

JÉSSICA STÉFANE ALVES CUNHA

**ESTRUTURA DA PAISAGEM EM AMBIENTES COM DIFERENTES ALTITUDES
NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

RECIFE

Pernambuco – Brasil

Fevereiro, 2017

JÉSSICA STÉFANE ALVES CUNHA

**ESTRUTURA DA PAISAGEM EM AMBIENTES COM DIFERENTES ALTITUDES
NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Ana Lícia Patriota Feliciano

Co-orientadores:

Prof^o. Dr. Luiz Carlos Marangon

Prof^o. Dr. Emanuel Araújo Silva

RECIFE

Pernambuco – Brasil

Fevereiro, 2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

C972e Cunha, Jéssica Stéfane Alves
Estrutura da paisagem em ambientes com diferentes altitudes
no semiárido pernambucano / Jéssica Stéfane Alves Cunha. – 2017.
101 f. : il.

Orientadora: Ana Lícia Patriota Feliciano.

Coorientadores: Luiz Carlos Marangon, Emanuel Araújo Silva.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) –

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Ciências Florestais, Recife, BR-PE, 2017.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Sensoriamento remoto 2. Geoprocessamento 3. Rapideye
4. Fragstats 5. Métricas I. Feliciano, Ana Lícia Patriota, orient.
II. Marangon, Luiz Carlos, coorient. III. Silva, Emanuel Araújo,
coorient. IV. Título

CDD 634.9

JÉSSICA STÉFANE ALVES CUNHA

**ESTRUTURA DA PAISAGEM EM AMBIENTES COM DIFERENTES ALTITUDES
NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

APROVADA em 21/02/2017

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Ana Lícia Patriota Feliciano (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Josiclêda Domiciano Galvínio
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Lúcia de Fatima de Carvalho Chaves
Universidade Federal Rural de Pernambuco

RECIFE
Fevereiro, 2017

A vocês que sempre me fizeram confiar na realização dos meus sonhos e não mediram esforços para que eu conseguisse realizá-los, meus encantadores pais, Hilda e Carlos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Minha gratidão, a meus pais, pelo amor e incentivo a mim sempre dedicados, pelo apoio e cuidado em todos os momentos da minha vida, e pela nossa maravilhosa família que é a minha fortaleza.

A professora Dra Ana Lícia Patriota Feliciano, pela orientação, correções e contribuições dadas no decorrer dessa dissertação e, claro, por toda a paciência a mim dedicada.

Aos meus co-orientadores, Prof. Dr. Luiz Carlos Marangon e ao Prof. Dr. Emanuel Araújo Silva pelas sugestões para a construção dessa dissertação.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa concedida.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE pelo financiamento do projeto “Energia de biomassa em Pernambuco: impactos ambientais e alternativas sustentáveis (ProMassa) ”.

A Ítalo, pela paciência, companheirismo, pelo grande incentivo em tudo que me proponho a executar e pelo carinho e amor nos meus dias difíceis.

A equipe Chapadão, em especial aos amigos, Wedson Batista e José Edson pela inestimável ajuda.

As meninas, Fabiana, Juliana, Mayra, Fabi, Amanda, Marília e Marília Grugiki pelas conversas e estímulo.

Aos colegas do Programa, principalmente, Beto, Dário, Nailson, Valdemir.

Muito obrigada, a todos que não estão citados, mas cooperaram direta e indiretamente, para que esta etapa fosse concluída.

CUNHA, JÉSSICA STÉFANE ALVES. Estrutura da paisagem em ambientes com diferentes altitudes no semiárido pernambucano. 2017. Orientador: Ana Lícia Patriota Feliciano. Co-orientadores: Luiz Carlos Marangon e Emanuel Araújo Silva.

RESUMO

Os ambientes naturais vêm sendo alterados drasticamente. A degradação da vegetação nativa na região do Araripe, localizada no Sertão Pernambucano, encontra-se em expansão pela exploração da madeira e à conversão da vegetação nativa em distintos usos. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a estrutura da paisagem florestal de fragmentos em diferentes altitudes na região do Araripe, mapeando os usos e cobertura da terra e avaliando as diferenças estruturais da paisagem. Para investigar a situação ambiental da região foram coletados dados de três diferentes ambientes em distintas altitudes: Baixada, Encosta e Chapada. Para cada ambiente foram selecionadas três áreas, totalizando nove, as quais estão distribuídas entre os municípios de Araripina, Exú e Ipubi. As análises tomaram como base, dados obtidos *in loco* e por imagens RapidEye adquiridas no ano de 2014, processadas e classificadas. Para a análise da paisagem, as métricas averiguadas foram de área, densidade, forma e proximidade. Os resultados do mapeamento do usos e cobertura da terra indicaram que na relação entre a cobertura florestal e os diferentes usos, a classe que mais influenciou foi a Agropecuária, acredita-se que em consequência da economia local ser baseada em cultura de subsistência. Constatou-se que os ambientes Baixada e Encosta foram os ambientes que apresentaram áreas com matrizes não florestais, acarretando desequilíbrio nos processos ecológicos. Ao avaliar as quantificações da classe Floresta nos ambientes, verificou-se que o gradiente altitudinal pode influenciar na densidade de vegetação nativa. A análise da paisagem revelou alta representatividade de remanescentes menores que cinco hectares, demonstrando paisagens bastante fragmentadas. O ambiente Chapada foi considerado o menos fragmentado, visto que apresenta paisagens com menos fragmentos quando comparada as paisagens dos outros ambientes, além da classe Floresta se comportar como a matriz nas paisagens, aumentando a conectividade entre as manchas florestais e auxiliando no fluxo gênico. Possivelmente, isso ocorre devido à legislação para proteção dessas áreas em virtude da altitude. Esses resultados podem apontar diferença da fragmentação e da conservação da vegetação nativa associados ao gradiente altitudinal. Ademais, ocorre na região uma conversão dos fragmentos florestais contínuos em fragmentos pequenos e desconectados. Entretanto, esses fragmentos são imprescindíveis na diminuição do isolamento entre as manchas. Desse modo, para a continuidade da vegetação encontrada na região e mencionada nessa pesquisa, são necessárias ações de manejo e de recuperação das áreas de preservação permanente para a melhoria da integridade da paisagem.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Geoprocessamento. RapidEye. Fragstats. Métricas.

CUNHA, JÉSSICA STÉFANE ALVES. Structure of the landscape in environments with different heights in the semi-arid region of Pernambuco. 2017. Orientador: Ana Lícia Patriota Feliciano. Co-orientadores: Luiz Carlos Marangon e Emanuel Araújo Silva.

ABSTRACT

Natural environments are changing dramatically. The degradation of native vegetation in the region of Araripe, located in Sertão Pernambucano, was in exploration of the exploitation of the wood and the conversion of the native vegetation in different uses. Thus, the present study aimed to analyze a structure of the forest landscape of fragments at different heights in the region of Araripe, mapping land uses and cover and evaluating as structural structures of the landscape. To investigate the environmental situation of the region, data were collected from three different environments at different heights: Baixada, Encosta and Chapada. For each environment, three areas were selected, totaling nine, which are distributed among the municipalities of Araripina, Exú and Ipubi. The analyzes were based on data obtained locally and by RapidEye images acquired in the year 2014, processed and classified. For the analysis of the landscape, the measured metrics were of area, density, shape and proximity. The results of land use and land cover mapping indicated that in the relationship between forest cover and the different uses, the class that most influenced was Agriculture, it is believed that as a consequence of the local economy is based on subsistence culture. It was verified that the environments Baixada and Encosta were the environments that presented areas with non-forest matrices, causing an imbalance in the ecological processes. When assessing the quantifications of the Forest class in the environments, it was verified that the heights gradient may influence the density of native vegetation. The analysis of the landscape revealed a high representativity of remnants smaller than five hectares, showing very fragmented landscapes. The Chapada environment was considered the least fragmented, since it presents landscapes with fewer fragments when compared to the landscapes of other environments, besides the Forest class behave like the matrix in the landscapes, increasing the connectivity between the forest patches and aiding in the gene flow. Possibly this is due to legislation to protect these areas by virtue of altitude. These results may point to differences in the fragmentation and conservation of native vegetation associated with the heights gradient. In addition, in the region a conversion of the continuous forest fragments into small and disconnected fragments takes place. However, these fragments are essential in decreasing the insulation between the spots. Thus, for a continuity of the vegetation found in the region and in the mentioned research, are actions of management and recovery of areas of permanent preservation for an improvement of the integration of the landscape.

Keywords: Remote Sensing. Geoprocessing. RapidEye. Fragstats. Metrics.

Sumário

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELA

LISTA DE APÊNDICES

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	Região do Araripe	15
2.2	Uso e ocupação da terra	18
2.3	Sensoriamento Remoto e processamento digital de imagens	19
2.4	Geoprocessamento	21
2.5	Classificação de imagens	23
2.6	Ecologia da paisagem e suas métricas	25
3	MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1	Localização e caracterização das áreas de estudo	29
3.2	Base de dados	31
3.3	Processamento digital das imagens	32
3.4	Preparação e cálculos dos dados para a análise da paisagem e métricas utilizadas... ..	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	Confiabilidade da classificação para o uso e cobertura do solo	35
4.2	Mapeamento do uso e cobertura da terra	36
4.3	Confiabilidade da classificação da análise da paisagem	50
4.4	Análise da paisagem para a região do Araripe	50
5	CONCLUSÃO E SUGESTÃO	62
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICES	75

LISTA DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Representação esquemática geral de utilização do SIG.....	22
Figura 2. Localização das áreas de estudos na região do Araripe – Pernambuco, Brasil	30
Figura 3. Demonstrativo do buffer para cada paisagem estudada na região do Araripe – PE, Brasil.....	31
Figura 4. Composição de bandas RGB do RapidEye na área C1 da Chapada. (A) Imagem real R1G2B3 (B) Imagem com composição colorida utilizando as bandas R5G3B2 juntamente com realce de contraste.....	32
Figura 5. Mapa de uso e cobertura da terra das áreas inseridas no ambiente Baixada na região do Araripe – Pernambuco no ano de 2014	37
Figura 6. Percentual de uso do solo no ambiente Baixada da região do Araripe – Pernambuco	38
Figura 7. Presença da espécie <i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC na extensão dos cursos d'água, no ambiente Baixada da região do Araripe, no município de Araripina– PE	40
Figura 8. Vegetação da área B1, no ambiente Baixada da região do Araripe, no município de Araripina– PE	40
Figura 9. Vegetação da área B3, no ambiente Baixada da região do Araripe do município de Araripina – PE	41
Figura 10. Vegetação da área B2, no ambiente Baixada da região do Araripe, do município de Araripina – PE	41
Figura 11. Percentual de uso do solo no ambiente Encosta da região do Araripe - PE	42
Figura 12. Mapa de uso e cobertura da terra das áreas inseridas no ambiente Encosta na região do Araripe – Pernambucano no ano de 2014.....	43
Figura 13. Área para construção de loteamentos inseridas no raio da área E1, no ambiente Encosta da região do Araripe, no município de Araripina – PE.....	44
Figura 14. Vegetação da área E1 do ambiente Encosta da região do Araripe, no município de Araripina - PE.....	45
Figura 15. Mapa de uso e cobertura da terra das áreas inseridas no ambiente Chapada na região do Araripe – PE no ano de 2014.....	47
Figura 16. Percentual de uso do solo no ambiente Chapada da região do Araripe - PE	48
Figura 17. Percentual médio da quantificação do uso e cobertura da terra nos ambientes Baixada, Encosta e Chapada da região do Araripe-PE.....	48
Figura 18. Detalhe da vegetação da área C3 do ambiente Chapada da região do Araripe, no município de Exú, – PE	49

LISTA DE TABELA

	Páginas
Tabela 1. Relação das áreas de estudo na região do Araripe – PE, Brasil.....	29
Tabela 2. Características técnicas gerais dos satélites RapidEye	31
Tabela 3. Características das imagens RapidEye obtidas pelo MMA (Ministério do Meio Ambiente) para a região do Araripe, Pernambuco, Brasil.....	32
Tabela 4. Qualidade da classificação do uso e cobertura da terra segundo intervalos do coeficiente Kappa	33
Tabela 5. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área B1 no ambiente Baixada da região do Araripe-PE	35
Tabela 6. Quantificação do uso e cobertura da terra no ambiente Baixada da região do Araripe - PE, em hectares e em porcentagem da área total	38
Tabela 7. Quantificação do uso e cobertura da terra no ambiente Encosta na região do Araripe - PE, em hectares e em porcentagem da área total	42
Tabela 8. Quantificação do uso e cobertura da terra no ambiente Chapada da região do Araripe - PE, em hectares e em porcentagem da área total	46
Tabela 9. Matriz de confusão da análise da paisagem da área B1 no ambiente Baixada da região do Araripe - PE	50
Tabela 10. Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da paisagem das nove áreas inseridas na região do Araripe – PE	53
Tabela 11. Distribuição dos fragmentos de floresta nativa nas classes de área dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada na região do Araripe – PE, Brasil	59

LISTA DE APÊNDICES

	Páginas
Apêndice A. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área B1 no ambiente Baixada da região do Araripe - PE	76
Apêndice B. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área B2 no ambiente baixada da região do Araripe – PE.....	77
Apêndice C. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área B3 no ambiente Baixada da região do Araripe – PE.....	78
Apêndice D. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área E1 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE.....	79
Apêndice E. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área E2 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE.....	80
Apêndice F. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área E3 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE.....	81
Apêndice G. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área C1 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE.....	82
Apêndice H. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área C2 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE.....	83
Apêndice I. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área C3 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE.....	84
Apêndice J. Matriz de confusão da análise da paisagem da área B1 no ambiente Baixada da região do Araripe – PE	85
Apêndice K. Matriz de confusão da análise da paisagem da área B2 no ambiente Baixada da região do Araripe – PE	86
Apêndice L. Matriz de confusão da análise da paisagem da área B3 no ambiente Baixada da região do Araripe – PE	87
Apêndice M. Matriz de confusão da análise da paisagem da área E1 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE	88
Apêndice N. Matriz de confusão da análise da paisagem da área E2 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE	89
Apêndice O. Matriz de confusão da análise da paisagem da área E3 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE	90
Apêndice P. Matriz de confusão da análise da paisagem da área C1 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE	91
Apêndice Q. Matriz de confusão da análise da paisagem da área C2 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE	92
Apêndice R. Matriz de confusão da análise da paisagem da área C3 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE	93
Apêndice S. Mapa Hidrológico da Bacia do Rio Brígida – PE	94
Apêndice T. Mapa viário da Bacia do Rio Brígida – PE.....	95
Apêndice U. Mapa Hipsométrico do ambiente Baixada da região do Araripe – PE.....	96
Apêndice V. Mapa Hipsométrico do ambiente Encosta da região do Araripe – PE	97
Apêndice W. Mapa Hipsométrico do ambiente Chapada da região do Araripe – PE.....	98
Apêndice X. Mapa de Declividade do ambiente Baixada da região do Araripe – PE.....	99
Apêndice Y. Mapa Declividade do ambiente Encosta da região do Araripe – PE.....	100
Apêndice Z. Mapa de Declividade do ambiente Chapada da região do Araripe – PE.....	101

1 INTRODUÇÃO

Com a intensidade das ações antrópicas no meio ambiente, encadeia-se um alto processo de substituição das paisagens naturais por outros usos e ocupações do solo. Com isso, torna-se perceptível o aumento da supressão florestal para a expansão pecuária e agrícola. Tais alterações transformam áreas florestais, extensas e contínuas, em fragmentos, afetando a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais.

As regiões semiáridas são definidas pelo desequilíbrio entre oferta e demanda desses recursos naturais e esse descompasso é exercido pelo uso inadequado da terra, ocasionando perda de diversidade biológica e afetando a estrutura do ecossistema (MMA, 2004; SÁ, 2010).

A região do Araripe é constituída por 15 municípios e localizada no semiárido pernambucano. A principal atividade econômica é a exploração de gipsita no Polo Gesseiro do Araripe, principalmente nos municípios de Araripina, Bodocó, Ipubi, Ouricuri e Trindade. Destaque para o subsolo do Araripe que armazena uma das maiores reservas de gipsita do país; as jazidas do Araripe correspondem a algo em torno de 340 milhões de toneladas de minérios economicamente lavrável, com 93% de pureza e destaca-se por ser responsável por 97% da produção brasileira de gesso, além de gerar um faturamento anual de R\$ 1,4 bilhões/ano (GOMES NETO, 2005; SINDUSGESSO, 2014). Embora a lenha seja utilizada em um único processo, a calcinação ainda é bastante explorada, comprometendo a fauna e a flora da região, causando elevado impacto ambiental e paisagístico (CUNHA; CASTRO; CASTRO, 2008). Pois, durante tal processo há necessidade de produzir grande quantidade de energia, na maioria das vezes proveniente de madeira de espécies nativas da região.

O consumo no Polo Gesseiro vem aumentando e a matriz energética da indústria do gesso é diversificada. São utilizados, aproximadamente, 3% de energia elétrica, 5% de óleo diesel, 8% de óleo BPF (baixo poder de fusão), 10% de coque e 73% de lenha (as indústrias de pequeno porte usam, exclusivamente, a lenha como fonte energética) (CRISPIM, 2015). Estima-se que para suprir esse consumo um milhão de m³ de lenha é proveniente, em sua maioria, da vegetação nativa que representa 56% do total consumido (SÁ, 2010). Dessa maneira, as atividades do Polo são determinantes no agravamento dos problemas ambientais, relacionados ao uso da cobertura florestal como fonte de geração de energia, resultando no isolamento e fragmentação da paisagem.

Diante disso, nesse tipo de problema, a análise e interpretação da estrutura da paisagem são um dos primeiros passos para compreender, espacialmente, de forma macro, a região e gerar informações para futuras pesquisas e intervenções. Dessa forma, a Ecologia da Paisagem, busca entender as modificações estruturais e funcionais provocadas pelo homem, para conhecer e monitorar o uso da terra e dos recursos naturais, apresentando alternativas para conciliar o cultivo agrícola e a conservação (ZANELLA et al., 2012), considerando as interações espaciais entre unidades culturais e naturais, incluindo, assim, o homem no seu sistema de análise (METZGER, 2001). Para responder questionamentos, como o grau de isolamento entre os fragmentos e o nível de retalhamento da paisagem, precisa-se quantificar essa estrutura, empregando-se métricas ou índices de paisagem, as quais apresentam uma análise baseada em respostas rápidas e objetivas.

Assim, o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica, com base na Ecologia de Paisagem, são ferramentas eficazes para obtenção de dados e interpretação da paisagem como também de planejamento e manejo ambiental. A caracterização e o mapeamento da cobertura florestal utilizando geotecnologias podem visualizar e explicar relações espaciais representando em formas de mapas, auxiliando no gerenciamento de tomada de decisão em relação à paisagem.

O presente trabalho está incorporado a um projeto piloto: “*Energia de biomassa em Pernambuco: impactos ambientais e alternativas sustentáveis (ProMassa)*”, financiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE e visa gerar conhecimentos para o uso sustentável da biomassa energética da microrregião do Araripe, para contribuir com a reconversão de áreas degradadas, adaptação de novas fontes alternativas de biomassa e seus impactos na vegetação, validando e difundindo o emprego de novas tecnologias para produção de energia no semiárido de Pernambuco.

Neste contexto, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar a estrutura da paisagem florestal de fragmentos em diferentes altitudes na região do Araripe. Como objetivos específicos: mapear os diferentes usos e cobertura da terra e verificar seus efeitos na região do Araripe; avaliar a comunidade arbórea em diferentes altitudes; verificar as diferenças estruturais da paisagem em gradientes altitudinais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Região do Araripe

O sertão do Estado de Pernambuco está, predominantemente, representado pela estrutura geológica do Pré-Cambriano, averiguando-se os tabuleiros interioranos, originários de materiais que se deslocam da Borborema e da Chapada do Araripe na direção da grande calha do rio São Francisco, que compõe o grande canal natural que conduz toda a rede de drenagem desta região (ARAÚJO FILHO et al., 2000).

No sertão, a região do Araripe é bastante conhecida devido aos seus aspectos ambientais, científicos e econômicos. A região detém os seguintes municípios, pertencentes ao Estado de Pernambuco: Araripina, Bodocó, Cedro, Dormentes, Exu, Granito, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Parnamirim, Santa Cruz, Santa Filomena, Serrita, Terra Nova e Trindade, totalizando 18% da área do Estado (SÁ et al., 2009).

Nessa pesquisa, analisaram-se áreas em diferentes ambientes inseridos nos municípios Araripina, Ipubi e Exú.

O município de Araripina, cuja sede encontra-se nas coordenadas geográficas de 07°34'34"S e 40°29'54"W, limita-se ao norte com o estado do Ceará, ao sul com o município de Ouricuri, ao leste com os municípios de Ipubi e Trindade e ao oeste com o estado de Piauí e dista 683 km da capital e cujo acesso é realizado pela BR 232/316 (IBGE, 2010). A precipitação média anual do município é de 431,8 mm, distribui-se com dominância nos meses de dezembro a abril, nos meses entre maio e outubro ocorre escassez de chuvas e a temperatura anual varia com máximas de 30 a 34°C e mínimas de 19 a 23°C. O principal produto de exportação do município é o gesso extraído da gipsita pelas mineradoras da área, e o algodão como principal produto de importação utilizado na fabricação de tecidos; destaca-se ainda na apicultura, com a produção de mel, ocupando o primeiro lugar na produção no Brasil (ARRUDA, 2013).

O município de Ipubi, com coordenadas geográficas de 07°39'07"S e 40°08'56"W, limita-se a norte com estado do Ceará, a sul com Ouricuri, a leste com Bodocó, e a oeste com Araripina e Trindade, distando 666 km da capital, cujo acesso é feito pela BR-232/316 e PE-630. A temperatura média anual é de 24,4°C, a precipitação média anual é de 809 mm, sendo o mês de agosto o mais seco, enquanto o mês de março é o de maior precipitação. Os setores de atividades econômicas são: indústria de transformação, extrativismo, comércio e serviços (IBGE, 2010).

O município de Exú de coordenadas geográficas de 07°30'43''S e 39°43'27''W, limita-se a norte com estado Ceará, a sul com município Granito, a leste com município Moreilândia, e a oeste com município Bodocó; e encontra-se a uma distância de 607 km da capital, cujo acesso é feito pela BR-232, PE-507 e BR-122. As principais atividades econômicas são: indústria de transformação, comércio e serviços (IBGE, 2010). A temperatura anual do município está entre 25°C a 26,1°C, a precipitação média anual é de 865mm, sendo o mês de março o mais chuvoso e o mês de setembro o mais seco (BDE, 2016).

Na região do Araripe, encontram-se os seguintes tipos de relevo: planos, suavemente ondulado, ondulado, fortemente ondulado e escarpado e a dominância de relevos classificados como planos devem-se à Chapada do Araripe ser um tabuleiro (FUPEF, 2007). Segundo o Ibama (2006), os relevos categorizados como planos, suavemente ondulados e ondulados são conceituados como propícios ao cultivo de florestas e cerca de 80% dos relevos são considerados adequados para atividades agropecuárias. Os solos situados nessa região são: Latossolos, Argissolos, Neossolos e Luvisolos (SANTOS et al., 2011). Esses solos apresentam potencial para cultivos agrícolas; Os Latossolos e Argissolos ocupam superfícies com relevo plano e suave ondulado e possuem boa drenagem, enquanto os Neossolos e Luvisolos ocupam áreas mais movimentadas (MANZATTO, FREITAS JUNIOR; PERES, 2002).

As áreas que obtêm precipitações anuais baixas, perante elevadas temperaturas, tendem a diminuir o fluxo das correntezas fluviais durante seis a sete meses, ou eventualmente um pouco mais; entretanto, com as irregularidades do clima semiárido, a conjuntura hidrológica apresenta ritmos totalmente anormais. A hidrologia regional do Nordeste seco é diretamente relacionada ao ritmo climático sazonal dos sertões; e afirma ainda que todos os rios da região, em algum momento do ano, chegam ao Atlântico pelas mais diversas trajetórias; o inverso de outras regiões semiáridas do mundo, em que rios e bacias hidrográficas convergem para depressões fechadas (AB'SÁBER, 1999; AB'SÁBER, 2003).

A disponibilidade hídrica é um fator tão limitante quanto extremamente variável no tempo e nessa região. Segundo Gariglio et al. (2010), a variabilidade procede de quatro causas principais: (I) sistema muito complexo da formação das chuvas, com frentes que vêm de vários quadrantes e que vão perdendo sua força à medida que penetram no núcleo do semiárido, resultando em chuvas irregulares e concentradas em poucos meses do ano e em anos chuvosos alternados erráticamente com anos de secas; (II) disposição orográfica, com

serras e chapadas mais altas interceptando as frentes mais úmidas, recebendo mais chuvas que o entorno e criando zonas pouco chuvosas a sotavento; (III) escoamento das águas, deixando as encostas mais secas e concentrando-se nos vales, formando lagoas e rios, mas onde a disponibilidade hídrica estende-se por semanas e até meses depois que as chuvas cessam; e (IV) variabilidade dos solos, com maior ou menor capacidade de reter as águas das chuvas, por conta de diferentes profundidades e texturas.

Maranhão; Ayrimoraes (2012) afirmam que nesta região, os afluentes são um sistema de cursos d'água de áreas semiáridas, intermitentes e irregulares, dotados de fraquíssimo poder energético, pois suas nascentes encontram-se em áreas com baixas precipitações, e seus vales atravessam regiões com precipitações anuais insuficientes para alimentá-los permanentemente, além de estar exposto à temperaturas elevadas durante o longo período de estiagem. A ausência da cobertura arbórea em grande parte da região faz com que não haja boa proteção dos solos colaborando para o agravamento do regime pluvial (PAULINO; TEIXEIRA, 2012).

A cobertura vegetal do Araripe é caracterizada por fisionomias de Cerrado e Caatinga e são estratificadas por características ambientais. Na região encontra-se a Caatinga arbustiva que é caracterizada como a mais rala com um porte médio de 3 (três) metros de altura, sendo considerada a regeneração da caatinga com ocorrência de muita vegetação arbustiva e cactácea, com volume de madeira considerado baixo. Depara-se também com a vegetação de Caatinga arbustivo-arbórea, que é uma caatinga mais densa que a arbustiva, pois as copas do estrato superior chegam a se tocar, enquadrando-se como classe intermediária na sucessão florestal, com o porte médio de 4,5 (quatro e meio) metros de altura, apresentando maior volume de madeira que a arbustiva. Constata-se ainda, a presença da vegetação da Caatinga arbórea, que é dada como a caatinga com maior volume de madeira, as árvores possuem porte médio elevado, com pouca ou nenhuma vegetação arbustiva, o que é evidenciado pelas árvores do estrato superior que se cruzam fechando o dossel. Ademais, apresenta-se a vegetação de cerrado que é uma vegetação de porte médio, com árvores mais esparsas, permitindo pequenas clareiras (SECTMA, 2007).

Segundo Araújo Filho et al. (2000), na parte central e oeste da Chapada do Araripe ocorre uma vegetação de transição Caatinga/cerrado/floresta, podendo ser localmente chamada de carrasco, tratando-se de uma vegetação praticamente caducifólia, que é dada como uma formação arbóreo-arbustiva, densa, com presença de espécies espinhosas, mas com poucas cactáceas; cuja fisionomia, de princípio, parece uma caatinga, entretanto, atentando-se

melhor para sua composição florística, trata-se mais de uma área de tensão entre as formações caatinga, floresta e o cerrado, apresentando as espécies vulgarmente conhecidas como visgueiro do Araripe, lagarteiro e canafístulas.

O Araripe detém o maior conjunto de jazidas de gipsita em exploração no Brasil, e é o maior produtor de gesso do Brasil (SÁ, 2010; SINDUSGESSO, 2014). Para essa produção, o polo tem consumido cada vez mais a lenha como principal insumo na sua matriz energética acarretando um desequilíbrio acentuado entre oferta e demanda de lenha para suprir a indústria de gesso, provocando a devastação do estoque madeireiro da região (ALBUQUERQUE, 2002; GADELHA, 2010).

A energia proveniente da biomassa tem baixo custo, algo inquestionável, o que, associado à sua capacidade de renovação, contribui para aumentar a demanda sobre os produtos florestais. Silva (2008-2009), ponderando o comportamento da demanda de lenha na região e fazendo projeções de sua matriz energética comprovou que é necessária uma área de 160 mil hectares de Caatinga, disponibilizada para o manejo florestal, visando atender a necessidade de lenha oriunda de maneira sustentável. Conforme Ferraz Neto et al. (2011), as explorações dos recursos naturais nessa região podem induzir à degradação ambiental e a aceleração dessa degradação depende da fragilidade natural do ambiente, que nessa região é marcada pelas características climáticas e edáficas, além do mau uso do solo.

2.2 Uso e ocupação da terra

Historicamente, a ação humana é uma das principais modificadoras da superfície terrestre, promovendo alterações significativas na paisagem, dado que o crescimento da população mundial e, conseqüentemente, da demanda por alimentos, fez com que o homem realizasse a retirada da vegetação e modificasse o relevo, visando a expansão agropecuária.

A partir de 1930, mediante o mapeamento do uso e cobertura da terra realizado na Grã-Bretanha é que houve uma maior visibilidade, por conta da amplitude do projeto e do número de pessoas envolvidas. Posteriormente, no ano de 1949, foi lançada no congresso internacional de geografia, em Lisboa, a proposta para um mapeamento em escala mundial do uso e cobertura da terra e, assim, foi criada uma comissão para a realização desse inventário. Segundo esta comissão os mapas deveriam ser produzidos na escala de 1:1.000.000, com destaque para os países de Terceiro Mundo, que carecem de informações dessa magnitude para subsidiar na elaboração de planos de intervenção (LUCHIARI, 2006).

No Brasil, os primeiros mapeamentos de uso e cobertura da terra foram elaborados no final de 1930 e tinham a função de fornecer informações sobre as áreas de colonização no sul do país e da Amazônia que estavam sujeitas a um processo de povoamento. Nos anos 2000 afirma-se que o uso da terra “está relacionado à função socioeconômica (agricultura, habitação, proteção ambiental) da superfície básica”. Pois, a cobertura da terra é definida, como sendo “os elementos da natureza como a vegetação (natural e plantada), água, gelo, rocha nua, areia e superfícies similares, além das construções artificiais criadas pelo homem, que recobrem a superfície da terra”. (IBGE, 2006).

A identificação do uso e ocupação da terra torna-se imprescindível para a compreensão do meio, buscando a organização de seu espaço, em razão de que esse processo pode provocar perda da biodiversidade, queda na fertilidade do solo e a intensificação dos processos erosivos (VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010). Esses mapeamentos vêm sendo utilizados como ferramentas de gestão territorial, principalmente em relação a manutenção e preservação dos recursos naturais, tornando-se um importante instrumento de tomada de decisão (COELHO et al., 2014). Para identificar e executar esses mapeamentos, em qualquer escala, faz-se necessário utilizar o Sensoriamento Remoto.

2.3 Sensoriamento Remoto e processamento digital de imagens

Na literatura, há várias definições de sensoriamento remoto. Para Lillesand; Kieffer (1987), o sensoriamento remoto obtém informações sobre um determinado objeto, área ou fenômeno, mediante análise dos dados adquiridos sem está diretamente em contato com os objetos investigados. Novo (1992) e Moreira (2004) definem sensoriamento remoto como a utilização de modernos sensores, aeronaves, capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertendo em sinal passível de ser registrado e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias existentes na superfície terrestre em suas mais diversas manifestações. Florenzano (2005) afirma que é a tecnologia que permite obter imagens por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida da superfície, proporcionando uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre.

A trajetória do sensoriamento remoto (SR) apresenta dois períodos: o primeiro inicia-se em 1860, e se estende até 1960, e é dominado totalmente pela aerofotogrametria, utilizando desde balões a aviões e, nesse período de 100 anos, o sensoriamento remoto evoluiu de forma gradativa nos produtos, nos meios de obtenção e na forma de interpretação e análise dos mesmos; enquanto o segundo, estende-se até os dias atuais e é caracterizado pela multiplicidade de sistemas sensores (SANTOS, 2013). Mas, a grande revolução do SR

ocorreu no início dos anos 70, com o lançamento dos satélites de recursos naturais terrestres, que embora demandem grandes investimentos e muita energia nos seus lançamentos, sua operação em órbita desprende de um consumo de energia mínimo e executam um processo contínuo de tomadas de imagens da superfície terrestre, coletadas 24 horas por dia, durante toda a vida útil dos satélites (FIGUEREDO, 2005).

De acordo com Novo (2011), determinadas características são intrínsecas do Sensoriamento Remoto, ressaltando-se:

- Os níveis da radiação solar variam no tempo e espaço e os distintos materiais na superfície terrestre emitem radiação em diferentes níveis de eficiência;
- A atmosfera modifica a amplitude e a distribuição espectral da Radiação Eletromagnética (REM) recebida por um sensor em função do comprimento de onda, do tipo de sensor utilizado e da forma de aplicação;
- Os sensores possuem limites fixos de sensibilidade espectral e variações na sua resolução espectral, que é uma indicação de seu nível de capacidade em registrar detalhes de natureza espacial;
- Materiais distintos uns dos outros podem apresentar uma grande similaridade espectral, tornando difícil o trabalho de diferenciação;
- A capacidade atual de gerar dados excede a capacidade corrente de processar esses mesmos dados, em se tratando dos procedimentos de interpretação visual e assistidas por computador.
- Os dados gerados somente se tornam informação quando alguém possui bom entendimento acerca de sua geração, interpretação e forma de utilização.

Em referência às novas plataformas orbitais, destaca-se a RapidEye que opera seu próprio sistema, composto por cinco satélites de Sensoriamento Remoto, idênticos e posicionados em órbita síncrona com o Sol, com igual espaçamento entre cada satélite capazes de coletar imagens sobre grandes áreas; esta configuração facilita estabelecer novos padrões de eficiência relacionados à repetitividade de coleta, com uma faixa de abrangência de coleta de imagens é de 77 km de largura e 1500 km de extensão, e a exatidão das informações geradas sobre a superfície da Terra (ANTUNES; SIQUEIRA, 2013; MENGATTO JUNIOR; SILVA, 2014). Segundo os autores, as imagens RapidEye ganharam tamanha relevância no cenário nacional em virtude da assinatura de convênios com o Governo Federal, que iniciaram o fornecimento destas imagens gratuitamente para os órgãos públicos.

O SR engloba não apenas variedades de imagens e sensores, mas, também, o emprego de técnicas de processamento de imagens digitais que deverão ser empregadas para a análise dos dados e extração das informações dessa imagem. A função principal desse processamento digital é a de fornecer maneiras de facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens para interpretação (VALENTE, 2001). Assim, sistemas dedicados de computação são utilizados para análise e manipulação das imagens brutas, resultando na produção de outras imagens com informações específicas, extraídas e realçadas com base nas imagens originais (CRÓSTA, 1993), ou seja, é a manipulação de uma imagem por computador de forma que a entrada e a saída do processo sejam imagens (SILVA, 2015).

Segundo Moreira (2011), programas computacionais empregam algoritmos para o reconhecimento dos padrões espectrais e o pré-processamento consiste na transformação em dados corrigidos radiométrica e geometricamente, realizando realce da imagem, mediante manipulação de contraste, filtragem espacial e rotação de imagens, manuseando-se pontos de apoio conhecidos para seu registro.

2.4 Geoprocessamento

Há pouco tempo, coletar informações acerca da distribuição geográfica de propriedades, animais, plantas e recursos minerais era realizado apenas em documentos e mapas em papel, o que acabava impedindo uma análise que associasse diversos mapas e dados. Com o progresso da tecnologia de Informática, tornou-se praticável armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do Geoprocessamento (CÂMARA; DAVIS, 2004).

O Geoprocessamento representa a área do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais, para o tratamento de informações geográficas, que abrange um conjunto de procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados (D'ALGE, 2001). Assim, é fundamental possuir o entendimento geral da tecnologia do geoprocessamento, de forma que os gerentes, especialistas técnicos e potenciais usuários possam adequar essa ferramenta à sua aplicação específica (HAMADA; GONÇALVES, 2007).

Para conseguir atingir um tratamento e análise de dados satisfatórios, o geoprocessamento incorpora técnicas de última geração, envolvendo desde satélite de observação da Terra, técnicas de mensuração por sistemas de posicionamento, até sofisticados sistemas e equipamentos de informática (HENDGES, 2007).

Ao se referir ao geoprocessamento, necessita-se determinar seus instrumentos computacionais. Surge um novo conceito denominado de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que é definido por Moreira (2011), como um conjunto de ferramentas que permitem análise envolvendo dados espaciais e não espaciais sobre o espaço terrestre associando dados geográficos a uma infinidade de atributos, possibilitando assim realizar consultas, análises e simulações, envolvendo todo o tipo de informação em que a variável “espaço” é importante.

Para Aronoff (1989) e Hamada; Gonçalves (2007), o SIG tem a habilidade de gerenciar os dados espaciais e seus correspondentes dados de atributo e de integrar diferentes tipos de dados de atributos em uma única análise com alta velocidade fornecendo análises espaciais complexas tanto quantitativa quanto qualitativa e com um custo relativamente baixo, além de possibilitar processos de tomada de decisão, facilitar a atualização dos dados e produzir mapas com rapidez.

No SIG ocorrem os processos de entrada de dados, gerenciamento de dados, armazenamento e análise dos mesmos e são geradas informações, que são produtos cartográficos, como mapas, tabelas e gráficos, que subsidiam aos usuários nas tomadas de decisões e na aplicação das ações para modificação de maneira real (Figura 1).

Figura 1. Representação esquemática geral de utilização do SIG



Fonte: Hamada; Gonçalves, 2007. Adaptado pela autora.

Conforme Silva et al. (2004), a base de dados de um sistema de informação geográfica admite a relação de elementos e atributos que podem gerar um conjunto de informações temáticas gerenciáveis por “camadas” ou “temas”, e este conjunto de informações possuem tipos de dados alfanuméricos e gráficos. A representação digital destas informações pode-se apresentar de dois modos diferentes, em relação aos aspectos espaciais (gráficos): formato vetorial, no qual o desenho é representado por vetores (ou mais especificamente, pontos, linhas e polígonos), ou formato raster (ou matricial), no qual os desenhos são representados por células (pixels ou picture elements).

Os SIG's manipulam dados de variadas fontes como mapas e imagens, permitindo combinar informações para efetuar análises dos dados, contribuir em resultados de fácil visualização, e apresentá-los em mapas avaliando intervenções e transformando em informações úteis e politicamente relevantes (RODRIGUEZ, 2000; LANG; BLASCHKE, 2009; ZANELLA, 2011).

Portanto, o SIG é uma ferramenta computacional poderosa e imprescindível no planejamento, desde a implantação até a utilização, a fim de atingir os objetivos desejados e explorar tudo que pode proporcionar. O êxito da utilização depende exclusivamente da forma como o usuário o utiliza.

2.5 Classificação de imagens

O mapa temático obtido da interpretação de imagens de satélites tem como objetivo representar o universo de forma real. Usualmente, o que se busca é representar espacialmente as feições contidas na área imageada e quantificar as classes de uso e ocupação do solo (MOREIRA, 2011).

A coleta dos dados de referência, ou seja, aqueles que demonstram a situação real de campo à época da obtenção da imagem, é uma parte essencial de qualquer projeto de classificação e mapeamento envolvendo dados obtidos por meio de sensoriamento remoto. Esses dados são usados para verificar a exatidão da classificação entre classes e como entrada no processo de refinamento da classificação (CONGALTON; BIGING, 1992).

De acordo com Beluco (2002), o processo de classificação consiste em associar a cada pixel de uma imagem a uma das classes presentes, descrevendo um objeto real (vegetação, cursos d'água, solo e etc.) e essa associação pode ser realizada com base em observações no pixel em si e na sua vizinhança. O autor alega que os valores numéricos associados a cada pixel, determinados pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel, são identificados

em termos de cobertura da superfície terrestre imageada e que quando esse tipo de operação é efetuado para todos os pixels de uma determinada área, o resultado é um mapa temático, mostrando a distribuição geográfica de um tema. Então, a classificação de uma imagem nada mais é que a identificação de componentes contidos na mesma pela associação de cada um de seus pixels a uma determinada classe temática.

Os métodos de classificação digital podem ser agrupados em função da presença ou não de uma fase de treinamento onde o analista interage com o computador, isto é, podem ser divididos em categorias, de acordo com o tipo de treinamento: supervisionados e não supervisionados (EASTMAN, 2009).

A classificação supervisionada é um dos procedimentos mais utilizados para análises quantitativas de imagens no sensoriamento remoto (RICHARDS; JIA, 2006). Na classificação supervisionada é essencial que o analista tenha um conhecimento acerca da localização espacial de algumas amostras das classes de interesse, visto que esta classificação se baseia no pressuposto de que cada classe espectral pode ser descrita a partir de amostras fornecidas pelo analista (FERNANDES, 2015).

Existem diversos métodos para a classificação supervisionada, um dos é a *Maximum Likelihood* (Máxima Verossimilhança). Isto quer dizer que objetos pertencentes à mesma classe apresentarão resposta espectral próxima à média de valores para aquela classe (RIBEIRO; BAPTISTA; BIAS, 2007). Este método considera a ponderação das distâncias entre as médias através de parâmetros estatísticos e exige um número bastante elevado de pixels para cada conjunto de treinamento, permitindo uma base segura para o tratamento estatístico (CRÓSTA, 1993). Nesta classificação, uma das mais populares, cada pixel é destinado à classe que apresenta a mais alta probabilidade, isto é, a máxima verossimilhança (MENESES; ALMEIDA, 2012), utilizando um limiar com o intuito de evitar que pixels com a pequena probabilidade de pertencer a determinada classe sejam classificados como pertencentes a ela, ou seja, classe errônea.

Entretanto, todo o processo de classificação está sujeito a erros dos mais diversos tipos e fontes. A avaliação da acurácia dos dados extraídos das imagens está diretamente relacionada com a qualidade do mapeamento. Todas as classes que compõem a imagem ou o mapa temático devem estar associadas a um controle de qualidade para que estas possam ser validadas. Entende-se que um mapeamento temático só deve ser utilizado como fonte autêntica de informações quando associados a processos de avaliação da acurácia dos dados que o compõem (FERRARI, 2008).

Os usuários necessitam saber quão confiáveis são os dados provenientes dos mapas temáticos, derivados da classificação de um produto do sensoriamento remoto, e por meio da matriz de confusão é possível derivar medidas e consequentemente verificar erros oriundos do processo de atribuição dos pixels a determinadas classes (VIEIRA, 2000). A matriz de confusão é uma representação da acurácia do mapa permitindo correlacionar a imagem classificada com dados obtidos por verdade terrestre.

Segundo Silva (2011), a avaliação da acurácia pode ser obtida por coeficientes de concordância, sendo que estes podem ser expressos como concordância total ou para classes individuais. Entre os coeficientes de concordância se podem citar o *Kappa* (COHEN, 1960). Conforme Congalton; Biging (1992), o índice baseia-se na diferença entre a concordância observada (diagonal principal da matriz de confusão com a concordância entre a classificação e os dados de referência) e a chance de concordância entre os dados de referência de uma classificação aleatória (produto entre os totais marginais da matriz).

2.6 Ecologia da paisagem e suas métricas

O termo "paisagem" é dado como conceito chave e é definido como um mosaico heterogêneo composto por unidades interativas e essa heterogeneidade deve existir para pelo menos um fator, segundo um observador e em uma determinada escala de observação (WU, 2013). A ideia de paisagem é adotada em estudos ambientais como uma unidade espacial, identificada pela heterogeneidade do uso do solo, o qual produzido pelas relações entre sociedade e meio ambiente são definidas por processos sociais, políticos e culturais (GOERL et al., 2011; JESUS, 2013). Portanto, a paisagem é considerada como um sistema em que as partes integrantes estejam em constante interação.

É a demanda pela análise espacial dessas interações que faz surgir a Ecologia de Paisagem, conceituada como um campo interdisciplinar que investiga a dinâmica da diversidade espacial da paisagem e dos efeitos das atividades antrópicas em suas alterações (GUIMARÃES, 2004), como uma ciência básica para o desenvolvimento, manejo, conservação e planejamento da paisagem, permitindo que a mesma seja avaliada de diversos ângulos (TURNER, 2005).

Metzger (2001) e Wu (2013) relatam que o conceito de Ecologia da Paisagem apareceu em 1930, precisamente com biogeógrafo Carl Troll, com a premissa de estudar as interações entre a biota e o meio ambiente; entretanto, a Ecologia da Paisagem alavancou na década de 80, quando dados de sensoriamento remoto e computadores tornaram-se

amplamente acessíveis aos ecologistas e geógrafos. Os autores afirmam que o conceito recebeu ampla influência norte-americana ao adaptar a biogeografia de ilhas para o planejamento de reservas naturais em ambientes continentais, dando aos estudos da Ecologia da Paisagem, ênfase em paisagens naturais para aplicação na conservação da biodiversidade e no manejo dos recursos naturais.

A Ecologia da Paisagem é o estudo que aborda se a estrutura interfere na abundância e distribuição dos organismos (WIENS; MOSS, 2005) e se a evolução está condicionada às atividades humanas (BUREL; BAUDRY, 2002). Ademais, compreende a influência de padrões espaciais sobre os processos ecológicos, introduzindo o conceito de escala nessa análise (VALENTE; VETTORAZZI, 2002), mediante reconhecimento de que as alterações nos habitats naturais, tanto na composição bem como na configuração interferem no comportamento das espécies (CLARK, 2010).

A composição da paisagem representa as áreas de uma paisagem e está interessada no conteúdo de informação da mesma e não da disposição espacial de seus elementos, isto é, está focada na qualidade e quantidade de manchas (elementos) que compõem a paisagem. A compreensão da configuração dos fragmentos é que constituem a paisagem (forma, tamanho, tipologia e posição geográfica) permitindo assim interpretar vários processos associados à manutenção de paisagens fragmentadas, viabilizando o estabelecimento de estratégias para a preservação da biodiversidade (MAGALHÃES 2013). Ademais, corresponde à estrutura espacial explícita da paisagem, onde o foco é a distribuição física de seus elementos, que se originou pela heterogeneidade das unidades da paisagem e pode ser analisada mediante diversas medidas (LANG; BLASCHKE, 2009).

Essa análise e interpretação da estrutura da paisagem promove a aquisição de conhecimentos essenciais para o planejamento de uma área ou região (ZANELLA, 2011). As intervenções antrópicas nas paisagens naturais têm como consequências a perda de habitat e a fragmentação, a qual define-se pela ruptura de uma unidade da paisagem que, anteriormente, encontrava-se de maneira contínua; e esse processo leva a formação da paisagem em um mosaico (FAHRIG, 2003; METZGER, 2006; ALMEIDA, 2008). Segundo diversos autores como Valente (2001), Metzger (2001), Lang; Blaschke (2009); Clark (2010) e Magalhães (2013) que citam Forman, a presença de uma paisagem com essa estrutura de mosaico é definida por fragmentos, corredores e matriz.

Os fragmentos, também denominados de manchas, diferenciam-se dos arredores, são frequentemente menores, geralmente como áreas homogêneas e não lineares e com aparência

distinta do aspecto da paisagem; a matriz é a que recobre a grande parte da paisagem, ou tem mais áreas conectadas, e controla a dinâmica; os corredores são áreas estreitas, dadas como lineares, homogêneas e diferentes do seu entorno, que podem ser ligação ou barreiras na paisagem, além de terem a funcionalidade na estrutura da paisagem de influenciar no fluxo gênico e de material (METZGER, 2001; CLARK, 2010).

Sendo assim, a Ecologia da paisagem procura compreender os padrões da paisagem, as interações entre os elementos desse padrão e como esses padrões e interações mudam ao longo do tempo, além disso, envolve a aplicação de seus princípios na formulação e resolução de problemas reais (MCGARIGAL, 2016), como conhecer e monitorar o uso da terra e dos recursos naturais expondo alternativas para agregar a conservação com o manejo da área (ZANELLA et al., 2012).

Essas abordagens são efetuadas para a análise da estrutura da paisagem e, segundo Lang; Blaschke (2009), essas “características estruturais da paisagem são observáveis, descritíveis e quantificáveis”. A habilidade de quantificar a estrutura da paisagem é pré-requisito para o estudo da função e mudança da mesma. Por meio de indicadores, também chamados de métricas da paisagem, permite diagnosticar as condições dos fragmentos resultando em um valioso conhecimento da estrutura da paisagem para que possíveis medidas sejam tomadas (JESUS et al., 2015).

Conforme Metzger (2004), essas métricas podem ser agrupadas em: métricas de composição, ou não espaciais; e métricas de disposição, ou espaciais. As métricas de composição são referentes às unidades da paisagem, descrevendo a quantidade e a proporção da área ocupada por elas. As métricas de disposição demonstram a disposição espacial das unidades das manchas e apresentam informações à medição da fragmentação. Essas métricas podem ser utilizadas em nível de unidade de mancha, classes de manchas e até a paisagem como um todo (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

As métricas ao nível das manchas são empregadas na análise do caráter espacial e constituem a base dos cálculos das métricas de classe e paisagem, e possuem maior valor interpretativo; já as métricas ao nível da classe são definidas pelo desdobramento das métricas de mancha, visto que resultam da integração das mesmas em uma determinada classe, ocasionando ponderação acerca das propriedades das manchas em nível agregado; enquanto as métricas ao nível de paisagem resultam da síntese das métricas ao nível de manchas ou classes e seu aproveitamento está na análise e interpretação dos padrões, composição e configuração da paisagem (LOURENÇO, 2009).

Para Marques (2004) e Magalhães (2013), foi a partir da elaboração das métricas que se tornou possível quantificar e mensurar os elementos que constituem a paisagem e, assim, conseguir debater a relação entre as formas, funções, quantidade, distribuição e transformações temporais dos mesmos. Identificando padrões desejáveis na paisagem e contribuindo no planejamento e monitoramento do todo (TURNER; GARDNER, 1990; LANG; BLASCHKE, 2009).

O *software* Fragstats, difundido a partir do ano de 1993, é de domínio público e foi desenvolvido por Kevin McGarigal e Barbara J. Marks, caracteriza-se como importante ferramenta na área de Ecologia de Paisagem, pois disponibiliza inúmeras métricas interpretadas e implementadas em linguagem computacional; o programa é projetado para quantificar a composição, configuração e conectividade dos objetos espaciais dentro de uma imagem “raster” mediante métricas divididas em fragmentos individuais que compõem a matriz, para cada tipo de classe encontrada e finalmente para paisagem como um todo (VOLOTÃO, 1998). Para cada um desses grupos, podem ser calculadas métricas de área, de forma, de proximidade e isolamento, quantidade e densidade dos fragmentos. Essas métricas quantificam a estrutura somente dentro dos limites da mesma, a interpretação e o significado desses valores ecológicos requerem uma compreensão da paisagem e sua relação com o fenômeno em questão (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

As vantagens da aplicação das métricas são indicadas em diversos estudos seja na conservação da biodiversidade, avaliando a conformidade da paisagem e a relação com a diversidade e riqueza (SCHINDLER et al., 2013); seja empregando-se em análise de fragmentos de áreas protegidas, com o intuito de fornecer informações para restauração ecológica (SOUZA et al., 2014); quer na identificação de áreas mediante mapeando dos fragmentos para sua manutenção e preservação, tendo em vista a continuidade da qualidade da água de microbacias (MORAES et al., 2015); quer seja em Unidade de Conservação, analisando ameaças para subsidiar nas estratégias na conservação da biodiversidade (SILVA et al., 2013a).

As métricas de paisagem contemplam possibilidades no diagnóstico e comparação das mais variadas paisagens e, assim, contribuem na prevenção de determinados impactos que poderiam alterar a sua estrutura, e seus resultados levam à compreensão de sua dinâmica (MAGALHÃES, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização das áreas de estudo

O trabalho foi desenvolvido na região do Araripe, domínio da Bacia do Rio Brígida e localizada no oeste do estado de Pernambuco, Brasil.

O clima da região é Tropical Zona Equatorial quente, com quatro a oito meses de estação seca (IBGE, 2016). A região possui a semiaridez acentuada na parte mais baixa, onde os totais anuais precipitados variam entre 400 e 500 mm e, na parte correspondente à Chapada do Araripe, as precipitações aumentam, atingindo médias entre 700 e 800 mm; e a temperatura variando entre 24° e 26°C (LOPES, 2005).

Na presente pesquisa foram realizadas visitas para reconhecimento e marcação de pontos de GPS, com o intuito de identificar o uso e a ocupação da terra, além de registros fotográficos da paisagem, visando averiguar a veracidade do que foi verificado nas imagens, resultando em quatro viagens com duração de 15 dias cada.

As paisagens analisadas apresentaram tamanhos distintos, pois a delimitação das mesmas tiveram como base as áreas pré-definidas para os levantamentos florísticos que servirão de ferramentas para futuros trabalhos. Dessa maneira, para o mapeamento e análise da paisagem executou-se o buffer com distância de 2,5 km, a partir de cada área pré-definida, evitando sobreposição. Assim, analisou-se as paisagens composta pelo buffer e cada área pré-definida para o levantamento florístico.

A amostragem realizou-se em três ambientes com diferentes altitudes. O ambiente Baixada com altitude de até 600 m, o ambiente Encosta com alturas entre 600 a 750 m e o ambiente Chapada com altitudes acima de 750 m. A amostragem total foi de nove áreas, sendo três em cada ambiente e localizadas nos municípios de Araripina, Ipubi e Exú (Tabela 1) (Figura 2).

Tabela 1. Relação das áreas de estudo na região do Araripe – PE, Brasil

AMBIENTE	NOMENCLATURA	MUNICIPIO
Baixada	Área 1 (B1)	Araripina
	Área 2 (B2)	Araripina
	Área 3 (B3)	Araripina
Encosta	Área 1 (E1)	Araripina
	Área 2 (E2)	Araripina
	Área 3 (E3)	Araripina
Chapada	Área 1 (C1)	Araripina
	Área 2 (C2)	Ipubi
	Área 3 (C3)	Exú

Figura 2. Localização das áreas de estudos na região do Araripe – Pernambuco, Brasil

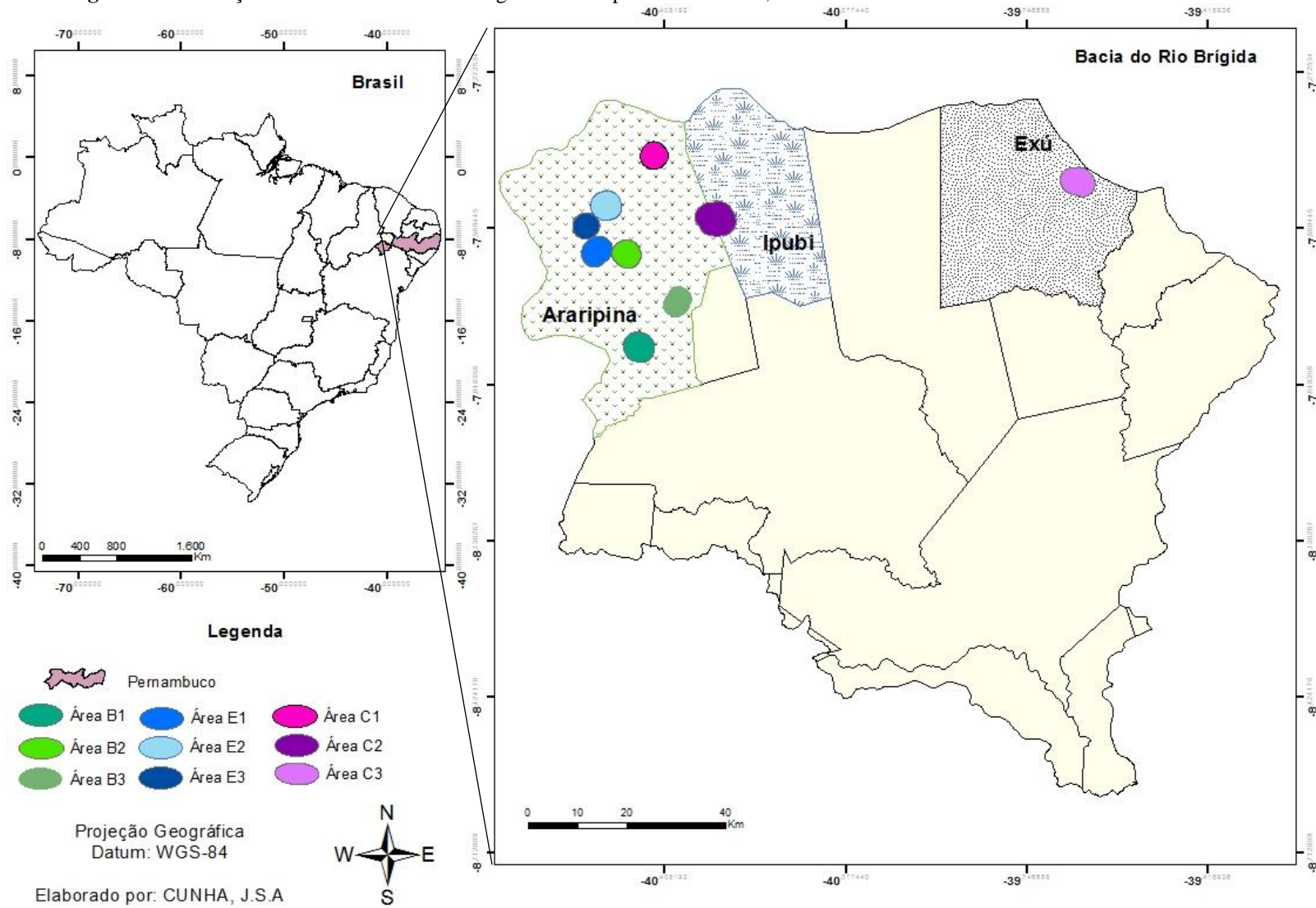
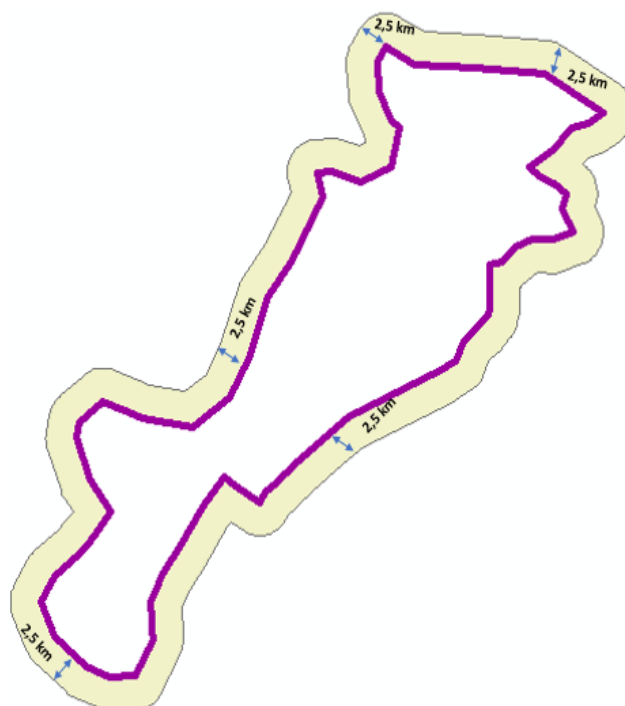


Figura 3. Demonstrativo do buffer para cada paisagem estudada na região do Araripe – PE, Brasil



3.2 Base de dados

Inicialmente, adquiriram-se imagens RapidEye com as características (Tabela 2) e com as cenas (Tabela 3) abrangendo a região de estudo. As cenas foram cedidas pelo Governo Federal distribuídas no GeoCatálogo do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e ortorretificadas (nível 3A) com tamanho de pixel no terreno de 5 (cinco) m.

Tabela 2. Características técnicas gerais dos satélites RapidEye

CARACTERÍSTICAS	INFORMAÇÕES
Número de satélites	5
Órbita	Heliosíncrona com 630 km de altitude
Passagem pelo Equador	Aproximadamente as 11:00 h em hora local
Tipo do sensor	Imageador multiespectral pushbroom
Bandas espectrais	Blue, Green, Red, Red-Edge, Infravermelho Próximo
Espaçamento de pixel	6,5 m no nadir
Tamanho da imagem	Aproximadamente 77 km de largura com comprimento entre 50 e 300 km, 462 Mbytes/25 km ao longo da órbita para 5 bandas
Tempo de revisita	Diariamente fora do nadir/ 55 dias (no nadir)
Datum horizontal	WGS84
Bits de quantização	12 bits

Fonte: Antunes; Siqueira, 2013.

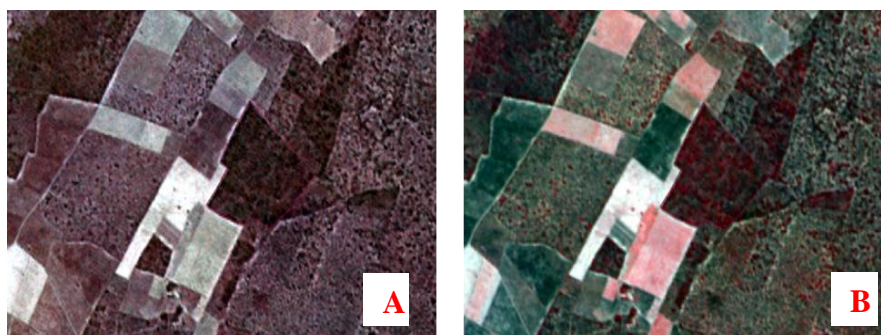
Tabela 3. Características das imagens RapidEye obtidas pelo MMA (Ministério do Meio Ambiente) para a região do Araripe, Pernambuco, Brasil

IMAGEM	CENA	DATA
RAPIDEYE	2435508	05/08/2014
	2435607	04/06/2014
	2435608	05/08/2014
	2435609	31/07/2014
	2435611	31/07/2014
	2435612	26/05/2014
	2435507	22/07/2015

3.3 Processamento digital das imagens

As imagens foram importadas para realização do mosaico. O recorte dos buffers, atendendo a delimitação pré-definida das áreas do levantamento florístico, a uma distância de 2,5 (dois e meio) km e elaborou-se a composição colorida (R5G3B2) das bandas juntamente, com realce de contraste para melhoria de sua qualidade sob os critérios subjetivos do olho humano (Figura 4).

Figura 4. Composição de bandas RGB do RapidEye na área C1 da Chapada. (A) Imagem real R1G2B3 (B) Imagem com composição colorida utilizando as bandas R5G3B2 juntamente com realce de contraste



Todas as imagens foram segmentadas baseadas em agrupamentos, que identificam recursos ou segmentos em suas imagens, agrupando os pixels adjacentes que possuem características espectrais semelhantes, de modo que o produtor possa controlar a quantidade de suavização espacial e espectral, para ajudar a derivar as características de interesse.

Na análise e interpretação visual das imagens RapidEye foram identificadas as classes do mapa de usos e cobertura da terra, complementadas com as observações preliminares de campo com base no Manual Técnico da Vegetação Brasileira – IBGE (2012). Sendo assim, as classes temáticas presentes foram as seguintes: Floresta Densa – referente às formações florestais arbóreas; Floresta Esparsa – relacionada à vegetação arbustiva e arbustivo-arbórea; Agropecuária - áreas com culturas anuais em diversos estádios de desenvolvimento, áreas em preparo para plantio e com culturas, em fase de germinação e áreas de criação de animais para o consumo humano ou para o fornecimento de matérias-primas; Solo Exposto – áreas

desprotegidas sem nenhuma cobertura; Corpos d'água – rios, córregos, lagoas e represas; Urbano - benfeitorias rurais e áreas urbanas; Nuvem e Sombra.

Após definido os padrões de uso e cobertura da terra, foi realizado o treinamento das amostras para o reconhecimento espectral de cada uma das classes, sendo as imagens submetidas à classificação supervisionada por Máxima Verossimilhança. Foram confeccionados os mapas temáticos de uso e cobertura da terra para as nove áreas localizadas na região do Araripe – PE. A confiabilidade da classificação digital do uso e cobertura da terra das áreas de estudo foi realizada pela matriz de confusão e classificadas aplicando-se o coeficiente de *Kappa* (COHEN, 1960). A equação que fornece o valor desse coeficiente é apresentada a seguir:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ij} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}$$

Equação 1

Em que:

r = número de classes;

X_{ij} = número de elementos classificados corretamente;

X_{i+} = total de elementos classificados para uma categoria i ;

X_{+i} = total de elementos de referência amostrados para uma categoria i ;

N = número total de amostras.

Os valores do índice de *Kappa* (K) variam entre -1 e 1 (Tabela 4), onde o valor 1 reflete uma total concordância entre a imagem classificada e a imagem real, e o valor -1, quando há uma total discordância. Esses valores são comparados e confrontados com os conceitos definidos por Landis; Koch (1977), que servem para avaliar a exatidão do mapa temático obtido da classificação da imagem.

Tabela 4. Qualidade da classificação do uso e cobertura da terra segundo intervalos do coeficiente *Kappa*

Valor do <i>Kappa</i>	Qualidade da classificação
< 0,00	Péssima
0,0 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Para a confecção dos mapas estáticos foram selecionadas as seguintes variáveis estáticas: declividade, hipsometria, hidrografia e viário. Na elaboração de mapas de declividade e hipsometria foram utilizados dados de radar da Shuttle Radar Topography Mission - SRTM (NASA, 2016) com resolução de 90 m, quadrante sb-24-y-d, na escala 1:250.000, que passaram por um pré-tratamento de dados, com recortes e modificação dos dados originais do SRTM para a geração de um Modelo Digital do Terreno – MDT. Para a classificação da declividade os valores percentuais foram agrupados com base na metodologia

desenvolvida por De Biase (1992), e para a hipsometria a classificação foi em três intervalos para melhor visualização. Os *shapes files* do sistema hidrográfico e viário, além dos dados meteorológicos, foram obtidos juntos a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC); e os de solos pelo IBGE (2016).

3.4 Preparação e cálculos dos dados para a análise da paisagem e métricas utilizadas

A análise dos padrões espaciais foi realizada por imagens, em formato raster (.TIF) pelo software *Fragstats* a partir dos arquivos dos mapas categóricos de *Floresta* (floresta densa e esparsa) e *Outros Usos* (agropecuária, solo exposto, cursos d'água, urbano, nuvem e sombra). Foram gerados arquivos texto pelo *Fragstats* para os cálculos das métricas de nível de mancha, de nível classe e das métricas de toda a paisagem e, posteriormente, analisados.

Para o cálculo das métricas da paisagem foram selecionados índices que quantificaram os elementos da paisagem, estimando assim a área, densidade, forma e proximidade. As métricas selecionadas com base em McGarigal; Marks (1995), foram:

- I. Métricas de área e densidade: fornecem as dimensões dos fragmentos por tipo de cobertura do solo e a sua quantidade por unidade de área de paisagem. Em nível de fragmento e em nível de classe foram calculados o número de fragmentos (NP), sendo analisado todos os fragmentos na paisagem. Calcularam-se a área de classe (CA) (área de todos os fragmentos da classe), a porcentagem de fragmentos de mesma classe na paisagem (PLAND) e a densidade do fragmento (PD), que se refere a quantidade de fragmentos em 100 hectares, além do tamanho médio dos fragmentos (AREA_MN) e o seu coeficiente de variação (AREA_CV), visto que são responsáveis por avaliarem a área média de todos os fragmentos e a variabilidade do tamanho médio dos fragmentos de todas as classes.
- II. Métricas de forma: refletem a configuração espacial da paisagem e são calculadas baseadas nos pixels da imagem utilizada como referência no mapeamento da cobertura do solo, em função do perímetro/área dos fragmentos. Em nível de classe de cobertura do solo (*floresta e outros usos*), o índice de forma foi estimado por tamanho médio (SHAPE_MN) dos fragmentos que representam a categoria.
- III. Métricas de proximidade: referentes ao grau de isolamento e fragmentação do remanescente dentro de uma vizinhança (distância) especificada. O índice da distância do vizinho mais próximo (distância entre fragmentos do mesmo tipo de vegetação) (ENN_MN e ENN_CV) foi calculado em nível de classe de *floresta e outros usos* com base na distância euclidiana (em metros) entre bordas de fragmentos do mesmo tipo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Confiabilidade da classificação para o uso e cobertura do solo

Na matriz de confusão, a diagonal indica o número de pontos que ocorreu coincidência entre o mapa temático e a verdade terrestre. Na Tabela 5, pode ser verificada a matriz de erros de classificação e o índice de *Kappa* para a área B1 do ambiente Baixada. As matrizes e os valores dos índices das outras áreas encontram-se nos Apêndices.

Tabela 5. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área B1 no ambiente Baixada da região do Araripe-PE

Matriz da área 1 da Baixada – B1							
	Floresta Densa	Floresta Esparsa	Agropecuária	Solo exposto	Cursos d'água	∑ Linha	Linha ²
Floresta Densa	216230	35389	490	11	0	252120	63564494400
Floresta Esparsa	6280	33049	10968	24	0	50321	2532203041
Agropecuária	1793	739	192109	89	0	194730	37919772900
Solo exposto	99	3139	119381	20199	0	142818	20396981124
Cursos d'água	0	0	0	0	51	51	2601
∑ Coluna	224402	72316	322948	20323	51	640040	∑ Linha ² = 1,24413E+11
							∑ Diagonal = 461638

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

∑ Linha x ∑ Coluna	640040	$K = \frac{(640040 \times 461638) - 1,24413E+11}{(640040)^2 - 1,24413E+11}$
∑ Linha ²	1,24413E+11	
∑ Diagonal	461638	
Índice <i>Kappa</i>	0,60	

■ Pontos coincidentes

A partir das matrizes de confusão elaboradas para o ambiente Baixada, as áreas B1 e B2 (Apêndices A e B) obtiveram os valores de índices de *Kappa* de 0,60 e 0,70. Estes valores, segundo Landis e Koch (1977) (Tabela 4), permitem considerar a qualidade da classificação como muito boa. Já a área B3 (Apêndice C) no mesmo ambiente, apresentou valor para o índice de 0,84, constatando em uma excelente classificação, visto que o valor se encontra na faixa de 0,80 – 1,00.

Para o ambiente Encosta, as áreas E1 e E2 (Apêndices D e E) possuem excelente qualidade da classificação digital do uso e cobertura, pois apresentam resultados do índice de

0,87 e 0,88, enquanto a área E3 (Apêndice F) foi qualificada como muito boa, uma vez que o valor do índice foi de 0,69.

Nos ambientes Baixada e Encosta observa-se que ocorre uma confusão entre as categorias de Floresta densa e esparsa e, principalmente, entre as de Solo exposto e Agropecuária. Embora, realizado uma alta digitalização de um número de amostras para o reconhecimento espectral dessas categorias. Essa confusão é devido a refletância dessas classes que são similares e resulta em amostras dúbias.

Quanto ao ambiente Chapada, todas as áreas foram identificadas com excelente qualidade em suas classificações, em razão dos valores do índice de *Kappa* para as áreas C1, C2 e C3 (Apêndices G, H e I) serem 0,97, 0,91 e 0,93 nesta ordem.

A qualidade excelente verificada nas áreas do ambiente Chapada pode ser explicada pela alta densidade de fragmentos o que acarreta na diminuição de amostras equivocadas de outras classes de usos da terra.

4.2 Mapeamento do uso e cobertura da terra

Na região ocorre uma rotatividade de usos em uma mesma área, conforme comunicação pessoal com moradores que explicam que após a supressão da vegetação, o solo exposto é utilizado para cultivo agrícola. Em períodos de secas, a área abrange outra atividade, a pecuária, e ao iniciar o período de chuvas, a área que era utilizada para pastejo retorna a ter a agricultura como sua principal atividade.

Assim, pode-se quantificar o uso e cobertura da terra das áreas de estudos de forma satisfatória. O ambiente Baixada nas três áreas estudadas detém uma alta representatividade da classe Agropecuária (Figura 5) (Tabela 6).

Na área B1 (Figura 6), a classe de Floresta dispõe de, aproximadamente, 37% da área estudada e a classe Agropecuária detém cerca de 40%, que juntamente à classe de Solo exposto agregam 63% da área total, o que demonstra uma área bastante perturbada, visto que as remanescentes de floresta nativas se encontram imersos em uma matriz não florestal. Sabendo que, para ser definida como matriz necessita-se que o elemento em questão seja constituído por mais de 50% da área total analisada (LANG; BLASCHKE, 2009).

As classes Agropecuária e Solo exposto podem pressionar a vegetação e afetar os habitats de espécies endêmicas. As áreas B2 e B3, também apresentam altos valores para as classes de Agropecuária e Solo exposto com 45,5% e 48%.

Figura 5. Mapa de uso e cobertura da terra das áreas inseridas no ambiente Baixada na região do Araripe – Pernambuco no ano de 2014

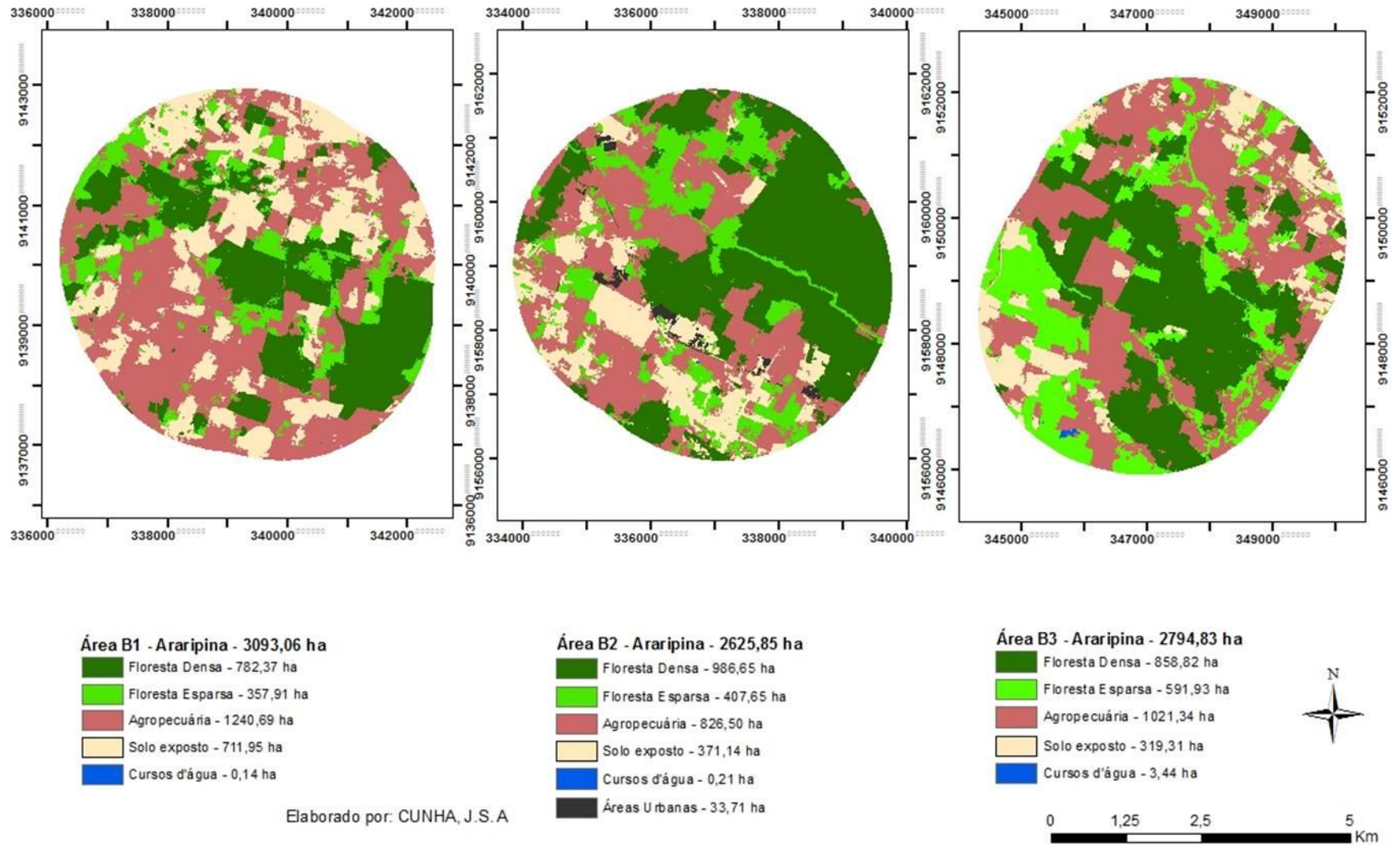


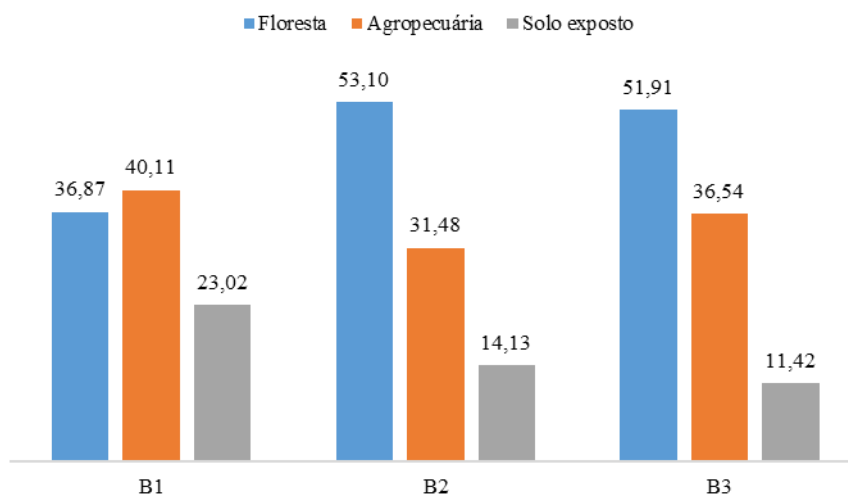
Tabela 6. Quantificação do uso e cobertura da terra no ambiente Baixada da região do Araripe - PE, em hectares e em porcentagem da área total

Ambiente	Área	Classes	Área (ha)	Porcentagem (%)
Baixada	B1	Floresta Densa	782,37	25,29
		Floresta Esparsa	357,91	11,57
		Agropecuária	1240,69	40,11
		Solo exposto	711,95	23,02
		Cursos d'água	0,14	0,00
		Total	3093,06	100
	B2	Floresta Densa	986,65	37,57
		Floresta Esparsa	407,65	15,52
		Agropecuária	826,50	31,48
		Solo exposto	371,14	14,13
		Cursos d'água	0,21	0,01
		Urbano*	33,71	1,28
	Total	2625,85	100	
	B3	Floresta Densa	858,82	30,73
		Floresta Esparsa	591,93	21,18
		Agropecuária	1021,34	36,54
		Solo exposto	319,31	11,42
		Cursos d'água	3,44	0,12
		Total	2794,83	100
	Média	Floresta Densa	875,95	31,20
Floresta Esparsa		452,50	16,09	
Agropecuária		1029,51	36,04	
Solo exposto		467,47	16,19	
Cursos d'água		1,26	0,05	

* Por ocorrer em um único ambiente não houve média para categoria

Conforme Fernandes (2015), esses valores contribuem com o aumento das áreas degradadas e susceptíveis à erosão dos solos, pois essas áreas de solo exposto são antigas pastagens transformadas em áreas desertificadas por causa do superpastejo.

Figura 6. Percentual de uso do solo no ambiente Baixada da região do Araripe – Pernambuco



O levantamento realizado em campo evidenciou que existe exploração agrícola nas três áreas, especialmente feijão e milho, ocasionando pressão na vegetação nativa. Autores

como Souza et al. (2008), Barbosa; Andrade; Almeida (2009), Feitosa et al. (2010), Silva et al. (2013b), afirmam que a cobertura florestal da região semiárida sofreu redução ao longo dos anos.

O desmatamento da vegetação nativa da região tem diferentes usos e um dos é na utilização de lenha. Essa lenha é manuseada nas fábricas que calcinam a gipsita explorada na região (Sá et al., 2010). Além do desmatamento, a perda dessa vegetação tem relação direta com o setor agrícola e pecuário que são praticadas por pequenos produtores pelas relações sociais de produções familiares (SÁ, 2010; SÁ et al., 2010), favorecendo o processo de conversão da vegetação, que segundo Fernandes et al. (2015) se dão em razão dos incentivos fiscais.

Além desses aspectos, a falta de renda da população para melhores alternativas energéticas, acaba prejudicando a cobertura florestal que é utilizada como lenha. Nessa exploração indiscriminada da vegetação, especialmente para fins energéticos, já se observam perdas irrecuperáveis da diversidade florística e faunística, aceleração do processo de erosão, declínio da fertilidade do solo e da qualidade e quantidade da água pela sedimentação, desencadeadas por práticas inapropriadas (DRUMOND, 2012).

Entretanto, no ambiente Baixada, as áreas B2 e B3 se encontram com valores similares à Floresta de 53% e 52%, respectivamente. Espera-se que esse acréscimo da classe, nessas áreas, ao comparar com a B1, seja pela proximidade das mesmas com cursos d'água, mesmo que intermitentes. As Áreas de Preservação Permanente dos riachos e corpos d'água das paisagens estudadas sofreram remoção da vegetação. Em regiões semiáridas, a exploração agrícola e pecuária, é notória nas margens dos rios por apresentarem maior fertilidade em decorrência do maior teor de umidade e as áreas planas pelas facilidades de manejo (CORDEIRO, 2011). Em consequência da remoção da vegetação as áreas desnudas foram substituídas, de forma voluntária, pela espécie exótica Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.) (Figura 7) que, de acordo com Sá (2010), a espécie é disseminada pelos animais que consomem o fruto (vagem) e vão beber água na beira dos cursos d'água.

No levantamento em campo do ambiente Baixada, observam-se espécies como a Catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz), Braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.) e Feijão Bravo (*Cynophalla flexuosa* (L.) J. Presl), com diferentes portes em cada área. Essa diferença pode estar atrelada à presença de cursos d'água e aos estágios sucessionais. Na Figura 6, verifica-se que a área com menor porcentagem de Floresta é a área B1, seguida da B3 e prosseguida da B2. Baseado no Manual técnico da vegetação brasileira – IBGE (2012),

na área B1 (Figura 8), percebe-se uma vegetação arbustivo-arbórea, mais seca, com presença de cactáceas e bromélias, como a Macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. ex Schult) que crescem, principalmente, em clareiras deixadas pela queda ou retirada das árvores de maior porte formando um emaranhado.

Figura 7. Presença da espécie *Prosopis juliflora* (Sw.) DC na extensão dos cursos d'água, no ambiente Baixada da região do Araripe, no município de Araripina– PE



Fonte: Cunha, 2016

Figura 8. Vegetação da área B1, no ambiente Baixada da região do Araripe, no município de Araripina– PE



Fonte: Cunha, 2016

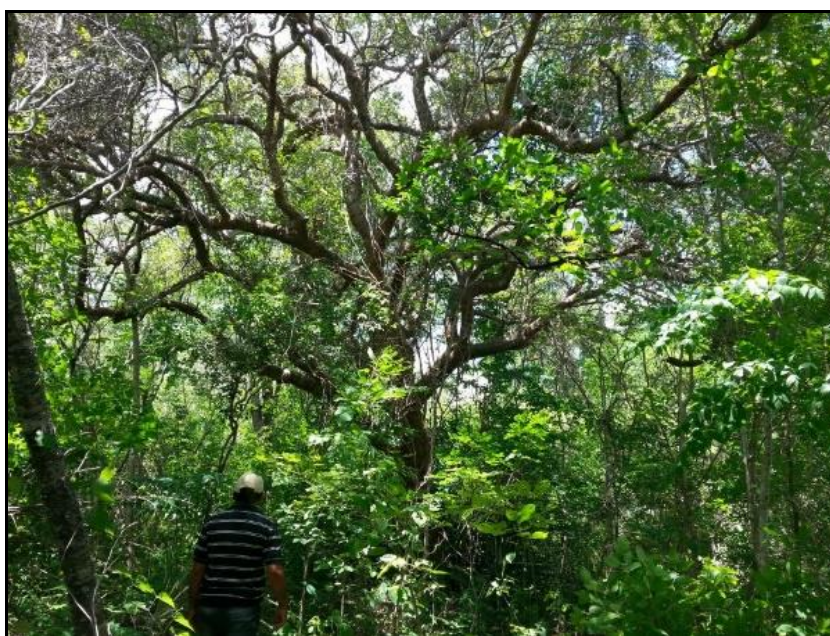
Na área B3 (Figura 9), a frequência de cactáceas e bromélias é menor, podendo ser considerada uma vegetação arbustiva a arbustivo-arbórea. Porém, a área B2 (Figura 10) apresenta espécies mais exuberantes, com tonalidades mais escuras nas folhas, indicando uma vegetação arbórea, em virtude das copas fecharem o dossel, revelando que a área que possui maior porcentagem de Floresta aponta uma vegetação em um estágio sucessional mais avançado, em relação as demais.

Figura 9. Vegetação da área B3, no ambiente Baixada da região do Araripe do município de Araripina – PE



Fonte: Cunha, 2016

Figura 10. Vegetação da área B2, no ambiente Baixada da região do Araripe, do município de Araripina – PE



Fonte: Cunha, 2016

O ambiente Encosta exhibe valores elevados e porcentagens correspondentes (Tabela 7) (Figura 11) para a junção das classes Agropecuária e Solo exposto em referência as áreas E1 e E3, de 56% e 47%, respectivamente, o oposto acontece na área E2, que detém apenas 26% da sua área com a presença dessas classes. A área E1 tem o menor valor referente a Floresta, cerca de 44% da sua área total, prosseguida da área E3 com, aproximadamente, 52% (Figura 12). Acredita-se que esses valores são decorrentes da proximidade dessas áreas com áreas urbanas (Figura 13).

Tabela 7. Quantificação do uso e cobertura da terra no ambiente Encosta na região do Araripe - PE, em hectares e em porcentagem da área total

Ambiente	Área	Classes	Área (ha)	Porcentagem
Encosta	E1	Floresta Densa	630,07	20,99
		Floresta Esparsa	677,94	22,59
		Agropecuária	1440,24	47,98
		Cursos d'água	6,96	0,23
		Solo exposto	241,87	8,06
		Urbano	4,46	0,15
		Total	3001,54	100
	E2	Floresta Densa	1477,00	49,49
		Floresta Esparsa	734,4	24,61
		Cursos d'água	0,98	0,03
		Agropecuária	589,45	19,75
		Solo exposto	182,44	6,12
		Total	2984,27	100
	E3	Floresta Densa	610,85	26,94
		Floresta Esparsa	576,56	25,42
		Cursos d'água	4,38	0,19
		Agropecuária	934,08	41,19
		Solo exposto	127,38	5,62
		Urbano	14,41	0,64
		Total	2267,66	100
	Média	Floresta Densa	905,98	32,47
		Floresta Esparsa	662,97	24,21
		Cursos d'água	4,11	0,15
		Agropecuária	987,92	36,31
Solo exposto		183,89	6,60	
Urbano		9,44	0,39	

Figura 11. Percentual de uso do solo no ambiente Encosta da região do Araripe - PE

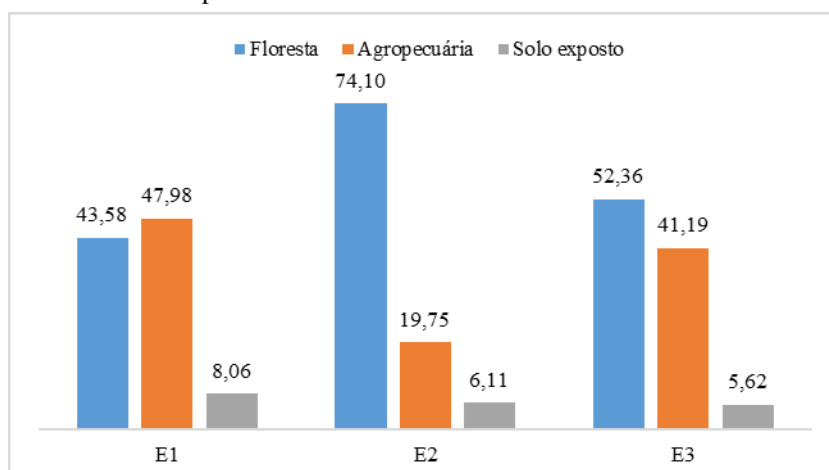


Figura 12. Mapa de uso e cobertura da terra das áreas inseridas no ambiente Encosta na região do Araripé – Pernambucano no ano de 2014

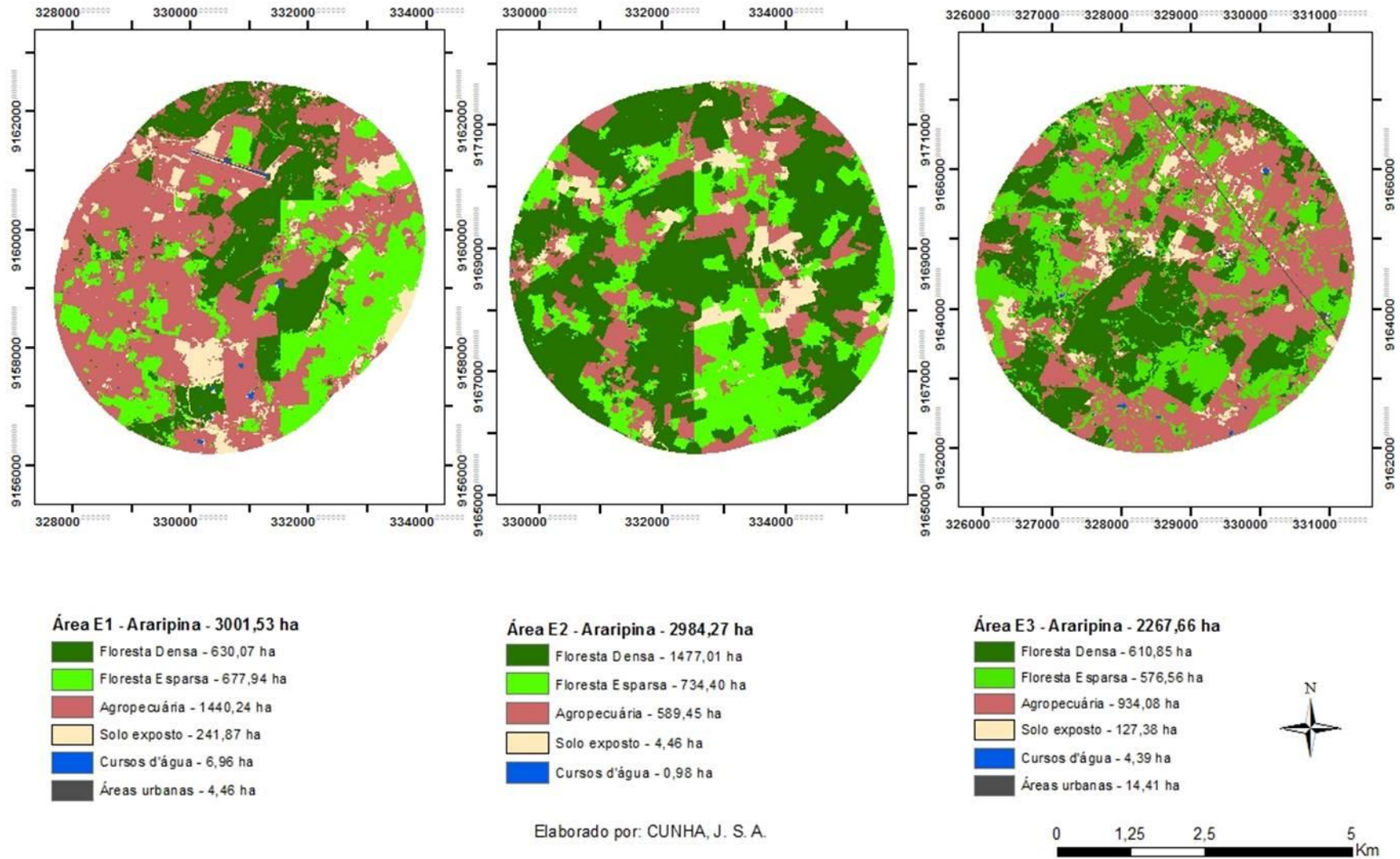


Figura 13. Área para construção de loteamentos inseridas no raio da área E1, no ambiente Encosta da região do Araripe, no município de Araripina – PE



Fonte: Cunha, 2016.

O aumento da população humana acarreta em um acréscimo de tráfego de veículos, introdução das áreas residenciais, comerciais e industriais, além das aberturas de vias locais, podendo interromper os movimentos dos animais dispersores. Conforme Santos; Pereira; Andrade (2008), o aumento da população interfere na drenagem natural, impermeabilizando o solo, diminuindo a alimentação dos aquíferos e, produzindo resíduos sólidos que, quando não são adequadamente recolhidos e/ou destinados, se convertem em um risco à saúde humana.

Por outro lado, a área E3 dispõe de 74% da sua área total ocupada por Floresta, atestando que a matriz nessa área é de vegetação nativa, que age como um filtro para o movimento de espécies pela paisagem, e confirmando que a proximidade com área urbana pode acarretar em perda da vegetação.

Nessa região do Araripe, o clima é bastante irregular com precipitações baixas e períodos de estiagem prolongados, o que pode exercer mais pressão na cobertura vegetal, agregado à extração de madeira, construção de moradias e/ou estradas, expansão agrícola e pecuária, prejudicando ainda mais as florestas nativas, o que pode resultar em fragmentos imersos em matrizes não florestais. As populações vegetais e animais inserida nessas matrizes sofrem desequilíbrio reduzindo o número de táxons especializados (GARCIA et al., 2013), porque grupos com baixa capacidade de dispersão são particularmente sensíveis à redução da

conexão entre os fragmentos. Por isso, uma distância por menor que seja na paisagem pode ser um fator limitante para a movimentação de algumas espécies (METZGER et al., 2009).

Uma das espécies encontradas nos dois ambientes, Baixada e Encosta, é o Marmeleiro (*Croton sonderianus* Müll Arg), pertencente à família Euphorbiaceae. Possui elevada resistência à falta de água e tem importante papel de dispersão zoocórica, especialmente por formigas, pois em sua alimentação, ao retirarem a polpa das sementes, ocorre diminuição do ataque de fungos, aumentando as taxas de germinação no local onde os propágulos estão depositados (SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015).

No ambiente Encosta, as áreas analisadas possuem terrenos rochosos apresentando uma vegetação arbustivo arbórea (Figura 14) e, *in situ*, as espécies presentes no ambiente Baixada (Catingueira e Braúna) diminuem a frequência no ambiente Encosta, e surgem outras espécies com maior frequência do ambiente Chapada, como Murici (*Byrsonima sp.*) e Marmeleiro branco (*Croton sp.*), demonstrando que o ambiente Encosta possa ser um ambiente de transição.

Figura 14. Vegetação da área E1 do ambiente Encosta da região do Araripe, no município de Araripina - PE



Fonte: Cunha, 2016.

No ambiente Chapada (Tabela 8) (Figura 15), a classe Agropecuária detém baixos percentuais nesse ambiente, em torno de 16%, 12% e 12% e para a classe Solo exposto de 10%, 2% e 4% das áreas totais da C1, C2 e C3, nessa ordem (Figura 16).

Tabela 8. Quantificação do uso e cobertura da terra no ambiente Chapada da região do Araripe - PE, em hectares e em porcentagem da área total

Ambiente	Área	Classes	Área (ha)	Porcentagem (%)
Chapada	C1	Floresta Densa	656,10	26,85
		Floresta Esparsa	1165,44	47,70
		Agropecuária	388,28	15,89
		Solo exposto	233,52	9,56
		Cursos d'água	0,03	0,00
		Total	2443,38	100
	C2	Nuvem	176,88	3,85
		Sombra	48,10	1,05
		Floresta Densa	2208,19	48,11
		Floresta Esparsa	1503,11	32,75
		Agropecuária	566,15	12,34
		Solo exposto	87,14	1,90
	Total	4589,56	100	
	C3	Floresta Densa	1785,93	54,24
		Floresta Esparsa	994,345	30,20
		Agropecuária	380,545	11,56
		Solo exposto	131,865	4,00
	Média	Floresta Densa	1550,07	43,07
		Floresta Esparsa	1220,97	36,88
Agropecuária		444,99	13,26	
Solo exposto		150,84	5,15	

Percebe-se que esses valores encontrados, para as classes Agropecuária e Solo exposto, na Chapada são menos expressivos que nos ambientes anteriores. Entretanto, a retirada da vegetação é substituída de maneira rápida e progressiva por áreas com pastagem e agricultura (COELHO et al., 2014), principalmente, por cultivos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) que contribuem para o sustento dos moradores locais. Estima-se que cerca de 65% da área da Chapada do Araripe foram desmatadas até 2009 (DRUMOND, 2012).

As matrizes das três áreas do ambiente Chapada são de Floresta, visto que a C1 detém, aproximadamente, 75% de sua área total, a C2 possui 81% e a C3 com 85%. Fernandes et al. (2008) afirmam que a vegetação natural da Chapada do Araripe foi devastada em larga escala, cedendo lugar às áreas de formação de pastos, que poderiam ser destinadas a preservação da fauna e flora. A política florestal do Estado de Pernambuco estabelece na Lei nº 11.206/1995, que as florestas e demais formas de vegetação natural situadas em altitudes superiores a 750 metros são consideradas Áreas de Preservação Permanente, corroborando com os resultados da categoria Floresta.

Figura 15. Mapa de uso e cobertura da terra das áreas inseridas no ambiente Chapada na região do Araripe – PE no ano de 2014

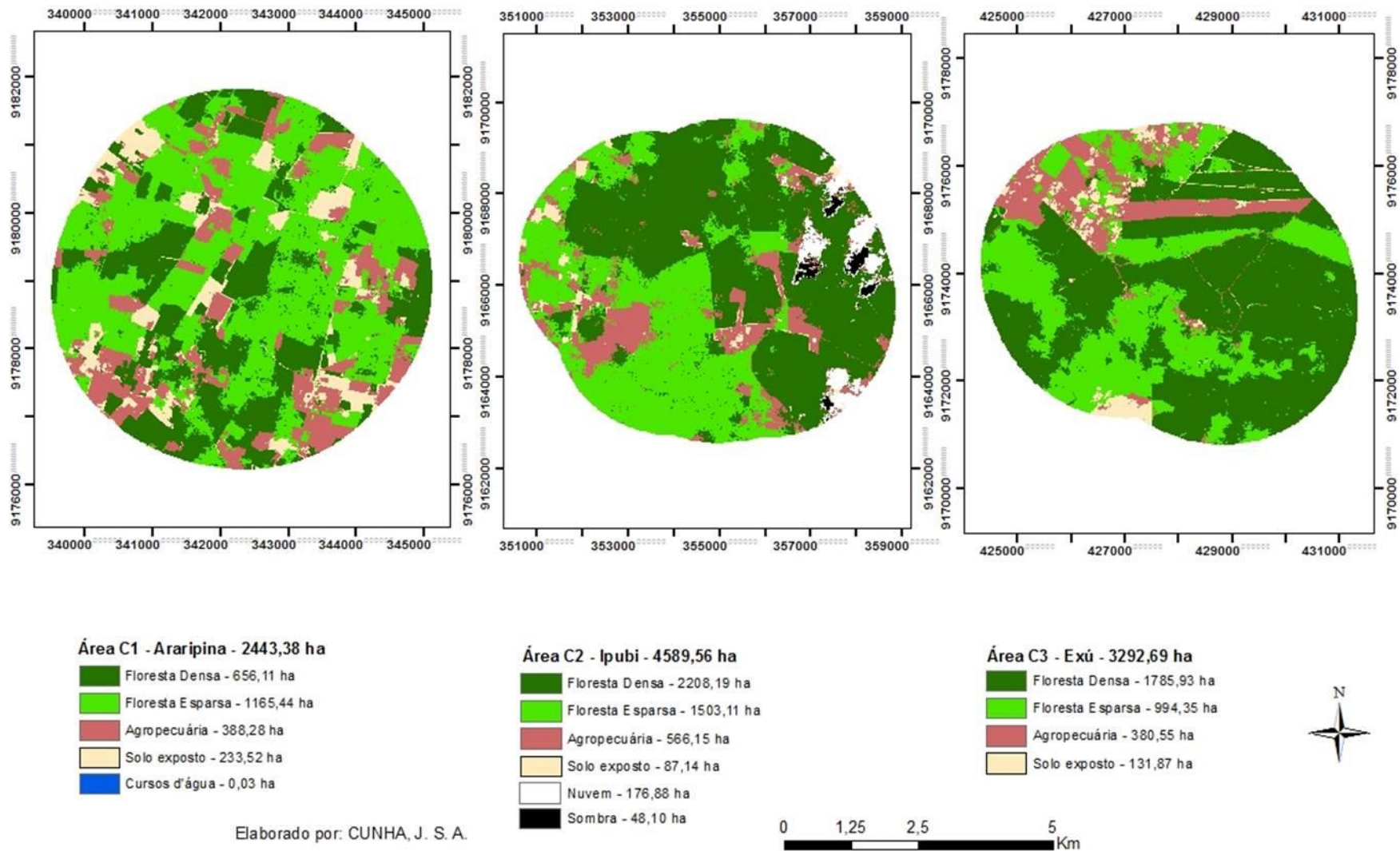
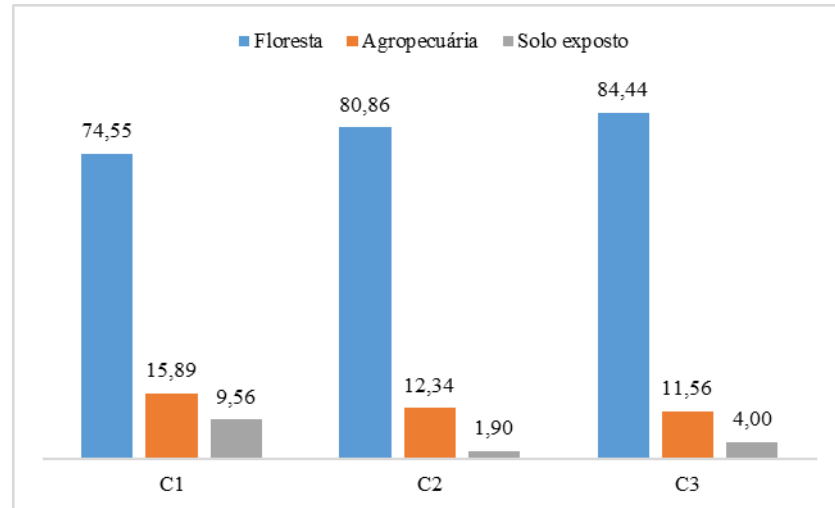
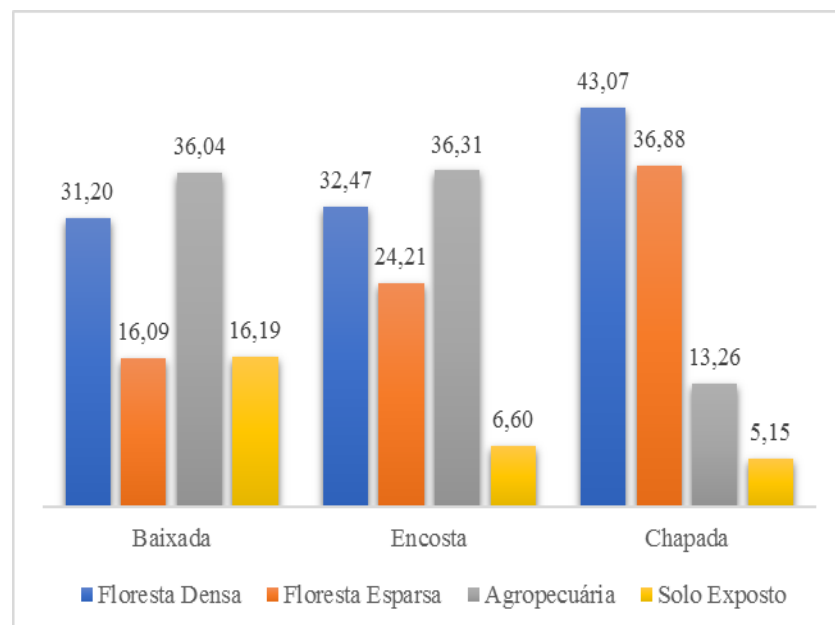


Figura 16. Percentual de uso do solo no ambiente Chapada da região do Araripe - PE



Ao avaliar o percentual médio das categorias do uso e da cobertura da terra (Figura 17), verificou-se que nos ambientes Baixada e Encosta, as áreas tem destaque, em sua maioria, para a classe Agropecuária que ocorre com a maior representatividade. Observa-se ainda que há um decréscimo na classe de Solo exposto ao deslocar de ambientes e, conseqüentemente, de altitudes. Esses dados podem estar associados as categorias de Floresta densa e esparsa que aumentam com essa mudança, mostrando que o ambiente Chapada que detém as maiores altitudes possui o menor percentual de Solo exposto e os maiores percentuais médios para as categorias de Floresta.

Figura 17. Percentual médio da quantificação do uso e cobertura da terra nos ambientes Baixada, Encosta e Chapada da região do Araripe-PE



A vegetação no ambiente Chapada, as espécies *Poincianella pyramidalis* e *Schinopsis brasiliensis* não foram observadas no ambiente Chapada, que possui uma tipologia predominante de Floresta Estacional (Figura 18), com indivíduos de porte elevado e copas exuberantes, como Visgueirinho (*Parkia platycephala* Benth.) e Violeta (*Dalbergia cearenses* Ducke).

Existe uma relação positiva entre o número de espécies e o aumento da altitude, constatando menor grau de antropização nos topos e uma maior riqueza de espécies arbóreas e arbustivas e famílias (CARVALHO, 2010; CORDEIRO, 2011). Isto, pode ser entendido, em razão do estágio de desenvolvimento da comunidade. Pelo motivo de que as comunidades vegetais em estágios iniciais de desenvolvimento apresentam baixa riqueza de espécies e alta dominância, já comunidades vegetais mais desenvolvidas, ou em um estágio sucessional avançado, apresentam uma maior riqueza de espécies e uma equabilidade entre o número de indivíduos/espécie (ODUM; BARRETT, 2007). Comprovando que neste ambiente Chapada persiste uma maior densidade de vegetação nativa.

Figura 18. Detalhe da vegetação da área C3 do ambiente Chapada da região do Araripe, no município de Exú, – PE



Fonte: Cunha, 2016

Ao correlacionar as quantificações das classes de Floresta (Floresta densa e esparsa) com as classes de Agropecuária, Solo exposto e Áreas urbanas, para todas as áreas dos três ambientes, estima-se que o valor de antropização de 53,14% para o ambiente Baixada; 42,80% para o ambiente Encosta e 17,30% para o ambiente Chapada, demonstrando que o ambiente Baixada é o mais pressionado pela ação antrópica dos diferentes usos na paisagem.

Em referência à porcentagem da cobertura florestal, verifica-se uma pequena diferença entre os ambientes Baixada e Encosta, com 46,81% e 57%, respectivamente. No entanto, no ambiente Chapada, com 80,51% da sua paisagem coberta por vegetação, percebe-se que o gradiente altitudinal pode estar ligado a densidade da vegetação nativa da região.

4.3 Confiabilidade da classificação da análise da paisagem

A matriz de erro ou de confusão foi usada para determinar a exatidão para as categorias *Floresta* e a de *Outros usos*. Na Tabela 9 verifica-se a matriz de confusão da classificação e o índice de *Kappa* para a área B1 do ambiente Baixada. As matrizes e os valores dos índices das outras áreas estão nos Apêndices.

Tabela 9. Matriz de confusão da análise da paisagem da área B1 no ambiente Baixada da região do Araripe - PE

Matriz da área 1 da Baixada – B1				
	Floresta	Outros Usos	∑ Linha	Linha ²
Floresta	293817	700	294517	86740263289
Outros Usos	12311	191995	204306	41740941636
∑ Coluna	306128	192695	498823	∑ Linha ² = 1,28481E+11
				∑ Diagonal = 485812
Cálculo do índice de <i>Kappa</i> das amostras adquiridas				
∑ Linha x ∑ Coluna	498823	$K = \frac{(498823 \times 485812) - 1,28481E+11}{(498823)^2 - 1,28481E+11}$		
∑ Linha ²	1,28481E+11			
∑ Diagonal	485812			
Índice <i>Kappa</i>	0,95			

Para os valores do índice de *Kappa* obtidos no ambiente de Baixada de 0,95, 0,91 e 0,91 das áreas B1, B2 e B3 (Apêndices J, K e L) respectivamente, constatou-se que a qualidade da classificação para o uso e cobertura da terra foi considerada excelente de acordo com a escala (0,80-1,00) proposta por Landis e Koch (1977).

O ambiente Encosta foi qualificado com excelente classificação, em razão dos resultados dos índices nas áreas E1, E2 e E3 foi de 0,84, 0,82 e 0,94 (Apêndices M, N e O).

As áreas C1, C2 e C3 inseridas no ambiente Chapada demonstraram valores dos índices de *Kappa* de 0,89, 0,91 e 0,83 (Apêndices P, Q e R) nessa ordem, sendo consideradas de excelente qualidade na classificação do uso e cobertura da terra.

4.4 Análise da paisagem para a região do Araripe

As nove áreas analisadas inseridas na região do Araripe -PE foram classificadas em *Floresta* e de *Outros usos* pela interpretação das imagens RapidEye e das observações em campo. Na Tabela 10, verifica-se os dados obtidos pelas métricas da paisagem.

Os parâmetros métricos avaliados demonstram que no ambiente Baixada há predominância da classe de *Outros usos*. Isso pode ser esclarecido pela alta presença de cultivos agrícolas e pastagem nessa região, além da exploração florestal desordenada. A vegetação na região semiárida sofreu desmatamento em extensões preocupantes com manchas de solo exposto, sendo que os solos continuam sendo usados pela pecuária extensiva, principalmente, caprino e ovinos (SOUSA et al., 2008).

Entretanto, esses parâmetros permitem afirmar que no ambiente Chapada a *Floresta* comporta-se como a matriz da paisagem, devido os valores da área ocupada (CA), a distância média do vizinho mais próximo (ENN_MN) e do tamanho médio das manchas (AREA_MN). Deve-se compreender que a matriz desempenha um papel fundamental para o fluxo de energia, o ciclo das substâncias e o regime das espécies na paisagem (LANG; BLASCHKE, 2009).

A classe *Floresta* na área B1 mostrou um tamanho médio de fragmento (AREA_MN) de 4,05 ha, um valor extremamente baixo para a classe e, especialmente, ao ser comparado com a classe de *Outros usos* que exibiu uma média de 35,13 ha.

De acordo com as métricas de área (CA e PLAND), na área B2 as classes de *Floresta* e *Outros usos* praticamente não observa diferença, visto que a classe de *Floresta* possui 1329,06 ha equivalentes a 50,61% e a classe de *Outros usos* com 1296,78 ha correspondentes a 49,39%, totalizando uma área de 2625,85 ha.

A área B2 detém 386 elementos, sendo 299 de fragmentos de *Floresta* com um tamanho médio dos fragmentos de 4,45 ha, exibindo valores que segundo Fernandes (2015) são mais susceptíveis a degradação. Já, a classe de *Outros usos* detém um tamanho médio de 14,91 ha.

A área B3 dispõe de uma área total de 2794,83 ha, formada por *Floresta* com uma área de 1534,41 ha (CA) com 55% (PLAND) da paisagem e com 1260,42 ha de *Outros usos* que correspondente a 45%, revelando que a superfície dominante é a *Floresta*, sendo a matriz na paisagem. A área B3 composta por 390 polígonos (NP), dos quais 247 pertencem à classe *Floresta*, com o tamanho médio de 6,21 ha, e 143 a classe de *Outros usos*, com um tamanho médio de 8,81 ha, apontam uma melhora em relação ao tamanho médio dos fragmentos comparada com as áreas B1 e B2.

Para o ambiente Baixada, a métrica do tamanho médio das manchas exibiu menores valores para a classe *Floresta* quando comparados com a de *Outros usos*, e os coeficientes de variação dessa métrica (AREA_CV) variaram entre 1046,02% a 1338,09% para a classe

Floresta e 676,62% a 785,04% para *Outros usos*, sendo considerados valores altos, indicando polígonos com valores de tamanho médio bem variados.

As classes que exibirem menores valores para essa métrica (AREA_MN) são as mais fragmentadas (MCGARIGAL; MARKUS, 1995). O tamanho médio das manchas é considerado um bom indicativo do grau de fragmentação em função do número de fragmentos e da área total ocupada por floresta nativa (VALENTE, 2001; SOUZA, 2011; MCGARIGAL; MARKS, 2013). Quando associado com a densidade de fragmentos (PD), a qual expõe a quantidade de manchas em uma área de 100 hectares, Valente (2001) afirma que essa associação permite compreender os diferentes aspectos da estrutura de uma paisagem, dentre os quais a fragmentação.

No ambiente Baixada, verifica-se que a área B2 tem o maior número de fragmentos de floresta por 100 hectares (11,39 frag./100ha), seguida da área B1 (8,99 frag./100ha) e prosseguida da B3 (8,84 frag./100ha). As áreas com menores valores na métrica de tamanhos médios (AREA_MN) para fragmentos são as que apresentaram a maior densidade (PD) dos mesmos, alegando uma paisagem mais fragmentada (VALENTE, 2001; SOUZA, 2011). A área B2 é uma exceção, porque apesar de revelar a maior PD (11,39 frag./100ha), dentre as áreas do ambiente Baixada, aponta o segundo tamanho médio de fragmentos (4,45 ha). Valente (2001) encontrou em seu estudo a mesma exceção, referente a uma sub-bacia, que mesmo demonstrando a maior PD apresentava o segundo tamanho médio de unidades.

Dessa forma, acredita-se que B1 seja a mais fragmentada. Em razão de possuir o menor valor em relação ao tamanho médio de seus fragmentos (4,05 ha), a porcentagem referente a *Floresta* (36,4%) é menor do que a classe de *Outros usos* (63,6%) e apresenta a maior distância média do vizinho mais próximo entre as três áreas do ambiente Baixada que foi de 61,65 metros. Esse valor para a métrica de distância média do vizinho mais próximo resulta em um médio isolamento (ALMEIDA, 2008) entre os fragmentos de florestas nativas e, em consequência uma diminuição na capacidade de colonização de espécies em direção a outros fragmentos florestais, ocasionando perturbação na migração de genes entre populações de animais e vegetais. Esse isolamento causa clareiras, as quais ao redor do fragmento podem representar uma barreira para muitas espécies de aves adaptadas a viverem no interior das florestas, o que impede o fluxo de indivíduos entre os fragmentos, podendo com o tempo diminuir a variabilidade genética dessas populações (GIMENES. ANJOS, 2003).

Conforme Reis et al. (2013), além do tamanho médio das unidades, as formas das manchas também influenciam no nível do impacto do efeito de borda na vegetação.

Tabela 10. Valores dos parâmetros métricos selecionados para análise da paisagem das nove áreas inseridas na região do Araripe – PE

Ambiente	Área	Classe	CA	PLAND	NP	PD	AREA_MN	AREA_CV	SHAPE_MN	ENN_MN	ENN_CV	Precipitação (mm)	
Baixada	B1	Floresta	1125,93	36,40	278	8,99	4,05	1046,02	1,50	61,65	0,21	444,4	
		Outros usos	1967,13	63,60	56	1,81	35,13	676,62	1,72	35,34	0,40		
	B2	Floresta	1329,06	50,61	299	11,39	4,45	1338,09	1,59	33,98	0,37		
		Outros usos	1296,78	49,39	87	3,31	14,91	785,04	1,83	45,37	0,34		
	B3	Floresta	1534,41	54,90	247	8,84	6,21	1313,93	1,56	32,26	0,39		
		Outros usos	1260,42	45,10	143	5,12	8,81	695,16	1,81	45,87	0,33		
Encosta	E1	Floresta	1505,63	50,16	381	12,69	3,95	1192,70	1,64	28,02	0,45	444,4	
		Outros usos	1495,90	49,84	269	8,96	5,56	1222,63	1,64	29,96	0,45		
	E2	Floresta	2134,31	71,52	109	3,65	19,58	1018,75	1,57	29,08	0,47		
		Outros usos	849,96	28,48	199	6,67	4,27	627,85	1,75	45,58	0,33		
	E3	Floresta	1095,80	48,32	343	15,13	3,19	1162,47	1,66	27,99	0,46		
		Outros usos	1171,87	51,68	268	11,82	4,37	1481,47	1,50	27,88	0,40		
Chapada	C1	Floresta	1786,69	73,12	74	3,03	24,14	825,18	1,76	30,72	0,46	489,0	
		Outros usos	656,69	26,88	479	19,60	1,37	751,69	1,46	39,12	0,28		
	C2	Floresta	3864,18	84,19	148	3,22	26,11	1203,30	1,56	21,57	0,51		
		Outros usos	725,38	15,81	619	13,49	1,17	645,83	1,63	40,56	0,29		
	C3	Floresta	2573,88	78,17	152	4,62	16,93	1065,09	1,67	31,43	0,47		671,9
		Outros usos	718,81	21,83	201	6,10	3,58	1047,22	1,78	53,34	0,22		

CA: área total dos fragmentos; PLAND: porcentagem da paisagem; NP: número de fragmentos; PD: densidade de fragmentos em 100ha; AREA_MN: tamanho médio dos fragmentos; AREA_CV: coeficiente de variação do tamanho dos fragmentos; SHAPE_MN: área média do índice de forma; ENN_MN: distância média do vizinho mais próximo; ENN_CV: coeficiente de variação da distância do vizinho mais próximo.

Essa métrica avalia a complexidade da forma de uma mancha pela comparação com uma forma otimizada de um círculo, no qual se estabelece valor de 1 (LANG; BLASCHKE, 2009). Logo, quanto mais a forma do elemento da paisagem desviar da forma redonda maior será o valor da métrica. Nesse ambiente Baixada, as manchas de *Floresta* apresentaram valores para a métrica de forma (SHAPE_MN) entre 1,50 e 1,83. Os autores Calegari et al. (2010), Souza (2011) e Ferreira et al. (2015) encontraram resultados similares entre 1,47 e 1,84 e julgam como valores baixos, o que remete a uma paisagem com fragmentos de forma simples com tendência de tornarem-se irregulares, indicando que os fragmentos não estão tão vulneráveis a influências externas.

A respeito do ambiente Encosta observa-se que a área E1 com uma área total de 3001,53 ha é formada por 650 unidades (NP) com 381 fragmentos sendo referente a classe *Floresta* e 269 unidades de *Outros usos*. Mediante os dados das métricas (CA e PLAND) as classes estudadas praticamente não houve diferença, em razão da classe *Floresta* exibir uma área de 1505,63 ha equivalente a 50,16% e 1495,90 ha corresponde a 49,84% da classe de *Outros usos*. A *Floresta* demonstrou valor para a métrica de tamanho médio de fragmento de 3,95 ha, um valor baixo para a classe, podendo acarretar em perda de habitat.

A área E2 é composta por 308 elementos, sendo 109 fragmentos de *Floresta* e 199 unidades da classe *Outros usos*, contemplando uma área total de 2984,27 ha, das quais 2134,31 ha (71,52%) são de *Floresta* e 849,96 ha (28,48%) para *Outros usos*, demonstrando que a matriz dessa área E2 é predominantemente *Floresta*, endossado pelos valores para o tamanho médio das unidades, em que a classe *Floresta* detém valores de 19,58 ha e a classe de *Outros usos* um valor de 4,27 ha.

Na área E3, cuja área total é de 2267,66 ha, sendo 1095,80 ha de *Floresta*, o equivalente a 48% de toda a paisagem, e 1171,87 ha com, aproximadamente, e 52% da classe *Outros usos*. Essa área é formada por 611 unidades, das quais 343 são fragmentos de *Floresta*, com um tamanho médio (AREA_MN) de 3,19 ha e 268 são de unidades de *Outros usos* com um tamanho de 4,37 ha, resultando em uma área com alta fragmentação, visto que há uma elevada quantidade de unidades com valores baixos para a métrica de tamanho médio referente a *Floresta*.

Para o ambiente Encosta, os coeficientes de variação da métrica AREA_MN variaram entre de 1018,75% a 1192,70% (*Floresta*) e 627,85% a 1481,47% (*Outros usos*) o que demonstra a elevada amplitude em tamanho das unidades.

Em geral, o tamanho dos fragmentos é capaz de prejudicar a riqueza de populações, porque essas áreas podem não possuir habitat suficientes para a permanência de determinadas espécies. Esse efeito da diminuição do tamanho do habitat é mais intenso em fragmentos menores (CARNEIRO, 2013). A métrica do tamanho médio indicou nas áreas E1 (3,95 ha) e E3 (3,19 ha) valores exageradamente menores para a classe *Floresta*, quando comparados com a área E2 (19,58 ha), a qual, além de possuir valores maiores entre os fragmentos para AREA_MN apresenta também ao comparar com a classe de *Outros usos* (4,27 ha). Esses valores da AREA_MN integrados aos resultados da métrica de densidade de fragmentos (PD) permitem compreender qual área está mais perturbada. À vista disso, a área E3 exibe valores de 15,13 frag./100ha, seguida da E1 com 12,69 frag./100ha e prosseguida da E2 com 3,65 frag./100ha. Esses valores para o ambiente respaldam Valente (2001), pois a área E3 é a que possui menor tamanho médio (AREA_MN) de seus fragmentos de *Floresta* e aponta maior densidade (PD) dos mesmos, demonstrando que essa área comparada as outras do ambiente Encosta é a que exibe a paisagem mais fragmentada.

Levando essa associação (AREA_MN e PD) em consideração, percebe-se que o ambiente Encosta encontra-se mais conturbado ao comparar com o ambiente Baixada. Contudo, o ambiente Encosta possui menor isolamento entre as manchas com valores quase indiferentes, obtendo uma média de 28,4 metros. As populações vegetais em paisagens fragmentadas podem estar diretamente relacionadas ao grau de isolamento. Para sua persistência crer-se ser necessário maior conectividade das manchas, pois uma matriz distinta da vegetação florestal e contendo remanescentes isolados acaba afetando que uma dada população receba indivíduos de outras. Dessa maneira, um maior grau de ligação entre populações existentes nos remanescentes de floresta permite um fluxo de indivíduos entre os fragmentos e assim evitando extinção (CARNEIRO, 2013).

Nesse ambiente Encosta os valores para a métrica de forma (SHAPE_MN) dos remanescentes de *Floresta* está entre 1,57 a 1,66. Valores entre os encontrados no ambiente Baixada e que foi considerado como fragmentos de forma simples com tendência a irregularidade. Os fragmentos com forma irregular estão mais vulneráveis a manifestar maior efeito de borda, principalmente aqueles de menor área, em virtude da sua maior interação com a matriz (VIDOLIN; BIONDI; WANDEMBRUCK, 2011).

Quanto ao ambiente Chapada, a área C1 detém uma área total de 2443,38 ha com 1786,69 ha (73,12%), pertencente à classe *Floresta*, e 656,69 ha (26,88%) à classe *Outros usos*. A paisagem é composta por 553 unidades (NP), das quais 74 são fragmentos de *Floresta*

e possui um tamanho médio de 24,14 ha e 479 unidades com tamanho médio de 1,37 ha da *Outros Usos*.

Na área C2 do ambiente Chapada, verifica-se que 3864,18 ha (84,19%) ha são áreas com *Floresta* e 725,38 ha (15,81%) pertencem à classe de *Outros usos* ocupando assim uma área total de 4589,56 ha. A área é formada por 767 elementos, estando 148 fragmentos de *Floresta*, os quais possuem 26,11 ha em relação ao valor da métrica tamanho médio e a classe de *Outros usos* detém um tamanho médio de 1,17 ha.

A área C3 é constituída por 353 unidades, sendo 152 unidades da classe *Floresta* e 201 da classe *Outros usos*. Os fragmentos de *Floresta* dispõem de uma área de 2573,88 ha (78,17%) e a classe de *Outros usos* detém uma área de 718,81 ha (21,83%) totalizando uma área total da paisagem de 3292,69 ha. A *Floresta* apresentou valores de tamanho médio (AREA_MN) de 16,93 ha e para *Outros usos* 3,58 ha.

No ambiente Chapada a matriz é de *Floresta* em todas as três áreas e revelam tamanhos médios (AREA_MN) elevados ao comparar com a classe de *Outros usos* e, principalmente, ao contrapor com os tamanhos médios dos fragmentos *Floresta* dos outros ambientes (Baixada e Encosta). Os coeficientes de variação diferem entre 825,18% a 1203,30% para as classes *Floresta* e entre 645,83% a 1047,22% para *Outros usos* indicando tamanho médio dos elementos com alta heterogeneidade espacial.

Esses dados agregados aos valores da densidade de fragmentos (PD) verifica-se que a área C3 possui o menor tamanho médio (16,93 ha) e também a maior densidade de fragmentos (4,62 frag./100 ha), constatando como a área mais fragmentada nesse ambiente Chapada. Para o agravamento do fator de fragmentação também pode ser observado pela maior distância entre os fragmentos (31,43 metros) na área C3. O ambiente Chapada determina ainda unidades com tendência a uma forma (SHAPE_MN) irregular, já que os valores desse ambiente se encontram entre 1,46 a 1,76.

Para compreender a paisagem dessa região semiárida, necessita-se entender a inter-relação entre vegetação, precipitação, declividade e solo. Nos ambientes Baixada e Encosta, encontram-se solos Argilossolos vermelhos, o que possuem certas limitações para cultivos agrícolas em função da pequena profundidade efetiva, pedregosidade e da fertilidade natural baixa (ARAÚJO, 2011). Todavia, percebe-se que esses fatores não afetam as aberturas de áreas para as culturas de subsistência a principal economia da região. O ambiente Chapada apresenta o solo Latossolo vermelho que possui uma baixa disponibilidade de nutrientes para

plantas e mesmo com a legislação de Área de Preservação Permanente há presença de culturas agrícolas nas áreas estudadas.

Nessa pesquisa percebe-se que os ambientes Baixada e Encosta demonstram áreas com faixas de maiores declividades (Apêndices X e Y). Nessas faixas ocorre a presença em menores expressões, de *Outros usos* que com o uso intensivo do solo e o déficit de água na região podem potencializar processos erosivos que, de acordo com Sá (2010) o município de Araripina, onde está inserida sete das nove áreas estudadas, é o mais impactado, em termo de degradação.

Além da presença da classe de *Outros usos*, nessas faixas de maiores declividades, a vegetação arbórea-arbustiva a arbórea, resultados este encontrado também por Bispo; Valeriano; Kuplich (2010). Nesses ambientes há frequência das espécies Catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz), Pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart.), Marmeleiro (*Croton hemiargyreus* Müll. Arg.), Braúna (*Schinopsis glabra* Engl.) e Banha de galinha (*Swartzia flamingii* Raddi var. *cognata* Cowan), as quais Sá (2010) identifica também em seu estudo na região. Supõe-se que a maior quantidade de vegetação nessas áreas seja devido a maior declividade e altitudes, que dificultam a entrada de cultivos agrícolas e nessas áreas há o rigor da lei de preservação caracterizando a proteção das mesmas.

No entanto, no ambiente Chapada verifica-se um predomínio de baixas declividades demonstrando um relevo mais plano (Apêndice Z) e depara-se com uma vegetação de Floresta Estacional com a existência de espécie como Visgueirinho (*Parkia platycephala* Benth), Murici (*Byrsonima* sp.) e Violeta (*Dalbergia cearensis* Ducke). Essa vegetação ocupa áreas mais altas e planas com altitudes acima de 650 metros (FREITAS et al., 2005).

Para melhor avaliar a estrutura florestal da paisagem é apresentada na Tabela 11 a distribuição dos fragmentos de floresta nativa nas classes de área dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada na região do Araripe – PE, Brasil.

Nas três áreas do ambiente Baixada analisadas observa-se que a maioria dos remanescentes de vegetação nativa possui área menor que 5 (cinco) ha. A somatória da área dessas manchas corresponde a 96,04% (278 NP) para a área B1, 96,32% (299 NP) para a área B2 e 96,36% (247 NP) para a B3.

Para o ambiente Encosta contabilizaram-se 364 (95,54%) fragmentos florestais para a área E1; 109 (97,25%) remanescentes florestais para a área E2 e 343 (95,04%) fragmentos florestais na área E3. Nas três áreas retratadas verifica-se que a prevalência de fragmentos nativos menores que 5 (cinco) ha.

A análise da quantidade de fragmentos para as áreas do ambiente Chapada resultou em 74 (94,59%) fragmentos florestais para a área C1; 148 (98,65%) para a área C2 e 152 (96,05%) na área C3. Destacando que o predomínio é de fragmentos florestais com tamanhos menores que 5 (cinco) ha. Autores como Cemin; Perico; Rempel (2009), Juvanhol et al. (2011) e Fernandes (2015) encontraram em seus estudos valores maiores que 80% para a classe de fragmentos menores que 5 ha e consideraram a paisagem como fragmentada.

O desmatamento das florestas resulta na transformação de áreas contínuas em um grande número de fragmentos isolados e de diferentes tamanhos; uma vez que os remanescentes são menores do que a área original da floresta, abrigam um número menor de espécies e populações menores, o que diminui a probabilidade de persistência da biodiversidade em escala local e regional (TABARELLI; GASCON, 2005).

A quantidade de fragmentos influencia a paisagem. Maiores valores de número de fragmentos (NP) indicam maior fragmentação (MCGARIGAL; MARKS, 1995; ZANELLA, 2011) e essa métrica NP deve ser analisada juntamente com as métricas de área total da classe (CA) e a porcentagem na paisagem (PLAND) (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

As áreas que revelam valores altos de número de fragmentos (NP) e baixos valores de CA e PLAND, e assim conseguem ser mais afetadas por fatores externos, são a área B1 no ambiente Baixada; as áreas E1 e E3 no ambiente Encosta e; área C3 no ambiente Chapada.

A diferença da área B1 para as outras áreas no ambiente Baixada, supõe-se que seja pela ocupação inexpressiva de cursos d'água na paisagem. Esse déficit hídrico dificulta o crescimento e desenvolvimento da vegetação nativa.

Em relação as áreas do ambiente Encosta, acredita-se que isso ocorra pela presença de áreas urbanas no raio de estudo. Agravando a articulação entre as manchas, contribuindo para o encolhimento e aumento gradual da fragmentação dos remanescentes existentes, devido tanto na ampliação dos empreendimentos residenciais e industriais quanto à sua degradação pela poluição.

Quanto ao ambiente Chapada, ao mesmo tempo que há uma redução na quantidade de fragmentos floresta nativa com proporções menores, há uma alta relevância em termos de impactos na área de *Floresta*. A área C3, é considerada nesse ambiente como a mais fragmentada devido a existência da retirada de vegetação nativa por plano de manejo. Para a supressão dessa vegetação necessita-se de trilhas de arraste e ao executar o corte, árvores são derrubadas gerando clareiras que influenciam na regeneração natural da floresta.

Tabela 11. Distribuição dos fragmentos de floresta nativa nas classes de área dos ambientes Baixada, Encosta e Chapada na região do Araripe – PE, Brasil

Número de fragmentos (NP) Área - Percentual									
Classes de tamanhos	B1	%	% de ocupação na paisagem	B2	%	% de ocupação na paisagem	B3	%	% de ocupação na paisagem
Pequeno (< 5ha)	267	96,04	7,54	288	96,32	6,11	238	96,36	0,39
Médio (5 – 50 ha)	9	3,24	8,85	9	3,01	9,73	7	2,38	6,97
Grande (> 50ha)	2	0,72	83,61	2	0,67	84,16	2	0,81	89,1
Todos (0 a > 50ha)	278	100	100	299	100	100	247	100	100
Classes de tamanhos	E1	%	% de ocupação na paisagem	E2	%	% de ocupação na paisagem	E3	%	% de ocupação na paisagem
Pequeno (< 5ha)	364	95,54	6,79	106	97,25	1,38	326	95,04	8,99
Médio (5 – 50 ha)	14	3,67	17,27	2	1,83	0,58	14	4,08	16
Grande (> 50ha)	3	0,79	75,94	1	0,92	98,05	3	0,87	75,01
Todos (0 a > 50ha)	381	100	100	299	100	100	343	100	100
Classes de tamanhos	C1	%	% de ocupação na paisagem	C2	%	% de ocupação na paisagem	C3	%	% de ocupação na paisagem
Pequeno (< 5ha)	70	94,59	1,31	146	98,65	0,42	146	96,05	1,28
Médio (5 – 50 ha)	3	4,05	2,07	1	0,68	0,33	3	1,97	2,93
Grande (> 50ha)	1	1,35	96,62	1	0,68	99,25	3	1,97	95,79
Todos (0 a > 50ha)	74	100	100	148	100	100	152	100	100

Zanella (2011), analisando os mesmos parâmetros métricos (NP, CA e PLAND) para a Mata Atlântica observou que a vegetação natural encontra-se bastante fragmentada, pois apresenta maiores valores de NP e menores valores para as métricas de CA e PLAND, sendo a pastagem a matriz nesse estudo.

Levando em conta os ambientes, atesta-se que o ambiente Chapada é o menos fragmentado, em razão da diminuição na quantidade de fragmentos em comparação aos outros ambientes, acreditando-se que se deve ao gradiente altitudinal, pois verifica que em altitudes maiores há uma maior conectividade e, conseqüentemente, maior densidade de floresta. Espera-se que ocorra menor intensidade antrópica, em atenção a atuação da fiscalização, visto que esse ambiente Chapada detém áreas com altitudes acima de 750 metros sendo considerado Áreas de Preservação Permanente (PERNAMBUCO, 1995). Esse inciso VI do art. 9 foi alterado em 16 de outubro de 2015 (Lei 15.621/2015), sendo considerado Áreas de Preservação Permanente locais com altitudes maiores que 1100 metros. A porcentagem de vegetação nativa nesse ambiente pode ter sido alterada, visto que após o vigor da lei ocorreram a introdução de parque eólicos na região.

Dando importância aos efeitos de área que ao declinar, ou seja diminuir a área do remanescentes, promove uma perda da diversidade de habitats. Outro problema dos fragmentos com pequenas áreas é o tamanho das populações que são reduzidas em suas taxas de crescimento e reprodução (CARNEIRO, 2013). Em contrapartida, aos dados analisados das métricas nesses ambientes, comprovam que os fragmentos pequenos são imprescindíveis na paisagem e há uma unanimidade nas literaturas quando consideram a importância do desempenho enquanto trampolins para espécies que se locomovem entre fragmentos melhorando a conectividade, além de ajudar na alimentação e na heterogeneidade da região.

Quando se correlaciona o número de fragmentos por classe de tamanho com a área total ocupada em cada paisagem, os fragmentos menores que 5 ha representam os menores percentuais, enquanto os fragmentos maiores que 50 ha, mesmo com a baixa frequência de fragmentos e consistirem em um menor número de fragmentos, correspondem a maior porcentagem da área ocupada na paisagem, permitindo maior influência por representarem a maior proporção de área ocupada na paisagem. Além disso, um fragmento maior pode conter todos os habitats que poderiam ocorrer em uma região, diferente de fragmentos menores que abrigam poucos habitats (VIDOLIN; BIONDI; WANDEMBRICK, 2011). Diante disso, observa-se que há uma alta possibilidade de recuperação dos ambientes, ocorre-se interrupção da supressão florestal desordenada e práticas mais sustentáveis. Além disso, os resultados

confirmam que as áreas dos ambientes ditas como as mais fragmentadas possuem maiores quantidades de fragmentos pequenos e menores em fragmentos de maiores extensões.

Essas alterações nas características da vegetação catalisam tanto a aceleração quanto a proliferação das mudanças ecológicas (COELHO, 2015). Além dessas modificações na paisagem um dos fatores que podem afetar nessa fragmentação são as precipitações irregulares dessa região semiárida.

As áreas do ambiente Baixada e Encosta e a área C1 do ambiente Chapada que estão inseridas no município de Araripina no ano estudado, obteve precipitação anual de 444,4 mm. Para a área C2 do ambiente Chapada, no município de Ipubi, houve uma precipitação de 489 mm e a área C3 que encontra-se no município de Exú, atingiu 671,9 mm. As cenas analisadas para os ambientes engloba o período após as chuvas, que ocorreram entre os meses de janeiro a maio, afetando a temperatura e, segundo Snyder; Tartawski (2006), a dinâmica da vegetação. Sabe-se que a vegetação se relaciona de forma positiva com a precipitação, acarretando no aumento da atividade fotossintética e assim na resposta espectral dessa vegetação. O estado exuberante da vegetação ocorre de um a dois meses após o excedente hídrico máximo, o mesmo ocorre para a época de deficiência hídrica (PAIVA et al., 2010), ou seja, a resposta da vegetação ao excedente ou a déficit hídrico não são instantâneas.

Entretanto, para os autores Oliveira; Chaves; Lima (2009), Lopes et al. (2010), e Francisco (2013) o período seco tem-se se consagrado como a melhor época para se realizar o mapeamento e o diagnóstico da vegetação de Caatinga. Dado que nessa região após as chuvas em áreas com vegetação arbustiva-arbórea mais aberta apresentam o manto herbáceo e graminóide, com plantas colonizadoras como o Marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill) que recobrem os espaços entre as árvores; essas plantas jovens possuem alta capacidade fotossintética, absorvem mais energia luminosa, apresentando refletância semelhante ou até superior à de áreas com vegetação adulta, arbórea e mais densa (FRANCISCO, 2013).

Assim, acredita-se que esse alto valor para a ocupação da paisagem por fragmentos maiores que 50 ha nos ambientes Baixada e Encosta é dado pela ligação entre fragmentos menores, que pode ter ocorrido pela presença dessas plantas colonizadoras, visto que nesses ambientes há a presença de no mínimo um fragmento em cada área com ampla extensão. Já para o ambiente Chapada é explicado pela altitude e verifica-se que as áreas de Chapada têm uma maior precipitação e isso pode intervir no desenvolvimento da vegetação. Ferraz et al. (2003) afirmam que no semiárido nordestino o aumento da altitude leva a uma redução na

temperatura e, em consequência, a um aumento na precipitação e disponibilidade de água no solo, principal fator limitante da produtividade primária resultando em uma maior biomassa.

Ademais, na área C3 do ambiente Chapada encontra-se nascentes que é caracterizada como fluxo contínuo e colabora na presença da vegetação, pois são bem fiscalizadas em virtude da legislação para sua proteção, já que existe uma atenção na disponibilidade hídrica limitante na região do Araripe que afeta no abastecimento dos centros urbanos locais.

Esses fatores determinam que os ambientes mais atingidos e fragmentados são os ambientes Baixada e Encosta, em virtude, da cobertura florestal desses ambientes está sob forte pressão, já que se encontra circundada, principalmente, pela classe Agropecuária, deixando mais susceptíveis à fragmentação e a influências externas. O ambiente Chapada foi considerado o menos fragmentado, entretanto, necessita-se também de atenção, pelo motivo da introdução de parques eólicos que acarretam na supressão florestal, independentemente de ser defendido como energia limpa, sua introdução pode perturbar diversos processos ecológicos.

Portanto, percebe-se que para interpretar os valores das métricas é necessário compreender a paisagem como um todo e a relação com o fenômeno, pois um único valor não demonstra a real situação da paisagem, necessitando da combinação de resultados para uma análise exata.

5. CONCLUSÃO E SUGESTÃO

A vegetação natural da região do Araripe encontra-se bastante fragmentada, em função da supressão desordenada e da rotatividade do uso e ocupação da terra, principalmente, no ambiente Baixada que possui baixas altitudes, facilitando esse processo de substituição das áreas florestais.

A fragmentação da vegetação nativa muda em relação ao gradiente altitudinal, pois quanto maior a altitude, menor é o grau de isolamento, e conseqüentemente, maior cobertura florestal.

A caracterização da estrutura da paisagem, usando as métricas em conjunto, demonstrou um ambiente com alto retalhamento, transformando remanescentes florestais contínuos em pequenos e desconectados fragmentos.

O elevado número de pequenos fragmentos, indicados pelas métricas de área isolamento, são imprescindíveis no aumento da conectividade entre os remanescentes. Para isso, aconselha-se promover a união desses fragmentos visando a formação de fragmentos

maiores por meio de técnicas de manejo que favoreçam o estabelecimento da regeneração natural.

A funcionalidade das áreas naturais estará comprometida, em virtude da diminuição da conectividade dos fragmentos, caso haja continuação dessa exploração. Dessa forma, são necessárias políticas públicas para frear esse processo, visando uma exploração mais sustentável dos produtos florestais madeireiros e não madeireiros. Assim, como a recuperação e a manutenção das áreas destinadas à preservação permanente, nessa região, é de total relevância para a melhoria da integridade da paisagem.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.
- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo, Ateliê Editorial, 2003, p. 144.
- ALBUQUERQUE, J. L. **Diagnóstico ambiental e questões estratégicas: uma análise considerando o pólo gesseiro do sertão do Araripe - Estado de Pernambuco**. 2002. 204f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná/PR.
- ALMEIDA, C. G. **Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná**. 2008. 74f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Universidade Estadual de Ponta Grossa – PR.
- ANTUNES, M. A. H.; SIQUEIRA, J. C. S. Características das imagens RapidEye para mapeamento e monitoramento agrícola e ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 16., 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, **Anais...**, p. 0547-0554.
- ARAÚJO FILHO, J. C. et al. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 382, 2000.
- ARAÚJO, F. F. Disponibilização de fósforo, correção do solo, teores foliares e rendimento de milho após a incorporação de fosfatos e lodo de curtume natural e compostado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 355-360, 2011.
- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1989. 295p.
- ARRUDA, K. E. C. **Geodiversidade do município de Araripina–PE, nordeste do Brasil**. 2013. 176f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE.
- BARBOSA I. S; ANDRADE L. A; ALMEIDA J. A. P. Evolução da cobertura vegetal e uso agrícola do solo no município de Lagoa Seca, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 13, n. 5, p. 614-622, 2009.
- BDE – BASE DE DADOS DO ESTADO. **História municipal**: Exú. Disponível em: <<http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao>>. Acesso em 15 de out. 2016.
- BELUCO, A. **Classificação de imagens de sensoriamento remoto baseada em textura por redes neurais**. 2002. 154f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS.

BISPO, P. C.; VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M. Relação da vegetação de caatinga com a condição geomorfométrica local. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 14, n. 5, p. 523-530, 2010.

BUREL, F. BAUDRY, J. **Ecologia del paisaje**: conceptos, métodos aplicaciones. Madrid: Mundo-prensa, 2002, 353p.

CALEGARI, L. et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.34, n.5, p.871-880, 2010.

CÂMARA, G; DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G. MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. **Conceitos básicos em ciência da geoinformação**. São José dos Campos, SP: INPE, 35.p, 2004.

CARNEIRO, M. S. **Efeito da estrutura da paisagem sobre a riqueza e diversidade de árvores em grupos funcionais reprodutivos**. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas – MG.

CARVALHO, E. C. D. **Estrutura e estágios de sucessão ecológica da vegetação de caatinga em ambiente serrano no cariri paraibano**. 2010. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB.

CEMIN, G.; PERICO, E.; REMPEL, C. Composição e configuração da paisagem da subbacia do Arroio jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 33, n. 4, p. 705-711, 2009.

CLARK, W. R. Principles of landscape ecology. **Nature Education**, v.3, n.10. 2010.

COELHO, L. L. **Dispersão, fragmentação e paisagem: Relações entre dinâmicas naturais e urbanas no vetor oeste da Região Metropolitana de São Paulo**. 2015. 373 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo – SP.

COELHO, V. H. et al. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 18, n. 1, p. 64-72, 2014.

COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Measurement**, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

CONGALTON, R. G., BIGING, G. S. A pilot study evaluating ground reference data collection efforts for use in forest inventory. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Durham - NH. 58, n.12, p.1669-1671, 1992.

CORDEIRO, A. M. **Estrutura e diversidade da vegetação de caatinga em áreas serranas no trópico semiárido Paraibano**. 2011. 49f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB.

CRISPIM, R. Polo gesseiro do Araripe deve reduzir impactos ao meio ambiente. **Diário do Nordeste**, 2015, Negócios. Disponível em: <<http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/negocios/polo-gesseiro-do-ararape-deve-reduzir-impactos-ao-meio-ambiente-1.1190842>> Acessado em 28 fev. 2017.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1993, 170p.

CUNHA, A. B.; CASTRO, M. S. B.; CASTRO, D. F. Consumo de lenha na calcinação da gipsita e impactos ambientais no polo gesseiro da mesorregião do Araripe-PE. **Revista de Biologia e Farmácia**, Campina Grande, v. 02, n.1, p. 1-21, 2008.

D'ALGE, J. C. L. Cartografia para geoprocessamento. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, p. 32, 2001.

DE BIASE, M. **A carta clinográfica: Os métodos de representação e sua confecção**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1992. p. 45-53.

DRUMOND, M. A. Caatinga: um bioma exclusivamente brasileiro... e o mais frágil: Bioma rico em diversidades. [Editorial]. **Revista do Instituto Humanitas Unisinos**, v. 12, n. 389, p. 13-17, 2012.

EASTMAN, J. R. **Idrisi Taiga: Guide to GIS and Image Processing**. Worcester, MA: Clark University, 2009, 325p.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic**. n.34, p. 487-515, 2003.

FEITOSA, H. C. P. et al. Avaliação do processo de degradação da cobertura vegetal em Serra Branca e Coxixola – PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró - RN, v. 5, n. 1, p.01-07, 2010.

FERNANDES, M. F. et al. Vulnerabilidade dos municípios da Chapada do Araripe e o processo da desertificação. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2, Recife, 2008. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/cart_sig/112.pdf> Acessado em 15 out. 2016.

FERNANDES, M. R. M. **Dinâmica do uso e cobertura da terra e aptidão para o manejo florestal na região semiárida do estado de Sergipe-SE**. 2015. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília – DF.

FERNANDES, M. R. M. et al. Mudanças do uso e de cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 22, n. 4, p. 472-482, 2015.

FERRARI, R. **Modelagem de uso e cobertura da terra da Quarta Colônia, RS**. 2008. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS.

FERRAZ NETO, S. et al. Análise multitemporal do desmatamento na área de preservação ambiental da Chapada do Araripe, PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 15 (SBSR), 2011, Foz do Iguaçu, Brasil. **Anais...**, p. 6896-6902.

FERRAZ, L. C. L et al. Viabilidade de *Sclerotinia sclerotiorum* após a solarização do solo na presença de cobertura morta. **Revista Fitopatologia brasileira**, Brasília – DF, v. 28, n. 1, p. 17-26, 2003.

FERREIRA, J. F. et al. Análise da estrutura da paisagem da APA Serra do Sabonetal na região Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 17 (SBSR), 2015, João Pessoa, PB, Brasil, **Anais ...**, p.4784-4791.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB. Brasília-DF, 2005, 32p.

FLORENZANO, T.G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo – SP, v. 17, p. 24-29, 2005.

FRANCISCO, P. R. M. **Modelo de mapeamento da deterioração do bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB**. 97f. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB.

FREITAS, M. W. D. et al. Aplicações de geoprocessamento no estudo dos geossistemas e Zoneamento Ecológico – Econômico de Serra das Almas (CE/PI). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p.2153-2160.

FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ - FUFPEF. **Apoio técnico e institucional para o desenvolvimento do programa florestal da Chapada do Araripe em Pernambuco: Produto 2 – Diagnóstico**. Curitiba, PR, 2007. 223p.

GADELHA, F. H. L. **Rendimento volumétrico e energético de clones de híbridos de *Eucalyptus urophylla* (cruzamento natural) e *Eucalyptus brassiana* (cruzamento natural) na Chapada do Araripe – PE**. 2010. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – PE.

GARCIA, L. S. et al. Fragmentação florestal e sua influência sobre a fauna: estudo de caso na província ocidental da Amazônia, município de Urupá, Estado de Rondônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 16 (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, **Anais...**, p.3163 – 3170.

GARIGLIO, M. A. et al. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368p.

GIMENES, M. R.; ANJOS, L. Efeitos da fragmentação florestal sobre as comunidades de aves. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá – PR, v. 25, n. 2, p. 391-402, 2003.

GOERL, R.F. et al. Elaboração e aplicação de índices de fragmentação e conectividade da paisagem para análise de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife – PE, v.5, n.1, p.1000-1012, 2011.

GOMES NETO, W. M. **Uma análise da cadeia produtiva do poló gesseiro do Araripe e dos entraves que impactam no desenvolvimento do comércio exterior**. 2005. 108f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE.

GUIMARÃES, R. M. **Seleção de geoindicadores para determinação de áreas de fragilidade face às pressões antrópicas: contribuição da análise geossistêmica e da ecologia da paisagem no Espinhaço Meridional**. 2004. 188f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG.

HAMADA, E.; GONÇALVES, R. R. V. Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação. **Embrapa Meio Ambiente. Documentos**, 2007.

HENDGES, E. R. **Modelos estocásticos da dinâmica da paisagem florestal e simulação de cenários para o estado do Rio Grande do Sul no período de 1988 a 2020**. 2007. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.

IBAMA (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS). **Área de proteção ambiental da Chapada do Araripe**. Ministério do Meio Ambiente. Diretoria de Ecossistemas. Unidades de Conservação Federais do Brasil. Localização no Brasil. Brasília, Brasil, 2006.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Manual técnico de uso da terra**. Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro, n. 7, 2 ed., 2006.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS). **Censo demográfico 2010**. Ministério do Planejamento, Famílias, Resultados gerais da amostra. Brasília, Brasil, 2010.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS). **Downloads: Geociências**. 2016. Disponível em <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm> acessado em 28 dez. 2016.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. ver. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271p.(Série Manuais Técnicos em Geociências, 1).

JESUS, E. N. **Avaliação dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim (Sergipe-Brasil) para fins de restauração ecológica**. 2013. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE.

JESUS, E. N. et al. Estrutura dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do Rio Poxim - SE, como subsídio à restauração ecológica. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.39, n.3, p.467-474, 2015.

JUVANHOL, R. S. et al. Análise Espacial de fragmentos florestais: caso dos parques estaduais de Forno Grande e Pedra Azul, estado do Espírito Santo. **Revista Floresta e Ambiente**, Seropédica - RJ, v. 18, n. 4, p. 353-364, 2011.

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington - DC, v.33, n. 3, p. 159-179, 1977.

LANG, S; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de textos. 2009. 405p.

LILLESAND, T. M.; KIEFFER, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 1987. 721p.

LOPES, H. L. et al. Análise de índices de vegetação na bacia do rio Brígida, sertão do estado de Pernambuco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3, 2010, Recife, PE, **Anais...** p.01-08.

LOPES, H. L. **Modelagem de parâmetros biofísicos para avaliação de risco à desertificação**. 2005. 118f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação) – Universidade Federal de Pernambuco/PE.

LOURENÇO, D. C. G. R. **Avaliação de áreas invadidas por espécies de *Acacia* na paisagem protegida da arribas fóssil da Costa de Caparica**. 2009. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. 2009.

LUCHIARI, A. Breve histórico dos levantamentos de uso e cobertura da terra. **Panorama da geografia brasileira**, v. 2, p. 145, 2006.

MAGALHÃES, D. M. **Análise dos espaços verdes remanescentes na mancha urbana conurbada de Belo Horizonte-MG apoiada por métricas de paisagem**. 2013. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais – MG.

MANZATTO, C. V; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. 21.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 184, 2002.

MARANHÃO, N.; AYRIMORAES, S. Os usos da água e o desenvolvimento regional. **A questão da água no Nordeste**. Centro de gestão e estudos estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília, DF: CGEE, p. 123-155, 2012.

MARQUES, A. J. **Mapeamento de fragmentos de mata no município de Maringá, PR: uma abordagem da ecologia da paisagem**. 2004. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente – SP.

MCGARIGAL, K. **Fragstats: Fragstats help - versão 4.2**. Computer software program produced by the author at the University of Massachusetts, Amherst, 2013. 182p.

MCGARIGAL, K. **Introduction to landscape ecology**. 8p. Disponível em <<http://www.umass.edu/landeco/about/landeco.pdf>> Acesso em 16 mar. 2016.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. 132p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, Distrito Federal: CNPq, UnB, 2012. 266p.

MENGATTO JUNIOR, E. A.; SILVA, J. S. V. Imagens de alta resolução (rapideye) para elaboração de mapas para planejamento e gerenciamento: estrada parque do Pantanal, MS. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL 5, 2014, Campo Grande, MS, Brasil, **Anais...**, p.513 -522.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: Cullen Junior, L et al. (Ed). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2 ed. Curitiba – PR, 2004. p 423-453.

METZGER, J. P. et al. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. **Biological Conservation**, Essex, 2009, v.142, n.6, p. 1166-1177.

METZGER, J. P. How to deal with non-obvious rules for biodiversity conservation in fragmented áreas. **Natureza e Conservação**. V.2, n.4, p. 125-137. 2006.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotrópica**. Campina – SP, v.1, n. 1, p. 1-9. 2001.

MMA - MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca**. Brasília, MMA, agosto, p. 242, 2004.

MORAES, M. E. B. et al. Análise métrica da paisagem na microbacia do rio água preta do mocambo, Uruçuca, sul da Bahia. **Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza – CE, v. 9, n. 1, p. 62-72, 2015.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4ª Ed. São José dos Campos, São Paulo. 2011. p. 422.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2.ed., Viçosa – MG: UFV, 2004, 307p.

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. 2016. Disponível em: <<http://www.nasa.gov>>. Acesso em: 16 de julho de 2016.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4ª Ed. São Paulo: Blucher, 2011. 388 p.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308p.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. Editora Cengage Learning, 2007, 632p.

OLIVEIRA, W. M.; CHAVES, I. B.; LIMA, E. R. V. Índices espectrais de vegetação de caatinga em um Neossolo Litólico do semi-árido paraibano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 14 (SBSR), 2009, Natal, RN, Brasil, **Anais...**, p. 2103-2110, 2009.

PAIVA, Y. G. et al. Delimitação de sítios florestais e análise dos fragmentos pertencentes na bacia do rio Itapemirim. **Idesia (Arica)**, Arica – Chile, v. 28, n. 1, p. 17-22, 2010.

PAULINO, W. D.; TEIXEIRA, F. J. C. A questão ambiental e a qualidade da água nas bacias hidrográficas do Nordeste. **A questão da água no Nordeste**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília, DF: CGEE, p. 219-246, 2012.

PERNAMBUCO. **Lei nº 11.206**, de 31 de março de 1995. Dispõe sobre a Política Florestal do Estado de Pernambuco e dá outras providências.

REIS, A. A. et al. Análise das ocorrências de desmatamento na região norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7016-7023.

RIBEIRO, E. J. C.; BAPTISTA, G. M. M.; BIAS, E. S. Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, **Anais...**, Florianópolis: INPE, 2007, p. 5471–5478.

RICHARDS, J. A.; JIA, X. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. Australia: springer - verlag berlin heidelberg, 2006. 439p.

RODRÍGUEZ, A. C. M. **Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM-Landsat e HRV-SPOT**. 2000. 85p. (Especialização em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos – SP.

SÁ, I. B. et al. Mapeamento e caracterização da cobertura vegetal Bacia Hidrográfica do São Francisco. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14 (SBSR), 2009, Natal. **Anais...**, p. 6305-6312.

SÁ, I. I. S. **Avaliação da degradação ambiental na região do Araripe pernambucano utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife – PE.

SÁ, I. I. S. et al. Cobertura vegetal e uso da terra na Região Araripe Pernambucana. **Revista Mercator**, Fortaleza – CE, v. 9, n. 19, p. 143-163, 2010.

SANTOS, A. L. S.; PEREIRA, E. C. G.; ANDRADE, L. H. C. Fragmentação florestal decorrente do uso do solo e do processo de degradação ambiental no município de Junqueiro (AL). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia – MG, v. 9, n. 25, p. 120-138, 2008.

SANTOS, A. R. **Apostila de sensoriamento remoto**. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Alegre – ES, 2013, 87p.

SANTOS, H. G et al. **O novo mapa de solos do Brasil**: legenda atualizada. Rio de Janeiro, Brazil: Embrapa Solos, 2011, 67p.

SCHINDLER, S. et al. Multiscale performance of landscape metrics as indicators of species richness of plants, insects and vertebrates. **Ecological Indicators**, v. 31, p. 41-48, 2013.

SECRETARIA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE. PERNAMBUCO. **Região do Araripe**: Pernambuco – diagnóstico florestal. Brasília, DF: MMA: UNESCO, 2007. 79p.

SILVA, A. C. C. et al. Aspectos de ecologia de paisagem e ameaças à biodiversidade em uma unidade de conservação na caatinga, em Sergipe. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 37, n. 3, p. 479-490, 2013a.

SILVA, A. N. R. et al. **SIG**: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes: uma ferramenta 3D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais. Ed. Dos Autores, São Carlos, SP, 2004, 228 p.

SILVA, E. A. et al. Dinâmica do uso e cobertura da terra do município de Floresta - PE. **Floresta**, Curitiba - PR, v. 43, p. 611-620, 2013b.

SILVA, E. A. **Mapeamento do uso e cobertura vegetal do município de Floresta-PE**. 2011, 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE.

SILVA, E. A. **Modelagem dinâmica para simulação no processo de arenização e cobertura florestal na campanha ocidental-RS**. 2015. 157f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS.

SILVA, J. A. A. Potencialidades de florestas energéticas de *Eucalyptus* no polo gessoiro do Araripe-Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciências Agrônomicas**, Recife – PE, v. 5/6, p. 301-319, 2008-2009.

SINDUSGESSO - SINDICATO DA INDÚSTRIA DO GESSO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. 2014. Disponível em: < <http://www.sindusgesso.org.br/crescimento-economico-do-polo-gesseiro-nos-ultimos-seis-anos/>> Acesso em: 15 out. 2016.

SNYDER, K. A.; TARTOWSKI, S. L. Multi-scale temporal variation in water availability: Implications for vegetation dynamics in arid and semi-arid ecosystems. **Journal of Arid Environments**, Viçosa – MG, v. 65, p. 219–234, 2006.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga e desertificação. **Revista Mercator**, Fortaleza – CE, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

SOUSA, R. F. et al. Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de Boa Vista - PB, utilizando geoprocessamento. **Revista Caatinga**, Mossoró - RN, v. 21, n. 3, p.22-30, 2008.

SOUZA, C. G et al. Análise da fragmentação florestal da área de proteção ambiental coqueiral, Coqueiral–MG. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 24, n. 3, p. 631-644, 2014.

SOUZA, C. G. **Caracterização ambiental e análise da estrutura da paisagem da área de proteção ambiental de coqueiral, Minas Gerais**. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

TABARELLI, M.; GASCON, C. Lições da pesquisa sobre fragmentação: aperfeiçoando políticas e diretrizes de manejo para a conservação da biodiversidade. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 181-188, 2005.

TURNER, M. G. Landscape ecology: what Is the State of the Science? **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, University of Rhode Island, v. 36, p. 319-344, 2005.

TURNER, M.G.; GARDNER, R. H. Quantitative methods in landscape ecology: the analysis and interpretation of landscape heterogeneity. **Springer Verlag**, New York, 1990, 536 p.

VALENTE, R. O. A. **Análise da estrutura da paisagem na bacia do rio Corumbataí, SP**. 2001. 162 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, n.62, p. 114-119, 2002.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

VIDOLIN, G. P; BIONDI, D; WANDEMBRUCK, A. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com araucária, Paraná, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 35, n. 3, p. 515- 525, 2011.

VIEIRA, C. A. O. **Accuracy of remotaly sensing classification of agricultural crops: a comparative study**. 2000. 327 f. Tese (Doutorado em filosofia). University of Nottingham.

VOLATÃO, C. F. S. **Trabalho de análise espacial – Métricas do Fragstats**. INPE, São José dos Campos, 1998, 48p.

WIENS, J.; MOSS, M. **Studies in landscape ecology: issues and perspectives in landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University, 2005. 390p.

WU, J. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. **Landscape Ecology**, v. 28, n. 6, p. 999-1023, 2013.

ZANELLA, L. **Análise da interferência antrópica na fragmentação da Mata Atlântica e modelos de simulação da paisagem na microrregião da Serra da Mantiqueira do Estado de Minas Gerais**. 2011. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Universidade de Lavras, Minas Gerais – MG.

ZANELLA, L. et al. Atlantic forest fragmentation analysis and landscape restoration management scenarios. **Natureza & Conservação**, v. 10, n. 1, p. 57-63, 2012.

APÊNDICES

Apêndice A. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área B1 no ambiente Baixada da região do Araripe - PE

Matriz da área 1 da Baixada – B1							
	Floresta Densa	Floresta Esparsa	Agropecuária	Solo exposto	Cursos d'água	∑ Linha	Linha ²
Floresta Densa	216230	35389	490	11	0	252120	63564494400
Floresta Esparsa	6280	33049	10968	24	0	50321	2532203041
Agropecuária	1793	739	192109	89	0	194730	37919772900
Solo exposto	99	3139	119381	20199	0	142818	20396981124
Cursos d'água	0	0	0	0	51	51	2601
∑ Coluna	224402	72316	322948	20323	51	640040	∑ Linha ² = 1,24413E+11
							∑ Diagonal = 461638

Cálculo do índice de Kappa das amostras adquiridas

∑ Linha x ∑ Coluna	640040	$K = \frac{(640040 \times 461638) - 1,24413E+11}{(640040)^2 - 1,24413E+11}$ <p style="text-align: center;">K=0,60</p>
∑ Linha ²	1,24413E+11	
∑ Diagonal	461638	
Índice Kappa	0,60	

■ Pontos coincidentes

Apêndice B. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área B2 no ambiente baixada da região do Araripe – PE

Matriz da área 2 da Baixada – B2								
	Floresta Esparsa	Solo exposto	Agropecuária	Floresta Densa	Áreas urbanas	Cursos d'água	∑ Linha	Linhas²
Floresta Esparsa	26656	110	1762	10874	15	0	39417	1553699889
Solo exposto	193	40458	19081	131	14	0	59877	3585255129
Agropecuária	16173	506	122839	1283	57	0	140858	19840976164
Floresta Densa	2468	72	566	338026	0	0	341132	1,16371E+11
Áreas urbanas	30	77	3322	65	3003	0	6497	42211009
Cursos d'água	0	0	0	0	0	82	82	6724
∑ Coluna	45520	41223	147570	350379	3089	82	587863	∑ Linha² = 1,41393E+11
								∑ Diagonal = 531064

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

∑ Linha x ∑ Coluna	587863	$K = \frac{(587863 \times 531064) - 1,41393E+11}{(587863)^2 - 1,41393E+11}$ <p>K =0,84</p>
∑ Linha²	1,41393E+11	
∑ Diagonal	531064	
Índice <i>Kappa</i>	0,84	

Pontos coincidentes

Apêndice C. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área B3 no ambiente Baixada da região do Araripe – PE

Matriz da área 3 da Baixada – B3							
	Agropecuária	Solo exposto	Floresta Densa	Floresta Esparsa	Cursos d'água	∑ Linha	Linhas ²
Agropecuária	199422	194	2059	5027	0	206702	42725716804
Solo exposto	17498	13518	153	205	0	31374	984327876
Floresta Densa	2176	32	260501	30678	0	293387	86075931769
Floresta Esparsa	61323	83	11285	52190	0	124881	15595264161
Cursos d'água	85	0	0	45	91	221	48841
∑ Coluna	280504	13827	273998	88145	91	656565	∑ Linha ² = 1,45381E+11
							∑ Diagonal = 525722

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

∑ Linha x ∑ Coluna	656565	$K = \frac{(656565 \times 525722) - 1,45381E+11}{(656565)^2 - 1,45381E+11}$ <p style="text-align: center;">K = 0,70</p>
∑ Linha ²	1,45381E+11	
∑ Diagonal	525722	
Índice <i>Kappa</i>	0,70	

Pontos coincidentes

Apêndice D. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área E1 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE

	Matriz da área 1 da Encosta – E1							
	Floresta Densa	Floresta Esparsa	Agropecuária	Cursos d'água	Solo exposto	Áreas urbanas	∑ Linha	Linhas ²
Floresta Densa	162629	6285	132	0	41	0	169087	28590413569
Floresta Esparsa	5574	138792	9233	0	62	0	153661	23611702921
Agropecuária	844	10796	98518	4	3607	3	113772	12944067984
Cursos d'água	7	0	364	245	596	27	1239	1535121
Solo exposto	115	265	5673	7	26997	65	33122	1097066884
Áreas urbanas	0	2	0	0	5	1721	1728	2985984
∑ Coluna	169169	156140	113920	256	31308	1816	472609	∑ Linha ² = 66247772463
								∑ Diagonal = 428902

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

∑ Linha x ∑ Coluna	472609	$K = \frac{(472609 \times 428902) - 66247772463}{(472609)^2 - 66247772463}$ <p style="text-align: center;">K = 0,87</p>
∑ Linha ²	66247772463	
∑ Diagonal	428902	
Índice <i>Kappa</i>	0,87	

Pontos coincidentes

Apêndice E. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área E2 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE

Matriz da área 2 da Encosta – E2								
	Floresta Densa	Floresta Esparsa	Cursos d'água	Agropecuária	Solo exposto	Σ Linha	Linhas ²	
Floresta Densa	208799	7792	0	1597	264	218452		47721276304
Floresta Esparsa	1806	81026	0	18583	252	101667		10336178889
Cursos d'água	0	0	194	3	0	197		38809
Agropecuária	1133	324	0	102522	330	104309		10880367481
Solo exposto	231	174	0	5493	30062	35960		1293121600
Σ Coluna	211969	89316	194	128198	30908	460585	Σ Linha ² = 70230983083	
							Σ Diagonal = 422603	

Cálculo do índice de Kappa das amostras adquiridas

Σ Linha x Σ Coluna	460585	$K = \frac{(460585 \times 422603) - 70230983083}{(460585)^2 - 70230983083}$ <p>K = 0,88</p>
Σ Linha ²	70230983083	
Σ Diagonal	422603	
Índice Kappa	0,88	

Pontos coincidentes

Apêndice F. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área E3 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE

		Matriz da área 3 da Encosta – E3						
	Floresta Densa	Floresta Esparsa	Cursos d'água	Agropecuária	Solo exposto	Áreas urbanas	∑ Linha	Linhas²
Floresta Densa	121669	40037	0	266	0	0	161972	26234928784
Floresta Esparsa	9482	50473	0	1291	2	12	61260	3752787600
Cursos d'água	0	0	224	20	50	0	294	86436
Agropecuária	497	3739	5	70517	167	41	74966	5619901156
Solo exposto	3	21	8	4138	5355	6	9531	90839961
Áreas urbanas	2	75	0	326	4	621	1028	1056784
∑ Coluna	131653	94345	237	76558	5578	680	309051	∑ Linha² = 35699600721
								∑ Diagonal = 248859

Cálculo do índice de Kappa das amostras adquiridas

∑ Linha x ∑ Coluna	309051	$K = \frac{(309051 \times 248859) - 35699600721}{(309051)^2 - 35699600721}$ <p style="text-align: center;">K = 0,69</p>
∑ Linha²	35699600721	
∑ Diagonal	248859	
Índice Kappa	0,69	


 Pontos coincidentes

Apêndice G. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área C1 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE

Matriz da área 1 da Chapada – C1							
	Floresta Densa	Floresta Esparsa	Agropecuária	Solo exposto	Cursos d'água	Σ Linha	Linhas ²
Floresta Densa	16316	827	0	28	0	17171	294843241
Floresta Esparsa	97	71008	61	34	0	71200	5069440000
Agropecuária	0	82	10048	43	0	10173	103489929
Solo exposto	0	108	38	6252	0	6398	40934404
Cursos d'água	0	0	0	0	12	12	144
Σ Coluna	16413	72025	10147	6357	12	104954	Σ Linha ² = 5508707718
							Σ Diagonal = 103636

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

Σ Linha x Σ Coluna	104954	$K = \frac{(104954 \times 103636) - 5508707718}{(104954)^2 - 5508707718}$ <p style="text-align: center;">K=0,97</p>
Σ Linha ²	5508707718	
Σ Diagonal	103636	
Índice <i>Kappa</i>	0,97	


 Pontos coincidentes

Apêndice H. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área C2 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE

Matriz da área 2 da Chapada – C2								
	Nuvem	Sombra	Floresta Densa	Floresta Esparsa	Agropecuária	Solo exposto	∑ Linha	Linhas ²
Nuvem	8970	32	2098	16	705	66	11887	141300769
Sombra	0	5140	37	0	0	0	5177	26801329
Floresta Densa	5	6	632152	6364	630	38	639195	4,0857E+11
Floresta Esparsa	0	0	5513	379876	14980	90	400459	1,60367E+11
Agropecuária	99	18	4756	9581	55763	283	70500	4970250000
Solo exposto	635	0	287	486	10132	6622	18162	329858244
∑ Coluna	9709	5196	644843	396323	82210	7099	1145380	∑ Linha ² = 5,74406E+11
								∑ Diagonal = 1088523

Cálculo do índice de Kappa das amostras adquiridas

∑ Linha x ∑ Coluna	1145380	$K = \frac{(1145380 \times 1088523) - 5,74406E+11}{(1145380)^2 - 5,74406E+11}$ <p>K = 0,91</p>
∑ Linha ²	5,74406E+11	
∑ Diagonal	1088523	
Índice Kappa	0,91	

 Pontos coincidentes

Apêndice I. Matriz de confusão do uso e cobertura da terra da área C3 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE

Matriz da área 3 da Chapada – C3						
	Floresta Densa	Floresta Esparsa	Agropecuária	Solo exposto	∑ Linha	Linhas ²
Floresta Densa	546518	2673	21	0	549212	3,01634E+11
Floresta Esparsa	13643	146661	294	1	160599	25792038801
Agropecuária	1303	215	28133	63	29714	882921796
Solo exposto	478	1424	199	2875	4976	24760576
∑ Coluna	561942	150973	28647	2939	744501	∑ Linha ² = 3,28334E+11
						∑ Diagonal = 724187

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

∑ Linha x ∑ Coluna	744501	$K = \frac{(744501 \times 724187) - 3,28334E+11}{(744501)^2 - 3,28334E+11}$ <p style="text-align: center;">K= 0,93</p>
∑ Linha ²	3,28334E+11	
∑ Diagonal	724187	
Índice <i>Kappa</i>	0,93	

 Pontos coincidentes

Apêndice J. Matriz de confusão da análise da paisagem da área B1 no ambiente Baixada da região do Araripe – PE

Matriz da área 1 da Baixada – B1				
	Floresta	Uso	Σ Linha	Linhas²
Floresta	293817	700	294517	86740263289
Uso	12311	191995	204306	41740941636
Σ Coluna	306128	192695	498823	Σ Linha² = 1,28481E+11
				Σ Diagonal = 485812

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

Σ Linha x Σ Coluna	498823	$K = \frac{(498823 \times 485812) - 1,28481E+11}{(498823)^2 - 1,28481E+11}$ <p style="text-align: center;">K = 0,95</p>
Σ Linha²	1,28481E+11	
Σ Diagonal	485812	
Índice <i>Kappa</i>	0,95	


 Pontos coincidentes

Apêndice K. Matriz de confusão da análise da paisagem da área B2 no ambiente Baixada da região do Araripe – PE

Matriz da área 2 da Baixada – B2				
	Floresta	Uso	Σ Linha	Linhas²
Floresta	407427	7516	414943	1,72178E+11
Uso	21794	252068	273862	75000395044
Σ Coluna	429221	259584	688805	Σ Linha² = 2,47178E+11
				Σ Diagonal = 659495

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

Σ Linha x Σ Coluna	688805	$K = \frac{(688805 \times 659495) - 2,47178E+11}{(688805)^2 - 2,47178E+11}$ <p style="text-align: center;">K = 0,91</p>
Σ Linha²	2,47178E+11	
Σ Diagonal	659495	
Índice <i>Kappa</i>	0,91	

 Pontos coincidentes

Apêndice L. Matriz de confusão da análise da paisagem da área B3 no ambiente Baixada da região do Araripe – PE

Matriz da área 3 da Baixada – B3				
	Floresta	Uso	Σ Linha	Linhas²
Floresta	469491	21471	490962	2,41044E+11
Uso	9386	255734	265120	70288614400
Σ Coluna	478877	277205	756082	Σ Linha² = 3,11332E+11
				Σ Diagonal = 725225

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

Σ Linha x Σ Coluna	756082	$K = \frac{(756082 \times 725225) - 3,11332E+11}{(756082)^2 - 3,11332E+11}$ <p>K = 0,91</p>
Σ Linha²	3,11332E+11	
Σ Diagonal	725225	
Índice <i>Kappa</i>	0,91	

 Pontos coincidentes

Apêndice M. Matriz de confusão da análise da paisagem da área E1 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE

Matriz da área 1 da Encosta – E1				
	Floresta	Uso	Σ Linha	Linhas²
Floresta	318887	25579	344466	1,18657E+11
Uso	14968	180488	195456	38203047936
Σ Coluna	333855	206067	539922	Σ Linha² = 1,5686E+11
				Σ Diagonal = 499375

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

Σ Linha x Σ Coluna	539922	$K = \frac{(539922 \times 499375) - 1,5686E+11}{(539922)^2 - 1,5686E+11}$ <p>K = 0,84</p>
Σ Linha²	1,5686E+11	
Σ Diagonal	499375	
Índice <i>Kappa</i>	0,84	


 Pontos coincidentes

Apêndice N. Matriz de confusão da análise da paisagem da área E2 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE

Matriz da área 2 da Encosta – E2				
	Floresta	Uso	Σ Linha	Linhas²
Floresta	668168	8128	676296	4,57376E+11
Usos	46953	152888	199841	39936425281
Σ Coluna	715121	161016	876137	Σ Linha² = 4,97313E+11
				Σ Diagonal = 821056

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

Σ Linha x Σ Coluna	876137	$K = \frac{(876137 \times 821056) - 4,97313E+11}{(876137)^2 - 4,97313E+11}$ <p>K = 0,82</p>
Σ Linha²	4,97313E+11	
Σ Diagonal	821056	
Índice <i>Kappa</i>	0,82	


 Pontos coincidentes

Apêndice O. Matriz de confusão da análise da paisagem da área E3 no ambiente Encosta da região do Araripe – PE

Matriz da área 3 da Encosta – E3				
	Floresta	Uso	Σ Linha	Linhas²
Floresta	223686	798	224484	50393066256
Uso	7708	84716	92424	8542195776
Σ Coluna	231394	85514	316908	Σ Linha² = 58935262032
				Σ Diagonal = 308402

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

Σ Linha x Σ Coluna	316908	$K = \frac{(316908 \times 308402) - 58935262032}{(316908)^2 - 58935262032}$ <p>K = 0,94</p>
Σ Linha²	58935262032	
Σ Diagonal	308402	
Índice <i>Kappa</i>	0,94	


 Pontos coincidentes

Apêndice P. Matriz de confusão da análise da paisagem da área C1 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE

Matriz da área 1 da Chapada – C1				
	Floresta	Uso	Σ Linha	Linhas²
Floresta	370025	5020	375045	1,40659E+11
Uso	8156	65735	73891	5459879881
Σ Coluna	378181	70755	448936	Σ Linha² = 1,46119E+11
				Σ Diagonal = 435760

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

Σ Linha x Σ Coluna	448936	$K = \frac{(448936 \times 435760) - 1,46119E+11}{(448936)^2 - 1,46119E+11}$ <p>K = 0,89</p>
Σ Linha²	1,46119E+11	
Σ Diagonal	435760	
Índice <i>Kappa</i>	0,89	


 Pontos coincidentes

Apêndice Q. Matriz de confusão da análise da paisagem da área C2 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE

Matriz da área 2 da Chapada – C2				
	Uso	Floresta	Σ Linha	Linhas²
Uso	111410	7151	118561	14056710721
Floresta	12101	929676	941777	8,86944E+11
Σ Coluna	123511	936827	1060338	Σ Linha² = 9,01001E+11
				Σ Diagonal = 1041086

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

Σ Linha x Σ Coluna	1060338	$K = \frac{(448936 \times 435760) - 1,46119E+11}{(448936)^2 - 1,46119E+11}$ <p>K = 0,91</p>
Σ Linha²	9,01001E+11	
Σ Diagonal	1041086	
Índice <i>Kappa</i>	0,91	

 Pontos coincidentes

Apêndice R. Matriz de confusão da análise da paisagem da área C3 no ambiente Chapada da região do Araripe – PE

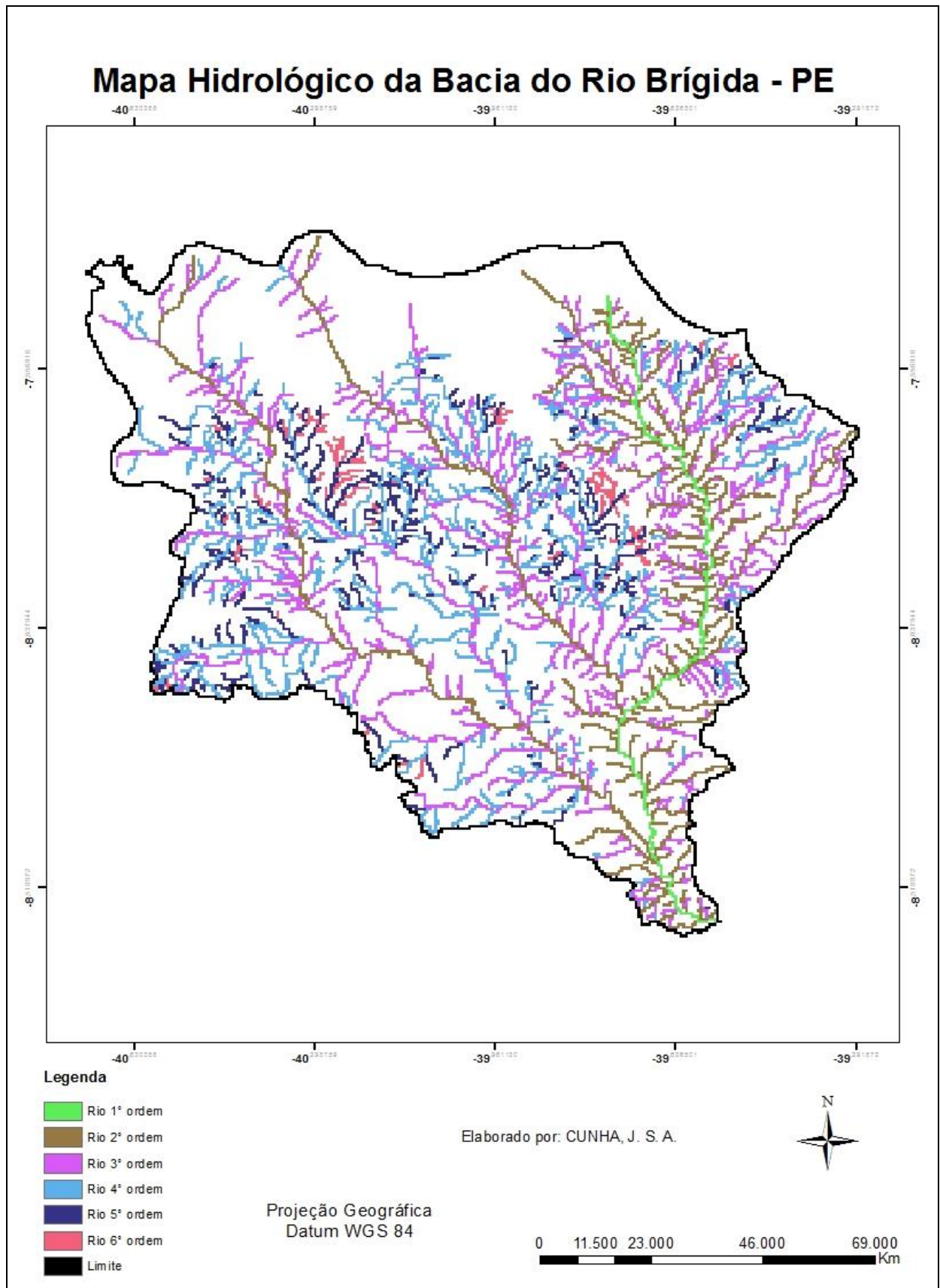
Matriz da área 3 da Chapada – C3				
	Uso	Floresta	∑ Linha	Linhas ²
Uso	787778	4856	792634	6,28269E+11
Floresta	30392	90043	120435	14504589225
∑ Coluna	818170	94899	913069	∑ Linha ² = 6,42773E+11
				∑ Diagonal = 877821

Cálculo do índice de *Kappa* das amostras adquiridas

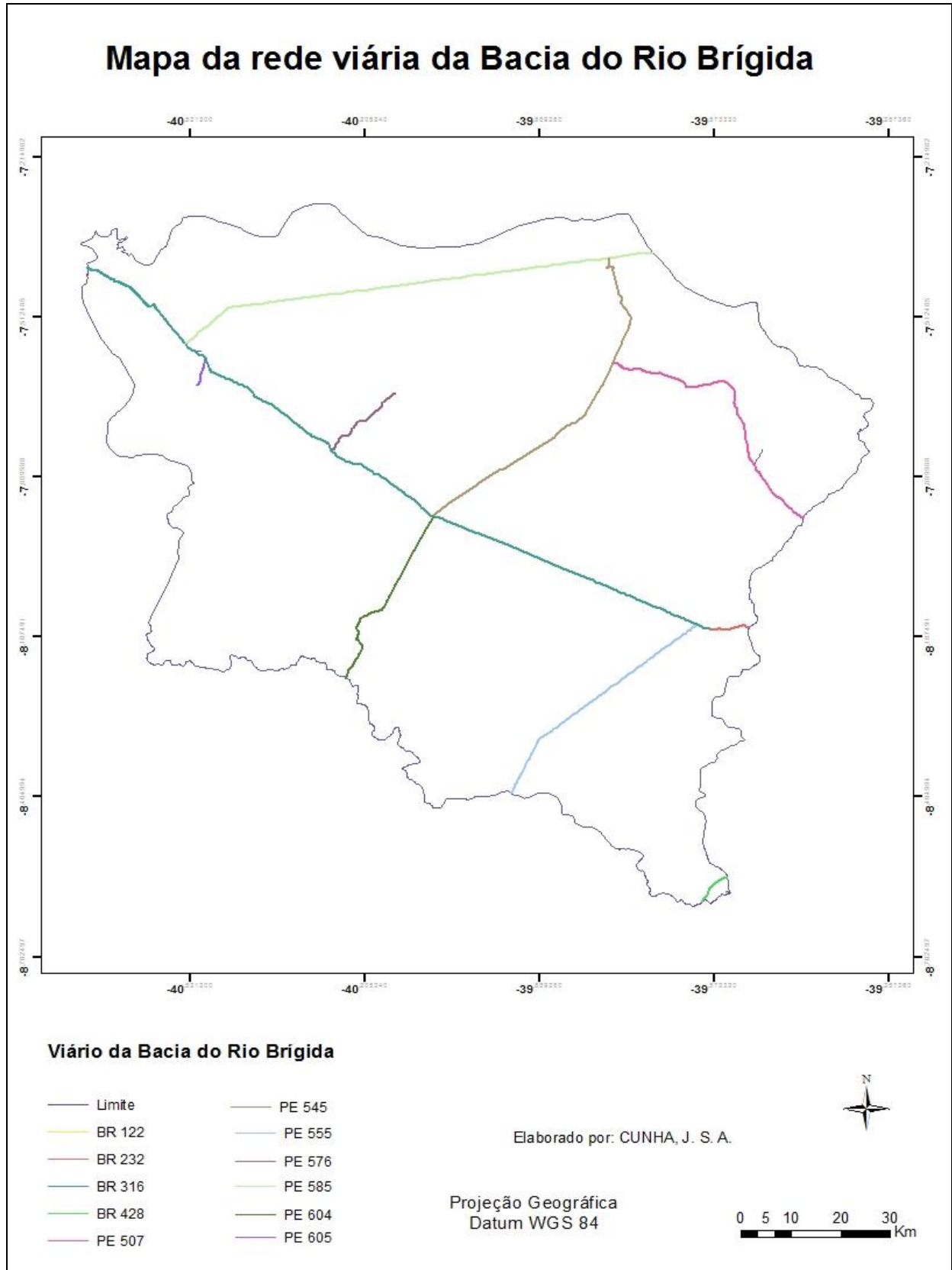
∑ Linha x ∑ Coluna	913069	$K = \frac{(913069 \times 877821) - 6,42773E+11}{(913069)^2 - 6,42773E+11}$ <p>K = 0,83</p>
∑ Linha ²	6,42773E+11	
∑ Diagonal	877821	
Índice <i>Kappa</i>	0,83	

 Pontos coincidentes

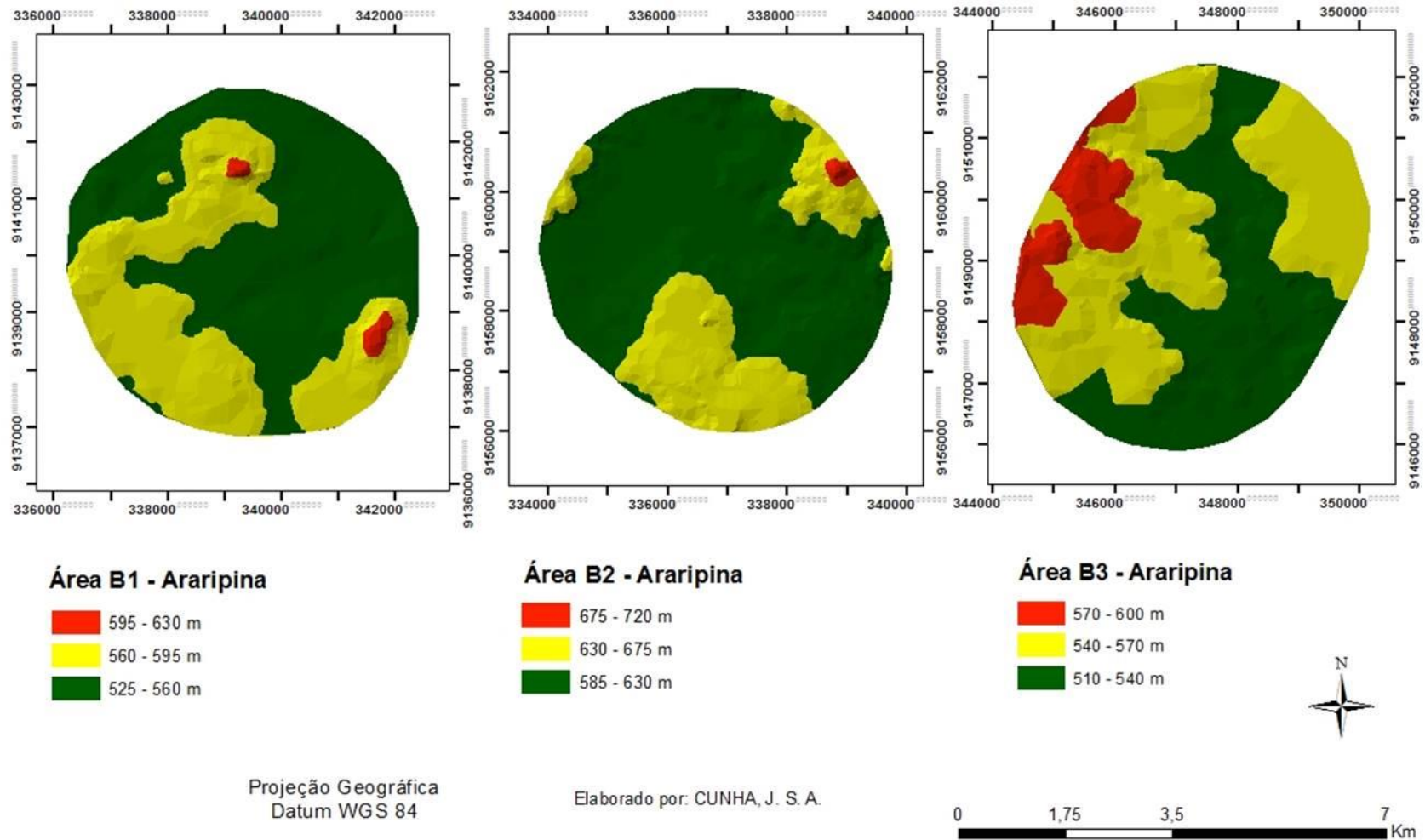
Apêndice S. Mapa Hidrológico da Bacia do Rio Brígida – PE



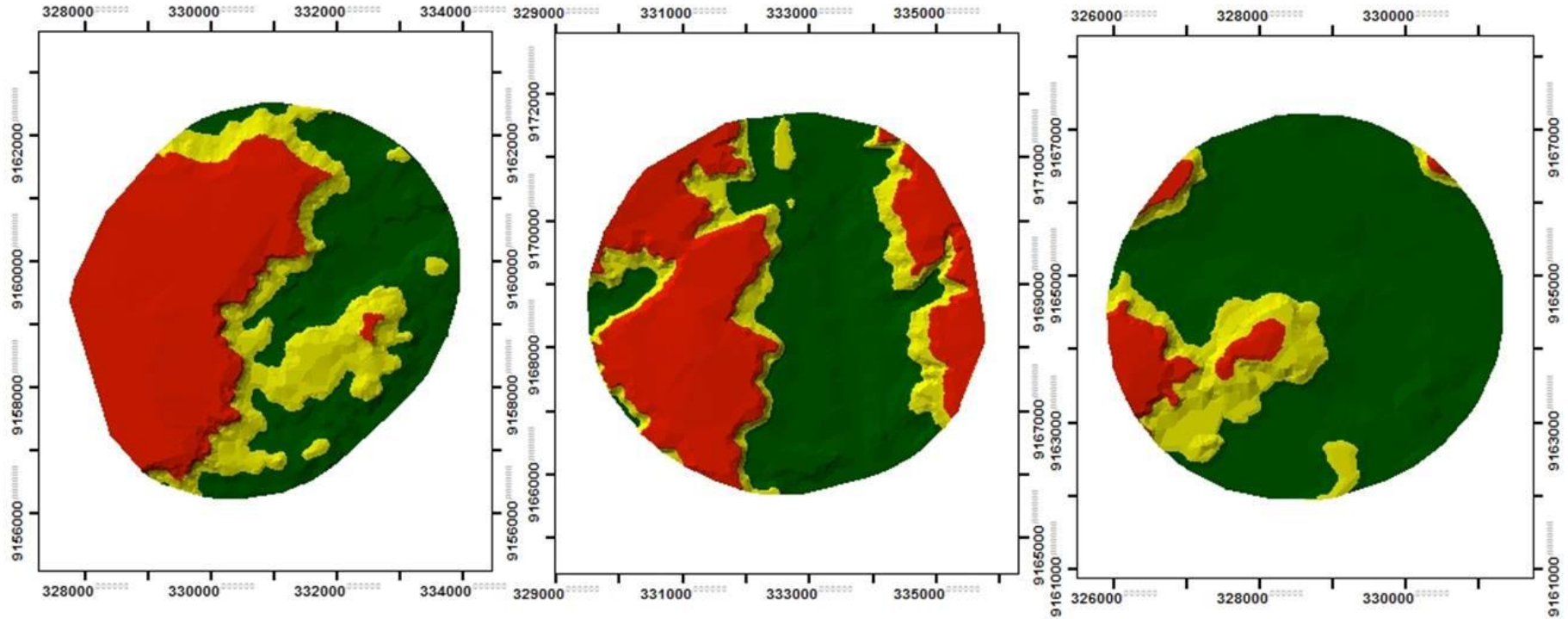
Apêndice T. Mapa viário da Bacia do Rio Brígida – PE



Apêndice U. Mapa Hipsométrico do ambiente Baixada da região do Araripe – PE



Apêndice V. Mapa Hipsométrico do ambiente Encosta da região do Araripe – PE



Área E1 - Araripina



Área E2 - Araripina



Área E3 - Araripina

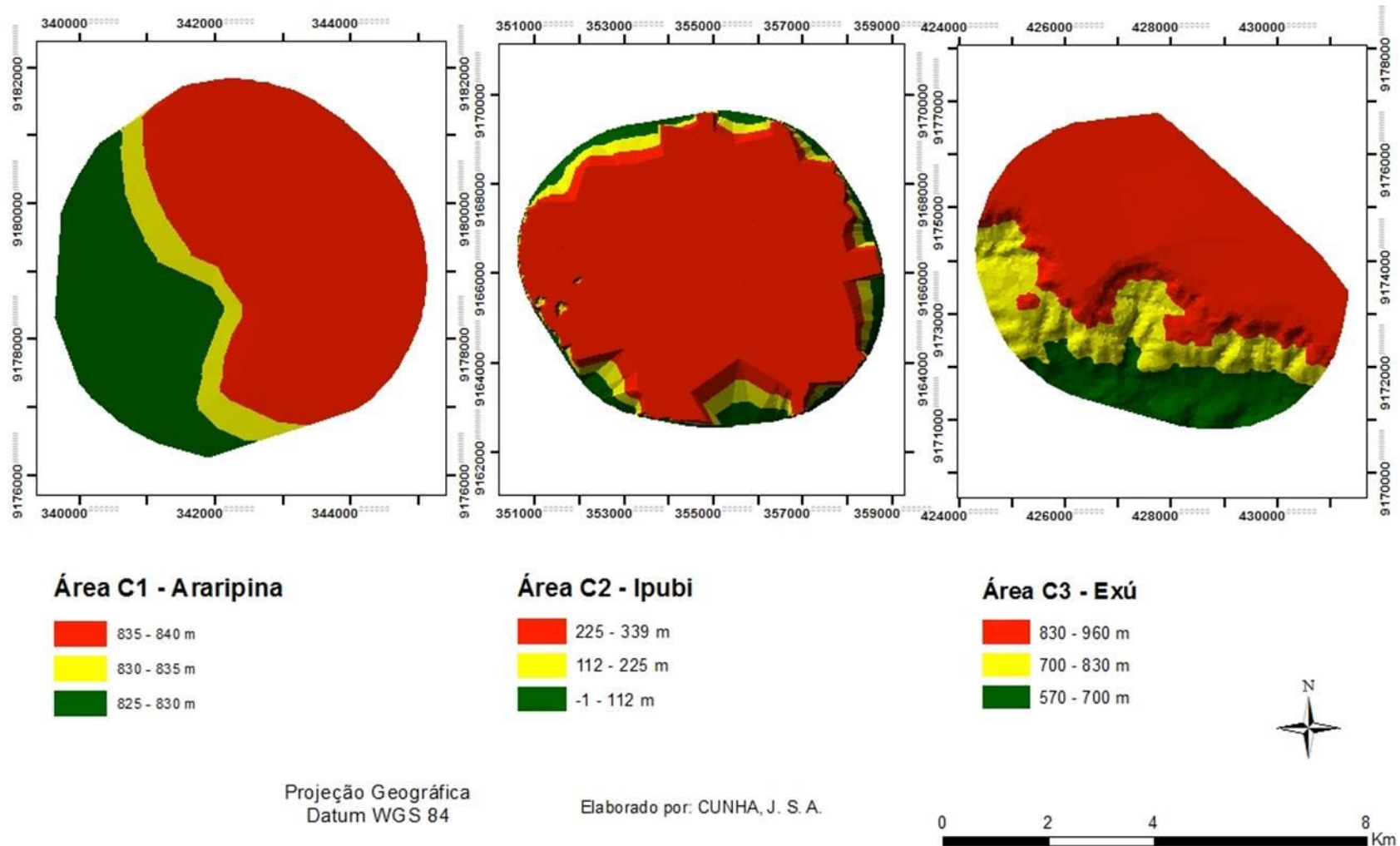


Projeção Geográfica
Datum WGS 84

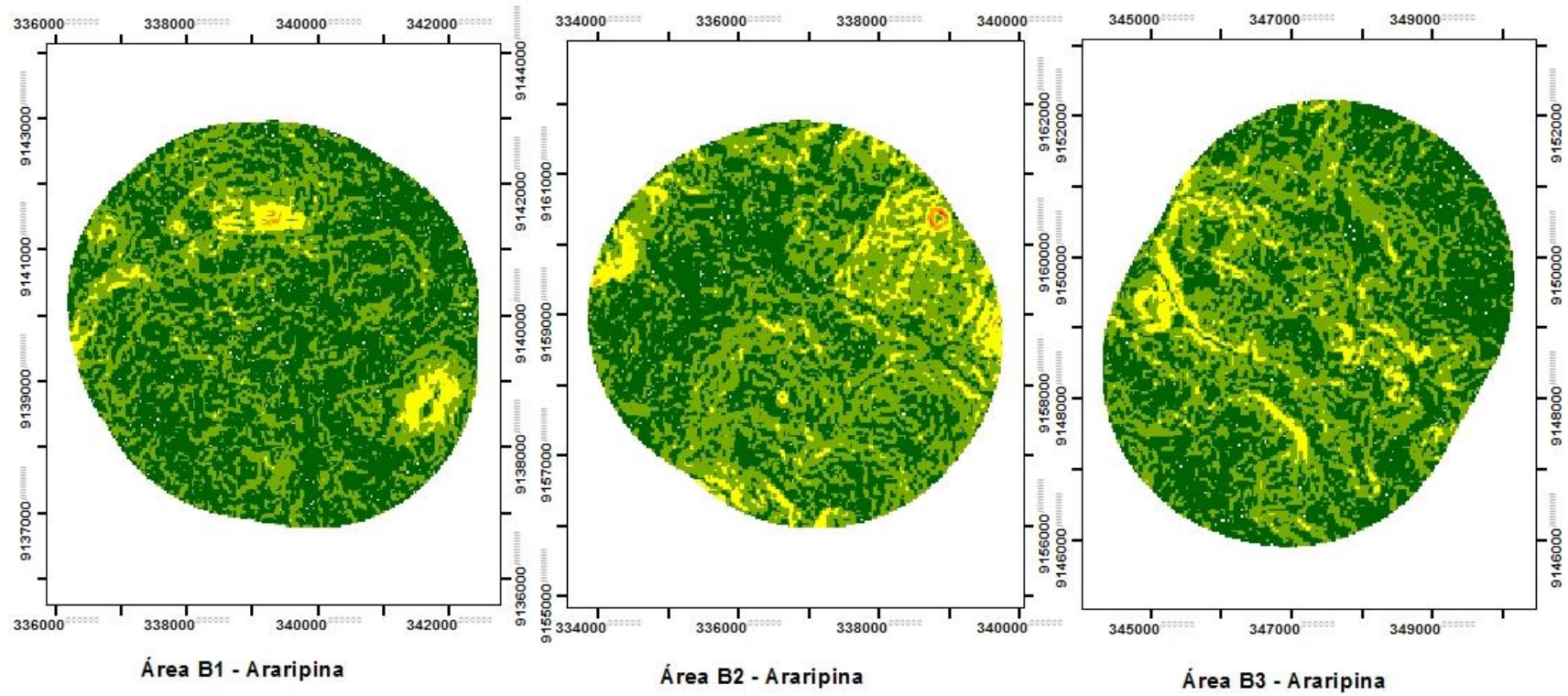
Elaborado por: CUNHA, J. S. A.



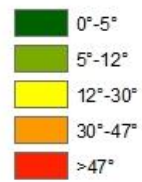
Apêndice W. Mapa Hipsométrico do ambiente Chapada da região do Araripe – PE



Apêndice X. Mapa de Declividade do ambiente Baixada da região do Araripe – PE

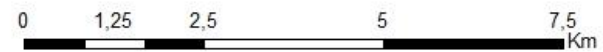


Legenda

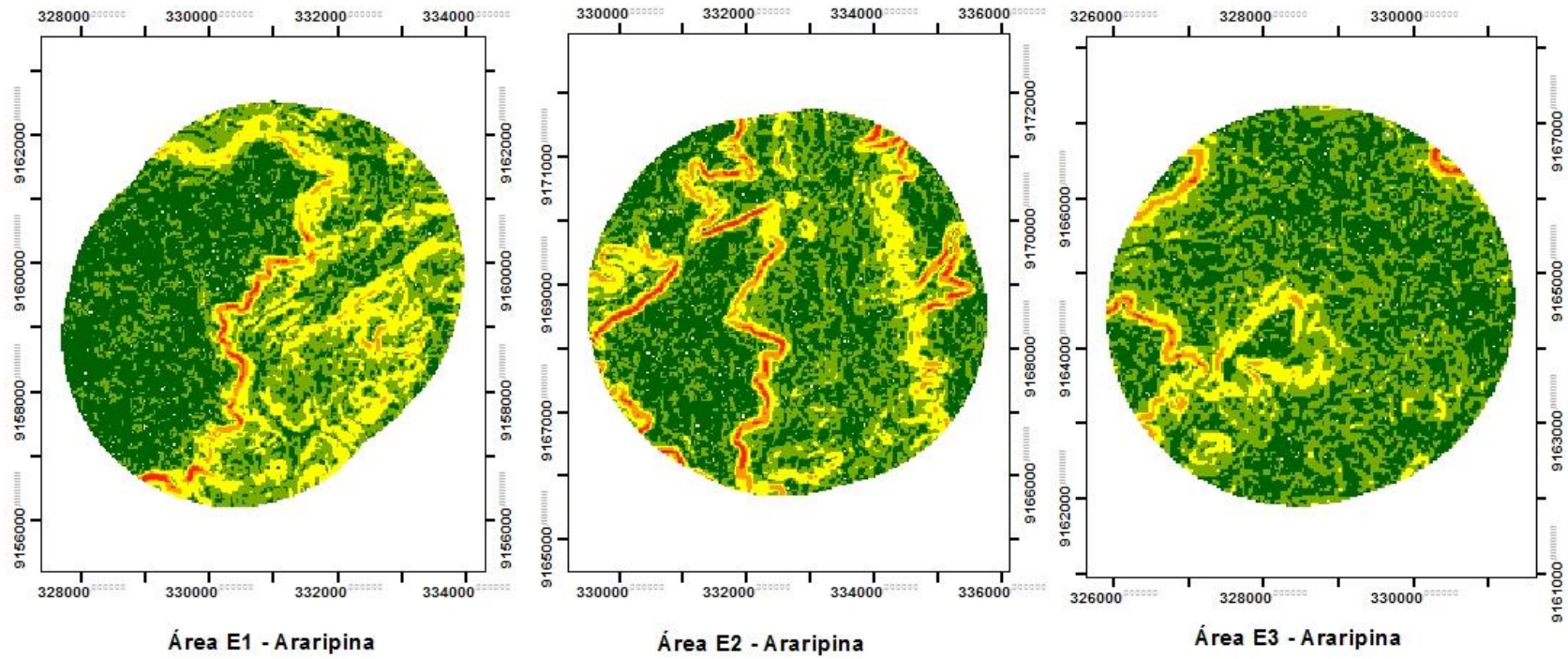


Elaborado por: CUNHA, J. S. A.

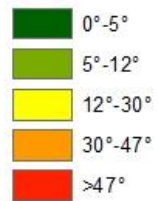
Projeção Geográfica
Datum WGS 84



Apêndice Y. Mapa Declividade do ambiente Encosta da região do Araripe – PE



Legenda

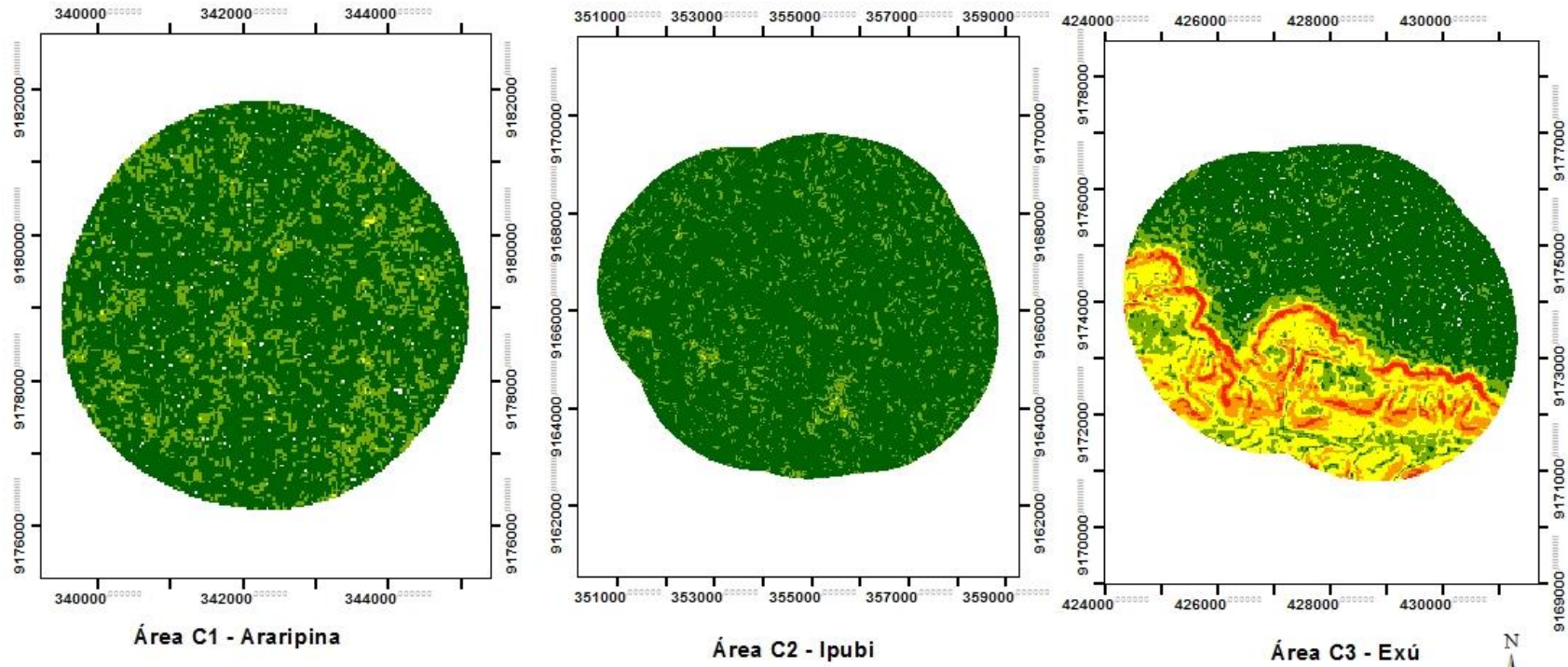


Elaborado por: CUNHA, J. S. A.

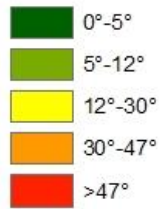
Projeção Geográfica
Datum WGS 84



Apêndice Z. Mapa de Declividade do ambiente Chapada da região do Araripe – PE



Legenda



Elaborado por: CUNHA, J. S. A.

Projeção Geográfica
Datum WGS 84

