, carecem de bases cadastrais, temáticas e espaciais e que dispõem de poucos recursos financeiros, tecnológicos e operacionais.

5. Agradecimentos

Ao LASENSO, Laboratório de Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Orbitais, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

6. Referências

Achary, J, Gadhiya,S, Raviya,K.(2013) Segmentation techniques for image analysis: A review. **Remote Sensing of Environment**, vol.3, 10-15.

Bilar, A. B. C., Pimentel, R. M. M.(2016) Governança ambiental para o desenvolvimento sustentável em uma unidade de conservação no semiárido nordestino: desafios e perspectivas. **Gaia Scientia**, v. 10, n. 3.

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente. (2013) **Parque Estadual Mata da Pimenteira. Serra Talhada**, outubro de 2013. Disponível em: cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/PE%20Mata%20da%20Pimenteira%2022%2011%202013.pdf. Acesso em: 21/12/2019.

Dias, F. G.; Soares, H. C.; Fonseca, L. M. G (2011). **Estudo da aplicação de filtros de detecção de bordas na identificação da frente termal da Corrente do Brasil**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, Curitiba.

Ferreira, M.P, Zortea, M, Zanotta,D.C, Shimabukuro,Y.E, Souza Filho, C.R. (2016) Mapping tree species in tropical seasonal semi-deciduous forests with hyperspectral and multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, Volume 179, 66-78.

Filho, L. E. (2007) **Extração semi-automática de feições lineares e a calibração dos parâmetros**

intrínsecos de câmeras.

Florenzano, T.G. (2005). Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, v.17, p. 24-29.

Frickmann, C. E. Y, Medeiros, R. (2018) Quanto vale o verde: a importância econômica das unidades de conservação brasileiras. Rio de Janeiro: **Conservação Internacional**,180p.

Gitelson, A.A, Kaufman, Y.J, Stark, R, Rundquist, D. **Novel Algorithms for Remote Estimation Fraction**. University of Nebraska – Lincoln.

Gonzalez, R.C; Wintz, P. (2010) **Digital Image Processing**. Academic Pres.

Henrique, R.E.da. (2018). **Utilização de drone em mapeamentos florestais para classificação do uso e ocupação do solo**. Pós-Graduação em Gestão Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Jiang, H; Feng, M, Zhu, Y, Lu, N, Jianxi, H, Xiao, T.(2014) Automated Method for Extracting Rivers and Lakes from Landsat Imagery. **Remote Sens**. 5067-5089.

Louhaichi, M., Borman, M.M., Johnson, D.E., 2001. Spatially located platform and aerial photography for documentation of grazing impacts on wheat. **Geocarto International** 16, 65–70.

Meinel, G; Neubert, M. (2011) A comparison of segmentation programs for high resolution remote sensing data. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. Vol 3, 115-120.

Mui, A.; He, Y.; Weng, Q. (2015). An object-based approach to delineate wetlands across landscapes of varied disturbance with high spatial resolution satellite imagery. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 109:30-46.

Meneses, P. R; Almeida, T.de. (2012) **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília.

Namikawa, L.M, Körting, S.T; Castejon, E.F.(2016) Water body extraction from Rapideye images: an automated methodology based on hue component of color transformation from RGB to HSV model. **Brazilian Journal of Cartography** N° 68/6, Special Issue GEOINFO 2015: 1097-1111.

Prina, B.Z; Schio, L; Miranda, S.I.de; Monguilhot, M.(2011) **Análise ambiental urbana com o uso de imagens Google Earth**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.3805

Santos, E. M. dos, Mauro, M. Jr; Silva-Cavalcanti, J.S; Almeida, G.V.L.de.(2013) **Parque Estadual Mata da Pimenteira: Riqueza Natural e Conservação da Caatinga**. Recife: EDUFRPE, 257 p, ISBN: 978-85-7946-138-5.

Sirmacek, B; Unsalan, C. (2009). Built-up area detection using local feature points and spatial voting. **IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.** 7(1), 146-150.

Peñuelas, J; Garbulsky, M. F; Filella, I.(2011). Photochemical reflectance index (PRI) and remote sensing of plant CO₂ uptake. **New Phytologist**. Volume 191, Issue 3.

Quang, N. T., Thuy, N. T., Sang, D. V., & Binh, H. T. T. (2015) **An efficient framework for pixel-wise building segmentation from aerial images. In Proceedings of the sixth international symposium on information and communication technology**. New York, NY, (pp. 282–287).

Senthilkumaran, N; Reghunadhan, R. (2009) Edge Detection Techniques for Image Segmentation - A Survey of Soft Computing Approaches. **International Journal of Recent Trends in Engineering**. Vol.1, No.2.

Silva, J. da; Hamulak, T. M; Ribeiro, S. R. A. (2012) **Índice de vegetação (NDVI) para identificação de áreas de reflorestamento**. Anais Semana de Geografia, v. 1, n. 1, Ponta Grossa. UEPG, ISSN 2317-9759.

Sun, J. (2012). Exploring edge complexity in remote-sensing vegetation index imageries. **Journal of Land Use Science**, volume 9, issue 2, pages 165-177.

Unsalan, C; Boyer K.L. (2005) Classifying land development in high resolution panchromatic satellite images using straight-line statistics. **IEEE Trans Geosci. Remote Sens.** 42 (4), 907-919.

Yasmin. M, Mohsi. S, Irum. I; Sharif M. (2013) Content based image retrieval by shape, color and relevance feedback. **Life Science Journal**, vol. 10.

Vallejo, L.R. (2009) **Unidades de Conservação: uma discussão teórica à luz dos conceitos de território e de políticas públicas**. Universidade Federal Fluminense.