



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS

**IMAGENS SENTINEL-2 NA AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO
EXTREMO SUL DA BAHIA**

DIEGO CASTRO DA SILVA

Cruz das Almas, agosto de 2017

DIEGO CASTRO DA SILVA

**IMAGENS SENTINEL-2 NA AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO
EXTREMO SUL DA BAHIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, pelo discente Diego Castro da Silva, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal, sob a orientação do Prof. Dr. Elton da Silva Leite.

Cruz das Almas, agosto de 2017

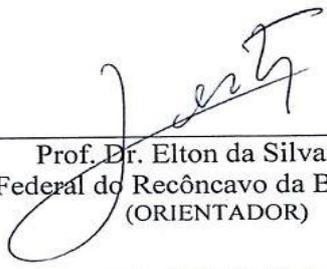
DIEGO CASTRO DA SILVA

**IMAGENS SENTINEL-2 NA AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO
EXTREMO SUL DA BAHIA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, pelo discente Diego Castro da Silva, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal, sob a orientação do Prof. Dr. Elton da Silva Leite.

Aprovado em 30 de Agosto de 2017.

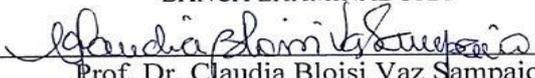
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Elton da Silva Leite

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – Cruz das Almas
(ORIENTADOR)

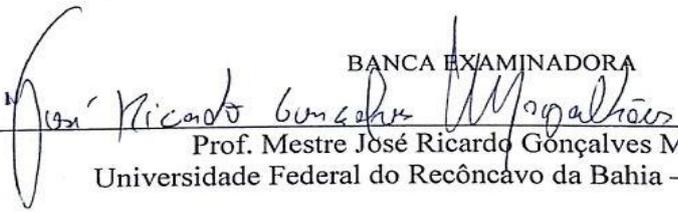
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Claudia Bloisi Vaz Sampaio

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – Cruz das Almas
(CO-ORIENTADORA)

BANCA EXAMINADORA



Prof. Mestre José Ricardo Gonçalves Magalhães

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – Cruz das Almas

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido saúde, força e sabedoria para seguir esse sonho e concluir o curso de Engenharia Florestal.

Aos meus pais, Ruberaldo Silva e Rita Maria, meu infinito agradecimento. Sempre com muito amor e atenção, acreditaram na minha capacidade e não mediram esforços para me auxiliar durante a minha história na UFRB.

A meus irmãos Thiago, Thaís e Debora pelo amor, atenção e por me ajudar sempre que possível, me aconselhando e proporcionando muitas alegrias.

A Mariana Bezerra, pelo amor, carinho, apoio e companheirismo em todos os momentos na vida e na graduação.

Ao meu orientador Elton Leite, pela amizade, confiança, orientações e pelas oportunidades que me foram dadas.

A professora Claudia Bloisi pela amizade, conselhos, alegrias, ensinamentos e por acreditar em mim sempre.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Florestal da UFRB, por todos os ensinamentos, dedicação, compromisso em transmitir seus conhecimentos, que foram essenciais para minha formação.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pelo aprendizado de qualidade que me foi dado durante esses anos.

Agradeço ao PET Mata Atlântica: Conservação e Desenvolvimento, pela gratificante oportunidade de ser petiano e fazer parte desse maravilhoso grupo.

Agradeço ao grupo de Nutrição Mineral de Plantas, em especial Uasley, Aline e aos Professores Anacleto Ranulfo e Girlene Souza.

A todos amigos, em especial Davi, Iracema, Denise, Ivan, Flávia, Verena, Jônathan, Taise, Everaldo e Dayane.

RESUMO

Na Bahia, a região Extremo Sul é referência em eucaliptocultura, possuindo extensas áreas plantadas. Embora seja uma atividade de grande importância socioeconômica, a expansão das florestas plantadas, altera a dinâmica da paisagem das regiões onde estão inseridas. Para monitorar esse avanço, a análise de uso e ocupação do solo contribui para compreender as mudanças da paisagem, fornece suporte para o planejamento territorial, urbano e ambiental, bem como para áreas de preservação. Assim, objetivou-se mapear o uso e ocupação do solo com ênfase na silvicultura e áreas de preservação permanente nos municípios de Mucuri e Eunápolis, Extremo Sul da Bahia. A partir de imagens Sentinel-2 composição RGB-Infrared, foram montados mosaicos, recortados feições e realizado classificações automáticas (MAXVER E ISODATA), delimitando em oito classes temáticas. Posteriormente foi elaborada matrizes de confusão e índice Kappa para avaliar a precisão. As áreas de preservação foram vetorizadas por meio do mapa de hidrografia do IBGE, confrontadas com os mapas de uso do solo e extraído informações de uso antrópico sobre as áreas restritas. Os classificadores empregados evidenciaram aplicabilidade para o estudo, sendo o MAXVER, avaliado como excelente pelo índice Kappa e menores erros de comissão e omissão. As classes Florestas plantadas e Pastagens destacaram-se por ocupar extensas áreas nos municípios avaliados. As áreas de preservação permanente estão em desacordo com a legislação ambiental vigente, por serem ocupadas por atividades antrópicas como Silvicultura, Pastagens e Agricultura.

Palavras chave: Sensoriamento Remoto, Sistema de Informação Geográfica e Geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

O setor brasileiro de florestas plantadas representa 5,5 % do PIB industrial nacional (ABRAF, 2013). Neste setor destaca-se o gênero *Eucalyptus ssp.*, amplamente cultivado, representa 72% do total de áreas plantadas e ocupa 5,56 milhões de hectares, sendo a Bahia o quarto maior produtor, 615 mil hectares (IBA, 2016).

No estado da Bahia, a região Extremo Sul tornou-se referência em eucaliptocultura, por apresentar condições edafoclimáticas e fundiárias favoráveis ao desenvolvimento dessa espécie, obtendo maior produtividade por hectare no Brasil e até cinco vezes maior que em outros países (SEI, 2008). Por estas razões, sua expansão vem aumentando a uma taxa de 1,8% ao ano (EMBRAPA, 2015).

Embora se reconheça os benefícios socioeconômicos oriundo das florestas plantadas e sua contribuição para reduzir a pressão do desmatamento sobre as florestas nativas (CASTRO, 2017), ainda assim, questionamentos devem ser levantados quanto às consequências do seu estabelecimento sobre as áreas onde estão inseridas (MOLEDO, 2016).

Para monitorar o avanço de áreas de produção florestal, a análise de uso e ocupação do solo contribui para a compreender a evolução da paisagem, pois fornece suporte para o planejamento territorial, urbano e ambiental, bem como para áreas de preservação (KLEINPAUL, 2005).

O Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento tem demonstrado ser uma opção viável e eficaz para extrair informações e caracterizar os diferentes usos do solo, processando grandes quantidades de dados a partir de imagens (FUSHITA, et al., 2013). O uso de suas técnicas, permite analisar culturas florestais e agrícolas, sem a necessidade de estar em contato direto com o objeto de estudo, otimizando tempo e recurso (MOREIRA, 2005; PONZONI & SHIMABUKURO, 2007; WENG, 2010).

Com o avanço tecnológico alcançado nas últimas décadas, a disponibilidade de imagens orbitais gratuitas com boa resolução e a alta diversidade de sensores, podem evidenciar informações sobre determinadas culturas após processamento dos dados (MERCANTE et al., 2009). Com isso, é possível reduzir a subjetividade humana na interpretação dos alvos e agilizar o processo de elaboração de mapas temáticos por meio de técnicas automatizadas de classificação supervisionada e não supervisionada de imagens (CRUZ & RIBEIRO, 2008).

Os classificadores supervisionados, exigem que o analista tenha conhecimento prévio sobre os alvos para fornecer amostras ao sistema e os não supervisionados, o próprio software separa as

distintas classes por agrupamentos de pixels, baseado nas diferentes respostas espectrais de cada alvo (RODRIGUES et al., 2016).

A eficiência dos classificadores automáticos, devem ser avaliados quanto a sua precisão (FIGUEIREDO & VIEIRA, 2007), onde a partir de matrizes de confusão se estima o índice Kappa, método recomendado por considerar a concordância e análise dos erros de comissão e omissão obtidas pelos cruzamentos dos dados (MENESES & SANO; BIAS et al., 2012).

Diversos estudos tem sido desenvolvidos a partir de técnicas de Sensoriamento remoto e Geoprocessamento, na aplicação de procedimentos para estudos de monitoramento, mapeamento e uso de solo, com ênfase em florestas plantadas, vegetações nativas e agricultura (SALAMENE et al., 2011; FREITAS et al., 2013; PRATES et al., 2017). Ainda assim, existe a necessidade de se compreender a dinâmica de ocupação do solo em diferentes regiões brasileiras que, devido avanços socioeconômicos, sofrem constantes mudanças em suas paisagens.

A partir do uso de técnicas de Sensoriamento remoto e Geoprocessamento, esse estudo tem por objetivo, a partir de imagens Sentinel-2, mapear o uso e ocupação do solo com ênfase na silvicultura e áreas de preservação permanente nos municípios de Mucuri e Eunápolis no Extremo Sul da Bahia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os municípios de estudo, Mucuri e Eunápolis, localizam-se na região Extremo Sul da Bahia (Figura 1). Mucuri está inserido na bacia hidrográfica do Rio Mucuri, próximo ao estado do Espírito Santo e Minas Gerais e a cidade de Eunápolis na bacia hidrográfica de Frades, Bunharém e Santo Antônio.

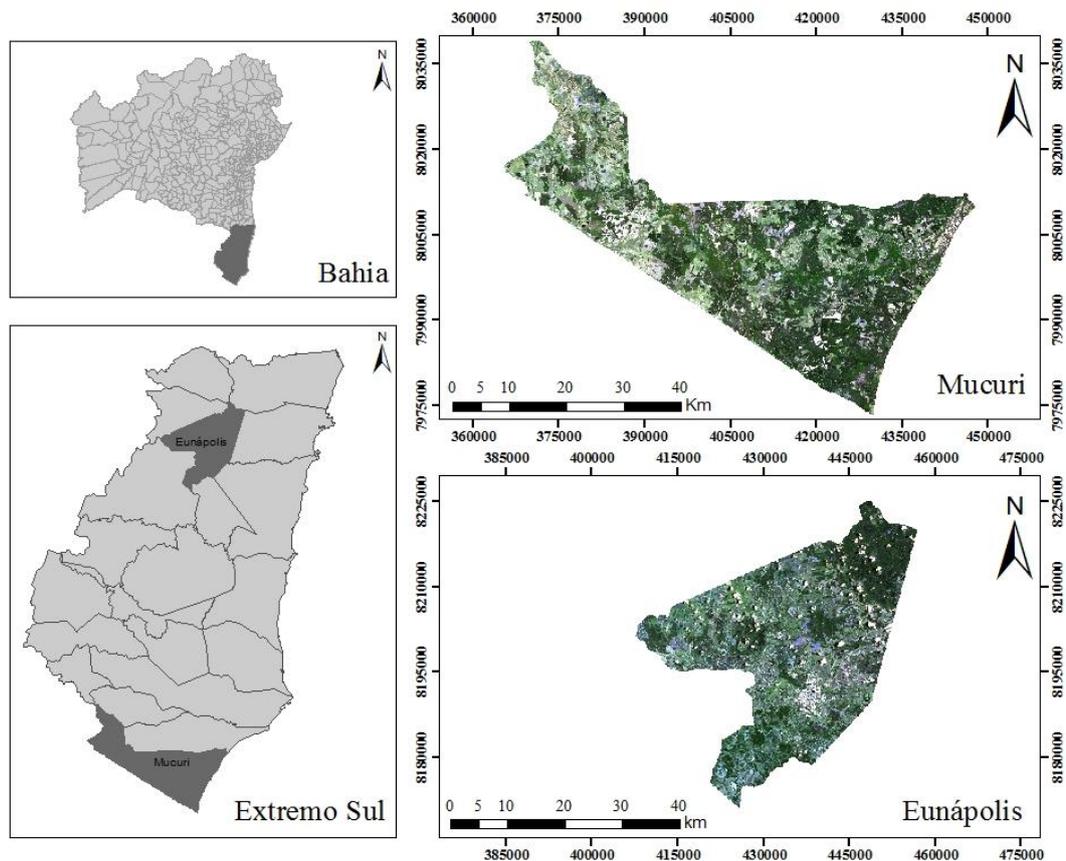


Figura 1: Mapa de localização dos municípios, Mucuri e Eunápolis no Extremo Sul da Bahia.

Mucuri apresenta uma temperatura média anual de 24 C°, maiores precipitações nos meses de outubro a janeiro, 1583mm anuais. Eunápolis possui temperatura média anual de 25C°, maiores precipitações entre os meses de outubro a dezembro, totalizando 1500mm. O clima da região segundo Köppen (1948) é Af-tropical úmido, sem estação seca definida. Os solos que predominam as áreas de estudo são Latossolo vermelho amarelo e Argissolo amarelo (IBGE, 2001).

A região destaca-se pela exploração comercial madeireira voltada para produção de celulose e atualmente é explorada por monocultivos de *Eucalyptus* ssp., pertencentes a duas grandes empresas do setor de papel e celulose (VILLATORE, 2016).

Foram adquiridas gratuitamente, cinco imagens no site EOS (Earth Observing System), ortorretificadas no formato tiff, em tamanho 100x100km, coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) zona 24S, Datum WGS84 (LANDVIEW, 2017). As cenas dataram do dia 10 de fevereiro de 2016 e foram selecionadas na época de menor cobertura de nuvens.

As imagens são produtos do sensor MSI, satélite Sentinel-2, de órbita heliossíncrona circular, resolução radiométrica de 12 bits (4096 níveis de cinza), resolução temporal 10 dias, resolução espectral 13 bandas e resolução espacial de até 10 metros (SENTINEL, 2017).

Empregando ferramentas do programa SIG ArcGIS® 10.2, foi realizada a análise e composição de bandas RGB-Infrared (8, 4 e 3), infravermelho-próximo, vermelho e verde, respectivamente, para destacar os componentes vegetais. Essa combinação resultou em uma resolução especial de 20 metros. Em seguida, construído o mosaico e reduzida a dimensionalidade dentro do perímetro de cada município, processos estes que não alteraram os valores dos números digitais dos pixels.

Para o mapeamento do uso do solo, executou-se dois processos automáticos de classificação digital de imagens, o não supervisionado que utiliza o algoritmo de agrupamento ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analysis Technique) e o supervisionado MAXVER (Máxima Verossimilhança), ação direta na qual foi fornecido no mínimo 40 amostras de treinamento, referentes as assinaturas espectrais de cada alvo. Procedimentos estes, que tornam os mapeamentos das feições terrestre menos subjetivos (NOVO, 2010).

Com base na interpretação dos diferentes objetos que compõem as cenas e adotando critérios para determinar as distintas classes para cada município, as classificações apresentaram-se melhores definidas quando delimitadas em oito classes para Mucuri e oito para Eunápolis, ambas possuindo categorias parecidas, porém respeitadas suas particularidades.

As classificações resultaram em 10 classes diferentes: 1) Água e Sombra - consiste de corpos d'água como rios, córregos, reservatórios e sombras de nuvens; 2) Vegetação nativa - fragmentos florestais e vegetação no entorno de rios, lagos e nascentes; 3) Eucalipto I - áreas de plantios florestais de eucalipto de maior idade e porte, em formatos retangulares e organizadas em linhas de plantio; 4) Eucalipto II - áreas de plantios florestais de eucalipto, de médio porte, em formatos retangulares e organizadas em linhas de plantio; 5) Eucalipto III - áreas de plantios florestais de eucalipto, pequeno porte, em formatos geométricos, organizadas em linhas de plantio e pouca cobertura do solo; 6) Áreas alagadas - áreas localizadas em depressões, próximas à vegetações e exibindo manchas de umidade no solo; 7) Pastagens e Agricultura - culturas agrícolas ou campos abertos, sem vegetação arbórea e predominância de forrageiras de boa produtividade; 8) Pastagens - campos abertos cobertos parcialmente por braquiárias, livres de vegetação arbórea, podendo estar degradadas; 9) Solo exposto e Área urbana - áreas com solo descoberto, terra nua ou revirada,

rochas, construções, estradas; 10) Nuvens - expressa na cor branca e detectadas somente nas imagens de Eunápolis.

A avaliação da acurácia das classificações MAXVER e ISODATA foi determinada através do cruzamento das informações entre classificadores e verdade terrestre, obtendo a matriz de confusão, utilizada para estimar o índice Kappa (Equação 1). Os pontos referentes à verdade terrestre foram adquiridos pelo mapa base (Bing Maps) do software ArcGIS® e confirmados pelo software Google Earth Pro.

$$K = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^c x_{ii} - \sum_{i=1}^c x_{i+} \cdot x_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^c x_{i+} \cdot x_{+i}} \quad (1)$$

em que: **K** estimativa do Coeficiente Kappa; **X_{ii}** valor da linha *i* e coluna *i*; **X_{i+}** e soma da linha *i* com **X_{+i}** com a soma da coluna *i* da matriz de confusão; **n** o número total de amostra e **c** o número total de classes.

O Índice Kappa é um dos mais recomendados, pois utiliza todas as células da matriz e não apenas as células da diagonal principal, sendo mais sensível aos erros de omissão ou comissão, o que garante uma maior precisão e acurácia em relação a outros métodos (DEMARCHI et al., 2011). A escolha do melhor classificador foi baseada na qualidade de classificação do coeficiente Kappa de acordo com Landis & Koch (1977), (Tabela 1).

Tabela 1: Índice Kappa associado a qualidade da classificação.

Valor de Kappa	Qualidade da classificação
≤0,00	Péssima
0,00 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40 - 0,60	Bom
0,60 - 0,80	Muito bom
0,80 -1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977)

A avaliação dos conflitos de uso do solo sobre as Áreas de Preservação Permanente (APP), foi realizada de acordo com o novo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012), artigo 4º (BRASIL, 2017), que determina distâncias de 30, 100 e 200 metros para cursos d'água com até 10m, 10 à 50m e 50 à 200m de largura respectivamente, 50 metros para nascentes, olhos d'água e áreas as margens de reservatórios d'água artificiais em zonas rurais.

No software ArcGIS 10.2, foram verificados os rios, nascentes e reservatórios, a partir do shapefile da hidrografia do Brasil, disponibilizado gratuitamente pelo IBGE. Os arquivos vetoriais foram georreferenciados e projetados sobre as imagens. Redimensionados dentro dos limites dos

municípios e por meio da ferramenta buffer, vetorizadas todas as APPs. Posteriormente os mapas classificados foram sobrepostos as APPs e extraídas as informações de uso do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das classificações MAXVER e ISODATA, foram comparativamente analisados pelo índice Kappa e pela conceituação estabelecida por Landis e Koch (Tabela 2). Para os dois municípios a classificação supervisionada apresentou excelente resultado, acima de 90%. Já as não supervisionadas foram consideradas como muito boas, mostrando que ambas as técnicas podem ser empregadas para o sensor MSI-Satélite Sentinel 2.

Tabela 2: Qualidade das classificações dos municípios Mucuri e Eunápolis

Municípios	Classificação	Kappa %	Qualidade da classificação
Mucuri	Supervisionada	91.90	Excelente
	Não supervisionada	67.38	Muito boa
Eunápolis	Supervisionada	92.62	Excelente
	Não supervisionada	66.19	Muito boa

O bom desempenho dos classificadores pode ser associado com a qualidade, resolução e nitidez das cenas, como também pela resolução espacial do satélite utilizado. Silva (2003), constatou que quanto maior for a resolução espacial, melhor será a discriminação dos elementos de estudo. E quanto maior o nível de experiência do analista, características das bandas e conhecimento dos alvos, maior será a qualidade dos dados (FLOREZANO, 2007).

Apesar das classificações mostrarem-se satisfatórias, do ponto de vista da acurácia, foi preciso avaliar separadamente o comportamento de cada classe, com destaque para os principais objetos do estudo, Plantios florestais e Vegetação nativa. Para tal, as matrizes de confusão obtidas dos cruzamentos dos dados da verdade terrestre e classificações digitais foram decisivas para escolha do melhor classificador (Tabela 3, 4, 5 e 6).

Para atingir um resultado satisfatório, foram selecionadas 60 amostras da verdade terrestre utilizadas para cada classe temática. Segundo a recomendação proposta por Congalton (1991) e Lillesand et al., (2008), os quais definiram um número mínimo de 50 amostras por classe na matriz de erros.

Como base nos resultados das matrizes de confusão, o total médio de concordância (CC%), que demonstra o percentual de acerto entre os pontos da verdade terrestre e os classificadores

MAXVER e ISODATA, foram de 92,92% e 71,46% em Mucuri, e 93,54% e 70,42% em Eunápolis (Tabela 3, 4, 5 e 6).

Tabela 3: Matriz confusão supervisionada Mucuri.

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	CC%	EC%	EO%
1-Água e Sombra	59	0	0	0	0	14	2	0	75	98.33	21.33	1.67
2-Veg. Nativa	1	60	1	0	1	0	0	0	63	100.00	4.76	0.00
3-Eucalipto I	0	0	59	0	0	0	0	0	59	98.33	0.00	1.67
4-Eucalipto II	0	0	0	60	0	0	0	0	60	100.00	0.00	0.00
5-Eucalipto III	0	0	0	0	58	0	2	0	60	96.67	3.33	3.33
6-Áreas alagadas	0	0	0	0	1	44	0	0	45	73.33	2.22	26.67
7-Pastagens e Agricultura	0	0	0	0	0	1	49	3	53	81.67	7.55	18.33
8-Solo exposto e Área urbana	0	0	0	0	0	1	7	57	65	95.00	12.31	5.00
TOTAL	60	60	60	60	60	60	60	60	420	92.92	6.44	7.08

CC%-Porcentagem de concordância; EO%-Porcentagem de Erro de Omissão; EC%-Porcentagem de Erro de Comissão.

Tabela 4: Matriz confusão não supervisionada Mucuri.

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	CC%	EC%	EO%
1-Água e Sombra	60	0	0	0	0	22	1	0	83	100.00	27.71	0.00
2-Veg. Nativa	0	58	1	0	0	6	0	0	65	96.67	10.77	3.33
3-Eucalipto I	0	2	43	4	1	0	0	0	50	71.67	14.00	28.33
4-Eucalipto II	0	0	16	56	7	0	0	0	79	93.33	29.11	6.67
5-Eucalipto III	0	0	0	0	32	0	0	0	32	53.33	0.00	46.67
6-Áreas alagadas	0	0	0	0	0	32	33	4	69	53.33	53.62	46.67
7-Pastagens e Agricultura	0	0	0	0	20	0	7	1	28	11.67	75.00	88.33
8-Solo exposto e Área urbana	0	0	0	0	0	0	19	55	74	91.67	25.68	8.33
TOTAL	60	60	60	60	60	60	60	60	480	71.46	29.49	28.54

CC%-Porcentagem de concordância; EO%-Porcentagem de Erro de Omissão; EC%-Porcentagem de Erro de Comissão.

Tabela 5: Matriz confusão supervisionada Eunápolis.

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	CC%	EC%	EO%
1-Água e Sombra	56	0	0	0	0	0	0	0	56	93.33	0.00	6.67
2-Veg. Nativa	0	60	2	0	0	0	0	0	62	100.00	3.23	0.00
3-Eucalipto I	4	0	58	0	0	0	1	0	63	96.67	7.94	3.33
4-Pastagens e Agricultura	0	0	0	59	0	0	5	0	64	98.33	7.81	1.67
5-Pastagens degradadas	0	0	0	1	53	7	1	0	62	88.33	14.52	11.67
6-Solo exposto e Área urbana	0	0	0	0	6	51	0	0	57	85.00	10.53	15.00
7-Eucalipto II	0	0	0	0	1	0	52	0	53	86.67	1.89	13.33
8-Nuvens	0	0	0	0	0	2	1	60	63	100.00	4.76	0.00
TOTAL	60	60	60	60	60	60	60	60	480	93.54	6.33	6.46

CC%-Porcentagem de concordância; EO%-Porcentagem de Erro de Omissão; EC%-Porcentagem de Erro de Comissão.

Tabela 6: Matriz confusão não supervisionada Eunápolis.

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL	CC%	EC%	EO%
1- Água e Sombra	56	0	0	0	0	0	0	0	56	93.33	0.00	6.67
2-Veg. Nativa	0	30	1	0	1	3	4	0	39	50.00	23.08	50.00
3-Eucalipto I	4	30	56	0	2	0	0	0	92	93.33	39.13	6.67
4-Pastagens e Agricultura	0	0	3	56	21	0	0	0	80	93.33	30.00	6.67
5-Pastagens degradadas	0	0	0	2	31	0	10	0	43	51.67	27.91	48.33
6-Solo exposto e Área urbana	0	0	0	0	3	44	41	0	88	73.33	50.00	26.67
7- Eucalipto II	0	0	0	2	2	7	5	0	16	8.33	68.75	91.67
8-Nuvens	0	0	0	0	0	6	0	60	66	100	9.09	0.00
TOTAL	60	60	60	60	60	60	60	60	480	70.42	30.99	29.58

CC%-Porcentagem de concordância; EO%-Porcentagem de Erro de Omissão; EC%-Porcentagem de Erro de Comissão.

Os valores destacados na diagonal principal de cada tabela, correspondem a quantidade de pixels classificados corretamente e os valores fora da diagonal, correspondem aos erros de omissão e comissão (MENESES & ALMEIDA, 2012). O erro de omissão representa os pixels perdidos para outras classes e comissão os pixels recebidos de outras classes (RODRIGUES et al., 2016).

Logo, a classificação supervisionada de Mucuri, apresentou percentual de acerto superior à classificação não supervisionada e menores erros de comissão e omissão. O mesmo padrão foi encontrado para o município de Eunápolis, evidenciando que o classificador MAXVER apresentou melhor desempenho do que o ISODATA. Resultados similares foram encontrados por Nascimento et al., (2016).

As áreas totais dos municípios foram 178.584,92 ha Mucuri e 120.280,36 ha Eunápolis. As florestas plantadas, apresentaram expressiva ocupação no uso do solo dos municípios, principalmente em Mucuri 81.023,24 ha (45,38%), que se mostrou superior a Eunápolis 20.003,84 ha (16,63%) (Tabela 7), discrepância evidenciada nas Figuras 2 e 3.

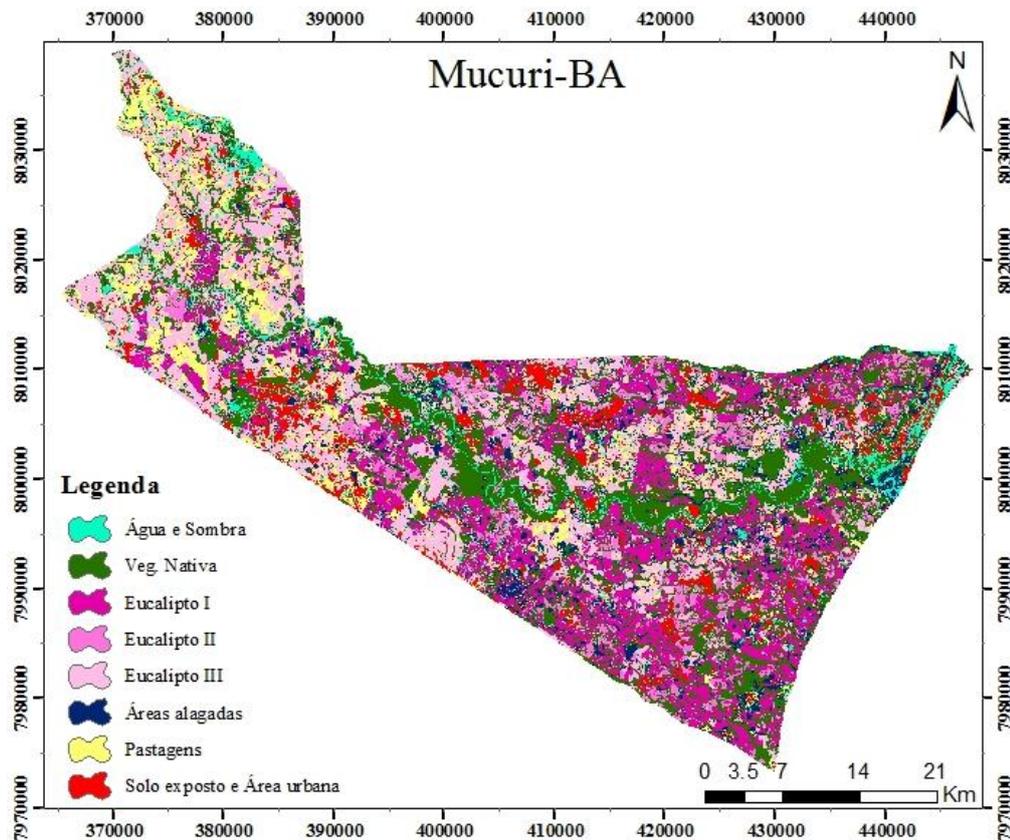


Figura 2: Mapa de uso do solo, escala 1:500.000, Mucuri – Ba, 2016.

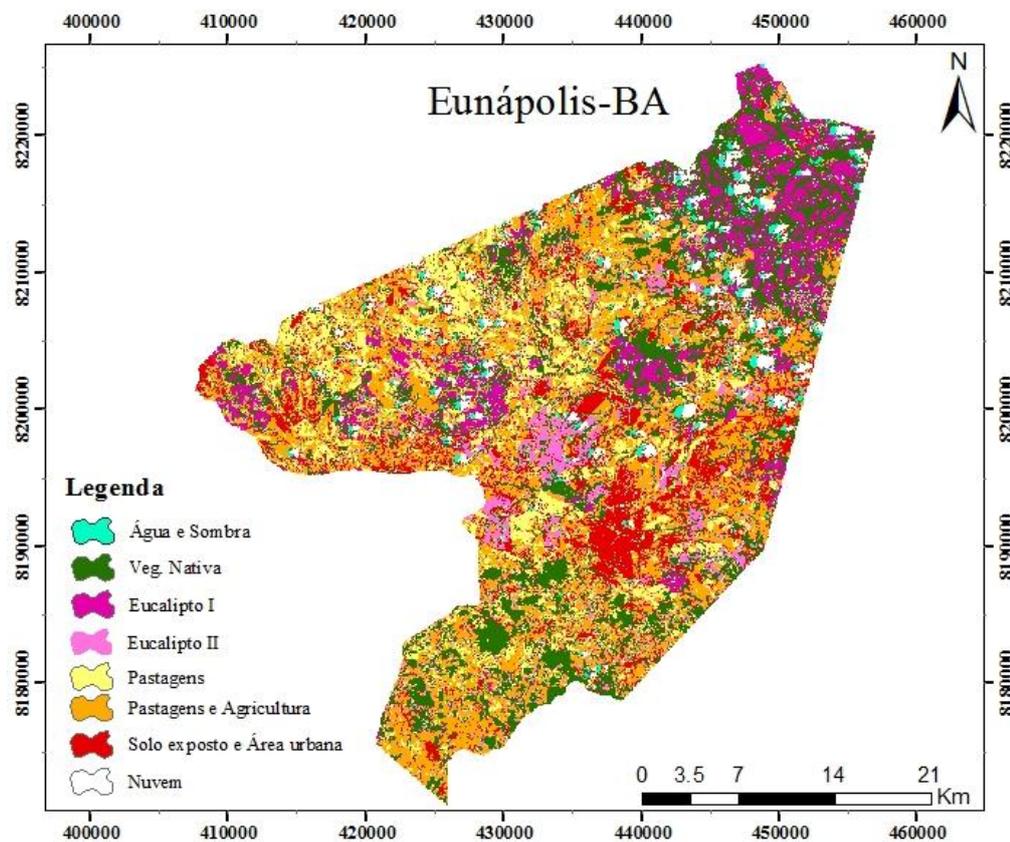


Figura 3: Mapa de uso e ocupação do solo, escala 1:400.000, Eunápolis – Ba, 2016.

No município de Mucuri, das classes que representam as florestas plantadas, Eucalipto III apresentou maior área (41.800,48 ha) e localiza-se predominantemente a oeste, indicando uma expansão ou uma renovação dos plantios no ano avaliado (Figura 2).

Para Eunápolis, os classificadores tiveram dificuldade em separar os plantios em 3 categorias distintas, portanto a classe Eucalipto III, foi incorporada entre as duas outras classes, na qual o Eucalipto I demonstrou um maior área ocupada (8,65%) (Figura 3).

Juntamente com as cidades de Nova Viçosa e Caravelas, Mucuri compõe os municípios com maiores áreas ocupadas pelas florestas plantadas (VILLATORE, 2016). Eunápolis apresenta menor área dedicada, embora nos últimos anos juntamente com Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália, começou a despontar nessa atividade (ALMEIDA et al., 2008).

Tabela 7: Uso e cobertura do solo Mucuri e Eunápolis – BA, 2016.

MUCURI			EUNÁPOLIS		
USOS DO SOLO	ÁREAS (ha)	%	USOS DO SOLO	ÁREAS (ha)	%
Água e Sombra	8950.96	5.01	Água e Sombra	2645.8	2.20
Veg. Nativa	46973.96	26.30	Veg. Nativa	26543.2	22.07
Eucalipto I	29103.16	16.30	Eucalipto I	10402.88	8.65
Eucalipto II	10119.60	5.67	Eucalipto II	9600.96	7.98
Eucalipto III	41800.48	23.41	Pastagens e Agricultura	17101.84	14.22
Áreas alagadas	12965.56	7.26	Pastagens	31527.36	26.21
Pastagens	14497.12	8.12	Solo exposto e Área urbana	17085.04	14.20
Solo exposto e Área urbana	14174.08	7.94	Nuvens	5373.28	4.47
TOTAL	178584.92	100	TOTAL	120280.36	100

A vegetação nativa, ocupa predominantemente às margens dos cursos d'água e se apresentam na forma de fragmentos florestais distribuídos pelo território, ocupando 46.973,96 ha de Mucuri e 26.543,2 ha Eunápolis.

A distribuição das matas nativas se comportam espacialmente de maneiras distintas e embora possuam porcentagens semelhantes (26,30% e 22,07%), Mucuri demonstra ter um percentual superior, isso ocorre devido a vegetação se concentrar próximos aos corpos hídricos (Figura 2). Já em Eunápolis os remanescentes se apresentam distribuídos em pequenos fragmentos por todo território (Figura 3).

Esse padrão se repete por todo domínio da Mata Atlântica na Bahia, principalmente ao longo da costa (POELKING et al., 2016). Os percentuais sinalizam que apesar de ambos municípios atenderem a Legislação Florestal, este é considerado baixo, pois segundo Rigueira & Mariano

(2015), o limiar de extinção para este bioma é alcançado quando uma floresta atinge um percentual de 30 e 40%.

As florestas naturais da região, foram intensamente exploradas a partir de 1973, com a abertura da rodovia BR-101, conectando o Sudeste ao Nordeste, obra que alavancou a economia local e atraiu investidores externos (DIAS, 2001). O desenvolvimento, aliado a terras mais acessíveis e condições edafoclimáticas propícias ao eucalipto, atraíram empresas reflorestadoras, que já não obtinham mais espaço para expandir seus plantios no sul do país (VILLATORE, 2016).

Em Eunápolis, Pastagens e Pastagens e Agricultura juntas totalizaram 40,43%, sendo essas as classes mais representativas. Tal predominância pode ser explicada pelo fato da região ter sido intensamente desflorestada para abertura de grandes pastos favorecendo a expansão de atividades agropecuárias (ALMEIDA et al., 2008), e por empresas de extração de madeira nativa (CARVALHO, 2006).

Já Mucuri apresentou um percentual de pastagens inferior (8.12%). Essa diferença pode ser explicada devido a cidade possuir maior área dedicada a plantios florestais, pois a silvicultura moderna prefere implantar novos projetos em áreas que não são mais produtivas, como por exemplo pastagens degradadas (CORDEIRO et al., 2015).

Água e sombra correspondem ao percentual de ocupação abaixo de 5,1%. Em Mucuri, essa classe é representada pelos corpos hídricos de parte da bacia do Rio Mucuri e seus afluentes. As imagens orbitais empregadas para Eunápolis, continham um percentual de 4,59% de nuvens, que por sombrear grandes áreas, interferiu na quantificação dos corpos hídricos e nas demais classes de uso do solo. A presença de nuvens geram incertezas nos classificadores, por não conseguirem diferenciar o elemento água e sombra, devido a resposta espectral ser parecidas (BOLFE et al., 2009).

Para Solo exposto e Área urbana o classificador MAXVER obteve resultado satisfatório, Mucuri 7,94% e Eunápolis 14,20%, delimitando bem os componentes e reduzindo a confusão com outras classes. O que pode ser confirmado através dos baixos erros de comissão (12,31 % e 10,53%) e omissão (5% e 15%) (Tabela 3 e 5).

A Figura 4, apresenta as classes de uso do solo nas Áreas de Preservação Permanentes.

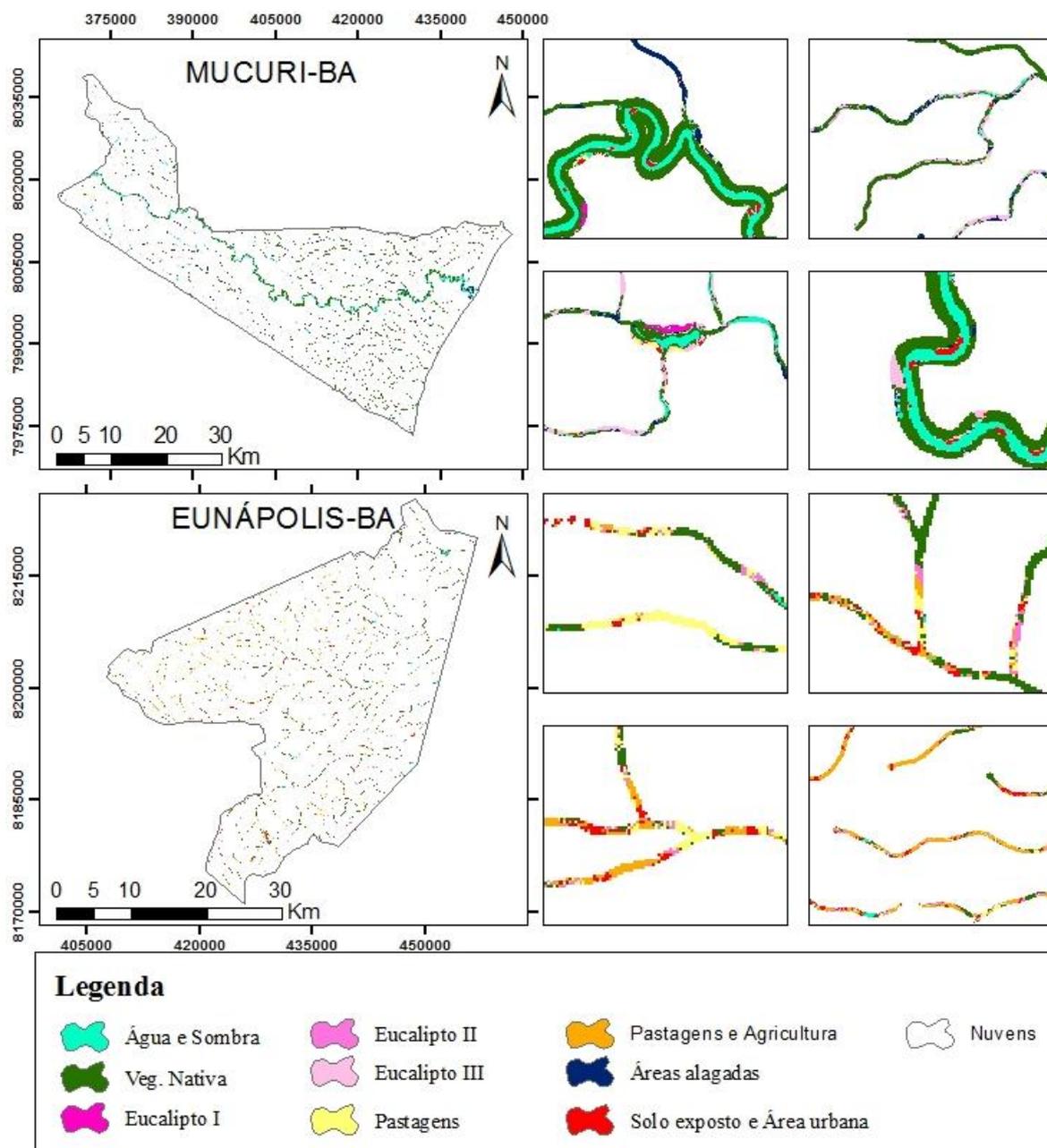


Figura 4. Usos do solo sobre Áreas de Preservação Permanente.

Para Mucuri a área total de APP foi de 10.421,12 hectares, aproximadamente 5,4% do município. O total da vegetação nativa existente para a cidade é 46.973,96 ha, desse total, apenas 6.876,72 ha estão contidos nas Áreas de Preservação Permanente, que correspondem a 65,99%. 16,75% corresponde as classes Eucalipto I, II e III e 12% Áreas alagadas (Tabela 8).

Já em Eunápolis, a área total de APP foi de 5.551,12 hectares, correspondendo a 4,62% do município. As APPs encontram-se em uma situação preocupante, pois as áreas de preservação, são

compostas de 30,61% Pastagens, 15,88% Silvicultura, 10,10% Solo exposto e Área urbana e apenas 38,36% por vegetação nativa, esta última o equivalente a 8,02% das florestas nativas da cidade.

Tabela 8: Ocupação das classes de uso do solo sobre as Áreas de Preservação Permanente.

MUCURI			EUNÁPOLIS		
CLASSES	ÁREAS (ha)	%	CLASSES	ÁREAS (ha)	%
Veg. Nativa	6876.72	65.99	Veg. Nativa	2129.24	38.36
Eucalipto I	142.36	1.37	Eucalipto I	89.16	1.61
Eucalipto II	32.96	0.32	Eucalipto II	792.20	14.27
Eucalipto III	1569.52	15.06	Pastagens	935.92	16.86
Áreas úmidas	1250.04	12.00	Pastagens degradadas	763.16	13.75
Pastagens	229.76	2.20	Solo exposto e Área urbana	560.44	10.10
Solo exposto e Área urbana	319.76	3.07	Nuvens	281.00	5.06
TOTAL	10421.12	100	TOTAL	5551.12	100

As APPs dos dois municípios estão em desacordo com o Código Florestal, tendo em vista que estas devem ser ocupadas exclusivamente pela vegetação nativa, não podendo realizar o manejo da mesma (ALENCAR, 2016). Pois, essas áreas são destinadas a manutenção dos recursos hídricos, da paisagem, da estabilidade geológica, da biodiversidade e assegura os serviços ecossistêmicos para as populações humanas (BRASIL, 2017).

A ausência dessa vegetação pode provocar a extinção de espécies da flora e fauna, erosão dos solos, assoreamento dos cursos d'água (FERREIRA & DIAS, 2004). Pois as matas ciliares atuam como barreira física para retenção de sedimentos, controla a vazão, propicia a infiltração e regula a troca de energia entre os ecossistemas aquáticos e terrestres (LIMA, 1998; BORGES et al., 2011).

Na análise visual da figura 4, Mucuri demonstra está mais de acordo com a legislação florestal, por apresentar maior percentual de nativas (65,99%). Além disso, pode-se observar que as matas nativas tem maior concentração próximas aos plantios de eucalipto e que nessas áreas existe um excedente de vegetação. Uma hipótese para isso é que as empresas de florestas plantadas, em busca pelo atendimento à legislação, certificação florestal e vincular sua imagem a sustentabilidade, acabam preservando mais que o exigido por lei (BASSO et al., 2011).

Pastagens e Agricultura e Pastagens foram as classes que mais se destacaram nas áreas restritas de Eunápolis, exibindo percentual (30,61%) próximo ao ocupado pela vegetação nativa (38,36%). Silvicultura também ocupa uma parcela significativa dessas áreas (15,88%), porém, a quantidade dessas categorias juntas, chegam a (46,49%) (Tabela 8).

Freitas et al., (2013), em estudos em áreas de preservação permanente, também identificaram Pastagens e Silvicultura como as classes que mais ocuparam APPs. Em estudos de uso do solo nessas áreas, a pastagem foi identificada como a mais expressiva (CUNHA et al., 2006; SALAMENE et al., 2011).

CONCLUSÕES

Através das técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, foi possível identificar, quantificar e mapear o uso e ocupação do solo dos municípios. As florestas plantadas na cidade de Mucuri e as classes pastagens e agricultura e pastagens em Eunápolis, foram os usos que mais se destacaram por ocupar extensas áreas.

Os métodos de classificação evidenciaram aplicabilidade para o mapeamento, entretanto, a classificação supervisionada MAXVER foi excelente, pois obteve maior índice Kappa e menores erros de omissão e comissão para plantios florestais e APPs.

A qualidade das imagens orbitais, do Satélite Sentinel-2, apresenta potencial para utilização em mapeamento do uso e ocupação do solo.

As áreas de preservação permanente dos municípios, estão em desacordo com a legislação ambiental vigente. Silvicultura e pastagens são as atividades antrópicas que mais ocupam as áreas restritas, porém, a silvicultura tem menor impacto sobre essas áreas de preservação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF**, cap. 1, p. 32, 2013. Disponível em: <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-abraf13-br>. Acesso em 10 ago. 2017.
- ALENCAR, G. V. **Novo Código Florestal Brasileira**. 2º edição. Vitória, ES, cap. 2, p. 112-148, 2016.
- ALMEIDA, T. M.; MOREAU, A. M. S. S.; MOREAU, M. S.; PIRES, M. M.; FONTES, E. O.; GÓES, L. M. Reorganização socioeconômica no extremo sul da Bahia decorrente da introdução da cultura do eucalipto. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n.2, p. 5-18, 2008.
- BASSO, V. M.; JACOVINE, L. A. G.; ALVES, R. R.; VIEIRA, S. L. P. Influência da certificação florestal no cumprimento da legislação ambiental e trabalhista na região amazônica. **Acta Amazônica**, v. 41, p. 69-76, 2011.
- BIAS, E. de S.; BRITES, R. S.; ROSA, A. N. de C. S. Imagens de Alta Resolução Espacial. In: **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Cap. 15, p. 239-263, 2012.
- BOLFE, E. L.; SIQUEIRA, O. J. W. de.; PEREIRA, R. S.; ALBA, J. M. F.; MIURA, A. K. Uso, ocupação das terras e banco de dados geográficos da metade do sul do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 39, n.6, p. 1729-1737, 2009.
- BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P. de.; PEREIRA, J. A. A.; JÚNIOR, L. M. C.; BARROS, D. A. de. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1202-1210, 2011.
- BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Código Florestal. Diário Oficial da União. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em 05 ago. 2017.
- CARVALHO, M. M. A. A “ambientalização” do discurso empresarial no Extremo Sul da Bahia. Tese doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Instituto de Planejamento Urbano e Regional**, 2006.
- CASTRO, D. C. V. **Planejamento da qualidade dos processos silviculturais no cultura do eucalipto no Brasil**. Dissertação de mestrado, ESALQ, SP, 2017.
- CONGALTON, R.G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991.
- CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; JÚNIOR, G. B. M. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2015.
- CRUZ, Z. Q.; RIBEIRO, G. P. Ensaios de segmentação e classificação digital de imagens CBERS utilizando o sistema Spring em uma Unidade de Conservação ambiental estudo de caso: Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO). **Anais... II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. PE, p. 8-11, 2008.
- CUNHA, A. M.; LANI, J. L. AMARAL, E. F.; REZENDE, S. B.; RIBEIRO, L. S. Mosaico digital de aerofotos não-convencionais na avaliação de recursos naturais: Estudo de caso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 182-187, 2006.

- DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens Landsat- 5. **Raega-O**, UFPR, v. 21, p. 234-271, 2011.
- DIAS, N. J. Os Impactos da Moderna Indústria no Extremo Sul da Bahia: Expectativas e Frustrações. **Revista Análise & Dados**, v. 1, p. 320-325, 2001.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Plantações florestais: Geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. p.7, 2015.
- FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da mata ciliar do Ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 28, n. 4, p. 617-623, 2004.
- FIGUEIREDO, C. G. & VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis. **Anais...** INPE, p. 5755-5762, 2007.
- FLOREZANO, T. G. Iniciação em Sensoriamento Remoto - São Paulo. **Oficina do Texto**, 2007.
- FREITAS, E. P. DE MORAES, J. F. L. FILHO, A. P.; STORINO, M. Indicadores Ambientais para Áreas de Preservação Permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17 n. 4, p. 443-449, 2013.
- FUSHITA, A. T.; REIS, R. R.; FARESIN, L.; SANTOS, J. E. Desempenho da classificação supervisionada em diferentes programas: comparação por meio do uso da terra e do índice de naturalidade da paisagem. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 6465, 2013.
- IBA - Indústria Brasileira de Florestas Plantadas. **Relatório Anual 2016: ano base 2015**. Brasília, DF, anexos, p. 72, 2016. Disponível em: <<http://iba.org/pt/biblioteca-iba/publicacoes>>. Acesso em: 05 ago. 2017.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – EMBRAPA. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.
- KLEINPAUL, J. J. **Análise Multitemporal da Cobertura Florestal da Microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS**. Dissertação de Mestrado, UFSM-RS, 2005.
- KÖPPEN, W. **Climatologia com un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, p. 478, 1948.
- LANDIS, J.R., & KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 159-174, 1977.
- LANDVIEW 2017. Disponível em: <<https://lv.eosda.com/>>. Acesso em: 19 de jul. 2017.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R.W.; CHIPMAN, J.W. Remote Sensing and Image Interpretation. **John Wiley & Sons**. 6ª ed. 2008.
- LIMA, P. R. A. **Retenção de água de chuva por mata ciliar na região central do estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Paulista, 1998.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Cap. 11, p. 169, 2012.

- MENESES, P. R.; SANO, E. E. Classificação pixel a pixel de imagens. In: **Introdução ao Geoprocessamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Cap. 12, p. 191-208, 2012.
- MERCANTE, E.; LAMPARELLI, R. A. C.; URIBE-OPAZO, M. A.; ROCHA, J. V. Características Espectrais da Soja ao Longo do Ciclo Vegetativo com Imagens Landsat 5/tm em Área Agrícola no Oeste do Paraná. **Eng. Agrícola**, v. 29, n. 2, p. 328-338, 2009.
- MOLEDO, J. C.; SAAD, A. R.; DALMAS, F. B.; ARRUDA, R. O. M.; CASADO, F. Impactos Ambientais Relativos à Silvicultura de Eucalipto: Uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. **Geociências**, UNESP, São Paulo, UNESP, v. 35, n. 4, p. 512-530, 2016.
- MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Editora UFV, p. 320, 2005.
- NASCIMENTO, I. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, S. M. A. S.; GALVANIN, E. P. dos SANTOS. Avaliação da Exatidão dos Classificadores MAXVER e ISO Cluster do Software Arcgis for Desktop com Uso de Imagem Landsat 8 do Município de Cáceres/MT. **Revista Continentes**, n. 8, p. 48-62, 2016.
- NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. **Edgard Blucher**, p. 388, 2010.
- POELKING, E. L.; MEDAUAR, P. A. S.; DUARTE, E. F. Mapeamento dos remanescentes florestais na região do Recôncavo da Bahia. In: DUARTE, E. F. **Recursos e estratégias para a restauração florestal**. Editora UFRB, cap. 1, p. 3-19, 2016.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento Remoto no estudo da vegetação. **Parêntese**, p. 144, 2007.
- PRATES, C. J. N.; BARBOSA, R. P.; FOGAÇA, J. J. N. L.; LEMOS, O. L.; DUTRA, F. V.; SILVA, R. M. Análise Multitemporal de Uso e Ocupação do Solo com Enfoque na Silvicultura no Município de Cândido Sales, Bahia, nos Anos de 2005 e 2015. **Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ**, V. 40, p. 150-155, 2017.
- RIGUEIRA, D. M. G.; MARIANO-NETO, E. A perda abrupta de plantas na Mata Atlântica - Limiares de Extinção. **Ciência Hoje**, v. 54, p. 16-19, 2015.
- RODRIGUES, M. T.; CARDOSO, L. G.; CAMPOS, S.; RODRIGUES, B. T.; BARROS, Z. X. Comportamento do Software Terraview na Classificação Supervisionada em Diferentes Bacias. **Energ. Agric.**, v. 31, n. 3, p. 282-290, 2016.
- SALAMENE, S.; FRANCELINO, M. R.; VALCARCEL, R.; LANI, J. L.; SÁ, F. M. M. Estratificação e Caracterização Ambiental da Área de Preservação Permanente do Rio Guandu/RJ. **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, p. 221-231, 2011.
- SENTINEL. Disponível em: <<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>>. Acesso em: 01 de AGO, 2017.
- SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Silvicultura de eucalipto no Extremo Sul da Bahia: situação atual e perspectivas ambientais**. Bahia, 2008.
- Silva, A. B. Sistema de Informações Georeferenciadas: conceitos e fundamentos. **Editora UNICAMP**. 1º edição. p. 232, 2003.

VILLATORE, C. M. **Desenvolvimento regional no Extremo Sul da Bahia: papel e celulose e transformações do espaço regional**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2016.

WENG, Q. Remote Sensing and GIS Integration: Theories, Methods, and Applications. **McGraw-Hill**, 2010.