



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM MODELAGEM EM CIÊNCIA DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM**

**ANÁLISE MULTITEMPORAL E ESPACIAL DO USO E
COBERTURA DAS TERRAS NO MUNICÍPIO DE CASA
NOVA, BAHIA, NO PERÍODO DE 1996 A 2011**

AUGUSTO PONTES ALMEIDA



Feira de Santana-Bahia-Brasil

Março-2013



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM MODELAGEM EM CIÊNCIA DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM**



ANÁLISE MULTITEMPORAL E ESPACIAL DO USO E COBERTURA DAS TERRAS NO MUNICÍPIO DE CASA NOVA, BAHIA, NO PERÍODO DE 1996 A 2011

AUGUSTO PONTES ALMEIDA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Modelagem e Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Ardemírio de Barros Silva

Feira de Santana-Bahia-Brasil

Março-2013

**Dedico este trabalho aos meus pais
Heraldo e Rose, ao meu irmão
Gustavo e amigos...**

“...E o que resta é sem sentido
Fico perdido, sem direção
Fico danado e nado o rio São Francisco
Buscando remanso pro meu coração...”

O Teatro Mágico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, o nosso criador e mantenedor.

Agradeço a minha família, principalmente ao meu pai Heraldo, minha mãe Rose e meu irmão Gustavo, pela compreensão, dedicação, amor, carinho e incentivos, que mesmo vindos de longe só me fizeram crescer mais e mais nessa etapa da minha vida.

Agradeço a Danielly (Dany) pelo apoio, incentivo, ajuda, amor e carinho na minha jornada, pois sem ela não teria chegado aonde cheguei.

Aos meus colegas e amigos do mestrado, principalmente a Thais, Ana Paula, Edmayre, Gabriel e Juvenal, pela amizade, brincadeiras, viagens de campo, horas de estudos, dúvidas esclarecidas nas horas de aperreio e desespero, e principalmente pela troca de conhecimento.

Aos meus amigos de Recife e de Feira de Santana, do Handebol e da URFPE (Engenharia Agrônômica).

Um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Barros, que foi um verdadeiro pai na minha vida durante o mestrado e que vai durar pra vida toda. Muito obrigado pelos ensinamentos, palavras de incentivo, dedicação, paciência, ensinamentos de vida e também agradeço por ter me suportado até o fim e ter suportado essa barra.

Agradeço a minha banca, Dra. Joselisa Chaves e Dr. Iêdo Sá, pelas críticas, sugestões e apoio durante minha pesquisa e vida durante o mestrado.

Agradeço a coordenação, professores, funcionários do Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana, que a cada dia faz com que o programa de mestrado se fortaleça e cresça.

Agradeço a Almeida & Lima – Geotecnologias e Meio Ambiente, um sonho que hoje em dia está se tornando realidade, principalmente na figura do meu sócio Gabriel Lima, que tanto me apoiou e me ajudou na dissertação.

Agradecer aos meus amigos Léo, Rafael e Diego. Verdadeiros irmãos que tive o prazer de conhecer, dividir moradia, brincadeiras, alegrias e tristezas, e por me suportarem esse tempo todo.

Agradeço a Anne, por ter me ajudado esse tempo na Bahia, pelo apoio e carinho comigo, minha empresa e esta dissertação.

Também agradeço a CAPES, pela bolsa de estudo.

Enfim... A todos aqueles que de alguma forma direta ou indiretamente me ajudaram a vencer mais um obstáculo em minha vida e a engrandecer a minha formação profissional.

Sou muito grato a todos vocês!

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE QUADROS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE SIGLAS.....	viii

CAPITULO 1- INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	4
1.1.1 GERAL	4
1.1.2 ESPECÍFICOS.....	4

CAPITULO 2 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOCIAIS DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
2.1 Localização da área de estudo.....	5
2.2 Características Fisiográficas.....	8
2.2.1 O clima no município	8
2.2.2 Recursos Hídricos.....	16
2.3 Características Geológicas.....	16
2.4 Características Geomorfológicas.....	19
2.5 Tipos, distribuição e características dos solos.....	21
2.6 Principais tipos de uso do solo e cobertura vegetal	25

CAPITULO 3 – REVISÃO DE LITERATURA	27
3.1 Uso e Cobertura da Terra.....	27
3.2 Análises de Sub-Bacias Hidrográficas.....	28
3.3 Sensoriamento Remoto (SR).....	30
3.4 Processamento Digital de Imagens (PDI).....	31
3.5 Sistemas de Informações Geográficas (SIG).....	32
3.5.1 Análise Multitemporal.....	33

3.5.2	Tabulação Cruzada.....	34
3.6	Modelo Digital do Terreno	35
3.7	O sensor ASTER.....	36
CAPITULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS.....		37
4.1	Procedimentos Metodológicos.....	40
4.1.1	Levantamento Bibliográfico x Levantamento Cartográfico.....	41
4.2	Processamento Digital de Imagem	41
4.2.1	Pré-Processamento	41
4.2.1.1	Correção Atmosférica.....	42
4.2.1.2	Correção da iluminação solar da cena.....	43
4.2.1.3	Correção Geométrica (Georreferenciamento).....	44
4.2.1.4	Mosaicagem e Recorte da área de estudo	44
4.2.2	Processamento	45
4.2.2.1	Análise Estatística e Composição Colorida	45
4.2.2.2	Realce de Contraste.....	46
4.2.2.3	Classificação de Imagens.....	46
4.2.2.4	Filtragem	47
4.2.3	Pós-Processamento.....	47
4.2.3.1	Trabalho de Campo.....	48
4.2.3.2	Validação do Mapa.....	48
4.2.3.3	Tabulação Cruzada	49
4.3	Modelo Digital do Terreno (ASTER)	50
4.3.1	Declividade	51
4.3.2	Sub-Bacias	52

CAPITULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1 Georreferenciamento da Imagem.....	54
5.2 Mosaicagem e Recorte.....	54
5.3 Análise Estatística e Composição Colorida (OIF)	55
5.4 Classificação MaxVer e o Uso e Cobertura das Terras dos anos de 1996, 2003 e 2011	58
5.5 Trabalho de Campo.....	64
5.6 Validação do Mapa.....	68
5.7 Modelo Digital do Terreno	71
5.8 Delimitação das Sub-Bacias.....	71
5.9 Tabulação Cruzada entre as Classificações de Uso e Cobertura das Terras e as Sub-Bacias.....	75
CAPITULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	139

REFERENCIAS

RESUMO

A ação do homem sobre a natureza de forma desorganizada e sem um planejamento adequado vem provocando desequilíbrios nos diversos ecossistemas terrestres. Dessa forma, é necessário formular estratégias que possibilitem o equilíbrio entre a ação antrópica e as potencialidades e fragilidades dos sistemas ambientais. Uma das estratégias mais utilizadas atualmente é a análise do uso e cobertura das terras através de sub-bacias hidrográficas, uma inovação da técnica de análise. Com base nisso este trabalho tem como objetivo principal analisar as mudanças no uso e cobertura das terras no município de Casa Nova, BA, por meio do uso das geotecnologias, no período de 1996, 2003 e 2011. A área de estudo localiza-se no extremo Norte do estado da Bahia, semiárido baiano e às margens do Lago de Sobradinho, entre as coordenadas geográficas 41°53' W e 40°39' W e 8°42' S e 09°47' S. A análise multitemporal para o uso e cobertura das terras contou com imagens do satélite LANDSAT 5 TM, pertencente ao município, dos anos de 1996, 2003 e 2011, e para chegar ao objetivo proposto foram seguidos procedimentos metodológicos que nortearam essa pesquisa, estruturados em quatro etapas: na primeira etapa foram adquiridos os dados vetoriais (base de dados em SIG de várias fontes) e dados *raster* (LANDSAT e do MDT ASTER). A segunda etapa constituiu no pré-processamento das cenas do LANDSAT, onde se aplicou correções atmosférica, inclinação solar e geométrica, mosaico e recorte da área. A terceira etapa foi o processamento digital de imagem realizando análise estatística, elaboração das composições coloridas, realce de contraste, classificação da imagem e filtragem. A quarta etapa foi o pós-processamento, executou-se o trabalho de campo para coleta de dados com o auxílio do GPS, estes dados subsidiaram o cálculo dos índices de Kappa, PABAK e dos erros de Comissão e Omissão, validando os mapas, com a realização da tabulação cruzada entre o uso e cobertura das terras, dos anos de estudo, e as sub-bacias extraídas do modelo digital do terreno. Os resultados oriundos dessa pesquisa mostraram houve modificações ao longo do tempo, como por exemplo, a agropecuária que decresceu perdendo áreas para outros usos. As técnicas usadas possibilitaram a identificação da dinâmica das classes de uso e cobertura das terras na região de estudo.

Palavras-chave: Uso e Cobertura da Terra, Casa Nova, Sub-bacias, Tabulação Cruzada, Geoprocessamento.

ABSTRACT

The action of man over nature haphazardly and without adequate planning has led to imbalances in the various terrestrial ecosystems. Thus, it is necessary to formulate strategies to facilitate the balance between human activities and the strengths and weaknesses of environmental systems. One of the strategies used today is the analysis of the use and land cover across sub-basins, an innovation of the technique. Based on that this work has as main objective to analyze changes in land use and land cover in the municipality of Villa Nova, BA, through the use of geotechnology, for the years 1996, 2003 and 2011. The study area is located in the far north of the state of Bahia, Bahia and semi-arid shores of Lake Sobradinho, between the geographical coordinates 41°53' W and 40°39' W and 8°42' S and 09°47' S. The multitemporal analysis for use and land cover featured images of LANDSAT 5 TM, belonging to the municipality for the years 1996, 2003 and 2011, and to reach the purpose were followed methodological procedures that guided this research, structured in four steps: the first step were acquired vector data (GIS database from various sources) and raster data (Landsat and ASTER MDT). The second stage consisted in pre-processing of LANDSAT scenes where applied fixes atmospheric tilt solar and geometric mosaic and clip area. The third step was the digital image processing by performing statistical analysis, preparation of colored compositions, contrast enhancement, image classification and filtering. The fourth step was the post-processing is performed fieldwork for data collection with the help of GPS, these data provided support the calculation of Kappa indices, PABAK and errors of commission and omission, validating the maps with the realization of cross-tabulation between use and land cover, the years of study, and sub-basins extracted from the digital terrain model. The results from this study showed there were changes over time, such as farming areas which decreased missing for other uses. The techniques used allowed the identification of dynamic classes use and land cover in the study region.

Keywords: Use and Land Cover, Casa Nova, Sub-basins, Cross-Tab, GIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Localização da área de estudo	6
Figura 02: Médias Mensais de radiação solar global do período de 1968 a 2009 em Petrolina, PE e Juazeiro, BA. Fonte: EMBRAPA, 2010.....	9
Figura 03: Médias mensais de insolação no período de 1968 a 2009 em Petrolina, PE e Juazeiro, BA. Fonte: EMBRAPA, 2010.	10
Figura 04: Médias mensais de temperatura máxima, média e mínima do ar no período de 1965/2009 das estações agrometeorológicas de Bebedouro (Petrolina, PE) e de Mandacaru (Juazeiro, BA).Fonte: EMBRAPA, 2010.	11
Figura 05: Médias mensais de umidade relativa do ar do período de 1964/ 2009 das estações agrometeorológicas de Bebedouro (Petrolina, PE) e de Mandacaru (Juazeiro, BA). Fonte: EMBRAPA, 2010.	12
Figura 06: Médias mensais de precipitação pluvial do período de 1963/2009 das estações agrometeorológicas de Bebedouro (Petrolina, PE) e de Mandacaru (Juazeiro, BA). Fonte: EMBRAPA, 2010.	13
Figura 07: Médias mensais de deficiência hídrica do período de 1963/2009 das estações agrometeorológicas de Bebedouro (Petrolina, PE) e de Mandacaru (Juazeiro, BA). Fonte: EMBRAPA, 2010.	14
Figura 08: Médias anuais de Precipitação, temperatura máxima e mínima, umidade relativa e insolação para os anos de 1996, 2003 e 2011 da estação meteorológica de Remanso-BA.	15
Figura 09: Mapa geológico do município.....	18
Figura 10: Mapa geomorfológico do município.....	20
Figura 11: Tipos de solos encontrados na área de estudo	24
Figura 12: Principais tipos de vegetação e uso do solo da área.....	26
Figura 13: Exemplo de tabulação cruzada	34
Figura 14: Localização da área nas cenas Landsat 5, que compõem a área de estudo	38
Figura 15: Fluxograma das etapas do trabalho de pesquisa	40
Figura 16: Fluxograma das etapas do pré-processamento	42
Figura 17: Fluxograma das etapas do processamento.....	45
Figura 18: Fluxograma das etapas do pós-processamento.....	48
Figura 19: Tabulação cruzada das sub-bacias com o uso e cobertura da terra do período de estudo.....	50
Figura 20: Fluxograma metodológico do processamento do MDT	50

Figura 21: Modelagem cartográfica do calculo da declividade em uma matriz 5x5.	52
Figura 22: A) Imagem de satélite do Landsat 5 TM da cena 218-66 do ano de 2003 registrada do projeto do PROBIO; B) Imagem de satélite do Landsat 5 da cena 218-66 do ano de 2003 georreferenciada;	54
Figura 23: A) Imagem mosaicada do satélite do Landsat 5 TM da cena 218-66, 218-67, 217-66 e 217-67 do ano de 2011; B) Imagem recortada do município de Casa Nova – BA,do satélite do Landsat 5 TM da cena 218-66, 218-67, 217-66 e 217-67 do ano de 2011;	55
Figura 24: Gráfico da mudança entre as classes de uso e cobertura da terra nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	59
Figura 25: Mapa da classificação supervisionada MaxVer de 1996	61
Figura 26: Mapa da classificação supervisionada MaxVer de 2003	62
Figura 27: Mapa da classificação supervisionada MaxVer de 2011.	63
Figura 28: Mapa da classificação supervisionada MAXVer do ano de 2011 com os pontos de trabalho e a representação numérica de cada foto.....	65
Figura 29: Mapa interpretado.....	68
Figura 30: Mapa campo.....	68
Figura 31: Pontos de campo para validação da área de estudo.....	70
Figura 32: Visão esquemática do relevo de Casa Nova – Bahia.....	72
Figura 33: Mapa das Sub-Bacias do município de Casa Nova - Bahia	74
Figura 34: Área da sub-bacia número 1 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	77
Figura 35: Área da sub-bacia número 2 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	80
Figura 36: Área da sub-bacia número 3 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	83
Figura 37: Área da sub-bacia número 4 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	86
Figura 38: Área da sub-bacia número 5 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	89
Figura 39: Área da sub-bacia número 6 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	92
Figura 40: Área da sub-bacia número 7 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	95
Figura 41: Área da sub-bacia número 8 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	98

Figura 42: Área da sub-bacia número 9 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	101
Figura 43: Área da sub-bacia número 10 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	104
Figura 44: Área da sub-bacia número 11 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	107
Figura 45: Área da sub-bacia número 12 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	110
Figura 46: Área da sub-bacia número 13 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	113
Figura 47: Área da sub-bacia número 14 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	116
Figura 48: Área da sub-bacia número 15 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	119
Figura 49: Área da sub-bacia número 16 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	122
Figura 50: Área da sub-bacia número 17 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	125
Figura 51: Área da sub-bacia número 18 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	128
Figura 52: Área da sub-bacia número 19 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	131
Figura 53: Área da sub-bacia número 20 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	134
Figura 54: Área da sub-bacia número 21 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km ²	137

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Imagens raster utilizados na pesquisa	38
Quadro 02: Metadados utilizados na pesquisa.....	39
Quadro 03: Matriz Original 5x5	47
Quadro 04: Matriz com filtro da moda.....	47
Quadro 05: Declividades e características morfodinâmicas	51
Quadro 06: Parâmetros estatísticos para as bandas 1, 2, 3, 4, 5,7 no ano de 2011. ..	56
Quadro 07: Matriz da variância e co-variância para as bandas 1, 2, 3, 4, 5,7 no ano de 2011. A diagonal principal representa a variância.....	56
Quadro 08: Matriz de coeficiente de correlação para as bandas 1, 2, 3, 4, 5,7 no ano de 2011.....	57
Quadro 09: Ranking da combinação das bandas para o ano de 2011.	57
Quadro 10: Área das classes nos anos de 1996, 2003 e 2011	59
Quadro 11: Matriz da tabulação cruzada representando as coincidências entre os mapas interpretado e campo, e os resultados dos erros de comissão e omissão.....	69
Quadro 12: Valores das áreas das bacias.	73
Quadro 13: Área da sub-bacia número 1 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	77
Quadro 14: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 1.	78
Quadro 15: Área da sub-bacia número 2 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	80
Quadro 16: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 2	81
Quadro 17: Área da sub-bacia número 3 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	83
Quadro 18: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 3	84
Quadro 19: Área da sub-bacia número 4 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	86
Quadro 20: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 4.	87
Quadro 21: Área da sub-bacia número 5 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	89

Quadro 22: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 5.	90
Quadro 23: Área da sub-bacia número 6 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	92
Quadro 24: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 6.	93
Quadro 25: Área da sub-bacia número 7 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	95
Quadro 26: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 7.	96
Quadro 27: Área da sub-bacia número 8 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	98
Quadro 28: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 8.	99
Quadro 29: Área da sub-bacia número 9 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	101
Quadro 30: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 9.	102
Quadro 31: Área da sub-bacia número 10 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	104
Quadro 32: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 10.	105
Quadro 33: Área da sub-bacia número 11 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	107
Quadro 34: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 11.	108
Quadro 35: Área da sub-bacia número 12 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	110
Quadro 36: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 12.	111
Quadro 37: Área da sub-bacia número 13 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	113
Quadro 38: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 13.	114
Quadro 39: Área da sub-bacia número 14 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	116

Quadro 40: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 14.	117
Quadro 41: Área da sub-bacia número 15 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	119
Quadro 42: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 15.	120
Quadro 43: Área da sub-bacia número 16 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	122
Quadro 44: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 16.	123
Quadro 45: Área da sub-bacia número 17 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	125
Quadro 46: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 17.	126
Quadro 47: Área da sub-bacia número 18 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	128
Quadro 48: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 18.	129
Quadro 49: Área da sub-bacia número 19 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	131
Quadro 50: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 19.	132
Quadro 51: Área da sub-bacia número 20 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	134
Quadro 52: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 20.	135
Quadro 53: Área da sub-bacia número 21 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.....	137
Quadro 54: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 21.	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Produção agrícola municipal no município de Casa Nova no ano de 2010	7
Tabela 02: Produção pecuária municipal no município de Casa Nova no ano de 2010..	7
Tabela 03: Escala de importância – Índice de KAPPA	49

LISTA DE SIGLAS

Ag -	Agricultura
ASTER -	Advanced Spaceborne Thermal and Reflection Radiometer
BA -	Bahia
CPRM -	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Cal -	Caloria
DERBA -	Departamento de Infraestrutura de Transportes da Bahia
DOS -	Dark Object Subtraction
DTM -	Digital Terrain Model
Dun -	Dunas
EMBRAPA -	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA -	Environmental Protection Agency
GPS -	Sistema de Posicionamento Global
GEONAT -	Geografia Natureza e Território
Hab. -	Habitantes
Ha -	Hectares
IBGE -	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IK -	Índice de Kappa
INEMA -	Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
INMET -	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE -	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Iu -	Influência Urbana
LVA54 -	Latossolo Vermelho-Amarelo
Kg -	Kilograma
Km² -	Quilômetros Quadrados
MDE -	Modelo Digital de Elevação
MDT -	Modelo Digital do Terreno
MMA -	Ministério do Meio Ambiente
MNE -	Modelo Numérico de Elevação
MNT -	Modelo Numérico do Terreno

MaxVer	-	Máxima Verossimilhança
ND	-	Número Digital
OIF	-	Optimum Index Factor
Pa	-	Influência Fluvial e/ou Lacustre
PABAK	-	Prevalence And Bias Adjusted Kappa
PDI	-	Processamento Digital de Imagem
PE	-	Pernambuco
PNRH	-	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PROBIO	-	Projeto de Biodiversidade
PVA95	-	Argissolo Vermelho-Amarelo
PVA96	-	Argissolo Vermelho-Amarelo
RL34	-	Neossolo Litólico
RMS	-	Root Mean Square
RQ14	-	Neossolo Quartzarênico
Sa	-	Savana Arborizada
SAD 69	-	South American Datum, estabelecido em 1969
SIG	-	Sistema de Informação Geográfica
SPE	-	Subtração de Pixel Escuro
SX6	-	Planossolo Háplico
SWIR	-	Infravermelho de Onda Curta
Ta	-	Savana Estépica Arborizada
Td	-	Savana Estépica Florestada
TIR	-	Infravermelho Termal
TM	-	Thematic Mapper
UEFS	-	Universidade Estadual de Feira de Santana
UTM	-	Universal Transversa de Mercator
VNIR	-	Visível Infravermelho Próximo
WGS 84	-	World Geographic System, estabelecido em 1984

CAPITULO 1- INTRODUÇÃO

A ação do homem sobre a natureza de forma desorganizada e sem um planejamento adequado vem provocando desequilíbrios nos diversos ecossistemas terrestres. Atualmente, as mudanças impostas às paisagens são mais rápidas e intensas em diversos lugares do planeta, devido, principalmente, ao surgimento e utilização de novas técnicas e máquinas, transformando-as em paisagens artificiais. Por conta disso, as questões ambientais tornaram-se alvo de discussões numa escala global e cada vez mais se verifica a necessidade de buscar soluções corretivas e preventivas para a problemática ambiental.

Segundo Ross (2006), a tecnificação e a sofisticação dos padrões socioculturais interferem cada vez mais no ambiente natural, e a procura por recursos naturais torna-se mais intensas. Assim, é necessário formular estratégias que possibilitem o equilíbrio entre a ação antrópica e as potencialidades e fragilidades dos sistemas ambientais.

Um das estratégias mais utilizadas, atualmente, é a análise do uso e cobertura das terras. Esse tipo de análise tem ganhado destaque em grande parte dos estudos ambientais, pois proporciona reconhecer a dinâmica existente na superfície, sobretudo, relacionados ao nível de interação entre a sociedade e os elementos naturais. Segundo Lima (2010), geralmente, o uso da terra é determinado pelo ambiente físico, pelas forças socioeconômicas que agem em um determinado espaço e pelas técnicas que são empregadas no trabalho de transformação do meio. Assim, é extremamente relevante entender a importância da ação humana sobre a cobertura da terra, através do seu processo de decisão.

A mudança de uso e cobertura das terras é extremamente dinâmica e variável ao longo do tempo e do espaço. Para a realização de sua análise de forma mais eficiente possível, é de extrema importância levar em consideração o aspecto multitemporal na análise. Com base nisso, este trabalho tem como foco principal analisar as mudanças no uso e cobertura das terras no município de Casa Nova, localizado no semiárido baiano, nos anos de 1996, 2003 e 2011. Tem-se observado nos últimos anos que o município vem sofrendo com inúmeros desmatamentos e secas, acarretando grandes mudanças no uso da terra e acelerando cada vez mais a degradação na região, tornando o solo improdutivo, contudo ocasionando o êxodo da população nativa para áreas mais produtivas.

De acordo com a EMBRAPA (2010), a região semiárida brasileira é caracterizada por um intenso uso dos recursos naturais, ocasionado, sobretudo, pela agropecuária (principal atividade socioeconômica da região), que exerce uma pressão sobre o meio ambiente. As características climáticas da região semiárida condicionam

as populações ao desenvolvimento dessa atividade, que acontece de forma inadequada, provocando a degradação das terras e a perda da produtividade agrícola. Segundo Sá (1994), o semiárido brasileiro é caracterizado como uma área onde há ocorrência das secas periódicas, com a pluviosidade concentrada no tempo e no espaço, além de uma grande quantidade de horas de insolação (anual) e elevadas temperaturas médias anuais.

O monitoramento do uso e cobertura da terra é uma tarefa essencial para o conhecimento da realidade ambiental da região estudada, especialmente para contribuir na busca de soluções de problemas que, porventura, apresentem-se. Para tanto, deve-se entender que estas análises precisam considerar uma postura científica multidisciplinar, que permita integrar processos físicos, naturais e sociais (TORRES, 2011). Assim sendo, percebe-se que o auxílio deste tipo de mapeamento temático viabiliza compreender os padrões de organização espacial, com os quais se podem diagnosticar e, até mesmo, prognosticar as mudanças da paisagem e mostrar a distribuição espacial real das diferentes formas de uso dos recursos naturais, cada vez mais alterados pelas ações do homem.

As geotecnologias têm assumido um papel importante no estudo e na análise espacial. O avanço das técnicas de sensoriamento remoto, do Sistema de Informações Geográficas e o melhoramento dos sensores localizados nas plataformas orbitais, têm permitido a geração de produtos de grande confiabilidade trazendo informações que têm sido muito utilizadas para a caracterização, mapeamento e monitoramento do uso e cobertura das terras. Técnicas que se complementam e apoiam estudos ambientais mais profícuos, menos onerosos, e com obtenção de resultados em um curto espaço de tempo (JENSEN, 2009).

Tais técnicas são hábeis e eficazes quando aplicadas em estudos de avaliação ambiental, contribuindo não somente para um melhor planejamento do uso das terras em áreas impactadas, mas também para auxiliar na tomada de decisão quanto à área de intervenção. Além disso, auxilia em estudos multitemporais da evolução de determinados fenômenos naturais e de ação antrópica, associando diferentes dados e transformando-os em informações atualizadas. Essas informações adquiridas por meio das geotecnologias são instrumentos de grande importância para um planejamento do uso coerente dos recursos naturais.

A proposta deste trabalho é oferecer subsídios para a análise e execução de estudos, projetos e ações relacionadas ao uso e cobertura das terras, através da integração de sub-bacias hidrográficas como recorte de estudo. Estudo no qual contempla uma avaliação integrada e passível de contribuir para o planejamento e gestão das políticas públicas, proporcionando a mitigação de problemas, tanto no

custo ambiental como no campo social, fundamentados em conceitos desenvolvidos por especialistas e aceitos pela comunidade científica.

Este trabalho está dividido em seis capítulos. No primeiro consta a introdução incluindo a justificativa e o objetivo geral e específico. No segundo, encontram-se a localização e caracterização física e social da área de estudo. No terceiro, consta a revisão de literatura dos principais temas e assuntos abordados. No quarto, encontram-se os materiais e métodos, onde se descreve os materiais e procedimentos metodológicos utilizados. No quinto, estão os resultados e as discussões realizadas. No sexto e último capítulo, encontram-se as conclusões feitas acerca do que foi desenvolvido. Em seguida, encontram-se as referências.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

Analisar as mudanças de uso e cobertura das terras, por meio do uso das geotecnologias, no município de Casa Nova, Bahia, no período de 1996 a 2011.

1.1.2 ESPECÍFICOS

1. Elaborar um banco de dados em ambiente SIG com dados geoambientais e sociais da área de estudo.
2. Identificar, mapear e caracterizar as formas de uso e cobertura das terras do município de Casa Nova, BA, por meio de sensoriamento remoto.
3. Extrair e delimitar as sub-bacias hidrográficas do município de Casa Nova, Bahia, a partir de dados do Modelo Digital do Terreno.
4. Monitorar o uso e cobertura das terras em cada sub-bacia hidrográfica, através da tabulação cruzada, entre os anos de estudo.

CAPITULO 2 – LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SOCIAIS DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização da área de estudo

A área de estudo (Figura 01) correspondente ao município de Casa Nova e está compreendida entre as coordenadas geográficas 41°53' W e 40°39' W e 8°42' S e 09°47' S, no extremo Norte do estado da Bahia, limitando-se a Norte e Leste com o Estado de Pernambuco, a Sul com os municípios baianos de Sobradinho e Sento Sé, e a Oeste com Remanso-BA e o Estado do Piauí.

De acordo com o CPRM (2005), sua sede municipal tem altitude de 380 metros e coordenadas geográficas 09°05' de latitude sul e 40°37' de longitude oeste. Está localizado no Território de Identidade do Vale do Rio São Francisco, na região do Baixo Médio São Francisco do Estado da Bahia e às margens do Lago de Sobradinho.

O censo 2010 do IBGE apresenta que o município de Casa Nova possui uma população residente total de 64.940 habitantes, com uma densidade demográfica de 6,73 hab./km², aproximadamente distribuídos em 9.647 Km².

O município se encontra inserido nas folhas cartográficas de Barra do Bonito (SC.24-V-A-IV), Afrânio (SC.24-V-A-V), Riacho do Cabloco (SC.24-V-A-VI), Lagoa do Alegre (SC.24-V-C-I), Casa Nova (SC.24-V-C-II), Petrolina (SC.24-V-C-III), Tombador (SC.24-V-C-IV) e Sento Sé (SC.24-V-C-V), editadas pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) e IBGE/DSG, em 1968, 1974 e 1977 na escala 1:100.000 (CPRM, 2005).

O acesso a partir de Salvador é efetuado pelas rodovias pavimentadas BR-324, BR-116 e BR-407 em um percurso total de 572 km e seu acesso a partir de Feira de Santana é efetuado pelas rodovias BR-324 e BR-407 num percurso total de 461 km.

O município de Casa Nova tem como atividades econômicas predominantes, a agricultura e a pecuária. Os principais produtos agrícolas comercializados na região são: cebola, mandioca, cana de açúcar, tomate, feijão, milho, como pode ser visto na tabela 01. A economia da região do Norte baiano está voltada para a agricultura de subsistência e a agropecuária extensiva, onde se destaca a caprinocultura, ovinocultura e a avicultura, conforme apresentado na tabela 02.

Figura 01: Localização da área de estudo

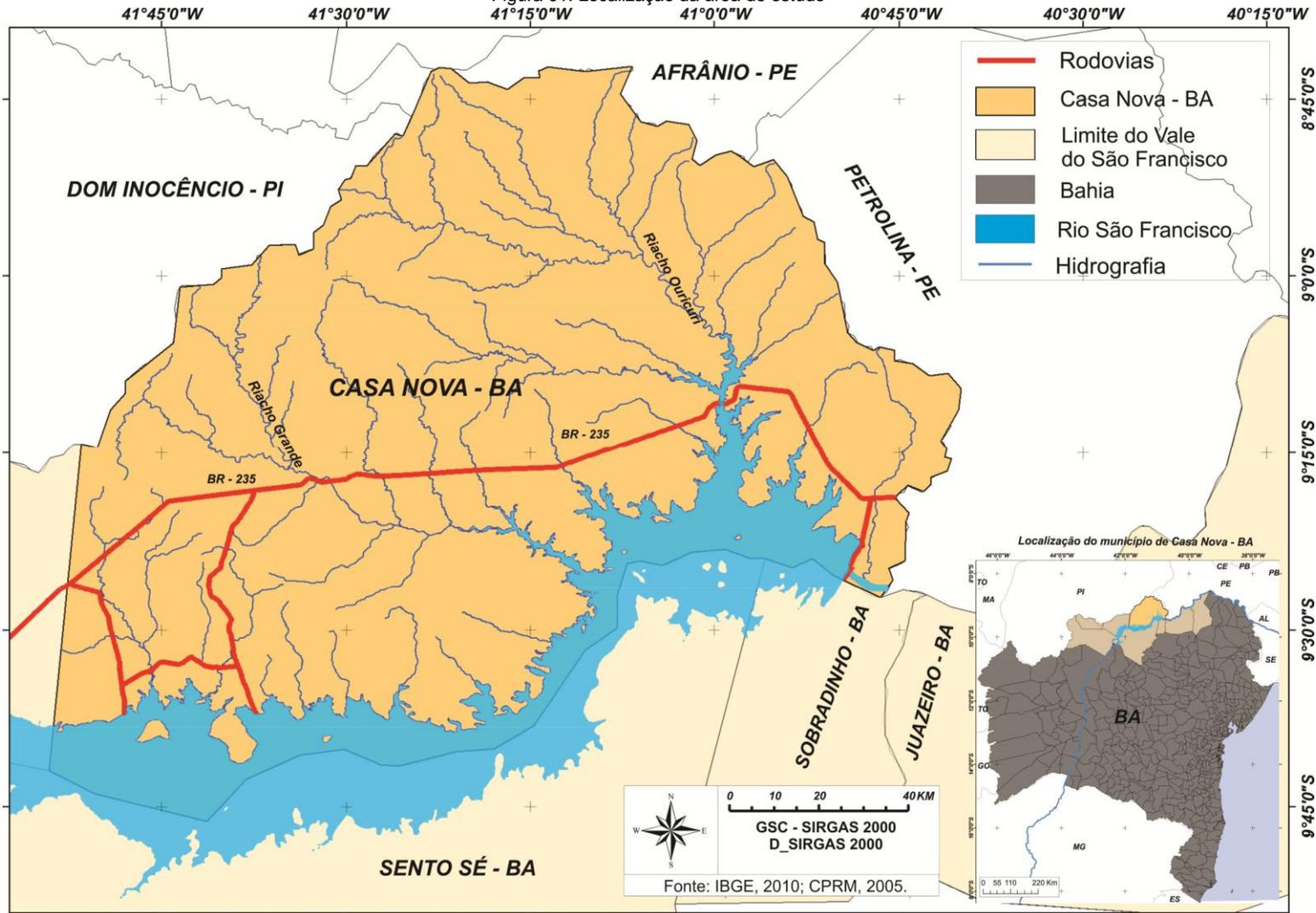


Tabela 01: Produção agrícola municipal no município de Casa Nova no ano de 2010.

PRODUTOS	ÁREA COLHIDA (HA)	QUANTIDADE PRODUZIDA (TON)	RENDIMENTO MÉDIO (KG/HA)
Feijão	594	634	1.067
Cebola	3.749	74.980	20.000
Mandioca	1.600	14.400	9.000
Tomate	35	1.050	30.000
Milho	393	157	399
Cana-De-Açúcar	56	2.240	40.000
Total	6.427	93.461	100.466

Fonte: Produção Agrícola Municipal (2010) – IBGE

Tabela 02: Produção pecuária municipal no município de Casa Nova no ano de 2010.

PECUÁRIA	Nº DE CABEÇAS
Galos, frangos e pintos	49.986
Galinhas	32.331
Bovino	29.958
Ovino	210.024
Caprino	284.207
Suíno	23.060
Outros*	9.032
Total	638.598

*asinino, equino e mular.

Fonte: Produção Pecuária Municipal (2010) - IBGE

2.2 Características Fisiográficas

O município de Cana Nova está inserido em uma região de clima árido a semiárido quente, caracterizado por apresentar altas temperaturas com valores acima de 25°C, e a sua temperatura média anual varia entre 23°C a 27°C com baixa umidade relativa, fazendo parte do “Polígono das Secas”.

Segundo o INMET (2009), A precipitação pluviométrica média anual na região é de 490 mm, com chuvas irregulares sendo os meses mais chuvosos de dezembro a março e com o período seco ocorrendo de abril a novembro, apresentando altas taxas de evaporação e alta insolação.

Por fazer parte desta tipologia climática, o município apresenta praticamente um só tipo de vegetação predominante, a vegetação Caatinga arbórea, e o relevo está formado por pediplanos, representantes de um estágio maduro do ciclo de erosão. Estes pediplanos passam para campos de areia nos domínios do médio São Francisco, acrescido de patamares periféricos. A barragem de rio São Francisco propiciou a formação do lago de Sobradinho, cujas águas margeiam, somente, a parte sul do município (CPRM, 2005).

2.2.1 O clima no município

A demanda hídrica já excede o suprimento em muitas partes do mundo e um dos maiores problemas das regiões semiáridas é a irregularidade das chuvas conjuntamente com a ocorrência de elevadas temperaturas, ocasionando grandes taxas de deficiências hídricas (EMBRAPA, 2010).

Mais de 50% do território da bacia do Rio São Francisco está localizado na região semiárida do Nordeste do Brasil. Correntes perturbadas de Sul, Norte, Leste e Oeste influenciam a climatologia da região. O ponto final destas correntes apresenta um largo corredor mais árido no sentido NE-SW, onde se encontra o Vale do Rio São Francisco. O clima da região que compreende do centro de desenvolvimento Petrolina, PE/Juazeiro, BA é do tipo BSw^h, segundo a classificação de Köppen, correspondendo a uma região de clima árido (EMBRAPA, 2010).

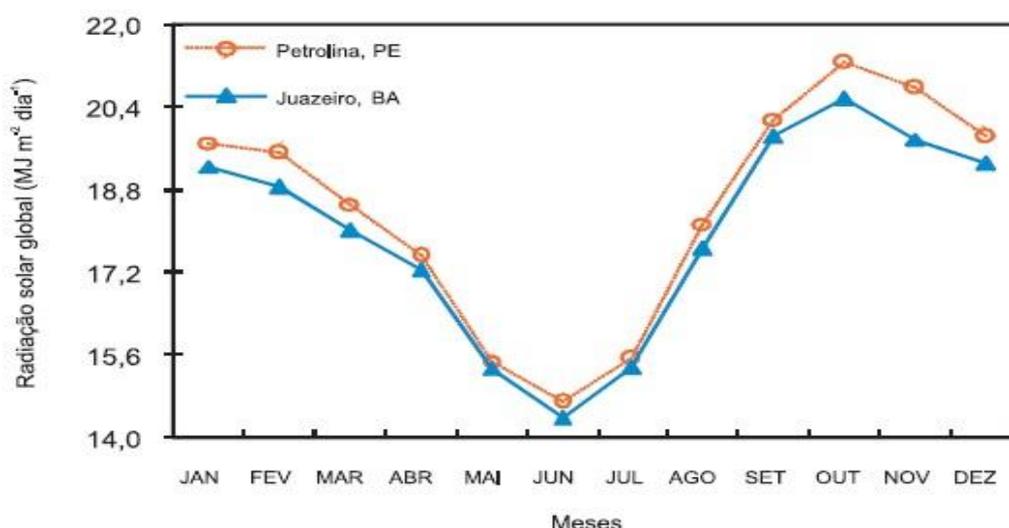
Os dados meteorológicos (radiação solar, insolação, temperatura, umidade relativa do ar, precipitação e balanço hídrico) aqui apresentados foram coletados em Petrolina-PE (Estação Bebedouro da EMBRAPA) e Juazeiro-BA (Estação Mandacaru da EMBRAPA) no intervalo de tempo de 1963 a 2009, tais municípios distam 64,6 km

e 68 km de Casa Nova, respectivamente. São dados do documento “online” da EMBRAPA Semiárido, publicado no ano de 2010 e tem como organizador o Dr. Antonio Heriberto de Castro Teixeira.

Os dados de 2011 pertencentes à estação meteorológica de Remanso, que dista 139 km da sede do município de Casa Nova, foram obtidos do sítio do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Os dados médios mensais de Radiação solar global (RG) para o período de 1968 a 2009 em Petrolina, PE e Juazeiro, BA, são apresentados na figura 02.

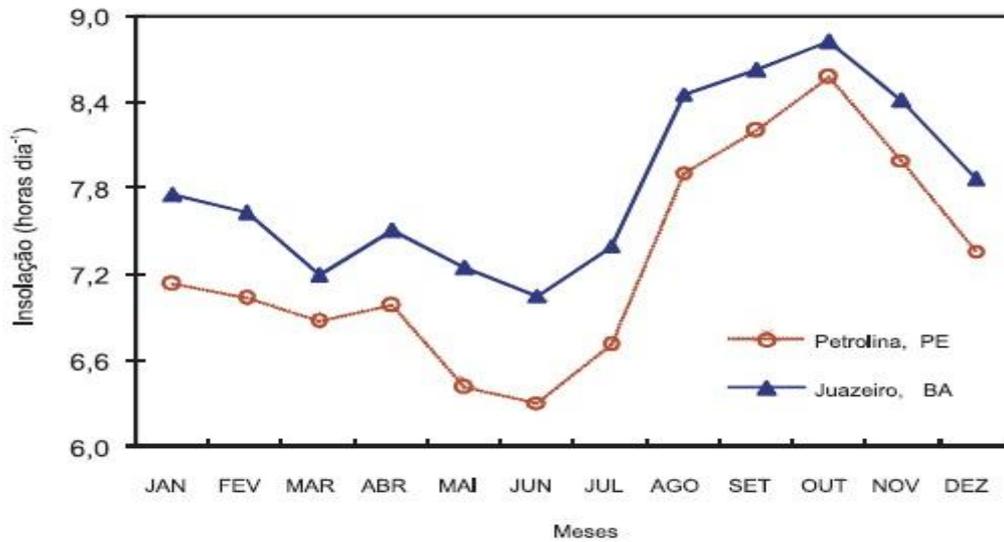
Figura 02: Médias Mensais de radiação solar global do período de 1968 a 2009 em Petrolina, PE e Juazeiro, BA.
Fonte: EMBRAPA, 2010.



Os maiores valores de $21,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ($508 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e $20,6 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ($491 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) são registrados no mês de outubro, enquanto os menores acontecem no mês de junho, em torno de $14,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ($351 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e $14,4 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ($344 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), respectivamente em Petrolina, PE e Juazeiro, BA.

A figura 03 apresenta os valores médios de Insolação (In) também no período de 1968 a 2009. Os meses com maiores valores correspondem ao período mais seco do ano entre agosto e novembro, com valores entre $8,6 \text{ horas dia}^{-1}$ e $8,8 \text{ horas dia}^{-1}$ no mês de outubro para Petrolina, PE e Juazeiro, BA, respectivamente.

Figura 03: Médias mensais de insolação no período de 1968 a 2009 em Petrolina, PE e Juazeiro, BA. Fonte: EMBRAPA, 2010.

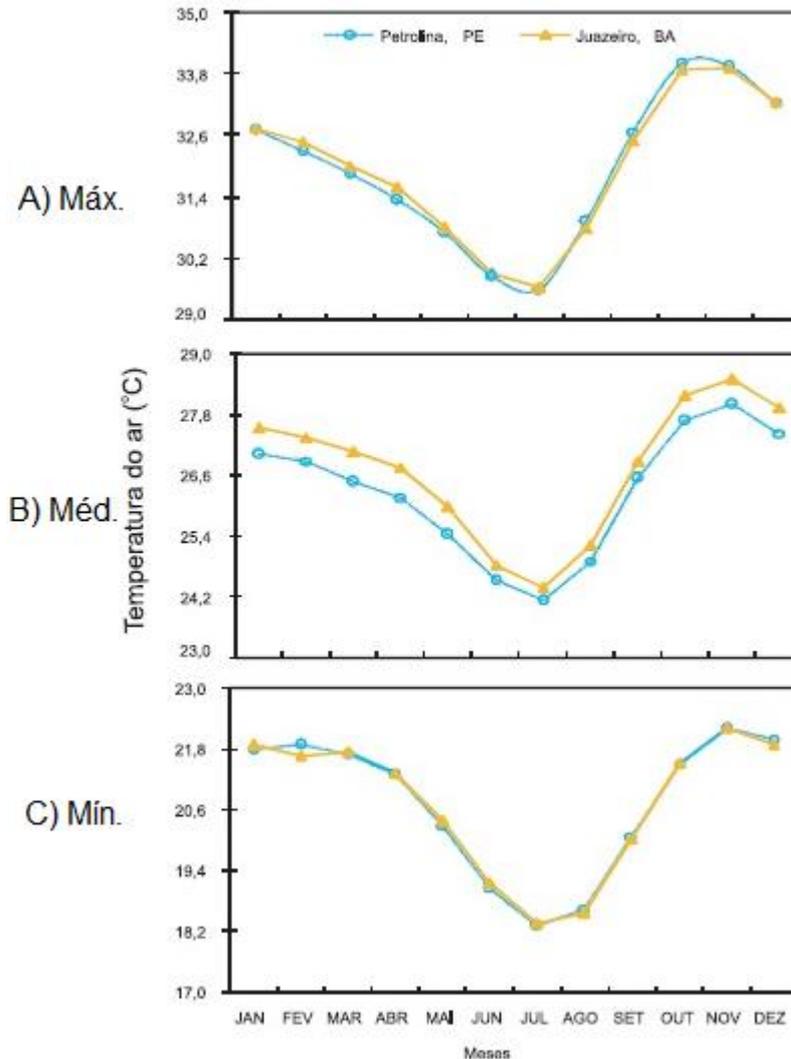


Os menores valores são registrados no período de maio a julho, com registros de médias de 6,3 horas dia⁻¹ e 7,1 horas dia⁻¹ no mês de junho em Petrolina, PE e Juazeiro, BA, respectivamente. A região possui uma oferta bastante alta de radiação solar, apresentando elevados valores tanto de insolação quanto de radiação solar global, com média de 7,6 horas dia⁻¹ de brilho solar e 18.2 MJ m⁻² dia⁻¹ de irradiância solar. No ano de 2011 o valor médio anual foi de 8,95 horas dia⁻¹.

A temperatura do ar atua no processo de evaporação, porque o ar aquecido próximo à superfície de água transfere energia na forma de fluxo de calor sensível aumentando as taxas evaporativas. O ar aquecido próximo da copa das plantas transfere energia para as folhas, aumentando a taxa de transferência de vapor d'água para a atmosfera (EMBRAPA, 2010).

A figura 04 mostra a variação anual média dos dados de temperatura máxima, média e mínima do ar nas estações de Petrolina, PE e Juazeiro, BA para o período de 1965 a 2009.

Figura 04: Médias mensais de temperatura máxima, média e mínima do ar no período de 1965/2009 das estações agrometeorológicas de Bebedouro (Petrolina, PE) e de Mandacaru (Juazeiro, BA). Fonte: EMBRAPA, 2010.



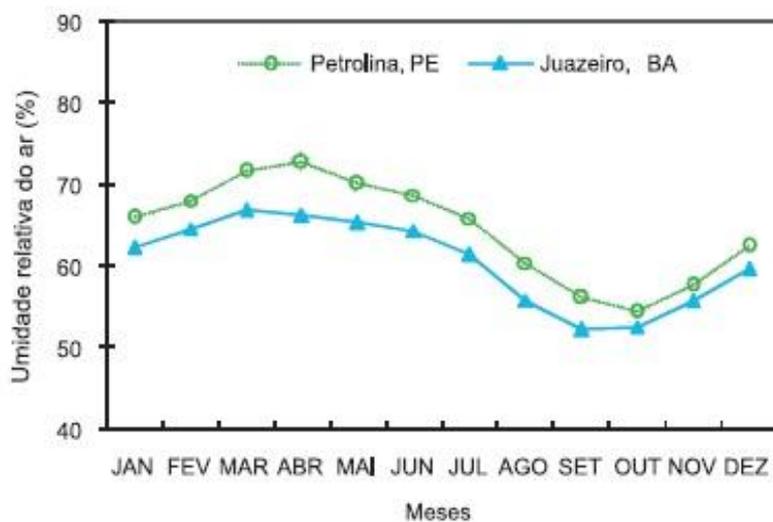
Na estação de Bebedouro, as normais mensais de temperatura média do ar variaram de 24,1°C a 28,0°C e na de Mandacaru de 24,4°C a 28,5°C, enquanto as de temperatura máxima e de mínima variaram de 29,6°C a 34,0°C e de 18,2°C a 22,1°C, respectivamente, em Petrolina, PE e de 29,6°C a 33,9°C e de 18,4°C a 22,2°C, respectivamente, em Juazeiro, BA. Confirma-se uma pequena amplitude térmica anual, atribuída à proximidade da região em relação ao equador terrestre, com desvio padrão menor que 2,0°C e coeficiente de variação máximo de 6,0%. No ano de 2011 na estação de Remanso, BA o valor médio anual da temperatura máxima foi de 32°C e a temperatura mínima de 20,4°C.

Em decorrência das pequenas latitudes, a variabilidade térmica anual em ambas as localidades é pequena. Os meses mais quentes são outubro e novembro,

que coincidem com a época em que o Sol está culminando na região e os mais frios são junho e julho, quando o sol está culminando no Trópico de Câncer. Mandacaru é mais quente do que Bebedouro, por causa da posição com relação ao rio São Francisco e a direção predominante do vento (SE).

Os dados de umidade relativa do ar para o período de 1964 a 2009 são apresentados na figura 05.

Figura 05: Médias mensais de umidade relativa do ar do período de 1964/ 2009 das estações agrometeorológicas de Bebedouro (Petrolina, PE) e de Mandacaru (Juazeiro, BA). Fonte: EMBRAPA, 2010.



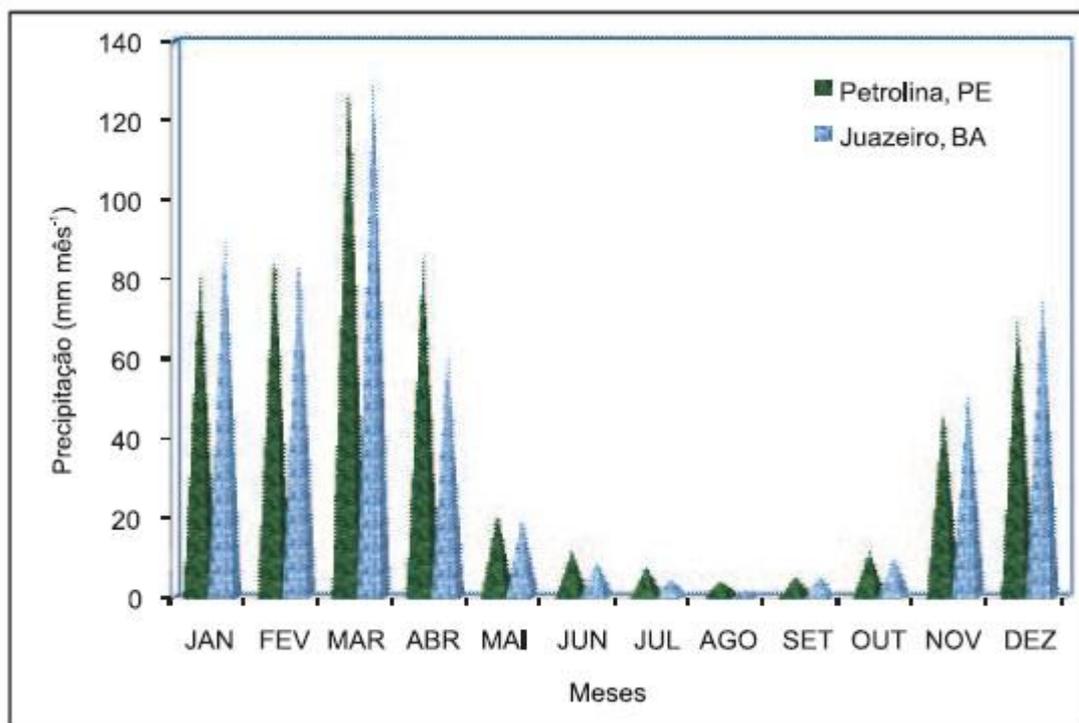
Os meses mais úmidos correspondem aqueles do período chuvoso. Nesse período, em Bebedouro, a umidade relativa do ar varia em média de 66% a 73% e em Mandacaru de 62% a 67%. Os menores valores ocorrem nos meses de setembro e novembro, abaixo de 55%, coincidindo com o período mais quente do ano. O mês mais úmido é abril que corresponde ao final do período chuvoso e, o mais seco é outubro, correspondendo ao final do período de ausência de chuvas. A localização da estação de Bebedouro, em relação ao rio São Francisco proporciona valores mais elevados do que na estação de Mandacaru, consequência do efeito da advecção de umidade do rio. No ano de 2011 na estação de Remanso, BA o valor médio anual da umidade relativa do ar foi de 61,72%.

Na avaliação da disponibilidade hídrica, a precipitação representa a entrada de água para os ecossistemas naturais. Uma elevada quantidade é favorável à manutenção dos ecossistemas, incluindo o consumo humano; entretanto, excesso de precipitação pode causar danos diretos às culturas agrícolas, bem como prejudicar a produtividade. A escassez de chuvas na região semiárida sob condições de irrigação

é, portanto, favorável à agropecuária. A precipitação é o elemento meteorológico de maior variabilidade espacial e temporal no semiárido (EMBRAPA, 2010).

Os totais pluviométricos médios mensais para o período de 1963 a 2009 são apresentados na figura 06.

Figura 06: Médias mensais de precipitação pluvial do período de 1963/2009 das estações agrometeorológicas de Bebedouro (Petrolina, PE) e de Mandacaru (Juazeiro, BA). Fonte: EMBRAPA, 2010.

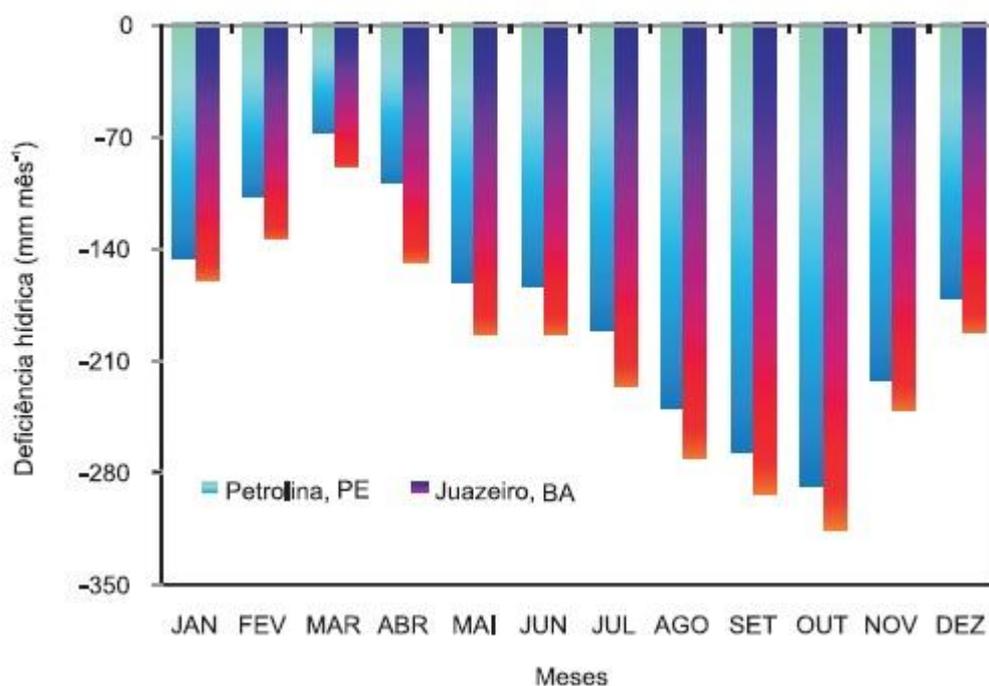


Em Bebedouro, o total anual médio é da ordem de 549 mm, enquanto em Mandacaru é de 529 mm. O período chuvoso concentra-se entre os meses de novembro a abril, com 90% e 93% dos totais anuais em Bebedouro e Mandacaru, respectivamente. A quadra chuvosa, de janeiro a abril, contribui com 70% do total anual, destacando-se os meses de março e o de agosto como o mais e o menos chuvoso, com totais médios de 128,4 mm e 4,3 mm, respectivamente, em Bebedouro e de 132,7 mm e 1,7 mm, em Mandacaru. A extrema variabilidade pode ser representada pelo alto coeficiente de variação que mensalmente oscila entre 68,1% a 160,7%, em Bebedouro e entre 80,4% a 257,0%, em Mandacaru para os meses de março e setembro, respectivamente. No ano de 2011 na estação de Remanso, BA o valor médio anual da precipitação no município de Remanso-BA foi de 0, 2138 mm.

Para se conhecer a necessidade das reais disponibilidades hídricas, faz-se necessário contabilizar a quantidade de água que entra e que sai na superfície

terrestre, detectando-se as condições de deficiências hídricas. Pelos valores de evaporação e de precipitação (Figura 06) realizou-se o balanço hídrico (Figura 07) para o período de 1963 a 2009.

Figura 07: Médias mensais de deficiência hídrica do período de 1963/2009 das estações agrometeorológicas de Bebedouro (Petrolina, PE) e de Mandacaru (Juazeiro, BA). Fonte: EMBRAPA, 2010.



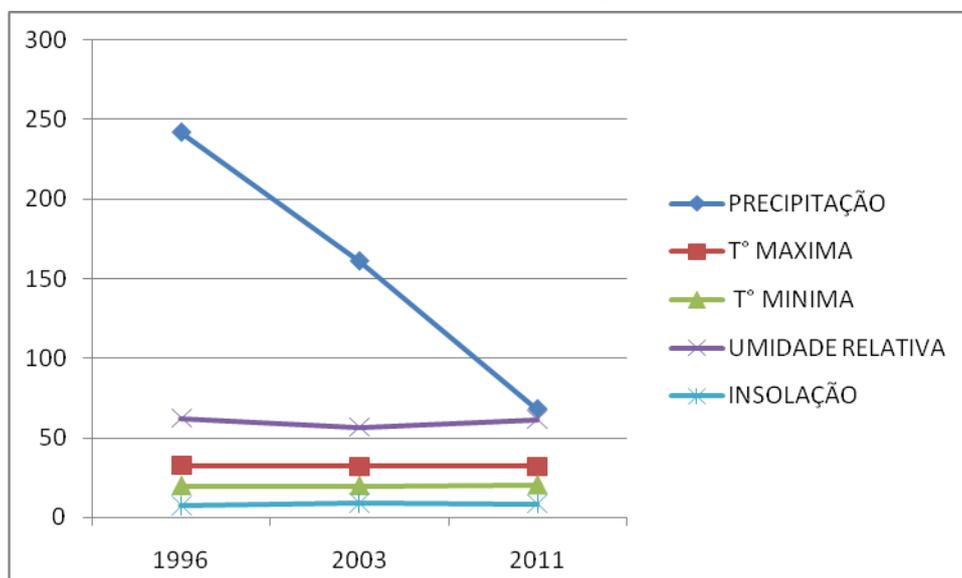
Percebe-se a ocorrência desta deficiência durante todo o ano, com redução em magnitude no mês de março, quando se apresenta em torno de 67 mm em Petrolina, PE e 91 mm em Juazeiro, BA. Os maiores valores são de 288 mm e 318 mm, respectivamente, para Petrolina, PE e para Juazeiro, BA, ocorrendo no mês de outubro.

Os valores mais elevados de deficiência hídrica climática na estação de Juazeiro, BA devem-se aos maiores valores de temperatura e velocidade do vento e menores valores de umidade do ar, consequência de sua localização, margem direita do rio, condições que proporcionam maiores taxas evaporativas. Com relação aos totais anuais médios de entrada e saída de água, Petrolina tem 20 mm de precipitação a mais do que Juazeiro, BA. Com relação à evaporação, apresenta 332 mm inferiores pelo fato de está situada na margem esquerda do rio. Os valores de anuais de deficiência hídrica climática são então diferenciados com 2.131 mm e 2.476 mm em Petrolina, PE e Juazeiro, BA, respectivamente.

A seguir é mostrada a figura 08, que representa a média de cada ano (1996, 2003, 2011) de trabalho realizado na pesquisa com as variáveis meteorológicas

(Precipitação, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima, Umidade Relativa e Insolação). Os dados foram coletados na estação meteorológica de Remanso-BA e adquiridos no sítio da INMET.

Figura 08: Médias anuais de Precipitação, temperatura máxima e mínima, umidade relativa e insolação para os anos de 1996, 2003 e 2011 da estação meteorológica de Remanso-BA.



De acordo com a (Figura 08) a precipitação no ano de 1996 (242 mm) em relação ao ano de 2011 (68 mm) se encontra elevada, com uma diferença de 174 mm de um ano para outro. Nos últimos anos a região vem sofrendo com a falta de chuva e consequentemente com as secas, intensificando os processos de erosão e mudança do uso e cobertura das terras.

As médias das temperaturas máximas e mínimas se encontram na mesma faixa de 32°C e 20°C, respectivamente. O mesmo acontecendo para a umidade relativa e a insolação, estando praticamente na mesma faixa, variando de 61% a 68% para a umidade relativa e de 7,5 a 9,5 horas para insolação.

2.2.2 Recursos Hídricos

O Município de Casa Nova está inserido totalmente na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Tem como principais drenagens o próprio rio São Francisco, o Açude do Sobradinho, o riacho Grande e o riacho Ouricuri.

De acordo com o CPRM (2005), a área municipal de Casa Nova tem como característica principal dos seus recursos hídricos a ocorrência do lago de Sobradinho que se situa no sul do município, fazendo a divisa com os Municípios de Sento Sé e Sobradinho. A sua formação é decorrente do barramento do rio São Francisco no extremo sudeste de Casa Nova.

O riacho Grande ocorre na área central do município e tem suas nascentes dentro da área municipal, a oeste, próximo a divisa com o Estado do Piauí. Trata-se de um rio intermitente que flui para sudeste e desemboca no Lago de Sobradinho.

O rio Ouricuri ocorre a nordeste da sede municipal. Possui as suas nascentes próximas à divisa municipal norte com os Estados do Piauí e Pernambuco. Trata-se de um rio intermitente que desemboca no Lago de Sobradinho, próximo à área urbana de Casa Nova.

2.3 Características Geológicas

Segundo dados do CPRM (2005), o município de Casa Nova compreende os litótipos pertencentes à faixa de dobramentos Riacho do Pontal (grupo Casa Nova) e ao cráton do São Francisco constituído por litótipos representantes do complexo Sobradinho-Remanso, complexo Lagoa do Alegre, “greenstone belt” do Rio Salitre e o Grupo Colomi, figura 09.

Coberturas Quaternárias ocorrem em áreas extensas na porção sul do município, e em segmentos isolados na porção norte. Na porção sul encontram-se Paleodunas e Lençóis de Areia Quartzosa e Coberturas Detrito-lateríticas compostas de areia com níveis de argila e cascalho e crosta laterítica, enquanto que na porção norte as coberturas são constituídas por Depósitos Colúvio-eluviais (areia, areia argilosa e cascalho).

O grupo Casa Nova está representado pelas formações Mandacaru (estauroлита)-(cordierita)- (silimanita) granada micaxisto e metagrauvaca subordinada, e turbiditos; Metagrauvaca feldspática ou quartzosa e níveis de granada e/ou cordierita

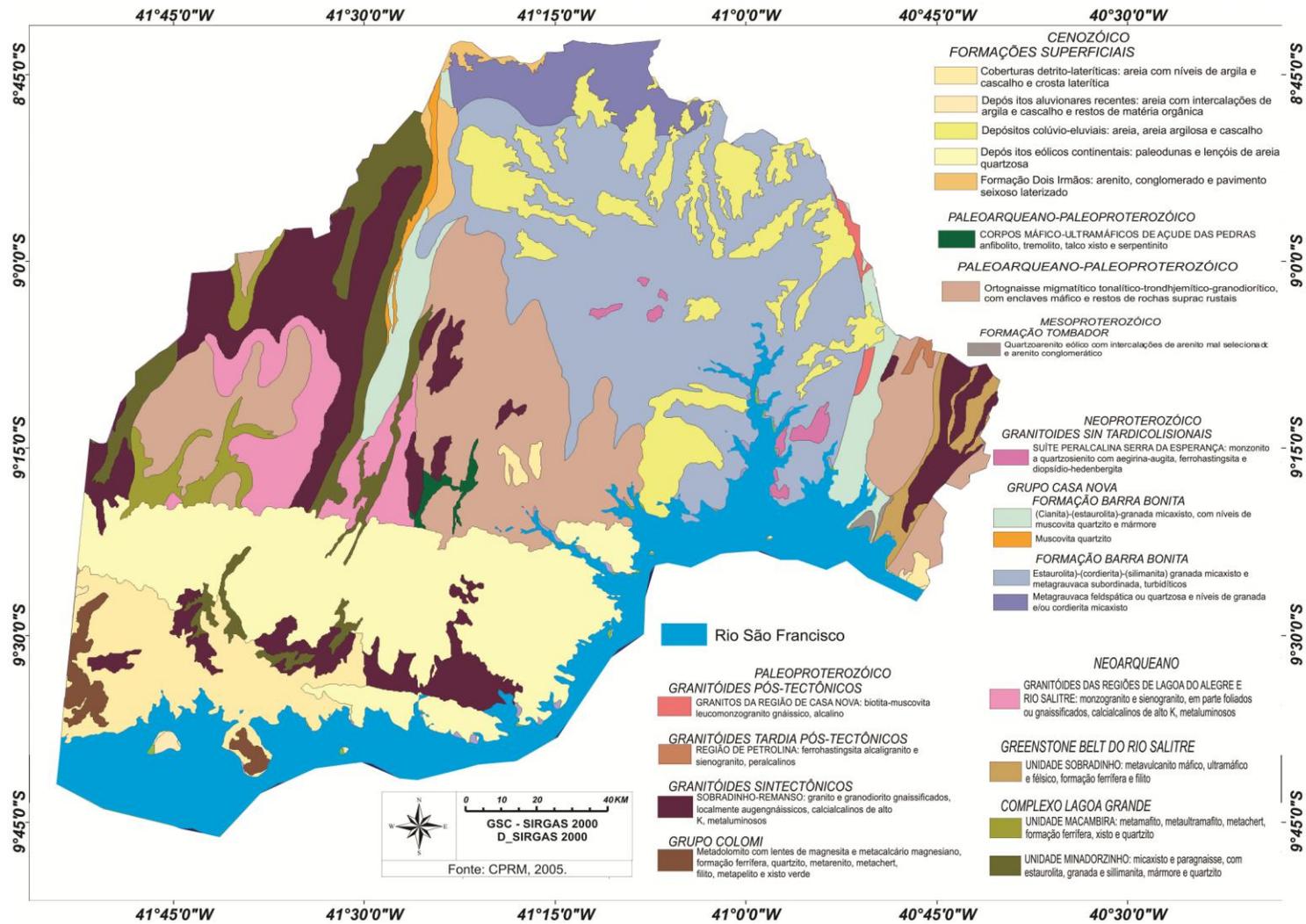
micaxisto) que constituem 3,35% (291.112 Km²) da área de estudo, e Barra Bonita sobreposta, sendo constituída por (cianita)-(estauroлита)-granada micaxisto, com níveis de muscovita quartzito e mármore; e muscovita quartzito no topo, que constituem 24,46% (2.127.529 Km²) da área de estudo. Destaca-se a ocorrência de granitóides da suíte Peralcalina Serra da Esperança.

O complexo Sobradinho-Remanso é constituído por ortognaisse migmatítico tonaliticotrondhjemítico-granodiorítico, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais, cortados por granitóides sintectônicos, que constituem 15,99% (1.390.659 Km²) da área de estudo.

O complexo Lagoa do Alegre é constituído por metamafito, metaultramafito, metachert, formação ferrífera, xisto e quartzito, e micaxisto e paragnaisse, com estauroлита, granada e sillimanita, mármore e quartzito, que constituem 5,82% (506.014 Km²) da área de estudo.

O grupo Colomi ocorre em uma área restrita na porção sul do município e é constituído por metadolomito com lentes de magnesita e metacalcário magnesiano, formação ferrífera, quartzito, metarenito, metachert, filito, metapelito e xisto verde, que constituem 0,69% (59.638 Km²) da área de estudo”.

Figura 09: Mapa geológico do município



2.4 Características Geomorfológicas

O mapa geomorfológico do GEONAT/UEFS-BA (2011) apresenta uma classificação da geomorfologia contendo as seguintes formas: Depressão sertaneja, Superfície dissecada da depressão sertaneja, Superfície de acumulação da depressão sertaneja, Superfície de cimeira da Chapada Diamantina setentrional (600-900 m), Superfície de acumulação – Paleodunas de São Francisco, Encosta Ravinada, Planície fluvial e Planície lacustre – Lago Sobradinho, figura 10.

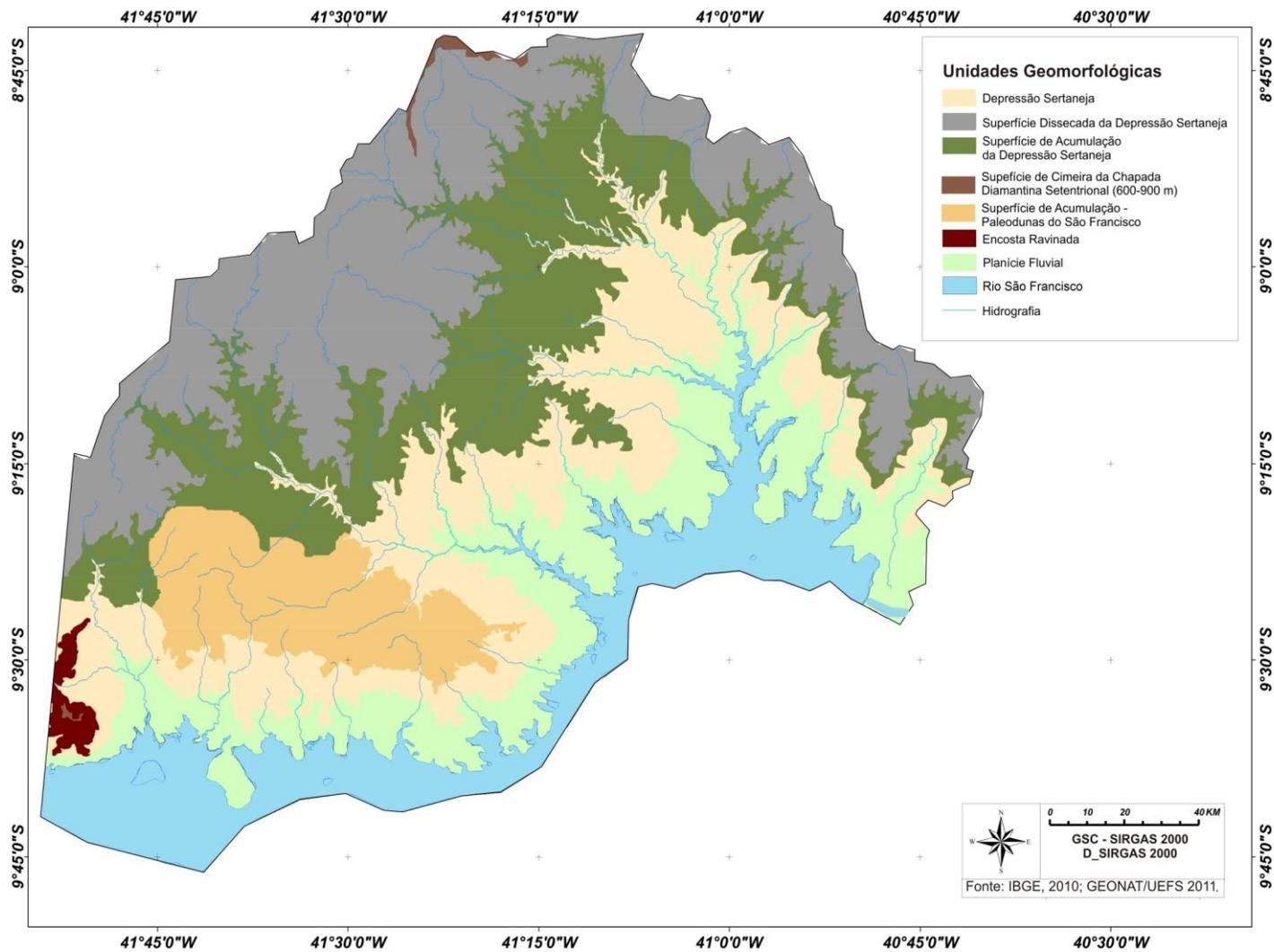
A Depressão sertaneja é típica da região semiárida do Nordeste, apresentando pediplano com relevo monótono, suave-ondulado, com vales estreitos e vertentes dissecadas. Ocupa uma área de 1.784,37 km², correspondente a 18,49% da área, e está localizada em um corredor no sentido Leste-Oeste do município. A Superfície Dissecada da depressão sertaneja é uma área onde o relevo apresenta regiões dissecadas, onde sofreu processos de erosão, com seus solos pobres e rasos, com trechos de melhor fertilidade nos vales e altitudes variando de 300 a 700 metros. Apresenta numa área de 2.357,959 km² (24,44%), distribuído em um corredor na parte Norte do município no sentido Leste-Oeste.

A Superfície de acumulação da depressão sertaneja é uma região normalmente mais elevada do que a superfície envolvente, onde acontece a deposição de elementos móveis transportados pelo vento, pela água ou pelas torrentes. Ocupa uma área de 1.885,129 km² (19,54%) distribuído em um corredor na parte Norte e Centro do município no sentido Leste-Oeste. A Superfície de acumulação – Paleodunas de São Francisco é uma região onde houve uma deposição muito grande de sedimentos (areia) na beira do rio São Francisco. Ocupa uma área de 739, 169 km² (7,66%) distribuído em uma porção mais a Oeste e Centro do município.

A Superfície de cimeira da Chapada Diamantina setentrional (600-900 m), pertencente à Chapada Diamantina e localizado a Norte da área, representa uma extensão de 24, 657 km² (0,26%) da área de estudo. A Encosta ravinada é uma região de encosta onde o processo erosivo é provocado essencialmente pelo escoamento da água (erosão hídrica), causando grandes depressões no solo. Ocupa uma área de 63, 639 km² (0,66%) localizada na porção Oeste da área de estudo.

A Planície fluvial e Planície Lacustre – Lago Sobradinho são regiões com pouca ou raramente com nenhum tipo de variação de altitude de origem fluvial (o rio é responsável por sua formação) ou Lacustre (o lago é responsável por sua formação). Ocupam uma área de 1.615,541 km² (16,74%) e 1.178,574 km² (12,21%), respectivamente. Distribuído em um corredor na parte Sul do município no sentido Leste-Oeste.

Figura 10: Mapa geomorfológico do município



2.5 Tipos, distribuição e características dos solos

De acordo com os dados do IBGE (2010), a área apresenta cinco principais classes de solos: Argilossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico (Distróficos e Eutróficos), Planossolo Háptico e Neossolo Quartzarênico. Observa-se que os solos Argilossolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Quartzarênico têm a maior predominância na área de estudo, com uma porção na área central e outras partes a Nordeste, Norte e Oeste da área. Os Latossolos Vermelho-Amarelo se apresentam mais na porção Sudeste e Central da área de estudo, já os solos Neossolo Litólico estão mais localizados na porção Norte e Oeste da área de estudo e o Planossolo Háptico com uma pequena porção a Sudeste, (Figura 11).

A seguir são mostradas algumas características das unidades dos solos:

a) ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO - (PVA96 e PVA95)

De acordo com a EMBRAPA (1999), os solos chamados de PVA96 são solos do Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelhos-Amarelos arênicos a moderado, textura arenosa/média, mais Neossolos Litólicos eutróficos a moderado e a chernozêmico ambos relevo ondulado, mais Neossolos Quartzarênicos órticos distróficos a moderado com o relevo suave ondulado; E PVA95 são solos do Grupamento indiscriminado de Argissolos Vermelhos-Amarelos mais Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos a moderado com textura argilosa com cascalhos a húmico com textura média e argilosa, mais Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos latossólicos com textura argilosa, todos com relevo suave ondulado.

Sendo os solos PVA96 e PVA95 compõem-se de Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficos e Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos, Neossolos litólicos eutróficos, Latossolo Amarelo distrófico e Latossolo vermelho-amarelo eutrófico.

Este tipo de solo ocupa uma área no município de 4.203,95 Km², 52,56 %, são solos medianamente profundos a profundos, fortemente a moderadamente drenados, com textura média na superfície, e argilosa em subsuperfície, com presença ou não de cascalhos. Distribuem-se por toda a zona semiárida. Caracterizam-se por apresentarem gradiente textural, com nítida separação entre horizontes quanto à cor, estrutura e textura. Os teores de Fe₂O₃ normalmente são menores que 11%. Apresentam porosidade total baixa a média e densidade aparente com valores

compreendidos entre 1,32 g e 1,63 g/cm³. Quanto à saturação por bases, há uma grande variação, ocorrendo solos eutróficos, V > 50%, distróficos, V < 50%, e também álicos, nos quais a saturação com alumínio trocável é maior que 50%. Devido à grande diversidade de características que interferem no uso agrícola, além da ocorrência nos mais variados relevos, é difícil generalizar, para a classe como um todo, suas qualidades e limitações ao uso agrícola.

De uma maneira geral, pode-se dizer que os Argissolos são muito suscetíveis à erosão, sobretudo quando o gradiente textural é mais acentuado, à presença de cascalhos e sob relevo mais movimentado com fortes declives. Nesse caso, não são recomendáveis para agricultura, prestando-se para pastagem e reflorestamento ou preservação da flora e fauna. Quando localizados em áreas de relevo plano e suavemente ondulado, esses solos podem ser usados para diversas culturas, desde que sejam feitas correções da acidez e adubação, principalmente quando se tratar de solos distróficos ou álicos.

b) LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO - (LVA54)

De acordo com a EMBRAPA (1999), os solos chamados de LVA54 são Latossolos Vermelhos-Amarelos distróficos com textura média, mais Argissolos Vermelhos-Amarelos distróficos com textura arenosa/média e média/argilosa, mais Neossolos Quartzarênicos órticos distróficos todos a moderado com relevo suave ondulado. Sendo assim os solos LVA54 compõem-se de, Latossolo vermelho-amarelo eutrófico e Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficos.

Este tipo de solo ocupa uma área no município de 699, 375 Km², 8,74 %, são solos com teores de Fe₂O₃ iguais ou inferiores a 11% e, normalmente, acima de 7%, quando os solos são argilosos ou muito argilosos e não-concrecionários. São profundos ou muito profundos, bem drenados, com textura argilosa, muito argilosa ou média. Os solos de textura argilosa ou muito argilosa e de constituição mais oxidica possuem baixa densidade aparente, de 0,86 g a 1,21 g/cm³, e porosidade total alta a muito alta. São solos ácidos a muito ácidos, com saturação por bases baixa (distróficos) e, por vezes, álicos - nesses casos, com alumínio trocável maior que 50%.

Esses Latossolos também possuem boas condições físicas que, aliadas ao relevo plano ou suavemente onduladas, favorecem a utilização com diversas culturas adaptadas ao clima da região. Suas principais limitações são a acidez elevada e a fertilidade química baixa. Requerem um manejo adequado com correção da acidez, adubação fertilizante e controle de erosão - como, por exemplo, terraceamento - ,

especialmente nos solos de textura média, que são os mais pobres e suscetíveis à erosão. A deficiência de micronutrientes pode ocorrer, sobretudo nos solos de textura média.

c) NEOSSOLO LITÓLICO - (RL34)

Os solos chamados de RL34 são compostos por Neossolo Litólico eutrófico e Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficos. Este tipo de solo ocupa uma área no município de 272,465 Km², 3,40 %, uma das principais características dos Neossolos Litólicos é de ser pouco profundos e, muitas vezes, cascalhentos. Estes são solos "jovens" que possuem minerais primários e altos teores de silte, até mesmo nos horizontes superficiais. O alto teor de silte e a pouca profundidade fazem com que estes solos tenham permeabilidade muito baixa.

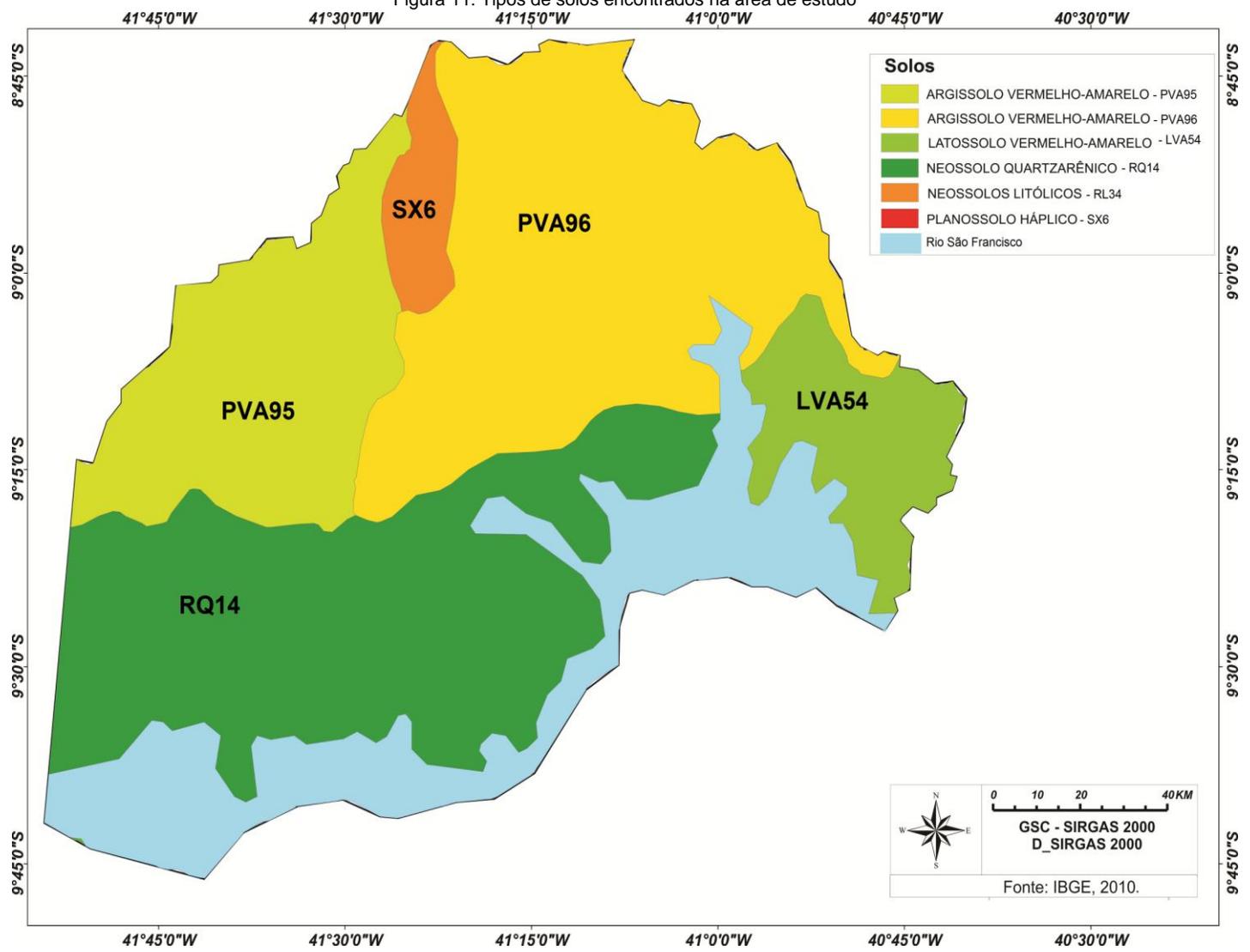
d) NEOSSOLO QUARTZARÊNICO - (RQ14)

Os solos chamados de RQ14 são compostos por Neossolo Quartzarênico eutrófico e Latossolo Amarelo distrófico. Este tipo de solo ocupa uma área no município de 2.821,56 Km², 35,28 %, os Neossolos Quartzarênicos são muito profundos. A característica principal destes solos, no entanto, é de ser dominado por areia. Como o nome já diz, o mineral da fração areia é o quartzo. Esse material é extremamente resistente ao intemperismo e desprovido de nutrientes. Os poucos nutrientes existentes neste tipo de solo estão concentrados na matéria orgânica, sendo que a cor avermelhada é dada pela presença de um pouco de hematita (um óxido de ferro). São solos muito homogêneos, a única diferença entre seus horizontes é devida à presença de matéria orgânica nos primeiros 10 ou 15 cm. O horizonte A é seguido diretamente pelo horizonte C, já que o alto teor de areia não permite formação de horizonte B.

e) PLANOSSOLO HÁPLICO - (SX6)

Os solos chamados de SX6 são compostos por Planossolo Háptico eutrófico e Argissolos Vermelhos-Amarelos eutróficos. Este tipo de solo ocupa uma área no município de 14,2 Km², 0,0002%, e normalmente ocorrem em áreas planas. Compreende solos minerais mal drenados com horizonte superficial aluvial que contrasta abruptamente com o horizonte B. Característica bem distintiva desse tipo de solo é a diferenciação acentuada entre os horizontes A ou E e B. É típico nesse solo, a presença de blocos angulares ou estruturas prismáticas. Esses solos, normalmente, ocorrem em áreas planas.

Figura 11: Tipos de solos encontrados na área de estudo



2.6 Principais tipos de uso do solo e cobertura vegetal

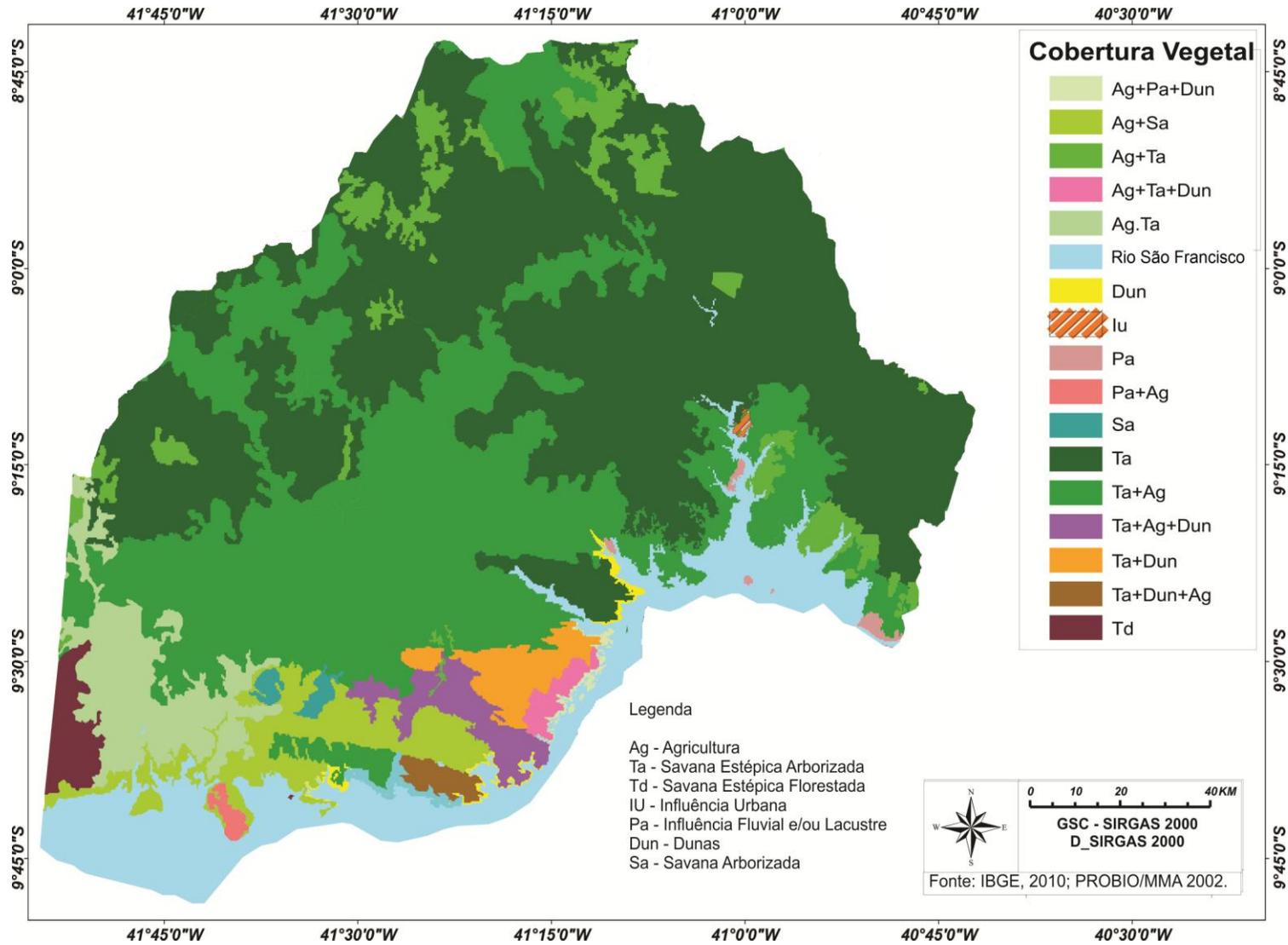
O uso do solo e cobertura vegetal da área de estudo, conforme os dados do PROBIO/MMA (2002) são compostos basicamente por oito tipos: Agricultura, Savana Estépica Florestada, Savana Estépica Arborizada, Dunas, Rio São Francisco, Influência Urbana (Área Urbana), Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre e a Savana Arborizada (Figura 12).

Observa-se de acordo com os dados que a Savana Estépica Arborizada (Ta) representa a maior extensão do município com 7.307,225 Km² (74,88%), seguido da Agricultura (Ag) com 1.255,274 Km² (12,86%), a Savana Estépica Florestada (Td) com 102.801 Km² (1,05%), o rio São Francisco com 968.544 Km² (9,92%), a região das Dunas (Dun) está localizado mais ao centro da área de estudo 43.635 Km² (0,45%), a vegetação de Influência Fluvial e/ou Lacustre (Pa) com 40.505 Km² (0,42%), a Savana Arborizada (Sa) com 34.387 Km² (0,35%) e Influência Urbana ou Área Urbana (Iu) com 6.369 Km² (0,07%).

A vegetação típica da área é a caatinga hiperxerófila constituída, especialmente, de espécies lenhosas e herbáceas, de pequeno porte, dotadas de espinhos, sendo, geralmente, caducifólias, perdendo suas folhas no início da estação seca, e de cactáceas e bromeliáceas. Fitossociologicamente, a densidade, frequência e dominância das espécies são determinadas pelas variações topográficas, tipo de solo e pluviosidade (DRUMOND, 2000). Em algumas áreas mais baixas e de condições climáticas mais adversas, próximas ao Rio São Francisco, essa vegetação apresenta-se esparsa e de pequeno porte.

Em trabalhos qualitativos e quantitativos sobre a flora e vegetação da caatinga, foram registradas cerca de 596 espécies arbóreas e arbustivas, sendo 180 endêmicas. Possivelmente, o número de espécies da caatinga tende a aumentar se considerarmos as herbáceas. As famílias mais frequentes são Caesalpinaceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Cactaceae, sendo os gêneros *Senna*, *Mimosa* e *Pithecellobium*, com maiores números de espécies. A catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), as juremas (*Mimosa* spp.) e os marmeleiros (*Croton* spp.) são as plantas mais abundantes na maioria dos trabalhos de levantamento realizados em área de caatinga (DRUMOND, 2000).

Figura 12: Principais tipos de vegetação e uso do solo da área



CAPITULO 3 – REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Uso e Cobertura da Terra

O uso e cobertura da terra têm se tornado um assunto muito discutido e estudado em várias áreas do conhecimento, devido aos usos e ocupações desordenadas e desenfreadas que as atividades antrópicas na maioria das vezes vêm causando ao meio ambiente. Como exemplos de ações antrópicas, destacam-se: desmatamentos de forma ilegal para diversos fins, mineração, atividades agrícolas, criação de animais, construções rurais e urbanas, entre outras atividades ligadas ao uso e cobertura da terra.

De acordo com Rosa (2003), a expressão “uso da terra” pode ser entendida e conceituada como as formas ou o modo pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem. O levantamento do uso da terra é de grande importância na mensuração dos efeitos de uso desordenado e como ocorre a deterioração do ambiente. Sendo assim, é importante considerar a forma como que este espaço está sendo ocupado, ou seja, se é explorado de forma organizada e produtiva, conforme cada região.

A avaliação das alterações ocasionadas pelo uso da terra fornece informações importantes para a manutenção de um manejo eficiente, e o monitoramento constante permite mensurar e obter dados mais precisos, e que darão suporte a previsões: safras, cobertura florestal e determinar áreas de expansão agrícola e florestal.

A cobertura da terra é entendida como a caracterização do estado físico, químico e biológico da superfície e está representada pelas formações florestais, campestres, corpos de água e áreas construídas. Já os usos múltiplos estão associados à agricultura, pecuária, área residencial, industrial, dentre outros. Pode, também, haver mudanças no uso da terra sem que ocorra alteração na cobertura, ou combinar diferentes coberturas vegetais sob o mesmo uso da terra. (TURNER et al. 1994 *apud* BRIASSOULIS, 2000).

De outra forma, o uso da terra está ligado às atividades antrópicas, utilização que o homem faz, numa dada extensão de terra ou num ecossistema, e com o objetivo de obter da terra os recursos, produtos ou benefícios necessários para a vida. Já a cobertura da terra tem uma ligação direta com o uso que o homem faz da terra, como os elementos da natureza, podendo ser a vegetação natural ou plantada, água, areia e também algumas construções artificiais criadas pelo homem. Aguiar (2002) ressalta que as mudanças de cobertura ocasionadas por mudanças de uso não

necessariamente implicam em degradação da terra, como por exemplo, uma cultura agrícola, que poderá melhorar o uso da terra ao invés de degradar.

Os conceitos de uso (utilização pela sociedade) e cobertura da terra (sistemas naturais e/ou antrópicos) possuem grande relação entre si e são alternadamente utilizados. Segundo o Manual técnico de Uso da Terra do IBGE (2006), as atividades antrópicas estão diretamente ligadas com o tipo de revestimento do solo, seja de floresta, agrícola, residencial ou industrial. O Manual traz a importância do uso de dados de Sensoriamento Remoto, como fotografias aéreas e imagens de satélites, que podem ser correlacionadas com a cobertura da terra e se constituem como fontes importantes para o mapeamento temático.

A metodologia do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2006) baseia-se no levantamento de informações gráficas (imagens, mapas, fotos, observações de campo) e de informações textuais, tais como leitura de documentos, levantamentos de campo e informações estatísticas. Este manual, também, serviu de base teórico-metodológica para a classificação do uso e cobertura da terra desta pesquisa.

3.2 Análises de Sub-Bacias Hidrográficas

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), lei 9.433/97, incorpora princípios e normas sobre as questões da gestão de recursos hídricos, em que a bacia hidrográfica é adotada como unidade de estudo e gestão. Segundo Botelho e Silva (2007), a bacia hidrográfica é reconhecida como unidade espacial na Geografia Física desde os fins dos anos 60.

Para Silva (2006), bacia hidrográfica refere-se a uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água. Este compartimento é drenado superficialmente por um curso d'água principal e seus afluentes. Já Christofolletti (1999) diz que bacia hidrográfica é a área drenada por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados, onde se destacam as formas de relevo associadas aos canais fluviais. Nas bacias hidrográficas interagem as comunidades rurais e os componentes dos meios físicos e bióticos, o que as torna um espaço aglutinador para a construção de cenários alternativos de uso da terra. (EMBRAPA, 2004).

A bacia hidrográfica, ainda, pode ser setorizada em sub-bacias e microbacias, apresentando conceituação diferenciada. Dentro dessas subdivisões da bacia, uma série de conceitos são aplicados na definição de microbacias, podendo ser adotados critérios como unidades de medida, hidrológicos e ecológicos. (TEODORO et. al., 2007)

Para Santana (2003), o termo microbacia, embora difundido em nível nacional, constitui uma denominação empírica, sugerindo o autor a sua substituição por sub-bacia hidrográfica. Já para Faustino (1996), a microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, várias microbacias formam uma sub-bacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km². Cecílio e Reis (2006) definem a microbacia como uma sub-bacia hidrográfica de área reduzida, não havendo consenso de qual seria a área máxima (máximo varia entre 10 a 20.000 ha ou 0,1 km² a 200 km²).

A subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) é uma medida importante na estratégia da elaboração de cenários alternativos de uso da terra, pois permite a pontualização de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais, de sua natureza, dos processos de degradação ambiental instalados e o grau de comprometimento da produção sustentada existente (FERNANDES & SILVA, 1994). Por esse motivo, mesmo que o planejamento seja elaborado para uma bacia de maior ordem, nada impede que na construção dos cenários alternativos, estes sejam construídos para sub-bacias. (EMBRAPA, 2004).

As sub-bacias são áreas de drenagem dos tributários do curso d'água principal. Para definir sua área, os autores se utilizam de diferentes unidades de medida. Para Faustino (1996), as sub-bacias possuem áreas maiores que 100 km² e menores que 700 km², já para Rocha (1997, *apud* MARTINS *et al.*, 2005), são áreas entre 20.000 ha e 30.000 ha (200 km² a 300 km²).

Para Santana (2003), bacias podem ser desmembradas em um número qualquer de sub-bacias, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu eixo-tronco ou canal coletor. Cada bacia hidrográfica interliga-se com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacia hidrográficas são relativos. Já Attanasio (2004) diz que a sub-bacia é uma unidade física caracterizada como uma área de terra drenada por um determinado curso d'água e limitada, perifericamente, pelo chamado divisor de águas.

Vários são os casos em que o pesquisador prefere utilizar até mesmo o termo sub-bacia hidrográfica em vez de microbacia em seus estudos, configurando, algumas vezes, falhas sob o ponto de vista semântico, já que a menção à sub-bacia, independente de suas dimensões, pressupõe não só necessariamente sua inserção em outra bacia de tamanho maior, mas seu vínculo com a mesma no estudo considerado. (BOTELHO E SILVA, 2007, p.155).

3.3 Sensoriamento Remoto (SR)

Novo (2010, p.28), afirma que o sensoriamento remoto pode ser entendido:

“[...] utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.”

O sensoriamento remoto é a ciência e a arte de observar um alvo sem ter contato físico com o mesmo, podendo obter informações de área ou do fenômeno estudado, baseando-se na interação deste alvo com a radiação eletromagnética (CREPANI, 1993; LILLESAND; KIEFER, 1995). As interações são registradas, usando para isto o rastreamento regular da energia eletromagnética que interage em diferentes faixas espectrais, formando várias imagens (DIAS, 2010, p.22).

Entre os fundamentos do sensoriamento remoto, quatro itens são considerados muito importantes: as resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal.

A resolução espacial é um importante parâmetro do sensor porque ela determina o tamanho do menor objeto que pode ser identificado em uma imagem. Por definição, um objeto somente pode ser resolvido (detectado), quando o tamanho deste é, no mínimo, igual ou maior do que o tamanho do elemento de resolução no terreno, ou seja, da resolução espacial. (MENESES, 2012)

A resolução espectral é um conceito inerente às imagens multiespectrais de sensoriamento remoto. Ela é definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda. Quanto maior o número de bandas e menor largura do intervalo, maior é a resolução espectral de um sensor. (CRÓSTA, 1992)

A medida pelos detectores da intensidade de radiância da área de cada pixel unitário é denominada de resolução radiométrica. Maior será a resolução radiométrica, quanto maior for a capacidade do detector para medir as diferenças de intensidades dos níveis de radiância. Quanto maior for essa capacidade, maior será a resolução radiométrica. Ela define o número de níveis de radiância que o detector pode discriminar. (MENESES, 2012)

A resolução temporal, refere-se à frequência que o sensor revisita uma área e obtém imagens periódicas ao longo de sua vida útil (MENESES, 2012). Por sua vez, é

definida como a frequência, periodicidade ou repetitividade com que o sensor passa ou imageia determinada área.

Segundo Pacheco (2000), o sensoriamento remoto é uma ferramenta importante na análise e interpretação de imagens de satélite, sendo um meio eficiente e rápido, além de baixo custo dos mapeamentos e da detecção de mudanças geoambientais.

O Sensoriamento Remoto utiliza vários sensores a bordo de satélites artificiais, como por exemplo, no presente estudo será utilizada imagem de satélite da série LANDSAT, para o mapeamento do uso e cobertura da terra.

3.4 Processamento Digital de Imagens (PDI)

Nos últimos trinta anos, a utilização de imagens digitais oriundas do sensoriamento remoto possibilitou um grande desenvolvimento das técnicas voltadas para a análise de dados multidimensionais, adquiridos através de diversos sensores remotos. Tais técnicas recebem o nome de processamento digital de imagens, pois permitem melhorar e aperfeiçoar o aspecto visual de certas feições para o analista técnico ajudar na análise e desenvolvimento da sua interpretação. Geram produtos que podem ser, posteriormente, usados em outros processamentos.

A função primordial do processamento digital de imagens é a de fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. (CRÓSTA, 1992)

Para Meneses e Almeida (2012. p.82), o Processamento Digital de Imagens (PDI):

“[...] consiste na execução de operações matemáticas dos dados, visando as suas transformações em imagens de melhores qualidades espectrais e espaciais e que sejam mais apropriadas para uma determinada aplicação.”

O Processamento Digital de Imagens é a manipulação numérica de imagens digitais por computador, de modo que a entrada e a saída sejam imagens, onde melhora a sua visualização (aspecto visual) de certas feições estruturais, a partir do comportamento do número digital (ND), correspondente a radiância dos *pixels* de cada objeto ou alvo, gerando, assim, produtos que possam ser posteriormente submetidos a outros processamentos.

O tratamento de imagens digitais nada mais é do que a análise e a manipulação de imagens por meio de técnicas computacionais, com a finalidade de

identificar e extrair informações de imagens sobre fenômenos ou objetos de mundo real, e transformar a imagem de tal modo que as informações radiométricas contidas nelas sejam mais facilmente discriminadas pelo analista. Assim, o PDI consiste em um conjunto de técnicas importantes para o melhoramento das imagens, possibilitando uma melhor análise dos dados e objetos contidos em determinada área imageada e coletadas por sensores remotos (MOREIRA, 2005, p.272).

As técnicas de processamento digital de imagens podem ser divididas em três partes: Pré-Processamento, Processamento e Pós-Processamento, onde:

Pré-Processamento é uma etapa de preparação das imagens com o objetivo de remover características indesejáveis para serem utilizadas pelo usuário, transforma os dados digitais brutos em dados corrigidos radiometricamente, geograficamente, correção atmosférica e de ruídos por aplicações de algoritmos. Tais técnicas consistem na preparação dos dados de satélites para posterior classificação da imagem.

Processamento consiste em técnicas que objetivam melhorar a qualidade visual das imagens, com tais técnicas podemos extrair informações específicas das imagens e dentre algumas técnicas dessa etapa podemos destacar a segmentação, o realce e a classificação das imagens.

Pós-Processamento sendo esta a última fase do PDI que consiste nos detalhes finais da imagem, basicamente na etapa de validação, através dos erros específicos de comissão e omissão e vetorização do mapa.

3.5 Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

Segundo o Silva (2003, p.27):

“Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece, ao ser implementada, alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico, compondo o chamado universo da Geotecnologia, ao lado do Processamento Digital de Imagens (PDI) e da Geoestatística.”

O Sistema de Informação Geográfica deve trabalhar com dados geocodificados; superposição de informações temáticas das mais variadas áreas; estruturação de dados geoambientais, políticos, sociais e econômicos; definição do uso da terra; avaliação da percentagem de cobertura temática (agricultura, floresta, campos, lâmina d'água, entre outras) em determinada região; determinação de locais

para instalação de complexos industriais, portos, barragens, etc. e avaliação da tendência de crescimento urbano. (BOLFE, 2001).

Um SIG tem fundamental importância na análise temporal e espacial, possibilitando a realização de análises geográficas através de instrumentos completos de hardware, software e procedimentos computacionais, buscando fazer modelos sobre os fenômenos do mundo real, seus aspectos ou parâmetros que ocorrem no espaço geográfico. O SIG atende aos processos de trabalho voltados para a sistematização das informações disponíveis, em especial, as que incluem os estudos de uso e cobertura da terra.

Os dados espaciais podem ser armazenados sob camadas temáticas ou layers, planos de informação ou mapas, podendo as estruturas serem representadas no formato raster (matricial) ou no formato vector (vetor), dependendo do objetivo proposto pelo trabalho.

3.5.1 Análise Multitemporal

Através da utilização de imagens de satélite em diferentes cortes históricos, obtém-se a análise multitemporal, que permite explorar mudanças transcorridas na área analisada, apresentadas sob o formato de um mapa (BENEDETTI, 2010). A obtenção destes mapas temporais da cobertura da terra nos permite identificar a dinâmica da paisagem, bem como avaliar os rumos tomados pela sociedade no que diz respeito ao crescimento econômico e à exploração dos recursos naturais (TORRES, 2011).

Um estudo de análise temporal permite o monitoramento da evolução dos ordenamentos territoriais, crescimento urbano e rural, monitoramento agropecuário. Buscando um acompanhamento sazonal da superfície da Terra, e aliado com o sensoriamento remoto esse monitoramento da superfície terrestre visa acompanhar as mudanças de uso e cobertura da terra, realizando um inventário sistemático da superfície, contribuindo para identificar e categorizar os diferentes usos em classes. Associado aos SIG's possibilita o conhecimento dos efeitos e causas dessas mudanças do uso terra, ocorrido numa determinada área de estudo.

Assim, pode-se entender que análise temporal é o estudo de cenas de imagens de satélite, de mesmos locais ou áreas, em diferentes períodos de tempo, visando avaliar as mudanças da paisagem apresentadas durante o tempo do estudo.

A obtenção de mapas temporais da cobertura da terra e, conseqüentemente, um mapa multitemporal das mudanças nos permite identificar as tendências da

dinâmica da paisagem na área de estudo, incluindo suas taxas líquidas e brutas para cada período analisado, como também a evolução dessas taxas no decorrer do tempo. (SOARES FILHO, 2005 *apud* BENEDETTI, 2006).

3.5.2 Tabulação Cruzada

A operação de tabulação cruzada permite associar diversos mapas em relação à mesma área geográfica ocupada por determinados conjuntos de *pixels*. Geralmente, os SIGs requerem os dados no formato raster para realizar esta operação. Além disso, os dados dos dois planos de informação devem ter a mesma resolução espacial, o mesmo número de *pixels* e estarem no mesmo tipo de projeção e coordenadas. Para variáveis nominais ou ordinais, uma tabulação cruzada compara as classes de dois planos de informação, determinando as áreas de interseção das classes. (ROSA, 2004, p.42)

De outra forma a tabulação cruzada é um procedimento fundamental usado para comparar duas imagens. Segundo Santos (2003), no caso onde dois mapas representam as mesmas categorias de informações em duas datas, é interessante focar se as áreas diminuem dentro de uma mesma classe sobre duas datas ou se a mudança provocou a ocorrência de uma nova classe. Isto pode ser sumarizado com a matriz de tabulação cruzada, uma tabela que registra os números de células “matriciais” que se encaixam dentro dos limites de cada combinação possível das classes referente às duas datas.

A seguir tem-se de forma gráfica um exemplo de tabulação cruzada, figura 13:

Figura 13: Exemplo de tabulação cruzada

Classes de uso de 2000	Classes de uso de 2001			
	1	2	3	4
1	300	257	233	267
2	278	300	234	235
3	265	222	300	254
4	259	221	246	300

3.6 Modelo Digital do Terreno

De acordo com Oliveira & Camargo (2005), o início das pesquisas da modelagem digital do terreno é creditado ao Professor Charles L. Miller, do Massachusetts Institute of Technology (MIT) no período de 1955 a 1960, tendo como objetivo principal a execução de projetos de estradas auxiliados por computador. Nestes projetos eram criados modelos altimétricos do terreno a partir de pontos de altitudes obtidas por métodos fotogramétricos, espaçados a intervalos regulares. Atualmente, o conceito de mapeamento em geral envolve o conceito de modelos digitais de superfícies, em particular a do relevo terrestre, e não mais apenas o traçado de curvas de nível em papel.

O Modelo Digital do Terreno (MDT) objetiva expressar o relevo ou topografia, como a altitude e declividade, procurando modelar sua superfície através de uma função que forneça a elevação de cada ponto do terreno a partir de suas coordenadas no plano xy, ou seja, o relevo poderia ser modelado por uma função matemática na forma da equação $z = f(x,y)$.

Felgueiras e Câmara (2001 p.7-1), um Modelo Numérico de Terreno é:

“É uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Dados de relevo, informação geológicas, levantamentos de profundidades do mar ou de um rio, informação meteorológicas e dados geofísicos e geoquímicos são exemplos típicos de fenômenos representados por um MNT.”

Dentre alguns usos do MDT ou MNT, pode-se citar: armazenamento de dados de altimetria para gerar mapas topográficos; análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens; elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio à análise de geomorfologia e erodibilidade; levantar perfis topográficos e delimitar bacias hidrográficas; apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

Na literatura, encontram-se diversos sinônimos para a abreviação MDT. Cabe aqui apresentar os mais comuns: MNT (Modelo Numérico de Terreno), MNE (Modelo Numérico de Elevação), DTM (Digital Terrain Model) e MDE (Modelo Digital de Elevação). Evidentemente os termos "terreno" e "elevação" perderam o significado original ao longo do tempo, na medida em que as aplicações foram se diversificando.

Os modelos digitais de terrenos são capazes de representar digitalmente um conjunto de dados e a partir daí extrair informações, seja através de consultas diretas seja através de análises e manipulações, gerando informações adicionais.

Os modelos digitais são utilizados para se obter informações da superfície em estudo, sem ter que trabalhar diretamente com a superfície real. As informações extraídas do modelo podem ser de caráter qualitativo, ou quantitativo, através da extração de informações do tipo, área, volumes, etc.

Após a geração do MDT, podem-se usar as informações contidas no modelo digital em várias aplicações, tais como: na agricultura de precisão; terraplanagem; geração do perfil; geração de curvas de nível; maquetes eletrônicas; ortorretificação de imagens de satélite.

3.7 O sensor ASTER

Segundo Markoski (2006), o Sensor imageador multiespectral Advanced Spaceborne Thermal and Reflection Radiometer (ASTER) foi lançado em dezembro de 1999, a bordo do satélite Terra-1, como parte do programa Earth Observing System (EOS). É constituído por três subsistemas (VNIR, SWIR e TIR) de imageamento, os quais coletam dados em várias porções do espectro eletromagnético: três bandas na região do VNIR (Visível infravermelho próximo); seis bandas na região do SWIR (Infravermelho de onda curta) e cinco bandas na região do TIR (Infravermelho termal), possuindo 14 bandas no total entre 0,5 micrômetros e 12 micrômetros, desde a região do visível ao infravermelho termal do espectro eletromagnético.

Segundo Wagner (2004), o sensor ASTER, como um instrumento de alta resolução espacial neste satélite, atua como “zoom” em relação a todos os outros instrumentos. Por dia, adquire-se o correspondente a 650 cenas, as quais são processadas a nível L1A – sem a aplicação das correções geométrica e radiométrica – e destas, 150 são processadas a nível L1B – com aplicação das correções.

Cada subsistema possui seu próprio telescópio e, no caso do VNIR, há ainda outro com visada oblíqua ($27,6^\circ$) para obtenção de pares estereoscópicos na mesma órbita, já que apresenta diferente ângulo de visada (*backward*) em relação a uma imagem em “Nadir”. A resolução espacial, a nadir, varia com o comprimento de onda: 15 metros nos espectros do visível a infravermelho próximo (VNIR), 30m no infravermelho médio (SWIR) e 90m no infravermelho termal (TIR).

CAPITULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os materiais e procedimentos metodológicos utilizados durante o desenvolvimento da pesquisa. Foram cumpridas várias etapas até chegar à modelagem final da pesquisa, que seguiu uma sequência de coleta e análises de dados, como a construção de um banco de dados preliminares, coleta de dados em campo necessários para a composição e comprovação da pesquisa, e a análise dos dados e conclusões dos resultados encontrados.

Este trabalho produziu uma análise do uso e cobertura das terras no intervalo de tempo de 15 anos (1996, 2003 e 2011) através de unidades de gestão, sub-bacias hidrográficas, no município de Casa Nova localizado na região semiárida da Bahia.

Para a realização deste trabalho, foi executado o levantamento do material bibliográfico e de dados secundários a partir de literaturas em livros, periódicos, dissertações e teses. Consultadas, também, cartas topográficas (documentação cartográfica), banco de dados dos órgãos públicos produtores de cartografia, fotografias e imagens de satélite, complementados por dados censitários informados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que serviu de base para a construção de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

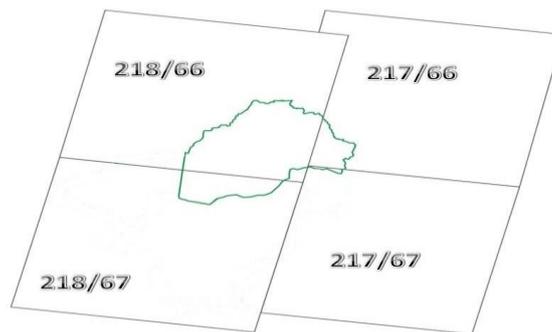
As imagens ópticas foram coletadas a partir do sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do sensor Landsat 5 TM (*Thematic Mapper*), que possui resolução espacial de 30 metros, registrados em sete bandas espectrais, sendo três no visível (Bandas 1, 2 e 3, variando de 0,45 – 0,69 μm), uma no infravermelho próximo (Banda 4, 0,76 – 0,90 μm), duas no infravermelho médio (Bandas 5 e 7, variando de 1,55 – 2,35 μm) e uma no infravermelho termal, que não será utilizada no trabalho (Banda 6 com a resolução espectral de 10.4 – 12.5 μm e resolução espacial de 120 m).

Tais imagens foram utilizadas para analisar as mudanças e a evolução do uso e cobertura das terras no período de estudo proposto. A área de estudo encontra-se em quatro cenas órbita-ponto distintas, sendo elas 217-66, 217-67, 218-66 e 218-67 (Figura 14), dos seguintes anos: 1996 2003 e 2011 (Quadro 1). A escolha dos anos de estudo foi motivada por fornecerem melhores imagens, com baixo índice de nuvens, menor que 10%, na região e com imagens nas datas correspondentes ao final do período das chuvas na região. A imagem do Radar ASTER foi coletada no sítio da NASA, com resolução de 30 metros.

Quadro 01: Imagens raster utilizados na pesquisa

IMAGEM	DATA	SATÉLITE	SENSOR	ÓRBITA-PONTO	RESOLUÇÃO ESPACIAL
Óptica	15/05/1996 23/06/1996	LANDSAT 5	TM	217-66 217-67 218-66 218-67	30 m
Óptica	27/06/2003 06/07/2003	LANDSAT 5	TM	217-66 217-67 218-66 218-67	30 m
Óptica	16/05/2011 10/06/2011	LANDSAT 5	TM	217-66 217-67 218-66 218-67	30 m
Radar	—	TERRA	ASTER	-	30m

Figura 14: Localização da área nas cenas Landsat 5, que compõem a área de estudo.



Elaboração: Almeida, 2012

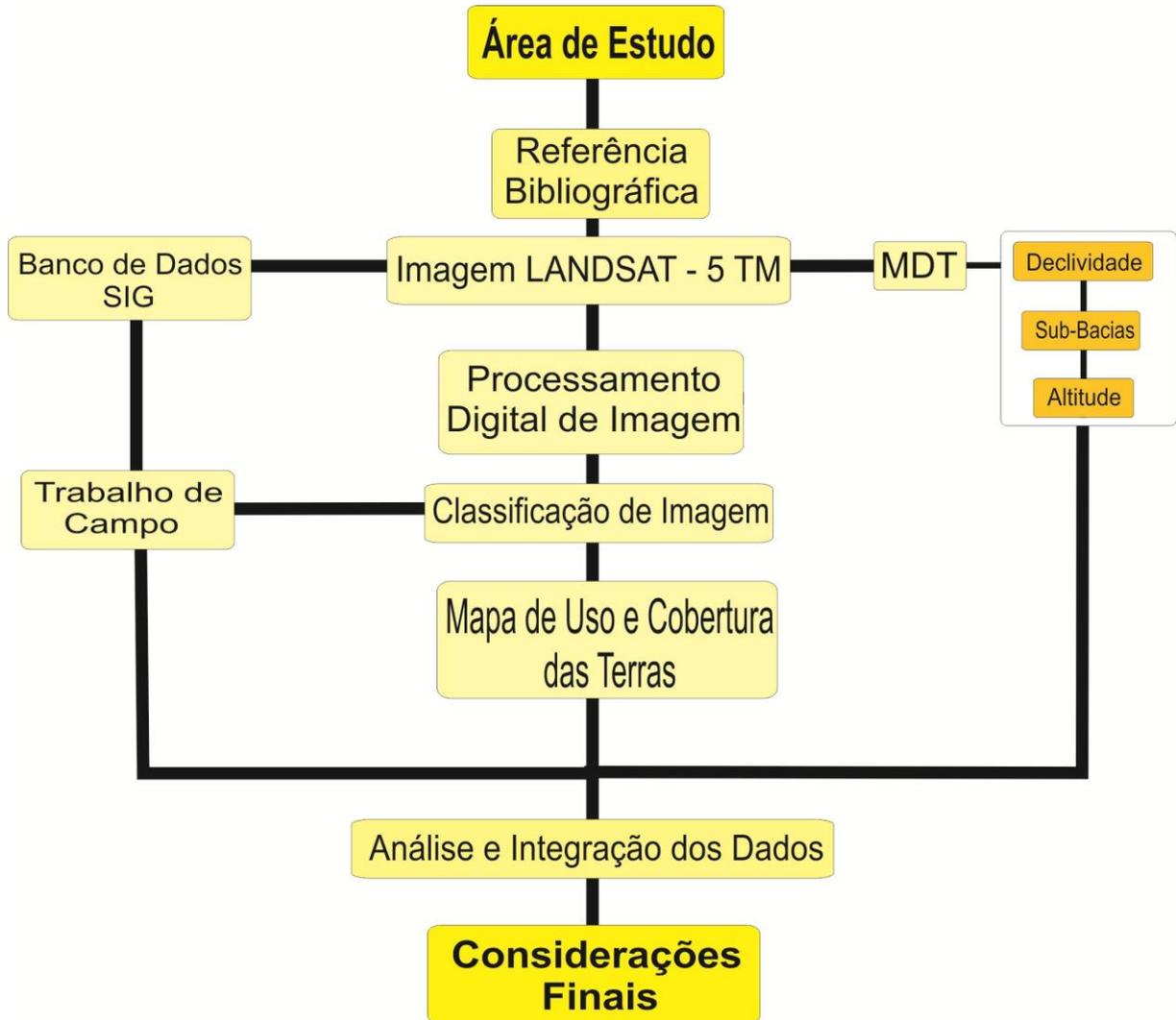
O Banco de dados é composto por: dados vetoriais de geologia, geomorfologia, solos e uso do solo e cobertura vegetal. Os metadados foram adquiridos de várias fontes, conforme está descrito no quadro 02:

Quadro 02: Metadados utilizados na pesquisa

TEMA	FONTE	FORMATO/DATUM	ESCALA	OBJETIVO
Limite Municipal	IBGE (2010)	Digital/Sirgas 2000	1:2.500.000	Delimitação da área de estudo
Rodovias	DERBA (2006)	Digital/Sirgas 2000	1:500.000	Principais rotas de acesso
Hidrografia	INEMA-BA (2002)	Digital/Sirgas 2000	1:500.000	Caracterização Física
Solo	EMBRAPA (2002)	Digital/Sirgas 2000	1:1.000.000	Caracterização Física
Uso do Solo e Cobertura Vegetal	PROBIO/MMA (2002)	Digital/Sirgas 2000	1:250.000	Avaliar o grau de interação dos aspectos naturais e antrópicos, além de auxiliar na identificação das formas de utilização do solo.
Geologia	CPRM (2002)	Digital/Sirgas 2000	1:1.000.000	Caracterização Física
Geomorfologia	GEONAT/UEFS (2011)	Digital/Sirgas 2000	1:250.000	Caracterização Física

O modelo digital do terreno foi utilizado para caracterização do relevo (declividade), altitude e extração das sub-bacias, e com isso fazer a modelagem, análise e integração, com os mapas de uso e cobertura das terras. Para o resultado da modelagem final, as imagens passaram pelas diferentes etapas de Processamento Digital, de acordo com fluxograma (Figura 15), que demonstra o processo de uma forma generalizada.

Figura 15: Fluxograma das etapas do trabalho de pesquisa



4.1 Procedimentos Metodológicos

As etapas do processo metodológico estão listadas abaixo:

- 1- Revisão da literatura (levantamento bibliográfico x levantamento cartográfico);
- 2- Coletas de dados da área de estudo e construção de um SIG, a partir de dados pré-existentes e elaborados durante a pesquisa;
- 3- Trabalho de campo (coleta de pontos, levantamentos e análise de dados georreferenciados como base para os processamentos e para validação).
- 4- Processamento digital de imagens (Pré-Processamento, Processamento e o Pós-Processamento);
- 5- Análise e discussão dos resultados (Integração dos dados);
- 6- Considerações finais;

Para a realização da pesquisa foram utilizados os seguintes softwares: ArcGIS 10, ArcView 3.3, ENVI 4.7, ERDAS Imagine 9.1, Idrisi Kilimanjaro, Global Mapper 10, Surfer 8, GPS Trackmaker, CorelDRAW X5, OFFICE.

4.1.1 Levantamento Bibliográfico x Levantamento Cartográfico

Para a realização do estudo, fez-se necessária a busca por referências literárias, bem como pesquisas documentais em artigos, teses, dissertações, revistas e periódicos, devidamente reconhecidos nos âmbitos nacional e internacional, acerca do tema em questão e da área de estudo, a fim de servir de base e nortear para o presente projeto de pesquisa. Buscando levantar somente as principais bibliografias sobre o tema da pesquisa, e para o embasamento metodológico que serviu para a realização do mesmo. Ademais, o levantamento bibliográfico serviu como fonte de dados quantitativos e qualitativos, uma vez que trabalhos de natureza similar já foram desenvolvidos na área de estudo. O levantamento cartográfico foi executado na forma de reunir dados e mapas sobre a área de estudo.

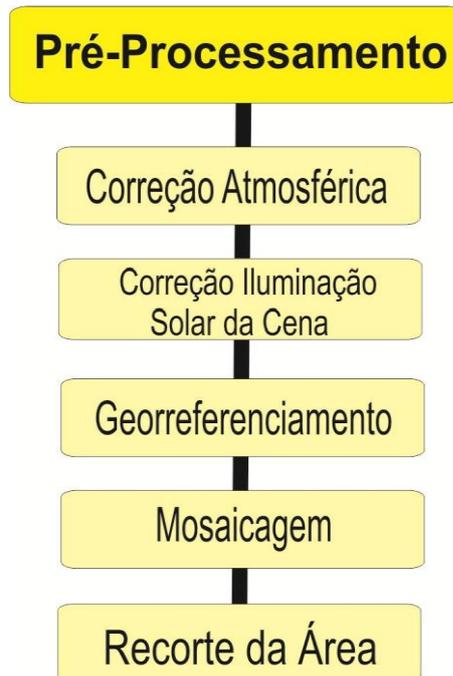
4.2 Processamento Digital de Imagem

Nesta etapa, foi feito o pré-processamento, processamento e pós-processamento de cada imagem que compõe a pesquisa.

4.2.1 Pré-Processamento

Nesta fase aplicam-se técnicas visando melhorar a qualidade dos dados, como: A Correção Atmosférica, Geométrica, Mosaico das cenas, Recorte da imagem, dentre outros. Todo o pré-processamento foi executado nos softwares ENVI 4.7, ERDAS Imagine 9.1 e ArcGIS 10. A seguir, apresenta-se o fluxograma do pré-processamento realizado na pesquisa, figura 16:

Figura 16: Fluxograma das etapas do pré-processamento



4.2.1.1 Correção Atmosférica

A Correção Atmosférica foi realizada para minimizar o efeito de dispersão da energia eletromagnética nas partículas de água suspensas na atmosfera, possibilitando que os alvos invariáveis, temporalmente, sejam interpretados da mesma forma. No geral, o efeito mais importante é devido ao espalhamento atmosférico que causa adição de valores à resposta original.

A correção atmosférica foi executada em todas as bandas, do satélite Landsat 5, das quatro cenas de cada ano em estudo. O processo empregado foi o Dark Object Subtraction (DOS) ou Subtração de Pixel Escuro (SPE) ou ainda Método de Chavez (1988). O uso deste método está baseado na ideia de que uma determinada imagem possui *pixels* com radiância muito abaixo da sensibilidade de detecção do sensor, gerados a partir da presença de sombras formadas pela topografia e, também, pelas nuvens.

4.2.1.2 Correção da iluminação solar da cena

Foi realizada a correção da iluminação solar da cena, devido à diferença de reflectância existente entre as cenas pertencentes à área de estudo, pois o município de Casa Nova – BA está inserido em 4 cenas do satélite Landsat 5, onde as mesmas são de épocas diferentes de imageamento. O processamento desta correção das cenas foi executado no software ERDAS 9.1.

Considerando a superfície Lambertiana em estudo, para um dado dia do ano, a radiação incidente sobre o chão pode ser calculada pela expressão:

$$L_{sue(k)} = \frac{E_{0(k)} \cos \theta}{K}$$

Em que:

$E_{0(k)}$ = Irradiância solar extraterrestre espectral em K banda.

θ = Ângulo zenital solar ($\cos \theta = \text{sen } a$)

a = Altura solar ou elevação solar = $90 - \theta$

K = Fator de correção para a distância Sol-Terra (distância relativa Terra-Sol).

Para o estudo dos padrões de reflectância em diferentes épocas, é de fundamental importância à correção da elevação solar (ou altura solar) e da distância Terra-Sol. As imagens adquiridas sobre diferentes ângulos de elevação solar podem ser normalizadas a 45 graus de ângulo de referência pela equação sugerida por PICKUP e NELSON (1984):

$$ND_{45} = \frac{ND_a \cdot \cos 45}{\text{sen } a}$$

DN_{45} = número digital, normalizado para 45 graus;

DN_a = número digital original, e

a = ângulo de elevação solar (altura solar).

4.2.1.3 Correção Geométrica (Georreferenciamento)

As imagens de satélites ou fotografias aéreas, produzidas por sensores remotos, apresentam uma série de distorções espaciais, não possuindo, portanto, precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos alvos/objetos, superfícies ou fenômenos nelas representados. A correção pode ser feita de forma específica, aplicando modelos matemáticos para corrigir os erros ou através de coordenadas geográficas da área de interesse. Para gerar assim uma imagem sem distorções e tendo qualidade geométrica de um mapa, várias técnicas são utilizadas para a correção.

Para georreferenciar a imagem da área de estudo, foram utilizadas as imagens registradas do projeto do PROBIO das quatro cenas pertencentes à área de estudo (218-66, 218-67, 217-67 e 217-66) dos anos de 1996, 2003 e 2011 com resolução espacial de 30 metros. No software ENVI 4.7 foi utilizada a função imagem para imagem, pois já existia uma imagem georreferenciada da mesma área, os modelos vetoriais podem ser usados também para o registro, como base da imagem referencial.

4.2.1.4 Mosaicagem e Recorte da área de estudo

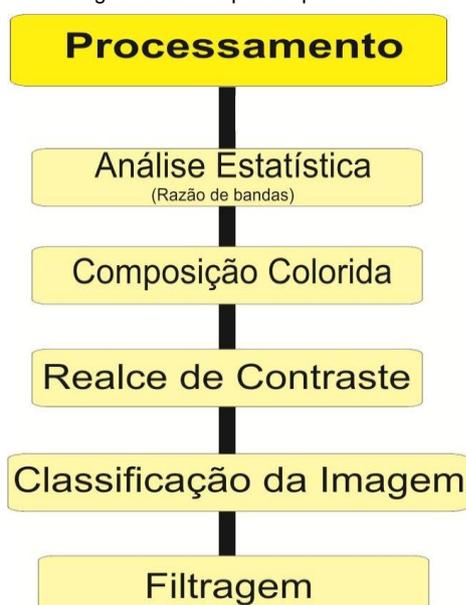
A partir de imagens previamente georreferenciadas e/ou registradas, é possível realizar o mosaico de duas ou mais imagens para gerar uma imagem maior e sem perda de informações. Desta forma, uma visão completa das cenas coletadas pelos sensores pode ser obtida. O mosaico de imagens de sensoriamento remoto torna-se muito importante quando a área de estudo é maior que a cena disponibilizada pelo satélite.

Nas aplicações de sensoriamento remoto é bastante comum haver a necessidade de se compor mosaicos com duas ou mais imagens. O mosaico foi realizado com as quatro cenas 217-66, 217-68, 218-66 e 218-67, que abrange a área de estudo, o município de Casa Nova-BA. E a redução da dimensionalidade ou delimitação da área de estudo (recorte) foi realizada de acordo com os limites do município de Casa Nova – BA.

4.2.2 Processamento

Nesta etapa que corresponde a segunda parte do Processamento Digital de Imagem (PDI), consiste em para tornar a imagem, objetos ou alvos com mais qualidade e diferenciados, para uma melhor análise e interpretação dos mesmos. Dentre alguns procedimentos trabalhados nesta etapa podemos citar: Realce de contraste, Análise estatística, Seleção de bandas, Composição colorida, Classificação de Imagens e Filtragem. Todo o processamento das imagens foi executado no software ENVI 4.7, a seguir segue o fluxograma do processamento realizado na pesquisa, figura 17:

Figura 17: Fluxograma das etapas do processamento



4.2.2.1 Análise Estatística e Composição Colorida

Para a escolha da melhor composição colorida, que é um sistema de cores aditivas formadas por Vermelho (*Red*), Verde (*Green*) e Azul (*Blue*) ou RGB, foi feita uma análise estatística analisando sua matriz de variância e covariância e sua matriz de correlação. Foram utilizadas as bandas do satélite Landsat 5 TM 1,2,3,4,5 e 7 e avaliadas a partir das matrizes geradas, verificando as bandas de grandes correlações (onde não se deve utilizar) e as com menores correlações, em seguida feito o ranking

das melhores composições RGB. A melhor composição será utilizada para posteriormente ser realizada uma classificação da imagem.

O cálculo do *Optimum Index Factor* (OIF), foi aplicado para estabelecer a menor correlação entre as 6 bandas, de acordo com a equação a seguir:

$$\text{OIF} = (dx + dy + dz) / (r_{xy} + r_{xz} + r_{yz})$$

Onde: d_{xyz} = desvio padrão do tripleto de bandas x,y,z;

r_{xyz} = coeficiente de correlação entre bandas x,y,z;

O OIF calcula a melhor combinação de três bandas a serem utilizadas em uma composição colorida. Quanto maior o OIF, menor será a correlação entre as bandas e, conseqüentemente, melhor composição colorida. Depois de executado os cálculos no Microsoft Excel do ranking das melhores combinações, foi feito os testes nas imagens no Software ENVI 4.7 para a verificação da melhor combinação de bandas através do ranking obtido e, também, pela análise visual.

4.2.2.2 Realce de Contraste

Realce de imagens digitais consiste em um conjunto de procedimentos aplicados para melhorar a qualidade visual. Alguns realces de contraste foram testados no trabalho, como: o realce linear, realce linear 2%, gaussiano e equalização. Dentre todos testados o da equalização, realizado no Software ENVI 4.7, obteve melhor desempenho, destacando algumas áreas de interesse, como a vegetação (caatinga arbórea/arbustiva) e agropecuária.

4.2.2.3 Classificação de Imagens

Após o teste de alguns métodos de classificações tanto não supervisionada (IsoData e K-Means) como o supervisionada (Paralelepípedo, Mínima Distância, Mahalanobis e Máxima Verossimilhança), o utilizado no trabalho foi a classificação supervisionada com o interpolador da Máxima Verossimilhança (MaxVer), que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Tendo todas as bandas com distribuição normal ele calcula a probabilidade de um dado *pixel* pertencer a uma classe específica.

A escolha desse interpolador MaxVer se deu por apresentar um melhor resultado e precisão na classificação das imagens. Onde se definiu as áreas/regiões de interesse de acordo com a realidade no campo, definindo-se sete classes, chegando a uma classificação que se considerou satisfatória para o objetivo que se destina o trabalho.

4.2.2.4 Filtragem

No trabalho foi utilizado o Filtro da moda 5x5, realizado no Software ENVI 4.7., onde Crósta (1993, p. 82), afirma que este tipo de filtragem é bastante útil para “limpar” *pixels* isolados em imagens representando resultados de classificação estatística multi-espectrais. Assim, em uma representação numérica de uma mascara 5x5, (Quadro 03), o *pixel* central da imagem original e os demais serão substituídos pelo DN 14, que ocorre 12 vezes na matriz (moda da matriz). Então, a partir da filtragem da moda, a imagem filtrada apresentará uma homogeneização do valor dos *pixels*, que será de DN 14 como o resultado final (Quadro 04), ou seja, todos os demais *pixels* dentro da matriz se comportarão com DN 14.

Quadro 03: Matriz Original 5x5

14	12	14	13	14
11	14	14	18	14
12	14	17	20	13
14	11	14	18	14
12	14	16	13	14

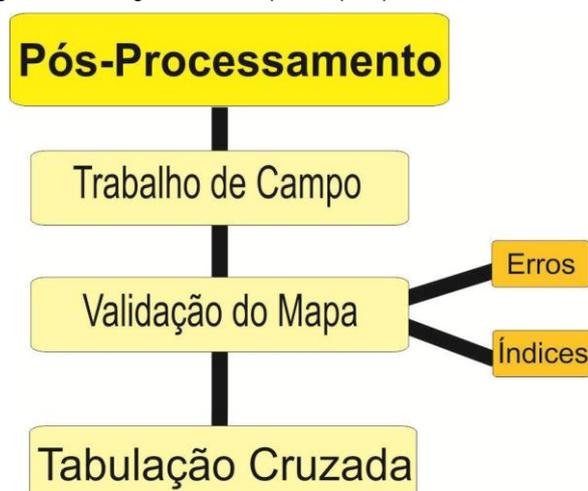
Quadro 04: Matriz com filtro da moda

14	14	14	14	14
14	14	14	14	14
14	14	14	14	14
14	14	14	14	14
14	14	14	14	14

4.2.3 Pós-Processamento

Etapa realizada após o processamento dos dados, e última fase do PDI, encontra-se dividida basicamente em: trabalho de campo, validação do mapa e tabulação cruzada, conforme mostrado na figura 18. Após todos esses processos obtiveram-se os mapas finais de uso e cobertura das terras.

Figura 18: Fluxograma das etapas do pós-processamento



4.2.3.1 Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado nos dias 29, 30 de Junho e 01 de Julho de 2012. Para tanto foi utilizado um automóvel tipo Caminhoneta 4x4, para conseguir coletar alguns pontos que se encontravam em difícil acesso, um GPS para marcação dos pontos e uma máquina fotográfica para registrar os usos e cobertura da terra, os tipos de modelados do terreno e localização física da área de estudo. Nesta etapa foram coletados 28 pontos que representam a localização exata das áreas da marcação dos pontos.

4.2.3.2 Validação do Mapa

Para a validação do mapa, foram utilizados os índices de Kappa (que varia de 0 e 1, mais próximos de 1 os dados serão mais acurados) e Pabak (*Prevalence And Bias Adjusted Kappa*). Para determinação do valor do índice de Kappa, empregam-se as seguintes equações:

$$IK = (D - Q) / (T - Q)$$

onde,

D = O total de *pixels* com correspondência entre os dados de campo e aqueles interpretados;

T = Ao total de *pixels* examinados;

Q = Resultado da expressão que envolve a multiplicação dos valores totais (horizontal e vertical) de cada uma das classes, dividida pelo total dos pontos coletados ou representa a coincidência entre os *pixels* interpretados e os resultados dos trabalhos de campo;

O índice Pabak é calculado a partir da seguinte equação:

$$Pabak = 2 * P_o - 1, \text{ onde: } P_o = D \text{ (total de } pixels) / T \text{ (total de } pixels \text{ examinados)}$$

Para a análise do IK final tem-se que analisar a tabela 03 abaixo, que contem a escala de importância do índice de KAPPA, que varia desde *sem correspondência* (<0,00) até *quase perfeito* (0,81 – 1,00).

Tabela 03: Escala de importância – Índice de KAPPA

ÍNDICE DE KAPPA (IK)	GRAU DE IMPORTÂNCIA
<0,00	Sem correspondência
0,00 – 0,20	Insignificante
0,21 – 0,40	Discreto
0,41 – 0,60	Moderado
0,61 – 0,80	Substancial correspondência
0,81 – 1,00	Quase perfeito

Fonte: Landis e Koch, 1977 (*apud* Silva, 2003)

Além do IK, foram utilizados os Erros de Comissão (varia de 0 e 1, quanto mais próximo de 0 menor são os desvios da interpretação) e Omissão (varia entre 0 e 1, quanto mais próximo de 0 mais estreita é a correspondência entre a interpretação e a realidade terrestre), como parâmetros de veracidade. Os dados foram usados para verificar a acurácia da classificação realizada, bem como para detectar distinção entre classes e aprimorar o processo da classificação.

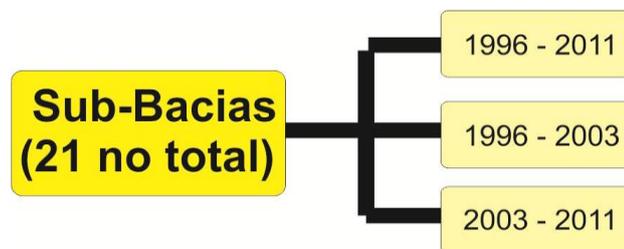
4.2.3.3 Tabulação Cruzada

A tabulação cruzada foi executada entre as classificações MaxVer do uso e cobertura da terra dos anos de estudo (1996, 2003 e 2011) e as sub-bacias extraídas a partir do modelo digital do terreno (ASTER). Foi utilizada a função GIS Analysis –

Database Query – AREA no programa IDRISI para gerar os cálculos das áreas das classes da classificação do uso e cobertura das terras, para verificar áreas que sofreram mudanças ou não ao longo do período em estudo.

Em seguida foi utilizada outra função no IDRISI (CROSS TAB), calculando-se a tabulação cruzada entre os anos de estudo em todas as sub-bacias pertencentes à região, figura 19. Utilizaram-se como imagem de entrada sempre a do ano mais antigo e a segunda imagem a do ano posterior, com o fim de se elaborar um terceiro mapa apresentando dados cruzados nos períodos já mencionados. Após gerar as devidas tabulações, os dados foram exportados para o Excel e realizadas as tabelas dos cálculos em quilômetros quadrados (Km²) e em porcentagem (%), e análises dos mesmos para verificação das mudanças ocorridas durante o período de estudo em cada Sub-Bacia.

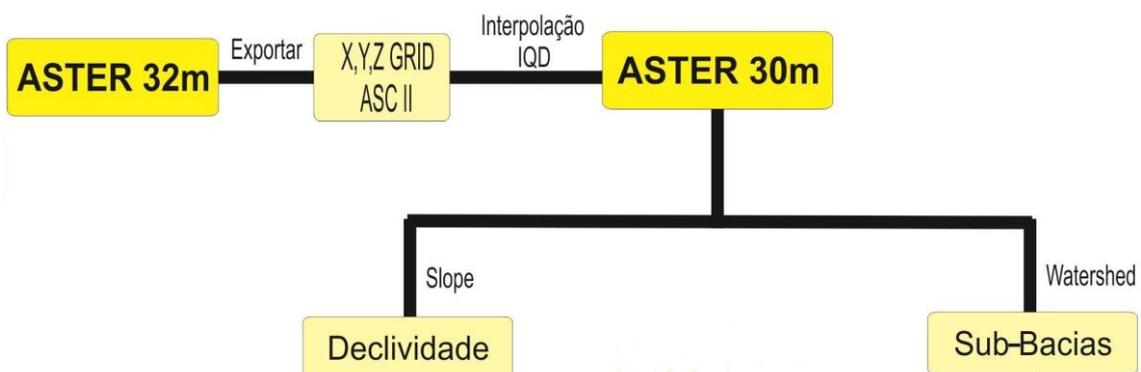
Figura 19: Tabulação cruzada das sub-bacias com o uso e cobertura da terra do período de estudo.



4.3 Modelo Digital do Terreno (ASTER)

Para compreender o processamento dos dados com o Modelo Digital do Terreno (MDT) do ASTER foi feito um fluxograma, figura 20, descrevendo esquematicamente a metodologia adotada para o processamento do MDT.

Figura 20: Fluxograma metodológico do processamento do MDT



De acordo com o fluxograma o MDT, foi reamostrado para 30 metros (1 arco por segundo) utilizando o método de interpolação chamado de Inverso do Quadrado da Distância através dos programas Global Mapper 10 e o Surfer 8, onde antes da interpolação foram geradas curvas de nível com equidistância de 50 metros, anteriormente o MDT se encontrava com 32 metros. Posteriormente foram extraídas as principais variáveis como: Declividade, Altitude e Sub-Bacias.

4.3.1 Declividade

A declividade em uma posição da superfície é definida por um plano tangente a aquela posição da superfície modelada pelo MDT (FELGUEIRAS e CÂMARA, 2001). A declividade pode ser expressa em graus (0 a 90) ou em porcentagem (%), o quadro 05, mostra os níveis de classificação de declividade em porcentagem e suas características. (ROSA, 2003 *apud* ARAUJO 2011).

O mapa de declividade torna-se importante para identificação de áreas de potencialidade quando este é correlacionado com outros elementos ou fenômenos da superfície terrestre, como o tipo e usos da terra, coberturas vegetais, geologia, etc. (ARAUJO, 2011, p.66).

Quadro 05: Declividades e características morfodinâmicas.

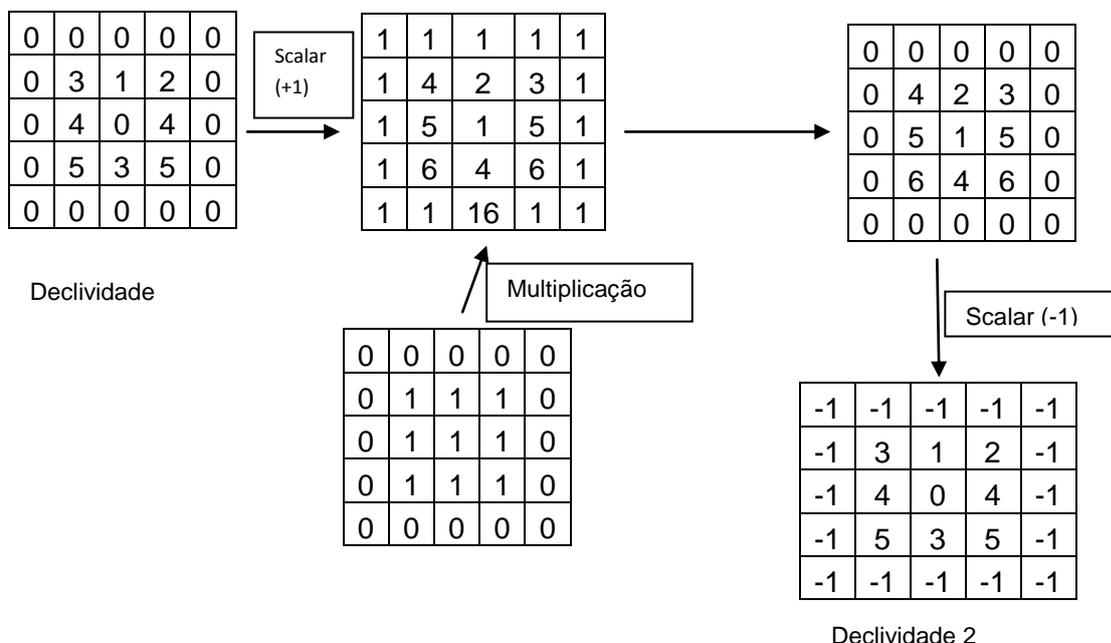
Declividades (%)	Características
<3	Relevo plano ou quase plano com escoamento superficial lento ou muito lento.
3 a 7	Relevo suave ondulado com interflúvios extensos e aplainados, vertentes ravinadas de pequena expressão e vales abertos.
8 a 12	Relevo medianamente ondulado, com as mesmas características da categoria 3 – 7%. O escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos.
13 a 20	Relevo ondulado dissecado, vales abertos a fechados. O escoamento superficial rápido.
>20	Relevo fortemente ondulado, topografia movimentada, formada por morros, com declives fortes. Grande velocidade do escoamento superficial, provocando fortes ravinamentos.

Fonte: Adaptado ROSA, 2003 *apud* ARAUJO 2011.

Para a extração da declividade foi utilizado o programa IDRISI, onde em GIS Analysis --- Context Operators --- Surface --- SLOPE, que usa valores dos *pixels* vizinhos para calcular a declividade de cada *pixel* da imagem. Onde os valores podem ser gerados em graus ou porcentagem.

Para o cálculo das classes da declividade foi adotado alguns passos para se eliminar a valor do background e ficar só com os valores pertencentes à área de estudo. A seguir será mostrada a modelagem cartográfica desse procedimento, figura 21.

Figura 21: Modelagem cartográfica do calculo da declividade em uma matriz 5x5. Fonte: Almeida, 2012.



A declividade não foi utilizada no trabalho, pois a área possui declividades muito baixas, com valores de 0° a 3° em aproximadamente 89% da área de estudo, valores de 3° a 6° em 5% da área e valores acima de 6° em 6% da área de estudo. Esses valores são muito baixos, indicando uma área de estudo com padrão homogêneo em relação ao seu relevo e muito plana.

4.3.2 Sub-Bacias

Para um melhor entendimento do processo de uso e cobertura da terra, julga-se conveniente e oportuno analisar toda a área a partir de unidades territoriais de gestão de uso e cobertura da terra, ou seja, sub-bacias, pois cada unidade possui específica morfometria, morfologia e geomorfologia.

A definição do limiar para extração da sub-bacia foi baseada em trabalhos desenvolvidos pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos que em Abril de 2010 publicou um manual do usuário onde estipula que em arquivos com resolução espacial de 100 m o limiar estabelecido é de 3.000 *pixels* (EPA, 2010). A

imagem utilizada no trabalho, o sensor ASTER, possui resolução de 30 m logo a limiar estabelecido de acordo com a EPA será de 900 *pixels*. A partir do programa IDRISI, foram extraídas 21 Sub-Bacias pertencentes na totalidade na área do município de Casa Nova.

Após a extração de todas as sub-bacias e classificação das imagens, foi realizada a extração de cada sub-bacia em separado através do programa IDRISI na opção Data Entry – EDIT e em seguida Data Entry – ASSIGN, para que se tenha todas as sub-bacias separadas com sua classificação de uso e cobertura da terra e, em seguida, foi executada a tabulação cruzada entre os anos de estudo de cada sub-bacia extraída.

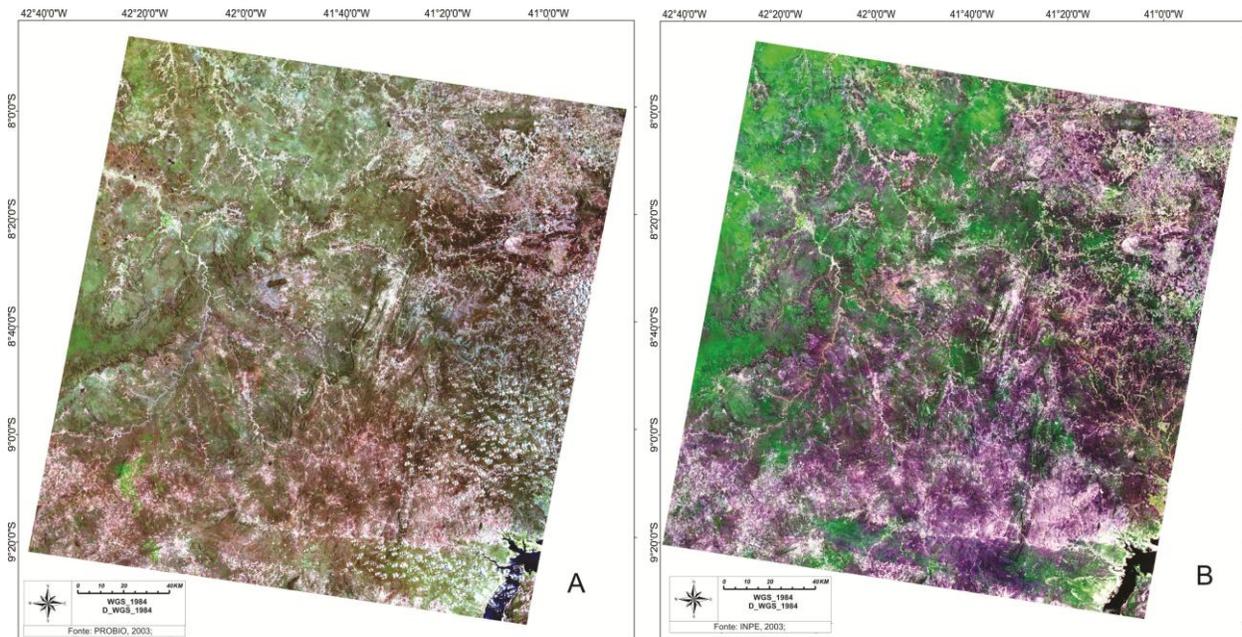
CAPITULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, serão apresentados os resultados e discussões das informações geradas durante a pesquisa, a partir dos métodos utilizados em cada etapa.

5.1 Georreferenciamento da Imagem

Foi georreferenciado, em separado, as quatro cenas da área dos anos em estudo. Como por exemplo, foi obtido um erro calculado de 0,251 de *Root Mean Square* (RMS) para a imagem de 2003, menor que 1 *pixel* que corresponde a menos de 30 m, sendo considerado satisfatória para a correção e escala de análise. (Figura 22)

Figura 22: A) Imagem de satélite do Landsat 5 TM da cena 218-66 do ano de 2003 registrada do projeto do PROBIO; B) Imagem de satélite do Landsat 5 da cena 218-66 do ano de 2003 georreferenciada;

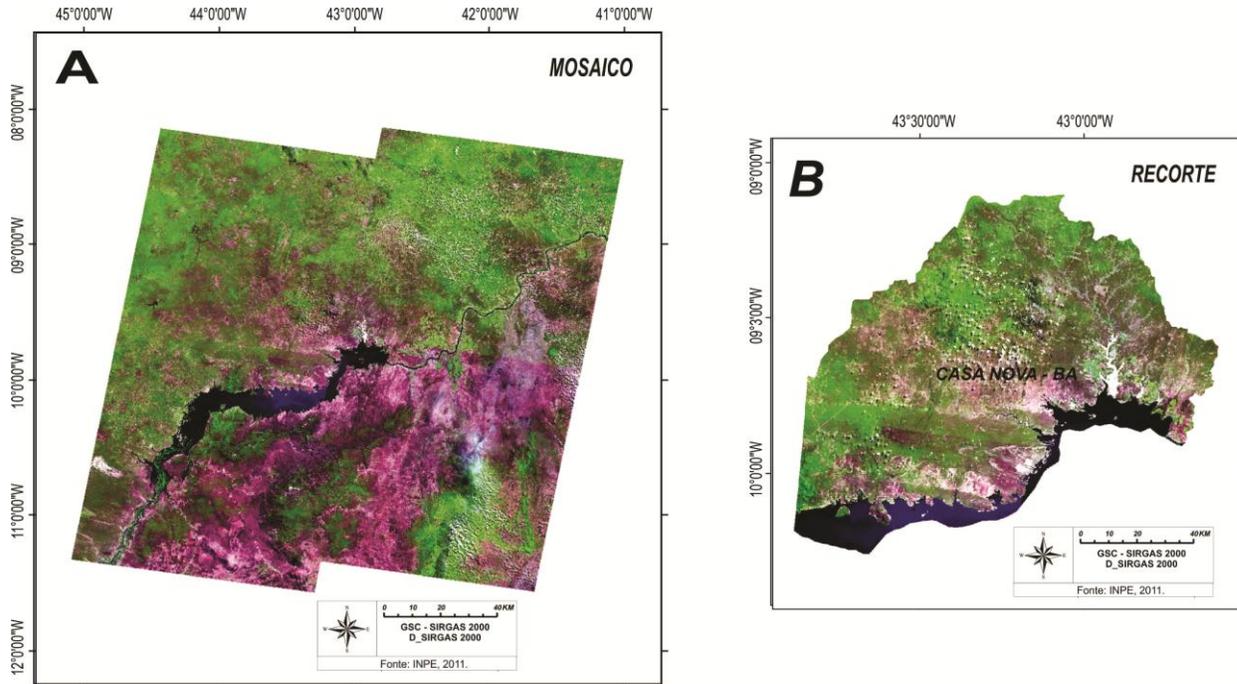


5.2 Mosaicagem e Recorte

Foi realizado o mosaico das quatro cenas da área de estudo de todos os anos em estudo e, feito o recorte a partir do limite do município de Casa Nova - BA. Como por exemplo, a figura 23 mostra em A, o mosaico e em B, o recorte para o ano de 2011, esse

procedimentos só foram realizados após todos os pré-processamentos, ou seja, depois das correções: atmosférica, elevação solar e geométrica.

Figura 23: A) Imagem mosaicada do satélite do Landsat 5 TM da cena 218-66, 218-67, 217-66 e 217-67 do ano de 2011; B) Imagem recortada do município de Casa Nova – BA, do satélite do Landsat 5 TM da cena 218-66, 218-67, 217-66 e 217-67 do ano de 2011;



5.3 Análise Estatística e Composição Colorida (OIF)

A análise estatística consta da verificação dos seguintes parâmetros: valores mínimos e máximos, média, desvio padrão, variância, co-variância, coeficiente de variação (Quadros 6 a 8). Após o cálculo desses dados foram calculados a variância e a covariância entre as bandas, quadro 07. Em seguida, foi calculado o coeficiente de correlação (Quadro 08) entre as bandas, para se calcular o OIF o qual apresentou o ranking com as possíveis combinações de bandas (Quadro 09), para posterior escolha da melhor e adequada composição colorida da imagem.

Quadro 06: Parâmetros estatísticos para as bandas 1, 2, 3, 4, 5,7 no ano de 2011.

Bandas	DN min	DN max	Média	Desvio Padrão
1	0	237	10,25	12,60
2	0	254	8,38	9,55
3	0	230	10,68	12,60
4	0	255	26,27	26,13
5	0	255	42,62	42,97
7	0	247	18,23	19,67

A seguir o (Quadro 07), é apresentada a variância e diagonal da matriz, a covariância. O maior valor de variância está na banda 5, seguido pela banda 4 e banda 7. Neste caso a banda 5 apresenta maior variação de níveis de cinza, portanto a banda com melhor competência de discernimento entre os diferentes alvos presentes na cena.

Quadro 07: Matriz da variância e co-variância para as bandas 1, 2, 3, 4, 5,7 no ano de 2011. A diagonal principal representa a variância.

Bandas	1	2	3	4	5	7
1	158,79	--	--	--	--	--
2	116,71	91,24	--	--	--	--
3	147,64	113,45	158,81	--	--	--
4	193,72	150,51	234,78	683,02	--	--
5	349,92	266,30	429,03	1.064,70	1.846,75	--
7	174,86	131,63	211,36	464,78	318,14	387,07

Já a coeficiente de correlação, mostra as bandas que tem a melhor correlação entre elas, onde a banda que apresentar o menor valor de correlação será a mais recomendada para a composição colorida. De acordo com o quadro 08, as bandas 4 e 1 apresenta um valor de correlação de 0,58, logo boas para a combinação de bandas.

Quadro 08: Matriz de coeficiente de correlação para as bandas 1, 2, 3, 4, 5,7 no ano de 2011.

Bandas	1	2	3	4	5	7
1	1	0,96	0,92	0,58	0,64	0,70
2	0,96	1	0,94	0,60	0,64	0,70
3	0,92	0,94	1	0,71	0,79	0,85
4	0,58	0,60	0,71	1	0,94	0,90
5	0,64	0,64	0,79	0,94	1	0,98
7	0,70	0,70	0,85	0,90	0,98	1

O quadro 09 apresenta o ranking referente à combinação do triplete das bandas através dos cálculos do OIF.

Quadro 09: Ranking da combinação das bandas para o ano de 2011.

Ranking	OIF	TRIPLETO	VISUAL
1°	37,92	1 4 5	543
2°	34,57	1 5 7	145
3°	33,88	1 3 5	135
4°	33,31	3 4 5	157
5°	33,05	1 2 5	125

De acordo com o quadro 09, nota-se que entre as cinco melhores combinações apresentadas no ranking, a banda 5 está presente em todos. Logo, esta banda terá que ser testada e utilizada em todas as combinações. Optou-se pela utilização da a melhor combinação na análise visual, isto é, a R5G4B3, que se apresentou com melhor resultado, com melhor diferenciação dos alvos. Após as análises este triplete R5G4B3 será utilizado em todas as imagens do trabalho.

5.4 Classificação MaxVer e o Uso e Cobertura das Terras dos anos de 1996, 2003 e 2011

A classificação supervisionada foi utilizada nas três imagens selecionadas para o trabalho, isto porque já se tinha um conhecimento prévio da área de estudo. Para gerar a classificação supervisionada alguns algoritmos foram testados como: Paralelepípedo, Mínima Distância, Mahalanobis e a Máxima Verossimilhança (MaxVer).

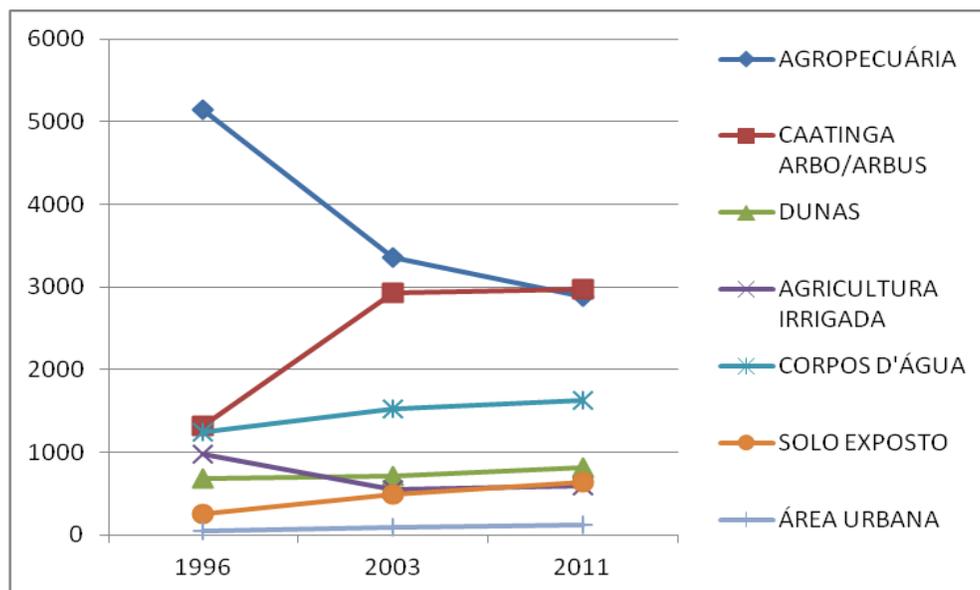
Optou-se pela utilização do MaxVer. A escolha desse interpolador se deu por apresentar um melhor resultado e precisão na classificação das imagens, e por apresentar a melhor classificação com sua robustez dentre os outros algoritmos, melhor identificação do alvos/objetos de estudo, além de ser um dos mais utilizados. Onde se definiu as áreas/regiões de interesse de acordo com a realidade no campo, definindo-se sete classes, chegando a uma classificação satisfatória para o objetivo que se destina o trabalho.

Foram identificadas e selecionadas, para a área de estudo, sete tipos de uso e cobertura das terras: agropecuária, caatinga arbórea/Arbustiva, dunas, agricultura irrigada, solo exposto, corpos d'água e área urbana. O quadro 12 mostra as áreas das classes de uso e cobertura da terra em quilômetros quadrados (Km²) e sua porcentagem (%). A figura 30 mostra o gráfico da mudança ocorrida das classes de uso e cobertura da terra durante o período de estudo (1996, 2003 e 2011).

Quadro 10: Área das classes nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 Km ²	1996 %	2003 Km ²	2003 %	2011 Km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	5.145,95	53,34	3.356,88	34,80	2.878,67	29,84
CAATINGA ARBO/ARBUS	1.315,13	13,63	2.929,51	30,37	2.967,28	30,76
DUNAS	675,53	7,00	717,2	7,43	820,43	8,50
AGRICULTURA IRRIGADA	982,4	10,18	547,45	5,67	585,76	6,07
CORPOS D'ÁGUA	1.240,19	12,86	1.527,50	15,83	1.629,16	16,89
SOLO EXPOSTO	247,9	2,57	483,05	5,01	640,64	6,64
ÁREA URBANA	39,9	0,41	85,41	0,89	125,06	1,30
TOTAL	9.647,00	100	9.647,00	100	9.647,00	100

Figura 24: Gráfico da mudança entre as classes de uso e cobertura da terra nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



A classificação da imagem do ano de 1996 (Figura 31) se destaca em termos de área a classe da agropecuária com 5.145,95 Km² (Quadro 12). Outra classe que se destaca é a caatinga arbórea-arbustiva com 1.315,13 Km², os corpos d'água com 1.240,19 km², seguido da Agricultura irrigada com 982,4 Km². Em último lugar, encontra-se a área urbana com 39,9 Km². O índice pluviométrico no ano de 1996 foi de 242 mm, ocorrendo maior concentração de chuvas de Março a Maio, com a imagem datada do mês de Junho a classificação se apresentou com área verde significativa, devido, ainda, ao fim do período de chuvas.

No ano de 2003 (Figura 32), não houve grandes mudanças em relação ao ano anterior. A classe da agropecuária diminuiu para 3.356,88 Km² e a classe da caatinga arbórea-arbustiva aumentou para 2.929,51 Km², quadro 12. Os corpos d'água com 1.527,50 km² e em seguida, as dunas com 717,2 Km². Em último lugar, encontra-se a área urbana com 85,41 Km². O índice pluviométrico no ano de 2003 foi de 161 mm, com concentrações de chuvas nos meses de Novembro, Janeiro e Março, com a imagem datada do mês de Junho a classificação se apresentou com redução da agropecuária em relação ao ano de 1996, contudo ocorreu um aumento significativo do solo exposto na região, devido à ausência de chuvas.

No ano de 2011 (Figura 33), as classes da agropecuária, agricultura irrigada, corpos d'água e solo exposto sofreram mudanças relevantes, com 2.878,67 Km², 485,76 Km², 1.629,16 km² e 640,64 Km², (Quadro 12), respectivamente, em relação aos anos anteriores. A classe das Dunas permaneceu constante em relação aos outros anos com uma área de 820,43 Km². A caatinga arbórea/arbustiva se manteve praticamente constante com 2.967,28 Km². O índice pluviométrico no ano de 2011 foi de 68 mm, com concentrações de chuvas nos meses de Fevereiro e Março, com a imagem datada do mês de Maio, a classificação se apresentou com aumento da área de solo exposto. É possível que, as áreas que, anteriormente, eram agropecuárias, por conta da escassez de chuvas, passaram a ser utilizados como solo exposto.

Figura 25: Mapa da classificação supervisionada MaxVer de 1996

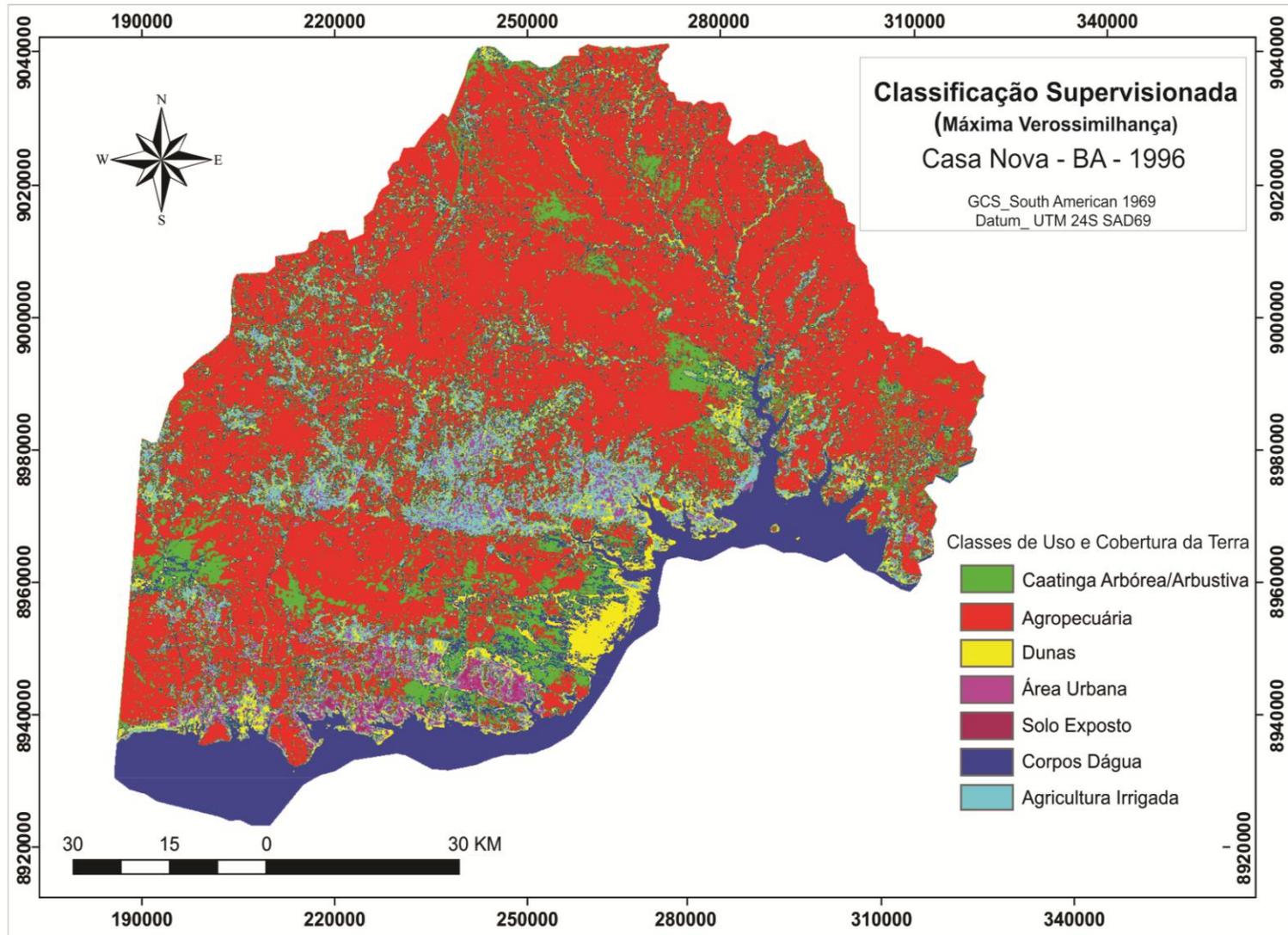


Figura 26: Mapa da classificação supervisionada MaxVer de 2003

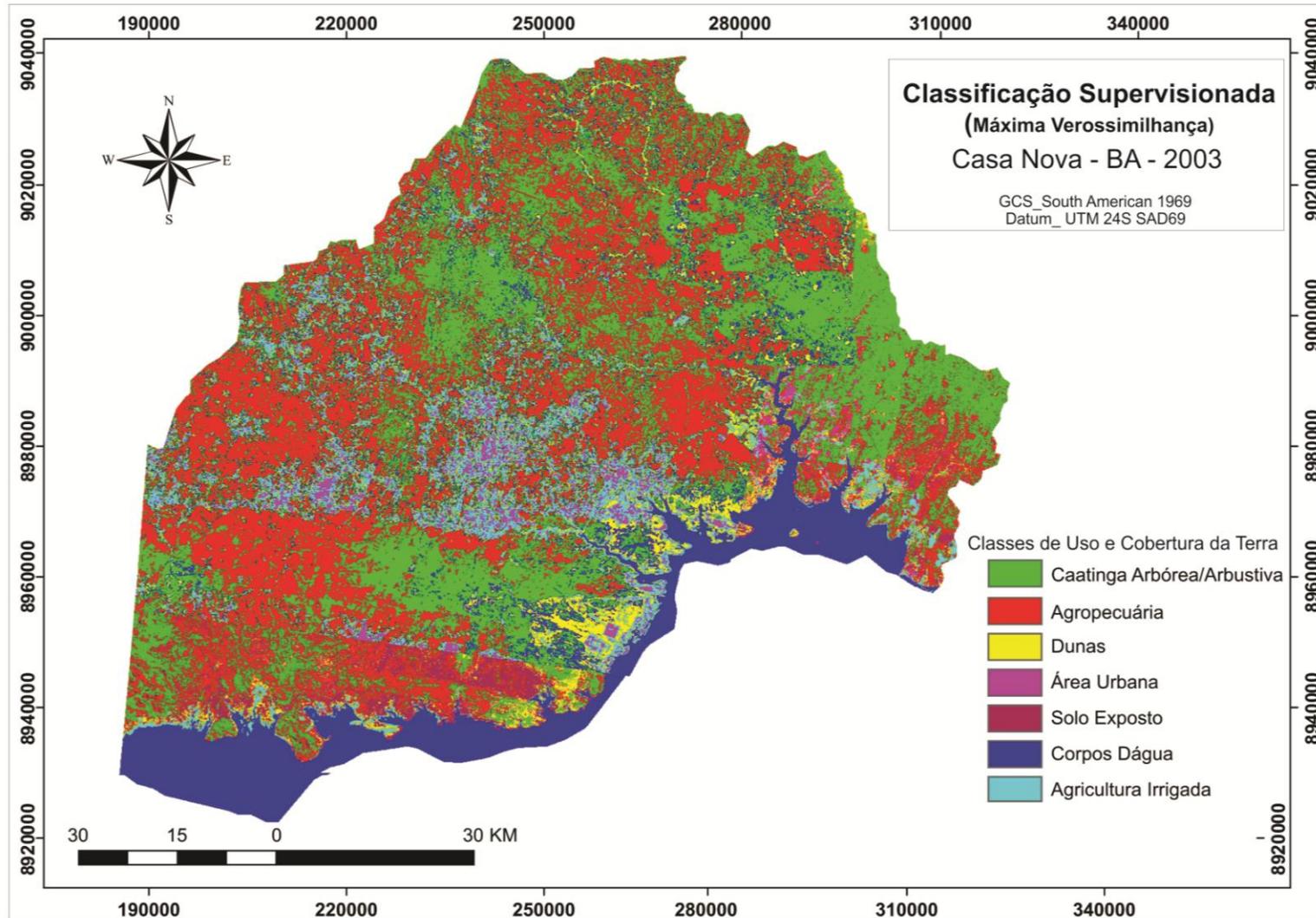
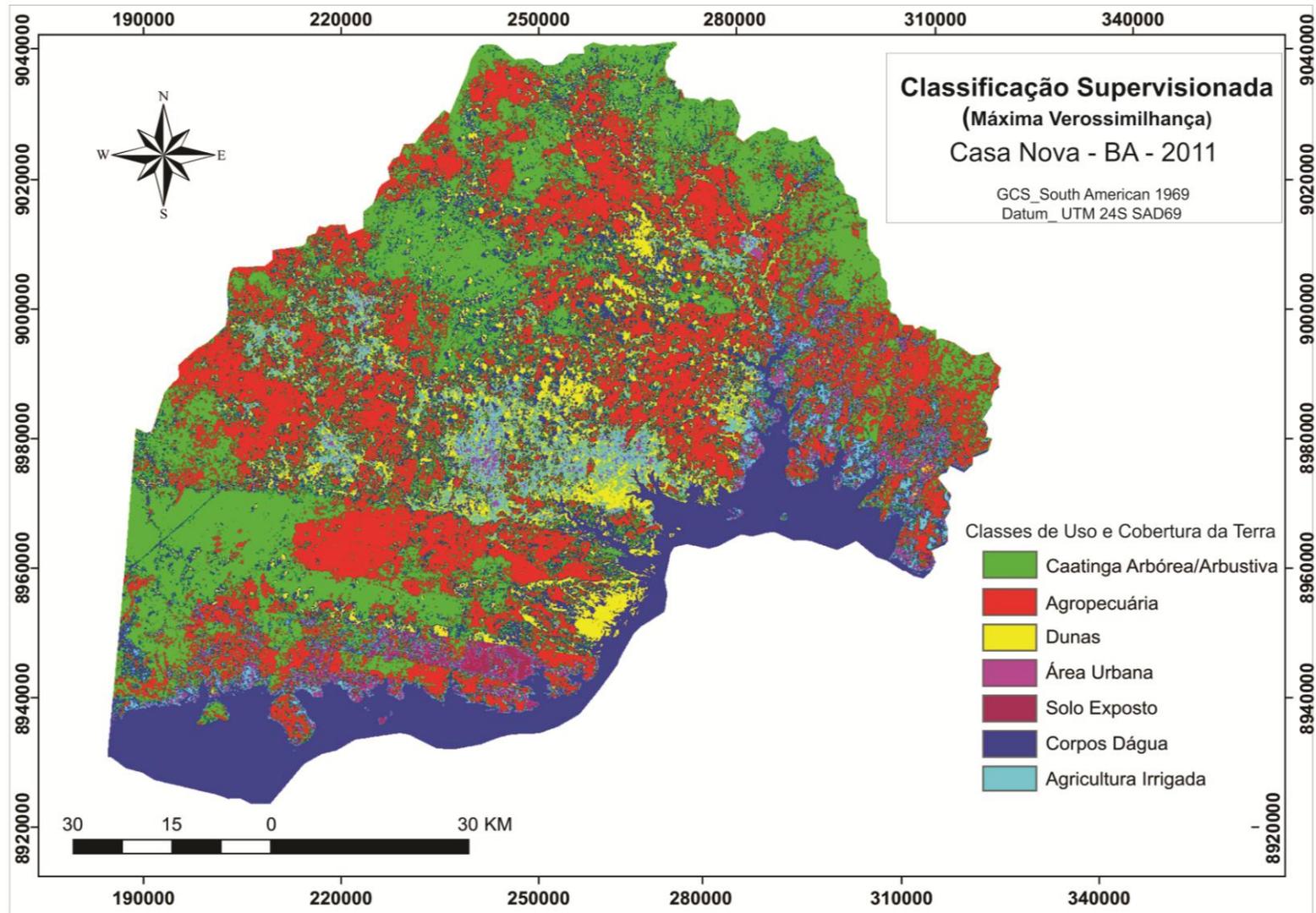


Figura 27: Mapa da classificação supervisionada MaxVer de 2011

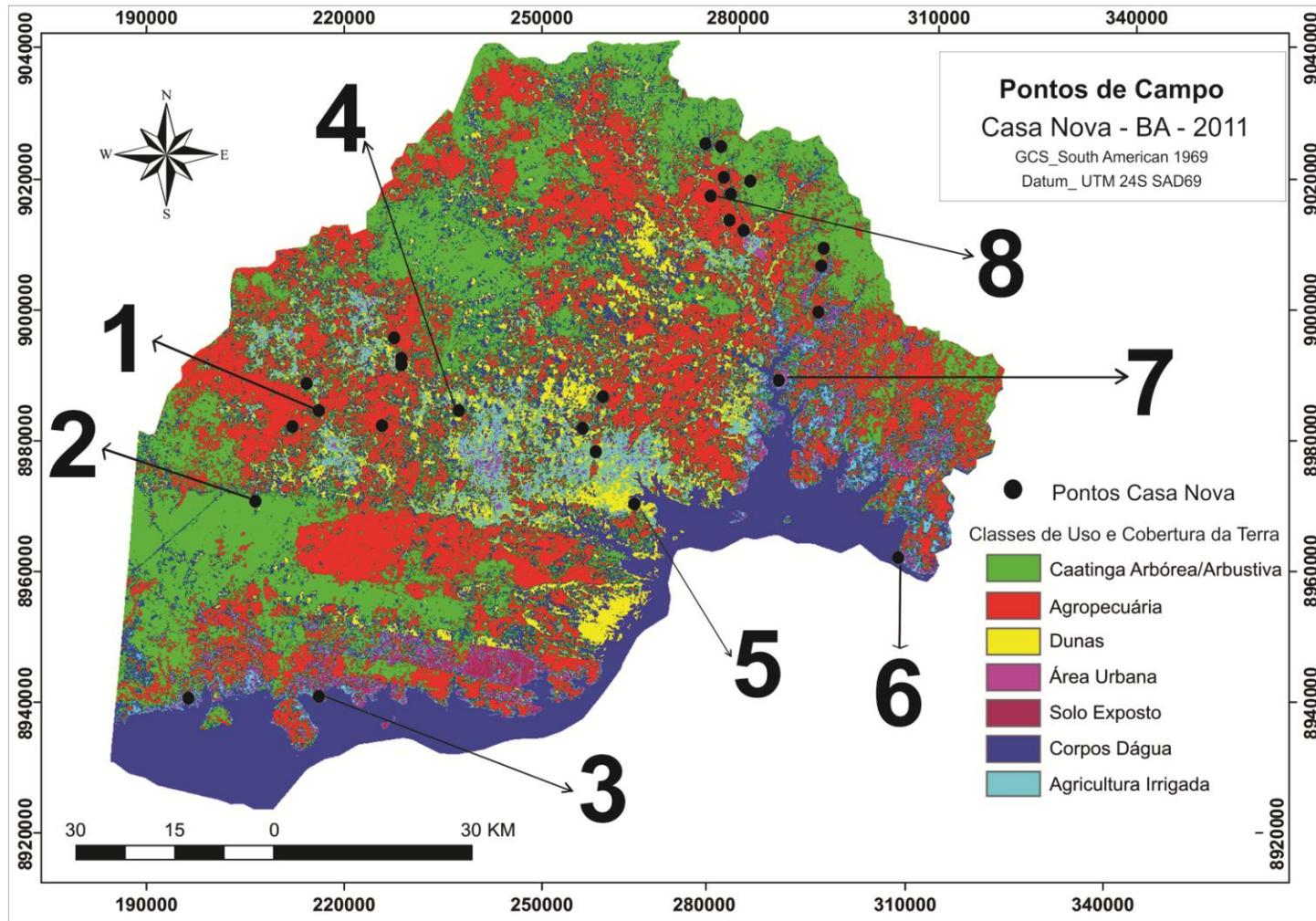


5.5 Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado para posterior classificação e validação dos dados, uma vez que, através do campo pode-se ou não comprovar os resultados obtidos em laboratório. Utilizou-se a imagem mais recente (imagem de 2011), em relação ao recorte temporal do estudo, para o reconhecimento das classes identificadas na classificação da imagem realizada.

Na atividade de campo realizada no mês de junho/julho de 2012, foi percorrida a área de estudo para identificação das classes e demarcação de pontos de amostragem com GPS e realizada a descrição paisagística dos mesmos, em um total de 28 pontos para o município de Casa Nova. Obtida a classificação da imagem com as respectivas classes de uso e cobertura das terras e após ter realizado o trabalho de campo para o registro de pontos e imagens fotográficas, foi necessário constatar a veracidade dos mapas, Figura 29.

Figura 28: Mapa da classificação supervisionada MAXVer do ano de 2011 com os pontos de trabalho e a representação numérica de cada foto.



* Legenda = 1 = Agropecuária; 2 = Caatinga Arborea/Arbustiva; 3 = Agricultura Irrigada; 4 = Solo Exposto; 5 = Dunas; 6 = Rio São Francisco; 7 = Área urbana; 8 = Solo Exposto (Erosão).



Legenda: Agropecuária; Fonte: Pesquisa de campo.



Legenda: Caatinga Arb./Arbus.; Fonte: Pesquisa de campo



Legenda: Agricultura Irrig.; Fonte: Pesquisa de campo



Legenda: Solo exposto; Fonte: Pesquisa de campo



Legenda: Dunas; Fonte: Pesquisa de campo



Legenda: Rio São Francisco; Fonte: Pesquisa de campo



Legenda: Área Urbana; Fonte: zecarlosborges.blogspot.com.br/ Legenda: Solo Erodido; Fonte: Pesquisa de campo

Na foto 1, localizada na parte Noroeste da área de estudo, encontra-se um tipo de agropecuária, caprinocultura, onde os criadores pastoreiam os seus animais em busca de alimentação e água. Na foto 2, localizada a Oeste da área de estudo, encontra-se a vegetação caatinga arbórea/arbustiva muito densa com presença de árvores de porte médio a alto, observando uma faixa grande desse tipo de vegetação. Na foto 3, localizada na parte Norte da área de estudo, encontra-se uma área de agricultura irrigada com plantações de tomate e feijão. Na foto 4, localizada no Centro da área de estudo, encontra-se um solo exposto, com solos bem rachados e indícios de erosão do solo devido a seca que ocorre na região. Na foto 5, localizada a Centro-Norte da área de estudo, e a beira do lago de Sobradinho, encontra-se o campo de dunas que são grandes depósitos eólicos de areia. Na foto 6, localizada na parte Sudeste da área de estudo, na represa de Sobradinho, encontra-se um corpo d'água, o Rio São Francisco, que banha toda a região do município e assim sendo um grande recurso hídrico para a região. Na foto 7, localizada na parte Leste da área de estudo, representada pela área urbana e se encontra a beira do rio São Francisco. Na foto 8, localizada na parte Nordeste da área de estudo, encontra-se uma grande área de solo exposto com presença de erosão e em algumas áreas já com a presença de voçorocas. Localização das fotos com seus respectivos números se encontram no mapa da figura 26.

O mapa resultante da classificação deverá ser comprovado com a verdade de campo através dos índices de Kappa e Pabak e, também, pelos erros de Comissão e Omissão, de acordo com Silva (2003), para se garantir a qualidade dos dados de um SIG, é indispensável que sejam realizados testes para garantir a acurácia dos dados.

5.6 Validação do Mapa

Conforme já dito anteriormente, foram coletados 28 pontos na área total do município de Casa Nova, que serviram para a validação do mapa, Figura 30. Criaram-se duas matrizes, com as denominações de mapa interpretado ou mapa da classificação (figura 27) e mapa de campo (figura 28), contendo 28 pontos em cada uma delas. Os números representados em cada uma das matrizes correspondem às sete classes identificadas e classificadas na área de estudo, sendo 1 = Agropecuária, 2 = Caatinga arbórea/arbustiva, 3 = Corpos d'água, 4 = Dunas, 5 = Agricultura Irrigada, 6 = Solo Exposto, 7 = Área Urbana.

Figura 29: Mapa interpretado.

2	4	6	6	1	6	1	6	7	3
1	4	4	5	4	6	3	6	3	
6	6	6	6	2	2	1	6	7	

Figura 30: Mapa campo.

2	6	6	6	6	6	1	6	7	3
1	6	4	5	4	4	3	6	3	
6	6	6	6	2	2	1	1	7	

Em seguida, criou-se uma tabela da validação cruzada (Quadro 11) que serviu para calcular tanto os erros de comissão e omissão, e os índices de Kappa e Pabak.

Sendo um erro expressivo correspondente a um valor próximo ou igual a 1, obteve-se um valor total igual a 0,18 para os dois erros, considerado muito bom, uma vez que não se aproxima de 1.

Quadro 11: Matriz da tabulação cruzada representando as coincidências entre os mapas interpretado e campo, e os resultados dos erros de comissão e omissão.

Classes	1	2	3	4	5	6	7		TOTAL	Erro de Comissão
1	3	0	0	0	0	1	0		4	$(1-3/4)=$ 0,25
2	0	3	0	0	0	0	0		3	$(1-3/3)=$ 0
3	0	0	3	0	0	0	0		3	$(1-3/3)=$ 0
4	0	0	0	2	0	2	0		4	$(1-2/4)=$ 0,5
5	0	0	0	0	1	0	0		1	$(1-1/1)=$ 0
6	1	0	0	1	0	9	0		11	$(1-9/11)=$ 0,18
7	0	0	0	0	0	0	2		2	$(1-2/2)=$ 0
								23		
TOTAL	4	3	3	3	1	12	2		28	
Erro de Omissão	$(1-3/4)=$ 0,25	$(1-3/3)=$ 0	$(1-3/3)=$ 0	$(1-2/3)=$ 0,33	$(1-1/1)=$ 0	$(1-9/12)=$ 0,25	$(1-2/2)=$ 0			$(1-23/28)=$ 0,18

Foi calculado o índice de Kappa e Pabak, diferente dos erros de Comissão e Omissão, quando tiverem seus valores mais próximos ou iguais a 1 terão seus dados mais acurados. Com os valores obtidos de acordo com o quadro 10, aplicou-se a fórmula para encontrar o valor do índice de Kappa.

$$Q = 4*4/28 + 3*3/28 + 3*3/28 + 3*4/28 + 1*1/28 + 12*11/28 + 2*2/28 = 6,52$$

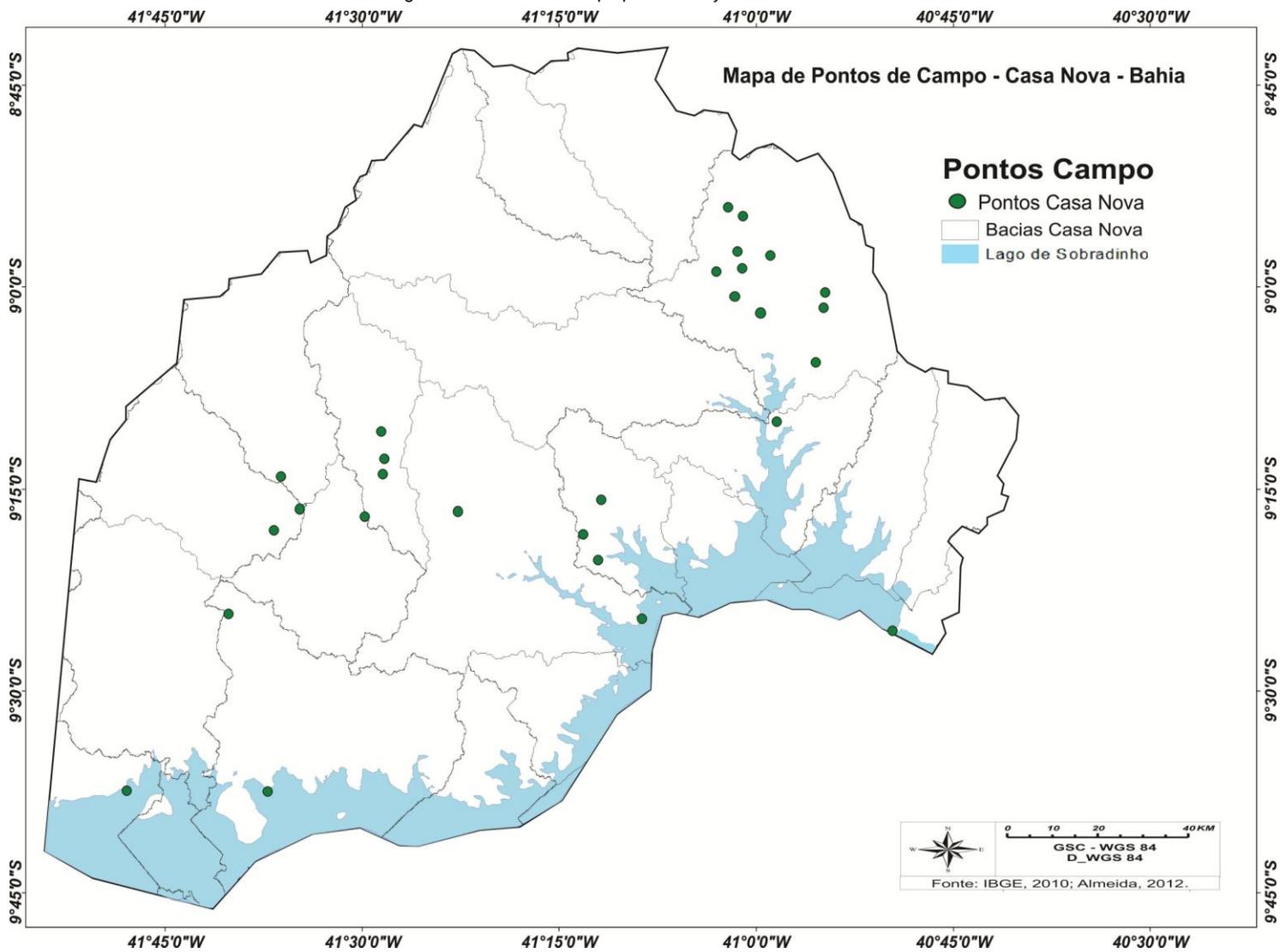
$$IK = (23 - 6,52) / (28 - 6,52) = 16,48 / 21,48 = 0,77$$

O resultado do IK mostrou-se satisfatório com o resultado final de 0,77, de acordo com os valores de referência recomendado pela “escala de importância” tabela 03, proposto por Landis e Koch *apud* Silva (2003) para avaliar índice de Kappa, valores entre 0,61 – 0,80 são considerados substancial correspondência. Em seguida, foi calculado o Pabak:

$$\text{Onde, Pabak} = 2 * P_o - 1 \Leftrightarrow P_o = 23 / 28 = 0,82 \Leftrightarrow \text{Pabak} = (2 * 0,82 - 1) = 0,64$$

Todos os resultados se mostraram satisfatório, tanto os erros de comissão e omissão, quanto os índices de Kappa e Pabak, comprovando e validando a sua acurácia para o trabalho.

Figura 31: Pontos de campo para validação da área de estudo.



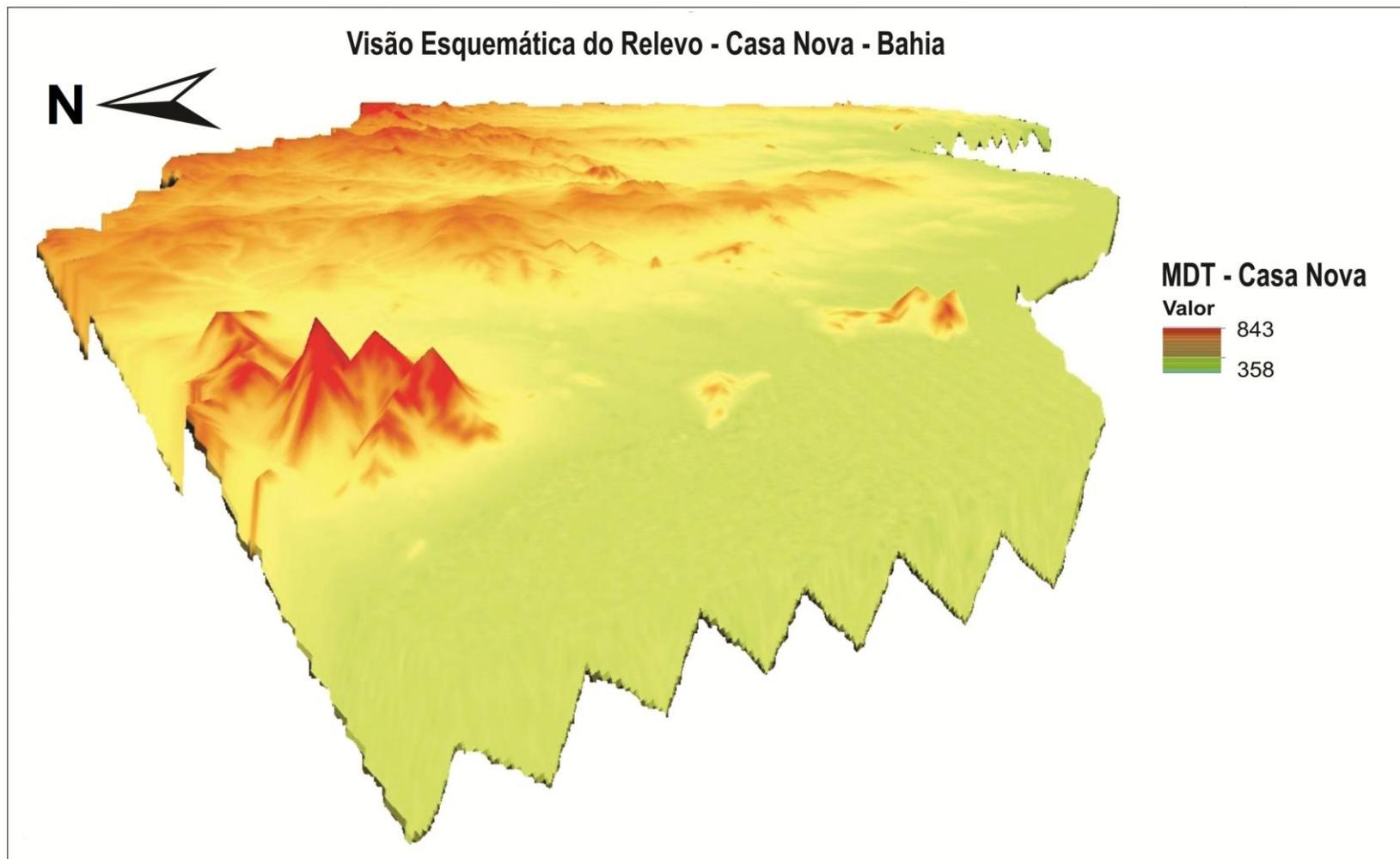
5.7 Modelo Digital do Terreno

A seguir, figura 24, é mostrada uma visão esquemática do relevo do município de Casa Nova, Bahia, resolução de 30 metros. Mostrando a área na sua maioria plana, aproximadamente 90%, com picos de altitude nos Inselbergs.

5.8 Delimitação das Sub-Bacias

No quadro 10, constam em Km² e em porcentagem (%) os valores das áreas das sub-bacias que pertencem totalmente inseridas na área de estudo, totalizando em 9.453,04 Km². (Figura 25)

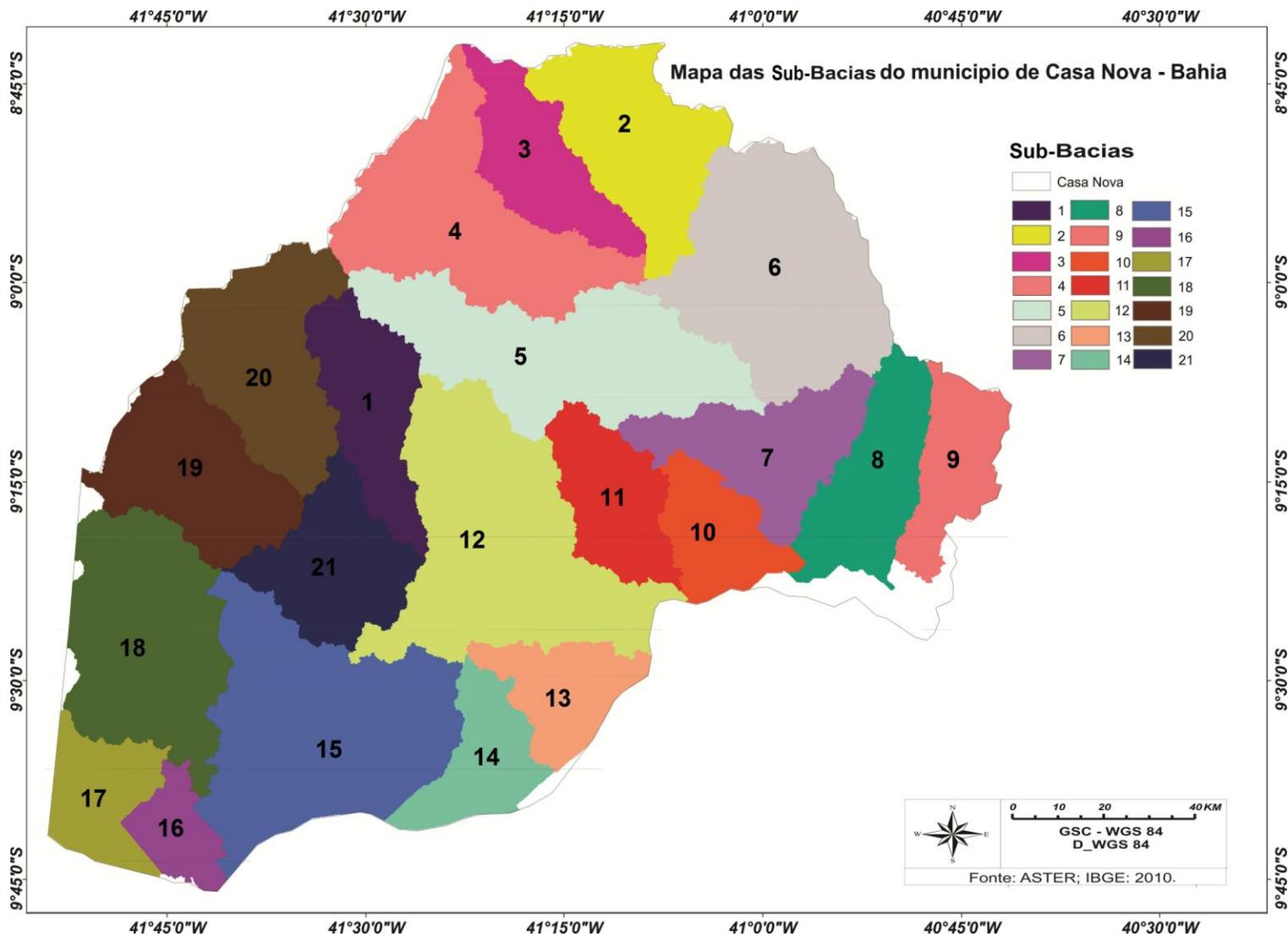
Figura 32: Visão esquemática do relevo de Casa Nova – Bahia



Quadro 12: Valores das áreas das bacias

SUB-BACIAS	KM²	PORCENTAGEM (%)
1	336,33	3,56
2	467,45	4,94
3	313,22	3,31
4	662,65	7,01
5	724,38	7,66
6	793,76	8,40
7	378,11	4,00
8	352,23	3,73
9	252,43	2,67
10	236,55	2,50
11	291,41	3,08
12	902,13	9,54
13	244,47	2,59
14	247,83	2,62
15	885,85	9,37
16	142,78	1,51
17	232,41	2,46
18	655,13	6,93
19	461,52	4,88
20	504,02	5,33
21	368,38	3,90
TOTAL	9.453,04	100

Figura 33: Mapa das Sub-Bacias do município de Casa Nova- Bahia



5.9 Tabulação Cruzada entre as Classificações de Uso e Cobertura das Terras e as Sub-Bacias

Após a classificação supervisionada das imagens e a extração das sub-bacias do modelo digital do terreno, foram executadas as tabulações cruzadas entre as classificações dos anos de 1996, 2003 e 2011 e as 21 sub-bacias pertencentes à área de estudo, município de Casa Nova - BA. As sub-bacias 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 foram classificadas com apenas 5 classes (Agropecuária, Caatinga Arbórea/Arbustiva, Agricultura Irrigada, Corpos D'água e Solo Exposto), visto que as dunas só estão presentes as margens do Rio São Francisco, nas sub-bacias 10, 11, 12, 13 e 14 que foram classificadas em 6 classes (Agropecuária, Caatinga Arbórea/Arbustiva, Dunas, Agricultura Irrigada, Corpos D'água e Solo Exposto); e as sub-bacias 6 e 7 foram classificadas com apenas 6 classes (Agropecuária, Caatinga Arbórea/Arbustiva, Agricultura Irrigada, Corpos D'água, Solo Exposto e Área Urbana), devido a presença da área urbana e ausência das dunas.

De acordo com o quadro 13 e figura 34, a sub-bacia 1 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu expressivamente ultrapassando 18%. Em 1996, a área correspondia a 198,5 km² e em 2003 apresentou 134,97 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, agricultura irrigada, corpos d'água, e solo exposto se expandiram 17,7%, 0,0%, 1.1% e 0,1%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 40,5 km² e em 2003 a 99,97 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a área correspondia a 30,7 km² e em 2003 a 30,59 km² de agricultura irrigada, em 1996 a 30,13 km² e em 2003 a 33,82 km² de corpos d'água e em 1996 a 36,5 km² e em 2003 a 36,99 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 14. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido, em 2003, para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 71,53 km² e para demonstrar esta variação, dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 198,5 km². Constatamos que 36,04% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

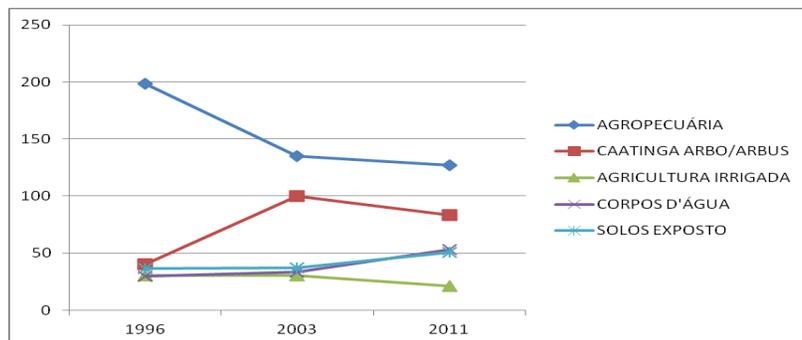
O quadro 13 e a figura 34 corresponde a sub-bacia 1. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária e agricultura irrigada decresceram 21,2% e 2,8%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 198,5 km² e em 2011 a 127,23 km² de agropecuária e 30,7 km² em 1996 e 21,27 km² em 2011 de agricultura irrigada. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 12,8%. Em 1996, a área correspondia a 40,5 km² e em 2011 a 83,68 km². A área dos corpos d'água e solo exposto se expandiram 7,0% e 6,0%, respectivamente. Onde em 1996 a área correspondia a 30,13 km² e em 2011 a 53,53 km² de corpos d'água e em 1996 a 36,5 km² e em 2011 a 50,62 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 14. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido, em 2011, para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 51,73 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 198,5 km². Constatamos que 26,06% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 13: Área da sub-bacia número 1 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	198,5	59,0	134,97	40,1	127,23	37,8
CAATINGA ARBO/ARBUS	40,5	12,0	99,97	29,7	83,68	24,9
AGRICULTURA IRRIGADA	30,7	9,1	30,59	9,1	21,27	6,3
CORPOS D'ÁGUA	30,13	9,0	33,82	10,1	53,53	15,9
SOLOS EXPOSTO	36,5	10,9	36,99	11,0	50,62	15,1
TOTAL	336,33	100	336,33	100	336,33	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-21,2	-2,3	-18,9			
CAATINGA ARBO/ARBUS	12,8	-4,8	17,7			
AGRICULTURA IRRIGADA	-2,8	-2,8	0,0			
CORPOS D'ÁGUA	7,0	5,9	1,1			
SOLOS EXPOSTO	4,2	4,1	0,1			

Figura 34: Área da sub-bacia número 1 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 14: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 1.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	109,70	55,26	110,13	55,48
CAAT	AGRO	13,72	33,88	10,35	25,56
AGRI	AGRO	1,29	4,20	0,77	2,50
CORPAG	AGRO	2,32	7,70	0,98	3,25
SOLO	AGRO	3,47	9,51	1,95	5,33
AGRO	CAAT	71,53	36,04	51,73	26,06
CAAT	CAAT	12,63	31,19	13,42	33,13
AGRI	CAAT	2,62	8,53	3,35	10,92
CORPAG	CAAT	1,43	4,75	3,47	11,52
SOLO	CAAT	5,34	14,63	6,30	17,25
AGRO	AGRI	1,98	1,00	4,82	2,43
CAAT	AGRI	2,61	6,44	2,83	7,00
AGRI	AGRI	11,75	38,27	5,88	19,16
CORPAG	AGRI	9,76	32,39	4,56	15,13
SOLO	AGRI	10,21	27,97	5,12	14,02
AGRO	CORPAG	8,75	4,41	3,43	1,73
CAAT	CORPAG	7,88	19,46	8,78	21,68
AGRI	CORPAG	4,33	14,10	9,98	32,51
CORPAG	CORPAG	10,43	34,62	2,34	7,77
SOLO	CORPAG	5,90	16,16	6,56	17,97
AGRO	SOLO	4,80	2,42	11,84	5,96
CAAT	SOLO	4,72	11,65	5,36	13,24
AGRI	SOLO	10,71	34,89	13,76	44,81
CORPAG	SOLO	10,64	35,31	11,24	37,31
SOLO	SOLO	11,12	30,47	13,48	36,94

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 15 e figura 35, a sub-bacia 2 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu 22,6%. Em 1996, a área correspondia a 326,24 km² e, em 2003, apresentou 220,42 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 20,1%. Em 1996, a área correspondia a 76,13 km² e em 2003 a 170,26 km². A agricultura irrigada decresceu 0,3%. Em 1996, a área correspondia a 5,27 km² e em 2003 a 3,93 km² e os corpos d'água e solo exposto se expandiram 1,8% e 1,0%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 36,48 km² e em 2003 a 44,77 km² de corpos d'água e em 1996, a área correspondia a 23,33 km² e em 2003 a 28,07 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 16. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 121 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 326,24 km². Constatamos que 38,45% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

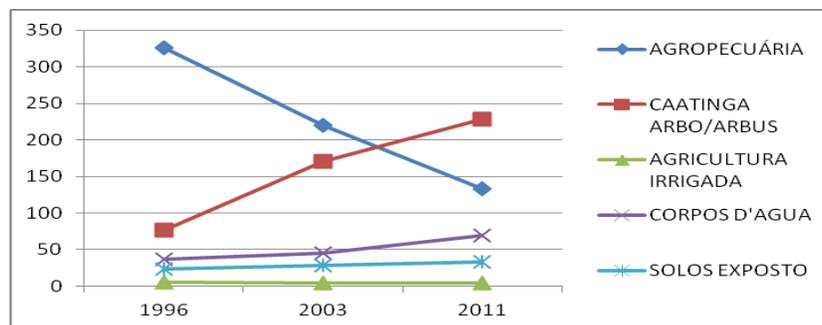
O quadro 15 e a figura 35 corresponde a sub-bacia 2. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária e agricultura irrigada decresceram 41,4% e 0,3%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 326,24 km² e em 2011 a 132,98 km² de agropecuária e 5,27 km² em 1996 e 3,82 km² em 2011 de agricultura irrigada. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 39,7%. Em 1996, a área correspondia a 326,24 km² e, em 2011, a 228,83 km². Os corpos d'água e solo exposto se expandiram 7,0% e 2,1%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 36,48 km² e em 2011 a 69,00 km² de corpos d'água e em 1996, a área correspondia a 23,33 km² e em 2011 a 32,99 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 16. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 19,98 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 326,24 km². Constatamos que 6,35% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 15: Área da sub-bacia número 2 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	326,24	69,8	220,42	47,2	132,98	28,4
CAATINGA ARBO/ARBUS	76,13	16,3	170,26	36,4	228,83	48,9
AGRICULTURA IRRIGADA	5,27	1,1	3,93	0,8	3,82	0,8
CORPOS D'ÁGUA	36,48	7,8	44,77	9,6	69,00	14,8
SOLOS EXPOSTO	23,33	5,0	28,07	6,0	32,99	7,1
TOTAL	467,45	100	467,45	100	467,45	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-41,4	-18,7	-22,6			
CAATINGA ARBO/ARBUS	32,6	12,5	20,1			
AGRICULTURA IRRIGADA	-0,3	0,0	-0,3			
CORPOS D'ÁGUA	7,0	5,2	1,8			
SOLOS EXPOSTO	2,1	1,0	1,0			

Figura 35: Área da sub-bacia número 2 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 16: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 2

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	183,20	58,22	119,22	37,89
CAAT	AGRO	28,15	38,01	12,72	17,18
AGRI	AGRO	0,52	10,74	0,09	1,86
CORPAG	AGRO	1,23	12,34	0,67	0,67
SOLO	AGRO	2,14	10,12	0,20	0,96
AGRO	CAAT	121,00	38,45	19,98	6,35
CAAT	CAAT	29,75	40,17	39,33	53,11
AGRI	CAAT	0,97	20,04	1,16	23,97
CORPAG	CAAT	1,78	13,45	2,35	27,90
SOLO	CAAT	5,06	23,92	3,69	17,45
AGRO	AGRI	18,26	5,80	0,97	0,31
CAAT	AGRI	0,53	0,72	0,55	0,74
AGRI	AGRI	0,39	8,06	0,14	2,89
CORPAG	AGRI	4,56	5,68	0,86	3,49
SOLO	AGRI	0,89	4,21	0,63	2,98
AGRO	CORPAG	25,76	34,67	21,21	32,98
CAAT	CORPAG	16,88	6,57	12,99	7,81
AGRI	CORPAG	4,32	4,78	9,09	5,44
CORPAG	CORPAG	5,09	5,05	2,98	2,32
SOLO	CORPAG	8,97	6,88	7,68	4,59
AGRO	SOLO	4,43	1,41	7,45	2,37
CAAT	SOLO	5,20	7,02	5,93	8,01
AGRI	SOLO	1,56	32,23	1,81	37,40
CORPAG	SOLO	1,23	12,22	0,98	24,54
SOLO	SOLO	8,30	39,24	10,46	49,46

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 17 e figura 36, a sub-bacia 3 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu 27,1%. Em 1996, a área correspondia a 243,84 km² e, em 2003, apresentou 158,96 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 27%. Em 1996, a área correspondia a 42,99 km² e em 2003 a 122,23 km². A agricultura irrigada, corpos d'água e o solo exposto se expandiram 0,1%, 1,2% e 0,5%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 1,98 km² e, em 2003, a 2,27 km² de agricultura irrigada, em 1996 a 14,55 km², e em 2003 a 18,18 km² de corpos d'água e, em 1996, a 9,86 km² e, em 2003, 11,58 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 18. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido, em 2003, para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 95,62 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 243,84 km². Constatamos que 39,21% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

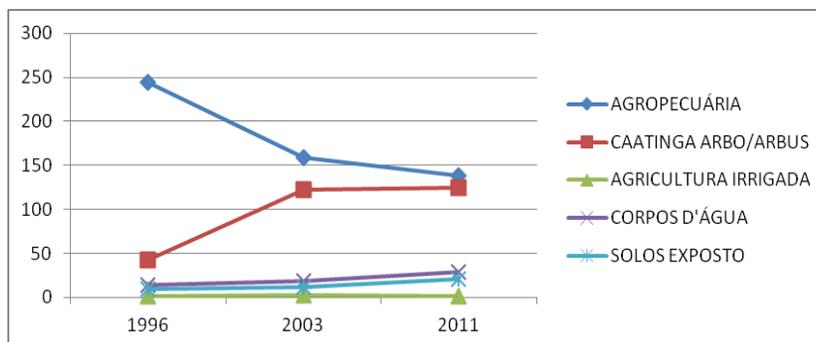
O quadro 17 e a figura 36 corresponde a sub-bacia 3. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária e agricultura irrigada decresceram 33,7% e 0,1%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 243,84 km² e, em 2011, a 138,13 km² de agropecuária e 1,98 km² em 1996 e 1,55 km² em 2011 de agricultura irrigada. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva e os corpos d'água se expandiram 25,9% e 4,6%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 42,99 km² e em 2011 a 124,22 km² de vegetação caatinga arbórea/arbustiva e, em 1996 a 14,55 km² e em 2011 a 28,96 km² de corpos d'água. A área de solo exposto se expandiu 0,5%. Em 1996 a 9,86 km² e em 2011 a 20,36 km².

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 18. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 19,43 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 243,84 km². Constatamos que 7,97% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 17: Área da sub-bacia número 3 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	243,84	77,8	158,96	50,8	138,13	44,1
CAATINGA ARBO/ARBUS	42,99	13,7	122,23	39,0	124,22	39,7
AGRICULTURA IRRIGADA	1,98	0,6	2,27	0,7	1,55	0,5
CORPOS D'ÁGUA	14,55	4,6	18,18	5,8	28,96	9,2
SOLOS EXPOSTO	9,86	3,1	11,58	3,7	20,36	6,5
TOTAL	313,22	100	313,22	100	313,22	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-33,7	-6,7	-27,1			
CAATINGA ARBO/ARBUS	25,9	0,6	25,3			
AGRICULTURA IRRIGADA	-0,1	-0,2	0,1			
CORPOS D'ÁGUA	4,6	3,4	1,2			
SOLOS EXPOSTO	3,4	2,8	0,5			

Figura 36: Área da sub-bacia número 3 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 18: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 3

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	139,91	57,38	123,19	50,52
CAAT	AGRO	15,85	36,87	14,31	33,29
AGRI	AGRO	0,13	6,57	0,01	0,30
CORPAG	AGRO	1,77	5,67	0,56	1,24
SOLO	AGRO	0,92	9,33	0,10	1,01
AGRO	CAAT	95,62	39,21	19,43	7,97
CAAT	CAAT	19,28	44,85	19,43	45,20
AGRI	CAAT	0,42	21,21	0,50	25,25
CORPAG	CAAT	2,33	18,97	1,21	20,39
SOLO	CAAT	2,26	22,92	2,96	29,97
AGRO	AGRI	0,30	0,12	0,55	0,23
CAAT	AGRI	0,68	1,58	0,17	0,40
AGRI	AGRI	0,04	2,02	0,32	16,16
CORPAG	AGRI	0,02	1,25	0,56	10,98
SOLO	AGRI	0,39	3,97	0,36	3,62
AGRO	CORPAG	3,46	0,98	5,65	5,23
CAAT	CORPAG	4,09	1,76	4,97	4,44
AGRI	CORPAG	3,21	2,99	5,32	3,67
CORPAG	CORPAG	2,34	1,57	3,05	9,08
SOLO	CORPAG	4,54	5,43	5,36	5,01
AGRO	SOLO	2,18	0,89	9,66	3,96
CAAT	SOLO	3,71	8,62	0,79	1,84
AGRI	SOLO	0,02	0,81	0,80	40,40
CORPAG	SOLO	3,09	1,08	3,45	35,67
SOLO	SOLO	1,09	11,10	4,03	40,89

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 19 e figura 37, a sub-bacia 4 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu 31,8%. Em 1996, a área correspondia a 501,53 km² e, em 2003, apresentou 290,86 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 25,1%. Em 1996, a área correspondia a 90,41 km² e em 2003 a 256,93 km². A agricultura irrigada, corpos d'água e o solo exposto se expandiram 1,4%, 3,2% e 2,1%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 10,39 km² e, em 2003, a 19,52 km² de agricultura irrigada, , em 1996, a 36,73 km² e, em 2003, 58,12 km² de corpos d'água e, em 1996, a 23,59 km² e, em 2003, 37,22 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 20. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 206,45 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 501,53 km². Constatamos que 41,16% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

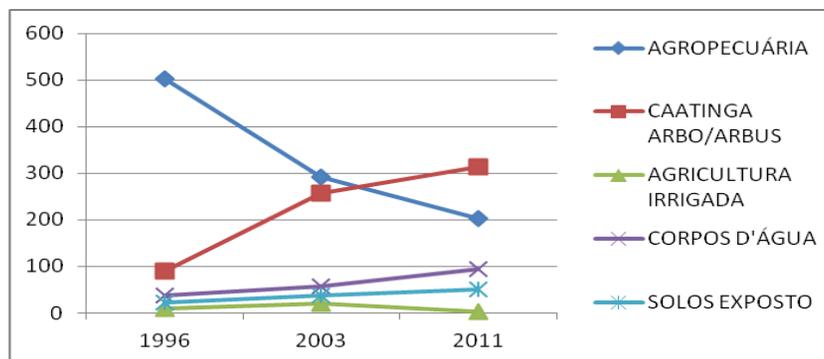
O quadro 19 e a figura 37 corresponde a sub-bacia 4. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária e agricultura irrigada decresceram 45,0% e 1,1%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 501,53 km² e, em 2011, a 203,36 km² de agropecuária e 10,39 km² em 1996 e 2,82 km² em 2011 de agricultura irrigada. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 33,56. Em 1996, a área correspondia a 90,41 km² e em 2011 a 312,75 km². Os corpos d'água e solo exposto se expandiram 8,5% e 4,1%, respectivamente. Em 1996 a 36,73 km² e em 2011 a 93,24 km² de corpos d'água. Em 1996 a 23,59 km² e em 2011 a 50,48 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 20. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 24,39 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 501,53 km². Constatamos que 4,86% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 19: Área da sub-bacia número 4 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	501,53	75,7	290,86	43,9	203,36	30,7
CAATINGA ARBO/ARBUS	90,41	13,6	256,93	38,8	312,75	47,2
AGRICULTURA IRRIGADA	10,39	1,6	19,52	2,9	2,82	0,4
CORPOS D'ÁGUA	36,73	5,5	58,12	8,8	93,24	14,1
SOLOS EXPOSTO	23,59	3,6	37,22	5,6	50,48	7,6
TOTAL	662,65	100	662,65	100	662,65	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-45,0	-13,2	-31,8			
CAATINGA ARBO/ARBUS	33,6	8,4	25,1			
AGRICULTURA IRRIGADA	-1,1	-2,5	1,4			
CORPOS D'ÁGUA	8,5	5,3	3,2			
SOLOS EXPOSTO	4,1	2,0	2,1			

Figura 37: Área da sub-bacia número 4 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 20: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 4.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	255,67	50,98	184,20	36,73
CAAT	AGRO	28,92	31,99	16,17	17,89
AGRI	AGRO	0,33	3,18	0,39	3,75
CORPAG	AGRO	5,87	12,33	3,98	13,45
SOLO	AGRO	1,40	5,93	0,92	3,90
AGRO	CAAT	206,45	41,16	24,39	4,86
CAAT	CAAT	34,62	38,29	45,04	49,82
AGRI	CAAT	1,02	9,82	2,24	21,56
CORPAG	CAAT	0,76	5,11	1,76	10,99
SOLO	CAAT	4,38	18,57	6,96	29,50
AGRO	AGRI	3,28	0,65	0,82	0,16
CAAT	AGRI	3,69	4,08	0,59	0,65
AGRI	AGRI	3,42	32,92	0,32	3,08
CORPAG	AGRI	2,33	7,89	0,21	2,33
SOLO	AGRI	4,80	20,35	0,51	2,16
AGRO	CORPAG	7,43	25,43	3,67	1,56
CAAT	CORPAG	6,56	18,90	3,98	2,05
AGRI	CORPAG	7,09	12,55	4,04	2,68
CORPAG	CORPAG	5,65	15,67	4,88	3,53
SOLO	CORPAG	3,45	11,22	3,22	3,26
AGRO	SOLO	9,78	1,95	24,91	4,97
CAAT	SOLO	8,66	9,58	9,33	10,32
AGRI	SOLO	3,68	35,42	3,34	32,16
CORPAG	SOLO	4,33	23,45	4,55	22,12
SOLO	SOLO	7,06	29,93	5,87	24,87

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 21 e figura 38, a sub-bacia 5 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu 31,2%. Em 1996, a área correspondia a 543,67 km² e, em 2003, apresentou 317,47 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 26,5%. Em 1996, a área correspondia a 98,29 km² e, em 2003, a 290,19 km². A agricultura irrigada, corpos d'água e o solo exposto se expandiram 1,5%, 1,9% e 1,3%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 13,08 km² e, em 2003, a 23,87 km² de agricultura irrigada, em 1996, a 39,98 km² e, em 2003, 53,85 km² de corpos d'água e, em 1996, a 29,36 km² e, em 2003, 39 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 22. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 245,23 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 543,67 km². Constatamos que 45,11% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

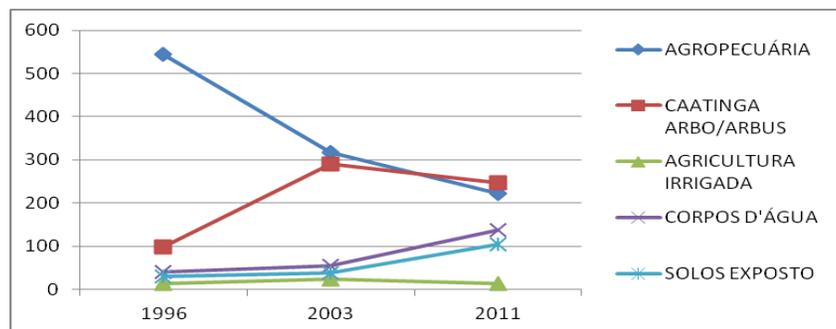
O quadro 21 e a figura 38 corresponde a sub-bacia 5. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária decresceu 44,3%. Em 1996, a área correspondia a 543,67 km² e, em 2011, a 223,06 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, corpos d'água e solo exposto se expandiram, variando 20,5%, 13,5% e 10,2%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 98,29 km² e, em 2011, a 246,85 km² de vegetação caatinga arbórea/arbustiva, 39,98 km² em 1996 e, em 2011, a 137,93 km² de corpos d'água e, em 1996, a 29,36 km² e, em 2011, a 103,35 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 22. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 205,47 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 543,67 km². Constatamos que 37,79% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 21: Área da sub-bacia número 5 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	543,67	75,1	317,47	43,8	223,06	30,8
CAATINGA ARBO/ARBUS	98,29	13,6	290,19	43,3	246,85	34,1
AGRICULTURA IRRIGADA	13,08	1,8	23,87	3,3	13,19	1,8
CORPOS D'ÁGUA	39,98	5,5	53,85	7,4	137,93	19,0
SOLOS EXPOSTO	29,36	4,1	39	5,4	103,35	14,3
TOTAL	724,38	100	724,38	100	724,38	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-44,3	-13,0	-31,2			
CAATINGA ARBO/ARBUS	20,5	-6,0	26,5			
AGRICULTURA IRRIGADA	0,0	-1,5	1,5			
CORPOS D'ÁGUA	13,5	11,6	1,9			
SOLOS EXPOSTO	10,2	8,9	1,3			

Figura 38: Área da sub-bacia número 5 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 22: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 5.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	260,32	47,88	187,52	34,49
CAAT	AGRO	46,70	47,51	32,26	32,82
AGRI	AGRO	0,70	5,35	0,27	2,06
CORPAG	AGRO	3,67	13,44	13,55	34,44
SOLO	AGRO	2,84	9,67	0,74	2,52
AGRO	CAAT	245,23	45,11	205,47	37,79
CAAT	CAAT	29,15	29,66	28,04	28,53
AGRI	CAAT	1,38	10,55	1,12	8,56
CORPAG	CAAT	2,32	9,88	0,98	5,11
SOLO	CAAT	4,83	16,43	3,63	12,36
AGRO	AGRI	3,78	0,70	4,67	0,86
CAAT	AGRI	4,15	4,22	2,13	2,17
AGRI	AGRI	4,34	33,18	1,44	11,01
CORPAG	AGRI	3,67	22,12	1,87	10,98
SOLO	AGRI	6,97	23,74	2,83	9,64
AGRO	CORPAG	9,70	10,79	14,87	10,06
CAAT	CORPAG	10,55	14,32	12,53	12,47
AGRI	CORPAG	14,24	23,58	11,94	12,91
CORPAG	CORPAG	13,57	32,42	11,07	19,98
SOLO	CORPAG	14,09	27,70	12,00	19,00
AGRO	SOLO	10,64	1,96	59,59	10,96
CAAT	SOLO	7,57	7,70	14,04	14,28
AGRI	SOLO	4,62	35,32	6,67	50,99
CORPAG	SOLO	2,33	24,34	4,35	35,67
SOLO	SOLO	9,00	30,65	12,61	42,95

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 23 e figura 39, a sub-bacia 6 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu 43,0%. Em 1996, a área correspondia a 599,19 km² e em 2003 apresentou 257,817 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 35,1%. Em 1996, a área correspondia a 101,99 km² e, em 2003, a 380,58 km². A agricultura irrigada, corpos d'água, solo exposto e a área urbana se expandiram 1,0%, 3,5%, 3,4% e 0,2%. Em 1996, a 15,47 km² e, em 2003, a 23,7 km² de agricultura irrigada, em 1996 a 45,72 km² e, em 2003, 73,17 km² de corpos d'água, em 1996 a 31,38 km² e, em 2003, 58,5 km² de solo exposto e, em 1996, a 0,008 km² e, em 2003, a 1,44 km² de área urbana.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 24. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 313,45 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 599,19 km². Constatamos que 52,31% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

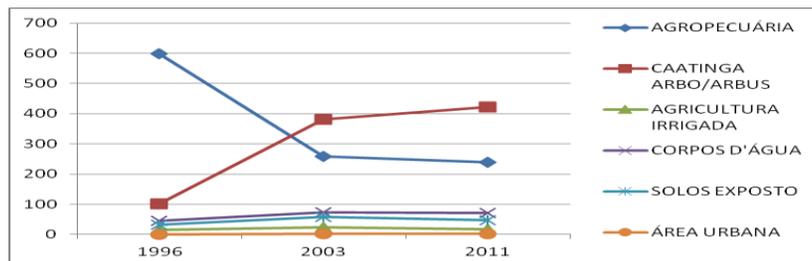
O quadro 23 e a figura 39 corresponde a sub-bacia 6. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária decresceu 475,5%. Em 1996, a 599,19 km² e, em 2011, a 238,02 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, agricultura irrigada, corpos d'água, solo exposto e área urbana se expandiram, variando 40,4%, 0,1%, 3,1%, 1,9% e 0,3%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 101,99 km² e, em 2011, a 422,32 km² de caatinga arbórea/arbustiva, 15,47 km² em 1996 e, em 2011, a 16,17 km² de agricultura irrigada, em 1996 a 45,72 km² e, em 2011, a 70,55 km² de corpos d'água, em 1996 a 31,38 km² e, em 2011, a 46,7 km² de solo exposto e, em 1996, a 0,008 km² e, em 2011, a 2,38 km² de área urbana.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 24. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 355,7 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 599,19 km². Constatamos que 59,36% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 23: Área da sub-bacia número 6 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	599,19	75,5	257,81	32,5	238,02	30,0
CAATINGA ARBO/ARBUS	101,99	12,8	380,58	47,9	422,32	53,2
AGRICULTURA IRRIGADA	15,47	1,9	23,7	3,0	16,17	2,0
CORPOS D'ÁGUA	45,72	5,8	73,17	9,2	70,55	8,9
SOLOS EXPOSTO	31,38	4,0	58,5	7,4	46,7	5,9
ÁREA URBANA	0,008	0,0	1,44	0,2	2,38	0,3
TOTAL	793,76	100	793,76	100	793,76	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-45,5	-2,5	-43,0			
CAATINGA ARBO/ARBUS	40,4	5,3	35,1			
AGRICULTURA IRRIGADA	0,1	-0,9	1,0			
CORPOS D'ÁGUA	3,1	-0,3	3,5			
SOLOS EXPOSTO	1,9	-1,5	3,4			
ÁREA URBANA	0,3	0,1	0,2			

Figura 39: Área da sub-bacia número 6 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 24: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 6.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	208,59	34,81	186,43	31,11
CAAT	AGRO	32,7	32,06	35,94	35,24
AGRI	AGRO	1,39	8,99	1,45	9,37
CORPAG	AGRO	3,89	7,68	2,98	8,77
SOLO	AGRO	4,69	14,95	4,53	14,44
AGRO	CAAT	313,45	52,31	355,7	59,36
CAAT	CAAT	43,83	42,97	41,46	40,65
AGRI	CAAT	2,4	15,51	2,93	18,94
SOLO	CAAT	7,00	22,31	7,84	24,98
AREAU	CAAT	0,005	62,50	-	-
AGRO	AGRI	11,18	1,87	6,04	1,01
CAAT	AGRI	3,59	3,52	2,63	2,58
AGRI	AGRI	2,3	14,87	1,99	12,86
SOLO	AGRI	3,72	11,85	2,94	9,37
AGRO	CORPAG	11,67	34,54	9,87	8,90
CAAT	CORPAG	13,89	23,46	8,78	6,78
AGRI	CORPAG	10,98	30,76	7,90	7,89
CORPAG	CORPAG	14,99	13,45	9,87	5,67
SOLO	CORPAG	9,65	20,54	10,23	9,99
AGRO	SOLO	27,99	4,67	18,04	3,01
CAAT	SOLO	9,48	9,30	8,71	8,54
AGRI	SOLO	8,88	57,40	5,01	32,39
CORPAG	SOLO	9,09	23,44	3,22	14,56
SOLO	SOLO	5,88	18,74	7,96	25,37
AGRO	AREAU	1,21	0,20	1,8	0,30
CAAT	AREAU	0,16	0,16	0,31	0,31
AGRI	AREAU	0,01	0,06	0,04	0,26

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 25 e figura 40, a sub-bacia 7 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu 9,0%. Em 1996, a área correspondia a 176,41 km² e, em 2003, apresentou 142,33 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 11,9%. Em 1996, a 55,57 km² e, em 2003, a 100,6 km². A agricultura irrigada e corpos d'água decresceram 2,8% e 1,6%, respectivamente. Em 1996, a 29,36 km² e, em 2003, apresentou 18,73 km² de agricultura irrigada e, em 1996 a 71,94 km² e em 2003 a 65,85 km² de corpos d'água. O solo exposto se expandiu com 1,5%. Em 1996, a 44,81 km² e, em 2003, a 50,6 km². A área urbana permaneceu constante com 0,0%, em 1996 a área foi de 0,02 km² e, em 2003, 0,1 km².

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 26. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 65,61 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 176,41 km². Constatamos que 37,19% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

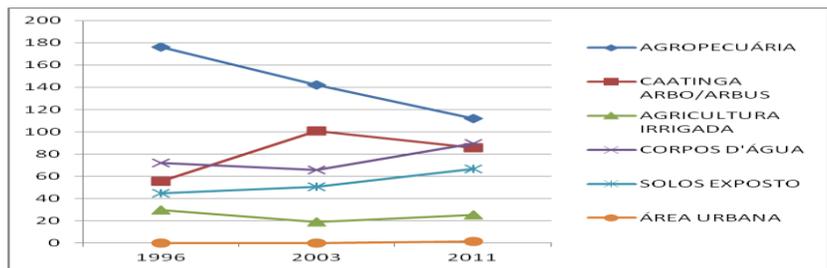
O quadro 25 e a figura 40 corresponde a sub-bacia 7. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária decresceu 17,1%. Em 1996, a 176,41 km² e, em 2011, a 111,81 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, corpos d'água, solo exposto e área urbana se expandiram, variando 7,9%, 4,6%, 5,7% e 0,4%, respectivamente. Em 1996, a 55,57 km² e, em 2011, a 85,44 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 71,94 km² e, em 2011, a 89,38 km² de corpos d'água, em 1996 a 44,81 km² e, em 2011, a 66,4 km² de solo exposto e, em 1996, a 0,02 km² e em 2011 a 1,5 km² de área urbana. A Agricultura irrigada decresceu com 1,1%, em 1996 sua área correspondia a 29,36 km² e, em 2003, 25,08 km².

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 26. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 53,61 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 176,41 km². Constatamos que 30,39% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 25: Área da sub-bacia número 7 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	176,41	46,7	142,33	37,6	111,81	29,6
CAATINGA ARBO/ARBUS	55,57	14,7	100,6	26,6	85,44	22,6
AGRICULTURA IRRIGADA	29,36	7,8	18,73	5,0	25,08	6,6
CORPOS D'ÁGUA	71,94	19,0	65,85	17,4	89,38	23,6
SOLOS EXPOSTO	44,81	11,9	50,6	13,4	66,4	17,6
ÁREA URBANA	0,002	0,0	0,1	0,0	1,5	0,4
TOTAL	378,11	100	378,11	100	378,11	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-17,1	-8,1	-9,0			
CAATINGA ARBO/ARBUS	7,9	-4,0	11,9			
AGRICULTURA IRRIGADA	-1,1	1,7	-2,8			
CORPOS D'ÁGUA	4,6	6,2	-1,6			
SOLOS EXPOSTO	5,7	4,2	1,5			
ÁREA URBANA	0,4	0,4	0,0			

Figura 40: Área da sub-bacia número 7 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 26: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 7.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	96,54	54,72	86,12	48,82
CAAT	AGRO	24,87	44,75	14,95	26,90
AGRI	AGRO	3,99	13,59	1,79	6,10
CORPAG	AGRO	5,67	12,34	2,34	5,47
SOLO	AGRO	7,95	17,74	3,96	8,84
AGRO	CAAT	65,61	37,19	53,61	30,39
CAAT	CAAT	14,58	26,24	14,85	26,72
AGRI	CAAT	3,92	13,35	3,37	11,48
SOLO	CAAT	7,32	16,34	6,63	14,80
AGRO	AGRI	1,84	1,04	6,21	3,52
CAAT	AGRI	2,25	4,05	4,18	7,52
AGRI	AGRI	4,88	16,62	4,93	16,79
SOLO	AGRI	5,23	11,67	6,1	13,61
AGRO	CORPAG	9,55	12,56	13,67	12,81
CAAT	CORPAG	7,65	11,21	12,22	4,53
AGRI	CORPAG	4,32	13,43	13,21	8,52
CORPAG	CORPAG	5,89	11,56	11,09	15,09
SOLO	CORPAG	9,87	16,45	9,09	12,01
AGRO	SOLO	5,49	3,11	15,61	8,85
CAAT	SOLO	7,32	13,17	10,89	19,60
AGRI	SOLO	12,3	41,89	12,85	43,77
SOLO	SOLO	15,12	33,74	13,56	30,26
AREAU	SOLO	0,01	40,00	0,01	50,00
AGRO	AREAU	0,02	0,01	0,48	0,27
CAAT	AREAU	0,01	0,02	0,3	0,54
AGRI	AREAU	0,02	0,07	0,15	0,51
CORPAG	AREAU	0,01	0,003	0,02	0,05
SOLO	AREAU	0,01	0,02	0,32	0,71

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 27 e figura 41, a sub-bacia 8 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária e os corpos d'água decresceram 20,7% e 0,4%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 191,03 km² e, em 2003, apresentou 118,01 km² de agropecuária e, em 1996 a 80,25 km² e em 2003 de 100,72 km² de corpos d'água. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 13,7%. Em 1996, a área correspondia a 42,05 km² e, em 2003, a 90,34 km². A agricultura irrigada e o solo exposto se expandiram 2,5% e 4,9%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 12,1 km² e, em 2003, a 20,94 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 26,8 km² e, em 2003, 44,23 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 28. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 73,16 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 191,03 km². Constatamos que 38,30% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

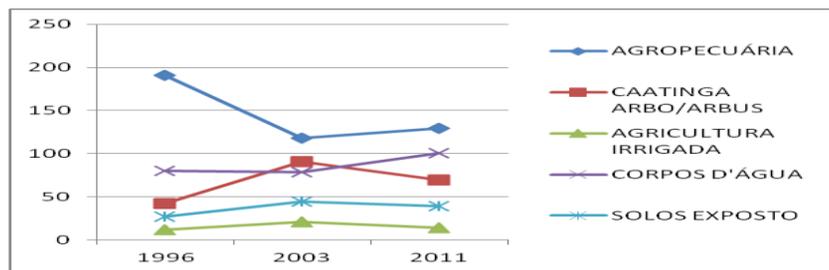
O quadro 27 e a figura 41 corresponde a sub-bacia 8. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária decresceu 17,6%. Em 1996, a área correspondia a 191,03 km² e, em 2011, a 129,07 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, agricultura irrigada, corpos d'água e solo exposto se expandiram, variando 7,8%, 0,5%, 5,8% e 3,5%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 42,05 km² e, em 2011, a 69,44 km², 12,1 km² em 1996 e, em 2011, a 13,7 km² de agricultura irrigada, em 1996, a 80,25 km² e, em 2011, a 100,72 km² de corpos d'água e, em 1996, a 26,8 km² e, em 2011, a 39,3 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 28. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 51,63 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 191,03 km². Constatamos que 27,03% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 27: Área da sub-bacia número 8 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	191,03	54,2	118,01	33,5	129,07	36,6
CAATINGA ARBO/ARBUS	42,05	11,9	90,34	25,6	69,44	19,7
AGRICULTURA IRRIGADA	12,1	3,4	20,94	5,9	13,7	3,9
CORPOS D'ÁGUA	80,25	22,8	78,71	22,3	100,72	28,6
SOLOS EXPOSTO	26,8	7,6	44,23	12,6	39,3	11,2
TOTAL	352,23	100	352,23	100	352,23	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-17,6	3,1	-20,7			
CAATINGA ARBO/ARBUS	7,8	-5,9	13,7			
AGRICULTURA IRRIGADA	0,5	-2,1	2,5			
CORPOS D'ÁGUA	5,8	6,2	-0,4			
SOLOS EXPOSTO	3,5	-1,4	4,9			

Figura 41: Área da sub-bacia número 8 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 28: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 8.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	98,54	51,58	110,70	57,95
CAAT	AGRO	15,32	36,43	14,81	35,22
AGRI	AGRO	0,31	2,56	0,28	2,31
CORPAG	AGRO	1,25	1,89	0,98	2,12
SOLO	AGRO	3,55	13,25	0,96	3,58
AGRO	CAAT	73,16	38,30	51,63	27,03
CAAT	CAAT	10,97	26,09	10,14	24,11
AGRI	CAAT	0,57	4,71	0,85	7,02
CORPAG	CAAT	1,67	5,66	1,34	8,97
SOLO	CAAT	1,74	6,49	2,60	9,70
AGRO	AGRI	3,37	1,76	4,12	2,16
CAAT	AGRI	3,21	7,63	2,51	5,97
AGRI	AGRI	3,56	29,42	1,80	14,88
CORPAG	AGRI	4,55	18,97	2,21	13,34
SOLO	AGRI	6,61	24,66	2,88	10,75
AGRO	CORPAG	3,45	16,76	4,34	13,23
CAAT	CORPAG	5,45	23,12	5,67	14,78
AGRI	CORPAG	4,32	14,55	8,34	12,22
CORPAG	CORPAG	5,66	12,59	4,21	11,11
SOLO	CORPAG	7,89	7,89	3,21	16,89
AGRO	SOLO	1,70	0,89	2,39	1,25
CAAT	SOLO	0,96	2,28	1,26	3,00
AGRI	SOLO	1,74	14,38	1,23	10,17
SOLO	SOLO	2,48	9,25	1,85	6,90

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 29 e figura 42, a sub-bacia 9 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu 21,1%. Em 1996, a área correspondia a 176,92 km² e, em 2003, apresentou 123,54 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 16,0%. Em 1996, a área correspondia a 37,27 km² e, em 2003, a 77,63 km². A agricultura irrigada, corpos d'água e o solo exposto se expandiram 1,6%, 0,8% e 2,8%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 7,2 km² e, em 2003, a 11,14 km² de agricultura irrigada, em 1996, a 16,64 km² e, em 2003, 18,70 km² de corpos d'água e, em 1996, a 14,4 km² e, em 2003, 21,42 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 30. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 73,16 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 191,03 km². Constatamos que 38,30% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

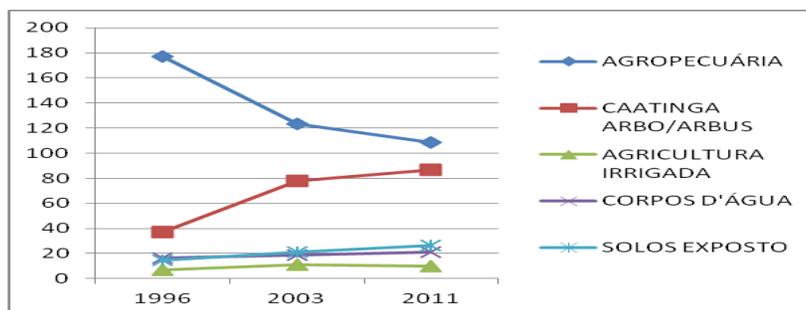
O quadro 29 e a figura 42 corresponde a sub-bacia 9. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária decresceu 27,1%. Em 1996, a área correspondia a 176,92 km² e, em 2011, a 108,41 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, agricultura irrigada, corpos d'água e solo exposto se expandiram, variando 19,5%, 1,0%, 1,9% e 4,7%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 37,27 km² e, em 2011, a 86,61 km², 7,2 km² em 1996 e, em 2011, a 9,84 km² de agricultura irrigada, em 1996, a 16,64 km² e, em 2011, a 21,34 km² de corpos d'água e, em 1996, a 14,4 km² e, em 2011, a 26,23 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 30. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 51,63 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 191,03 km². Constatamos que 27,03% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 29: Área da sub-bacia número 9 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	176,92	70,1	123,54	48,9	108,41	42,9
CAATINGA ARBO/ARBUS	37,27	14,8	77,63	30,8	86,61	34,3
AGRICULTURA IRRIGADA	7,2	2,9	11,14	4,4	9,84	3,9
CORPOS D'ÁGUA	16,64	6,6	18,70	7,4	21,34	8,5
SOLOS EXPOSTO	14,4	5,7	21,42	8,5	26,23	10,4
TOTAL	252,43	100	252,43	100	252,43	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-27,1	-6,0	-21,1			
CAATINGA ARBO/ARBUS	19,5	3,6	16,0			
AGRICULTURA IRRIGADA	1,0	-0,5	1,6			
CORPOS D'ÁGUA	1,9	1,0	0,8			
SOLOS EXPOSTO	4,7	1,9	2,8			

Figura 42: Área da sub-bacia número 9 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 30: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 9.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	100,33	56,71	88,21	49,86
CAAT	AGRO	16,41	44,03	13,87	37,21
AGRI	AGRO	0,54	7,50	0,60	8,33
CORPAG	AGRO	0,98	6,56	0,78	6,79
SOLO	AGRO	1,94	13,47	1,84	12,78
AGRO	CAAT	61,22	34,60	69,01	39,01
CAAT	CAAT	10,60	28,44	10,90	29,25
AGRI	CAAT	0,62	8,61	0,84	11,67
CORPAG	CAAT	1,11	4,67	1,67	9,08
SOLO	CAAT	1,80	12,50	2,22	15,42
AGRO	AGRI	2,33	1,32	3,20	1,81
CAAT	AGRI	1,99	5,34	2,50	6,71
AGRI	AGRI	1,75	24,31	0,82	11,39
CORPAG	AGRI	1,88	20,98	1,31	10,98
SOLO	AGRI	2,90	20,14	1,57	10,90
AGRO	CORPAG	3,56	8,99	4,10	3,81
CAAT	CORPAG	4,55	3,45	3,50	4,71
AGRI	CORPAG	3,43	6,54	6,12	12,89
CORPAG	CORPAG	2,33	8,76	1,01	10,00
SOLO	CORPAG	6,54	10,99	0,57	7,91
AGRO	SOLO	0,32	0,18	2,55	1,44
CAAT	SOLO	0,33	0,89	1,48	3,97
AGRI	SOLO	0,63	8,75	0,47	6,53
CORPAG	SOLO	0,55	7,67	3,78	8,98
SOLO	SOLO	5,92	40,42	5,40	37,50

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 31 e figura 43, a sub-bacia 10 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária, caatinga arbórea/arbustiva, dunas, agricultura irrigada, corpos d'água decresceram 3,9%, 2,2%, 0,4%, 0,1% e 2,4%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 79,29 km² e, em 2003, apresentou 70,1 km² agropecuária, em 1996 a 21,21 km² e, em 2003, 15,93 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 15,99 km² e, em 2003, 15,03 km² de dunas, em 1996 a 15,72 km² e em 2003 15,53 km² de agricultura irrigada e, em 1996 a 100,04 km² e em 2003 94,46 km² de corpos d'água. O solo exposto se expandiu 9,0%. Em 1996, a 4,3 km² e, em 2003, a 25,5 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 32. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 10,90 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 79,29 km². Constatamos que 13,75% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

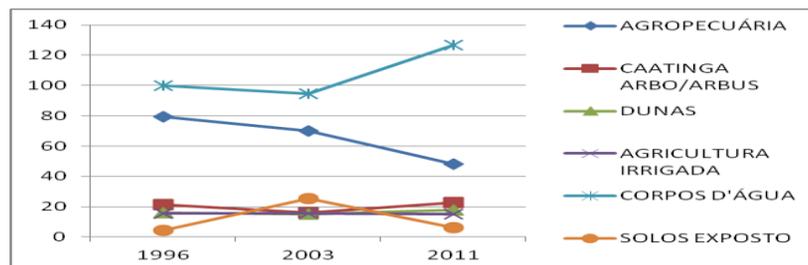
O quadro 31 e a figura 43 corresponde a sub-bacia 10. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária e a agricultura irrigada decresceram 13,2% e 0,3%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 79,29 km² e, em 2011, a 48,16 km² de agropecuária e, em 1996, a 15,72 km² e, em 2011, a 14,99 km² de agricultura irrigada. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, dunas, corpos d'água e solo exposto se expandiram, variando 0,6%, 0,7%, 11,3% e 0,9%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 21,21 km² e, em 2011, a 22,65 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 15,99 km² e, em 2011, a 17,62 km² de dunas e, em 1996, a 100,04 km² e, em 2011, a 126,79 km² de corpos d'água. Em 1996, a área correspondia a 4,3 km² e, em 2011, a 6,34 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 32. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 17,35 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 79,29 km². Constatamos que 21,88% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 31: Área da bacia número 10 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	79,29	33,5	70,1	29,6	48,16	20,4
CAATINGA ARBO/ARBUS	21,21	9,0	15,93	6,7	22,65	9,6
DUNAS	15,99	6,8	15,03	6,4	17,62	7,4
AGRICULTURA IRRIGADA	15,72	6,6	15,53	6,6	14,99	6,3
CORPOS D'ÁGUA	100,04	42,3	94,46	39,9	126,79	53,6
SOLOS EXPOSTO	4,3	1,8	25,5	10,8	6,34	2,7
TOTAL	236,55	100	236,55	100	236,55	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-13,2	-9,3	-3,9			
CAATINGA ARBO/ARBUS	0,6	2,8	-2,2			
DUNAS	0,7	1,1	-0,4			
AGRICULTURA IRRIGADA	-0,3	-0,2	-0,1			
CORPOS D'ÁGUA	11,3	13,7	-2,4			
SOLOS EXPOSTO	0,9	-8,1	9,0			

Figura 43: Área da sub-bacia número 10 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 32: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 10.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	58,36	73,60	41,66	52,54
CAAT	AGRO	10,08	47,52	5,81	27,39
DUNA	AGRO	0,41	2,56	0,16	1,00
AGRI	AGRO	0,18	1,15	0,05	0,32
SOLO	AGRO	0,00	0,07	0,00	0,00
AGRO	CAAT	10,90	13,75	17,35	21,88
CAAT	CAAT	2,76	13,01	3,65	17,21
DUNA	CAAT	0,51	3,19	0,50	3,13
AGRI	CAAT	0,33	2,10	0,22	1,40
SOLO	CAAT	0,04	0,93	0,06	1,40
AGRO	DUNA	2,22	2,80	5,28	6,66
CAAT	DUNA	2,10	9,90	2,69	12,68
DUNA	DUNA	3,08	19,26	3,59	22,45
AGRI	DUNA	2,35	14,95	3,04	19,34
SOLO	DUNA	0,48	11,16	0,61	14,19
AGRO	AGRI	1,56	1,97	4,34	5,47
CAAT	AGRI	2,00	9,43	2,88	13,58
DUNA	AGRI	4,10	25,64	2,88	18,01
AGRI	AGRI	3,67	23,35	2,22	14,12
SOLO	AGRI	0,75	17,44	0,40	9,30
CORPAG	CORPAG	3,23	10,98	22,34	34,56
AGRO	SOLO	2,37	2,99	1,54	1,94
CAAT	SOLO	2,18	10,28	0,91	4,29
DUNA	SOLO	6,15	38,46	1,11	6,94
AGRI	SOLO	9,34	59,41	0,08	0,51
SOLO	SOLO	2,76	64,19	1,23	28,60

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 33 e figura 44, a sub-bacia 11 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária e agricultura irrigada decresceram 11,0% e 2,1%, respectivamente. Em 1996, a 113,73 km² e, em 2003, apresentou 29,14 km² de agropecuária, em 1996 a 56,61 km² e, em 2003, 50,52 km² de agricultura irrigada. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, dunas, corpos d'água e solo exposto se expandiram, variando 6,8%, 1,0%, 3,2% e 2,1%. Em 1996, a área correspondia a 20,62 km² e, em 2003, a 40,48 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 41,14 km² e, em 2003, 43,95 km² de dunas, em 1996, a 39,58 km² e em 2003 48,94 km² de corpos d'água e, em 1996, a 19,73 km² e em 2003 25,79 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 34. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 27,09 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 113,73 km². Constatamos que 23,82% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

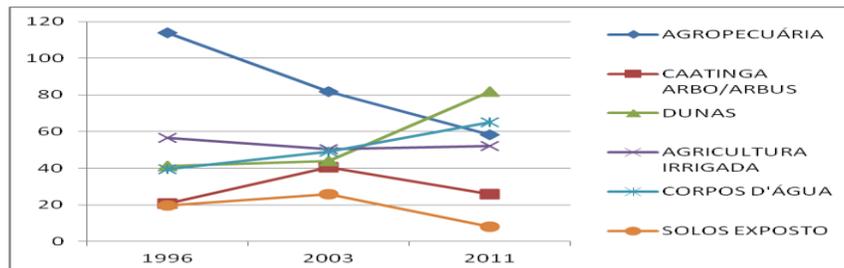
O quadro 33 e a figura 44 corresponde a sub-bacia 11. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária decresceu 19,0%. Em 1996, a área correspondia a 113,73 km² e, em 2011, a 58,38 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, dunas e corpos d'água se expandiram, variando 1,8%, 14,0% e 8,7%, respectivamente. Em 1996, a 20,62 km² e, em 2011, a 25,92 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 41,14 km² e, em 2011, a 81,80 km² de dunas e, em 1996, a 39,58 km² e, em 2011, a 65,02 km² de corpos d'água. A agricultura irrigada e o solo exposto decresceram 1,5% e 4,0%. Em 1996, a 56,61 km² e, em 2011, a 52,11 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 19,73 km² e, em 2011, a 8,18 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 34. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 20,91 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 113,73 km². Constatamos que 18,39% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 33: Área da sub-bacia número 11 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	113,73	39,0	81,73	28,0	58,38	20,0
CAATINGA ARBO/ARBUS	20,62	7,1	40,48	13,9	25,92	8,9
DUNAS	41,14	14,1	43,95	15,1	81,80	28,1
AGRICULTURA IRRIGADA	56,61	19,4	50,52	17,3	52,11	17,9
CORPOS D'ÁGUA	39,58	13,6	48,94	16,8	65,02	22,3
SOLOS EXPOSTO	19,73	6,8	25,79	8,9	8,18	2,8
TOTAL	291,41	100	291,41	100	291,41	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-19,0	-8,0	-11,0			
CAATINGA ARBO/ARBUS	1,8	-5,0	6,8			
DUNAS	14,0	13,0	1,0			
AGRICULTURA IRRIGADA	-1,5	0,5	-2,1			
CORPOS D'ÁGUA	8,7	5,5	3,2			
SOLOS EXPOSTO	-4,0	-6,0	2,1			

Figura 44: Área da sub-bacia número 11 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 34: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 11.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	70,44	61,94	55,27	48,60
CAAT	AGRO	4,90	23,76	2,01	9,75
DUNA	AGRO	2,01	4,89	0,13	0,32
AGRI	AGRO	1,42	2,51	0,06	0,11
SOLO	AGRO	0,25	1,27	0,00	0,00
AGRO	CAAT	27,09	23,82	20,91	18,39
CAAT	CAAT	4,06	19,69	2,83	13,72
DUNA	CAAT	2,73	6,64	0,59	1,43
AGRI	CAAT	2,60	4,59	0,24	0,42
SOLO	CAAT	0,63	3,19	0,02	0,10
AGRO	DUNA	4,97	4,37	14,56	12,80
CAAT	DUNA	3,99	19,35	6,67	32,35
DUNA	DUNA	11,14	27,08	18,34	44,58
AGRI	DUNA	14,01	24,75	26,38	46,60
SOLO	DUNA	4,19	21,24	8,77	44,45
AGRO	AGRI	2,76	2,43	4,97	4,37
CAAT	AGRI	2,42	11,74	3,66	17,75
DUNA	AGRI	12,61	30,65	8,79	21,37
AGRI	AGRI	21,11	37,29	21,37	37,75
SOLO	AGRI	7,94	40,24	8,46	42,88
AGRO	CORPAG	3,25	23,67	9,87	32,33
CAAT	CORPAG	6,78	21,43	8,78	42,32
AGRI	CORPAG	9,87	17,89	9,02	21,33
AGRO	SOLO	0,71	0,62	0,71	0,62
CAAT	SOLO	0,50	2,42	0,56	2,72
DUNA	SOLO	6,44	15,65	1,48	3,60
AGRI	SOLO	12,06	21,30	3,03	5,35
SOLO	SOLO	5,24	26,56	1,54	7,81

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 35 e figura 45, a sub-bacia 12 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária e dunas decresceram 17,2% e 1,6%, respectivamente. Em 1996, a 332,08 km² e, em 2003, apresentou 177,09 km² de agropecuária, em 1996 a 121,97 km² e, em 2003, 107,93 km² de dunas. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, agricultura irrigada, corpos d'água e solo exposto se expandiram, variando 12,6%, 2,3%, 0,8% e 3,1%. Em 1996, a 160,7 km² e, em 2003, a 274,35 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 114,63 km² e, em 2003, 135,17 km² de agricultura irrigada, em 1996, a 137,44 km² e, em 2003, 144,38 km² de corpos d'água e, em 1996, a 35,31 km² e, em 2003, 63,21 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 36. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 157,08 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 332,08 km². Constatamos que 47,30% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

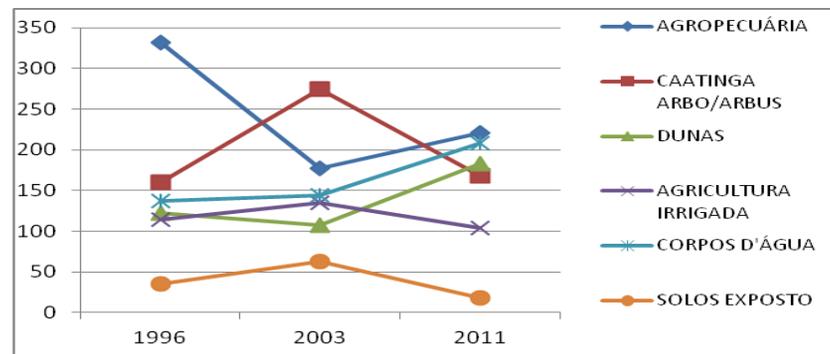
O quadro 35 e a figura 45 corresponde a sub-bacia 12. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária decresceu 12,3%. Em 1996, a 332,08 km² e, em 2011, a 221,4 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, dunas e corpos d'água se expandiram, variando 0,8%, 6,8% e 7,8%, respectivamente. Em 1996, a 160,7 km² e, em 2011, a 167,77 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 121,97 km² e, em 2011, a 182,93 km² de dunas e, em 1996, a 137,44 km² e, em 2011, a 208,17 km² de corpos d'água. A agricultura irrigada e o solo exposto decresceram 1,2% e 1,9%. Em 1996, a 114,63 km² e, em 2011, a 103,77 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 35,31 km² e, em 2011, a 18,09 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 36. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 85,15 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 332,08 km². Constatamos que 25,64% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 35: Área da sub-bacia número 12 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	332,08	36,8	177,09	19,6	221,4	24,5
CAATINGA ARBO/ARBUS	160,7	17,8	274,35	30,4	167,77	18,6
DUNAS	121,97	13,5	107,93	12,0	182,93	20,3
AGRICULTURA IRRIGADA	114,63	12,7	135,17	15,0	103,77	11,5
CORPOS D'ÁGUA	137,44	15,2	144,38	16,0	208,17	23,1
SOLOS EXPOSTO	35,31	3,9	63,21	7,0	18,09	2,0
TOTAL	902,13	100	902,13	100	902,13	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-12,3	4,9	-17,2			
CAATINGA ARBO/ARBUS	0,8	-11,8	12,6			
DUNAS	6,8	8,3	-1,6			
AGRICULTURA IRRIGADA	-1,2	-3,5	2,3			
CORPOS D'ÁGUA	7,8	7,1	0,8			
SOLOS EXPOSTO	-1,9	-5,0	3,1			

Figura 45: Área da sub-bacia número 12 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 36: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 12.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	121,32	36,53	162,69	48,99
CAAT	AGRO	30,72	19,12	47,66	29,66
DUNA	AGRO	7,29	5,98	2,66	2,18
AGRI	AGRO	4,56	3,98	1,38	1,20
SOLO	AGRO	0,57	1,61	0,14	0,40
AGRO	CAAT	157,08	47,30	85,15	25,64
CAAT	CAAT	74,48	46,35	51,94	32,32
DUNA	CAAT	10,62	8,71	6,84	5,61
AGRI	CAAT	7,30	6,37	4,20	3,66
SOLO	CAAT	1,28	3,63	0,76	2,15
AGRO	DUNA	14,98	4,51	28,69	8,64
CAAT	DUNA	16,18	10,07	16,82	10,47
DUNA	DUNA	29,96	24,56	52,61	43,13
AGRI	DUNA	19,13	16,69	48,49	42,30
SOLO	DUNA	4,22	11,95	10,09	28,58
AGRO	AGRI	7,65	2,30	12,75	3,84
CAAT	AGRI	11,06	6,88	9,11	5,67
DUNA	AGRI	39,96	32,76	17,24	14,13
AGRI	AGRI	45,73	39,89	36,87	32,16
SOLO	AGRI	13,38	37,89	16,29	46,13
AGRO	CORPAG	10,76	32,89	12,56	22,12
AGRI	CORPAG	9,08	23,45	14,78	34,21
AGRO	SOLO	0,89	0,27	2,07	0,62
CAAT	SOLO	1,85	1,15	1,63	1,01
DUNA	SOLO	15,22	12,48	2,61	2,14
AGRI	SOLO	27,40	23,90	5,17	4,51
SOLO	SOLO	13,57	38,43	4,57	12,94

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 37 e figura 46, a sub-bacia 13 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária, caatinga arbórea/arbustiva e dunas decresceram 10,8%, 22,2% e 10,7%, respectivamente. Em 1996, a 34,34 km² e, em 2003, apresentou 7,97 km² agropecuária, em 1996 a 64,9 km² e, em 2003, 10,67 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 39,96 km² e em 2003 13,69 km² de dunas. A agricultura irrigada, corpos d'água e o solo exposto se expandiram 4,7%, 16,3% e 22,7%. Em 1996, a 17,65 km² e, em 2003, 29,13 km² de agricultura irrigada, em 1996, a 78,47km² e, em 2003, a 118,34 km² de corpos d'água e, em 1996, a 9,15 km² e, em 2003, a 64,67 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 38. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 5,25 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 34,34 km². Constatamos que 15,29% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

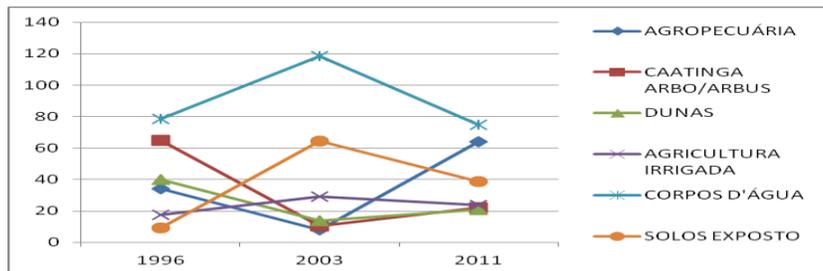
O quadro 37 e a figura 46 corresponde a sub-bacia 13. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária expandiu 12,2%. Em 1996, a área correspondia a 34,34 km² e, em 2011, a 64,22 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, dunas e corpos d'água decresceram 17,6%, 7,7% e 1,4%, respectivamente. Em 1996, a 64,9 km² e, em 2011, a 21,96 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 39,96 km² e, em 2011, a 21,04 km² de dunas e, em 1996 a 78,47 km² e, em 2011, a 74,99 km² de corpos d'água. A agricultura irrigada e solo exposto se expandiram, variando 2,4% e 12,1%, respectivamente. Em 1996 a 17,65 km² e, em 2011, a 23,63 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 9,15 km² e, em 2011, a 38,63 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 38. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 5,93 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 34,34 km². Constatamos que 17,27% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 37: Área da sub-bacia número 13 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	34,34	14,0	7,97	3,3	64,22	26,3
CAATINGA ARBO/ARBUS	64,9	26,5	10,67	4,4	21,96	9,0
DUNAS	39,96	16,3	13,69	5,6	21,04	8,6
AGRICULTURA IRRIGADA	17,65	7,2	29,13	11,9	23,63	9,7
CORPOS D'ÁGUA	78,47	32,1	118,34	48,4	74,99	30,7
SOLOS EXPOSTO	9,15	3,7	64,67	26,5	38,63	15,8
TOTAL	244,47	100	244,47	100	244,47	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	12,2	23,0	-10,8			
CAATINGA ARBO/ARBUS	-17,6	4,6	-22,2			
DUNAS	-7,7	3,0	-10,7			
AGRICULTURA IRRIGADA	2,4	-2,2	4,7			
CORPOS D'ÁGUA	-1,4	-17,7	16,3			
SOLOS EXPOSTO	12,1	-10,7	22,7			

Figura 46: Área da sub-bacia número 13 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 38: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 13.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	4,04	11,76	18,33	53,38
CAAT	AGRO	3,29	5,07	38,96	60,03
DUNA	AGRO	0,15	0,38	1,57	3,93
AGRI	AGRO	-	-	0,53	3,00
SOLO	AGRO	-	-	0,52	5,68
AGRO	CAAT	5,25	15,29	5,93	17,27
CAAT	CAAT	4,48	6,90	9,89	15,24
DUNA	CAAT	0,23	0,58	1,33	3,33
AGRI	CAAT	0,00	0,00	0,66	3,74
SOLO	CAAT	-	-	0,45	4,92
AGRO	DUNA	2,77	8,07	2,52	7,34
CAAT	DUNA	3,70	5,70	4,04	6,22
DUNA	DUNA	3,01	7,53	6,07	15,19
AGRI	DUNA	0,34	1,93	2,83	16,03
SOLO	DUNA	0,02	0,22	0,06	0,66
AGRO	AGRI	3,84	11,18	2,41	7,02
CAAT	AGRI	6,36	9,80	3,16	4,87
DUNA	AGRI	10,24	25,63	8,14	20,37
AGRI	AGRI	2,25	12,75	4,29	24,31
SOLO	AGRI	0,19	2,08	1,27	13,88
CORPAG	CORPAG	3,21	22,67	4,56	13,56
AGRO	SOLO	15,65	45,57	2,00	5,82
CAAT	SOLO	33,23	51,20	3,31	5,10
DUNA	SOLO	25,21	63,09	6,39	15,99
AGRI	SOLO	14,46	81,93	6,39	36,20
SOLO	SOLO	5,33	58,25	4,56	49,84

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 39 e figura 47, a sub-bacia 14 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária, caatinga arbórea/arbustiva, dunas e corpos d'água decresceram 2,0%, 9,1%, 2,5% e 3,0%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 21,38 km² e, em 2003, apresentou 16,52 km² agropecuária, em 1996 a 48,5 km² e, em 2003, 25,95 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 25,19 km² e em 2003 19,01 km² de dunas e, em 1996 a 112,05 km² e em 2003 104,63 km² de corpos d'água. A agricultura irrigada e o solo exposto se expandiram 5,6% e 11,0%. Em 1996, a 14,55 km² e, em 2003, 28,42 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a área correspondia a 26,16 km² e, em 2003, a 53,3 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 40. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 7,04 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 21,38 km². Constatamos que 32,93% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

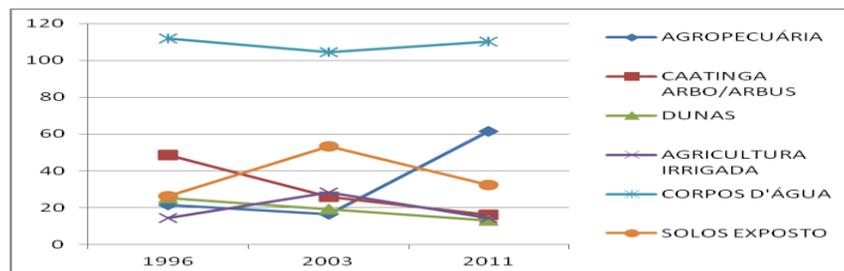
O quadro 39 e a figura 47 corresponde a sub-bacia 14. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária expandiu 16,2%. Em 1996, a área correspondia a 21,38 km² e, em 2011, a 61,63 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, dunas e corpos d'água decresceram 13,1%, 5,0% e 0,7%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 48,5 km², em 2011 a 16,11 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996 a 25,19 km² e, em 2011, a 12,87 km² de dunas e, em 1996, a 112,05 km² e, em 2011, a 110,34 km² de corpos d'água. O solo exposto se expandiu 2,5%. Em 1996 a 26,16 km² e, em 2011, a 32,33 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 40. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 3,28 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 21,38 km². Constatamos que 15,34% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 39: Área da sub-bacia número 14 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	21,38	8,6	16,52	6,7	61,63	24,9
CAATINGA ARBO/ARBUS	48,5	19,6	25,95	10,5	16,11	6,5
DUNAS	25,19	10,2	19,01	7,7	12,87	5,2
AGRICULTURA IRRIGADA	14,55	5,9	28,42	11,5	14,55	5,9
CORPOS D'ÁGUA	112,05	45,2	104,63	42,2	110,34	44,5
SOLOS EXPOSTO	26,16	10,6	53,3	21,5	32,33	13,0
TOTAL	247,83	100	247,83	100	247,83	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	16,2	18,2	-2,0			
CAATINGA ARBO/ARBUS	-13,1	-4,0	-9,1			
DUNAS	-5,0	-2,5	-2,5			
AGRICULTURA IRRIGADA	0,0	-5,6	5,6			
CORPOS D'ÁGUA	-07	2,3	-3,0			
SOLOS EXPOSTO	2,5	-8,5	11,0			

Figura 47: Área da sub-bacia número 14 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 40: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 14.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	5,76	26,94	15,11	70,67
CAAT	AGRO	7,35	15,15	34,70	71,55
DUNA	AGRO	0,87	3,45	2,79	11,08
AGRI	AGRO	0,03	0,21	0,20	1,37
SOLO	AGRO	0,00	0,00	0,02	0,08
AGRO	CAAT	7,04	32,93	3,28	15,34
CAAT	CAAT	13,48	27,79	6,96	14,35
DUNA	CAAT	1,68	6,67	1,77	7,03
AGRI	CAAT	0,29	1,99	0,28	1,92
SOLO	CAAT	0,02	0,08	0,09	0,34
AGRO	DUNA	1,91	8,93	0,74	3,46
CAAT	DUNA	4,58	9,44	1,73	3,57
DUNA	DUNA	4,97	19,73	3,68	14,61
AGRI	DUNA	2,29	15,74	2,08	14,30
SOLO	DUNA	1,22	4,66	1,37	5,24
AGRO	AGRI	1,82	8,51	0,52	2,43
CAAT	AGRI	4,41	9,09	1,18	2,43
DUNA	AGRI	6,42	25,49	3,62	14,37
AGRI	AGRI	5,34	36,70	3,14	21,58
SOLO	AGRI	5,86	22,40	3,27	12,50
CORPAG	CORPAG	7,89	12,09	8,98	12,34
AGRO	SOLO	1,59	7,44	0,40	1,87
CAAT	SOLO	12,46	25,69	0,79	1,63
DUNA	SOLO	7,32	29,06	4,85	19,25
AGRI	SOLO	5,43	37,32	5,15	35,40
SOLO	SOLO	11,65	44,53	11,45	43,77

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 41 e figura 48, a sub-bacia 15 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária e a agricultura irrigada se expandiram 5,2% e 1,4%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 238,8 km² e, em 2003, apresentou 285,02 km² de agropecuária e em 1996 a 56,52 km² e, em 2003, 68,77 km² de agricultura irrigada. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, corpos d'água e o solo exposto decresceram 0,4%, 1,3% e 4,9%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 177,94 km² e, em 2003, a 174,38 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996, a 226,39 km² e, em 2003, 215,12 km² de corpos d'água e, em 1996, a 186,2 km² e, em 2003, 142,56 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 42. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 61,44 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 238,8 km². Constatamos que 25,73% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

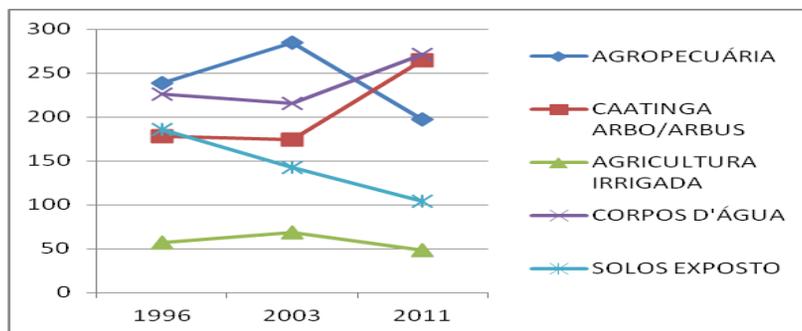
O quadro 41 e a figura 48 corresponde a sub-bacia 15. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária, agricultura irrigada e solo exposto decresceram 4,7%, 0,9% e 9,2%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 238,8 km² e, em 2011, a 197,11 km² de agropecuária. Em 1996, a área correspondia a 56,52 km² e, em 2011, a 48,41 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 186,2 km² e, em 2011, a 104,3 km² de solo exposto. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva e os corpos d'água se expandiram 9,7% e 5,1%. Em 1996, a área correspondia a 177,94 km² e, em 2011, a 264,27 km² de caatinga arbórea/arbustiva e, em 1996, a 226,39 km² e, em 2011, a 271,76 km² de corpos d'água.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 42. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 119,35 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 238,8 km². Constatamos que 49,98% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 41: Área da sub-bacia número 15 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	Área 2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	238,8	27,0	285,02	32,2	197,11	22,3
CAATINGA ARBO/ARBUS	177,94	20,1	174,38	19,7	264,27	29,8
AGRICULTURA IRRIGADA	56,52	6,4	68,77	7,8	48,41	5,5
CORPOS D'ÁGUA	226,39	25,6	215,12	24,3	271,76	30,7
SOLOS EXPOSTO	186,2	21,0	142,56	16,1	104,3	11,8
TOTAL	885,85	100	885,85	100	885,85	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-4,7	-9,9	5,2			
CAATINGA ARBO/ARBUS	9,7	10,1	-0,4			
AGRICULTURA IRRIGADA	-0,9	-2,3	1,4			
CORPOS D'ÁGUA	5,1	6,4	-1,3			
SOLOS EXPOSTO	-9,2	-4,3	-4,9			

Figura 48: Área da sub-bacia número 15 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 42: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 15.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	171,85	71,96	100,31	42,01
CAAT	AGRO	78,27	43,99	57,12	32,10
AGRI	AGRO	1,15	2,03	2,48	4,39
CORPAG	AGRO	2,34	4,56	3,67	4,32
SOLO	AGRO	7,68	4,12	11,32	6,08
AGRO	CAAT	61,44	25,73	119,35	49,98
CAAT	CAAT	81,20	45,63	98,48	55,34
AGRI	CAAT	2,61	4,62	5,74	10,16
CORPAG	CAAT	5,46	3,89	6,54	9,08
SOLO	CAAT	10,84	5,82	16,97	9,11
AGRO	AGRI	0,67	0,28	2,55	1,07
CAAT	AGRI	2,40	1,35	3,15	1,77
AGRI	AGRI	17,42	30,82	9,86	17,45
CORPAG	AGRI	14,56	26,76	7,67	14,78
SOLO	AGRI	32,46	17,43	23,67	12,71
AGRO	CORPAG	24,78	26,65	6,75	1,00
CAAT	CORPAG	22,12	21,12	4,85	1,90
AGRI	CORPAG	16,56	28,98	8,86	18,89
CORPAG	CORPAG	13,21	19,08	5,77	15,78
SOLO	CORPAG	9,87	18,87	25,68	16,70
AGRO	SOLO	0,26	0,11	0,67	0,28
CAAT	SOLO	1,63	0,92	0,84	0,47
AGRI	SOLO	12,98	22,97	8,02	14,19
CORPAG	SOLO	45,67	18,97	9,08	12,34
SOLO	SOLO	73,42	39,43	25,07	13,46

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 43 e figura 49, a sub-bacia 16 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária e o solo exposto decresceram 0,7% e 0,6%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 5,75 km² e, em 2003, apresentou 4,74 km² de agropecuária e em 1996 a 8,23 km² e em 2003 7,4 km² de solo exposto. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, agricultura irrigada e corpos d'água se expandiram 0,3%, 0,2% e 0,8%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 1,51 km² e, em 2003, a 1,92 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996, a 2,42 km² e, em 2003, 2,75 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 124,87 km² e, em 2003, 125,97 km² de corpos d'água.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 44. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 1,09 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 5,75 km². Constatamos que 18,96% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

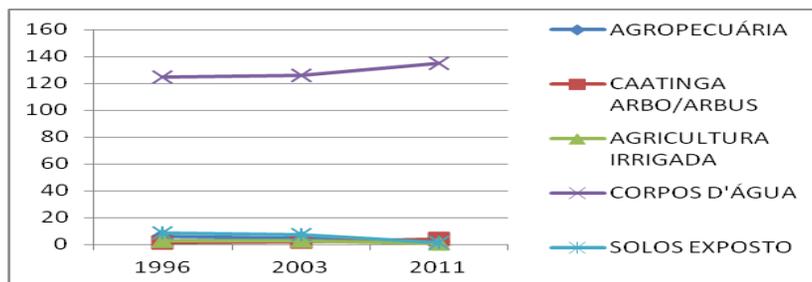
O quadro 43 e a figura 49 corresponde a sub-bacia 16. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária, agricultura irrigada e solo exposto decresceram 2,6%, 1,4% e 4,7%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 5,75 km² e, em 2011, a 2,05 km² de agropecuária. Em 1996, a área correspondia a 2,42 km² e, em 2011, a 0,49 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 8,23 km² e, em 2011, a 1,45 km² de solo exposto. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva e os corpos d'água se expandiram 1,8% e 6,9%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 1,51 km² e, em 2011, a 4,12 km² de caatinga arbórea/arbustiva e, em 1996, a 124,87 km² e, em 2011, a 134,67 km² de corpos d'água.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 44. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 3,41 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 5,75 km². Constatamos que 59,30% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 43: Área da sub-bacia número 16 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	Área 2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	5,75	4,0	4,74	3,3	2,05	1,4
CAATINGA ARBO/ARBUS	1,51	1,1	1,92	1,3	4,12	2,9
AGRICULTURA IRRIGADA	2,42	1,7	2,75	1,9	0,49	0,3
CORPOS D'ÁGUA	124,87	87,5	125,97	88,2	134,67	94,3
SOLOS EXPOSTO	8,23	5,8	7,4	1,45	1,45	1,0
TOTAL	142,78	100	142,78	100	142,78	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-2,6	-1,9	-0,7			
CAATINGA ARBO/ARBUS	1,8	1,5	0,3			
AGRICULTURA IRRIGADA	-1,4	-1,6	0,2			
CORPOS D'ÁGUA	6,9	6,1	0,8			
SOLOS EXPOSTO	-4,7	-4,2	-0,6			

Figura 49: Área da sub-bacia número 16 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 44: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 16.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	4,56	79,30	1,88	32,70
CAAT	AGRO	0,12	7,95	0,07	4,64
AGRI	AGRO	0,00	0,00	0,01	0,41
CORPAG	AGRO	0,09	0,08	0,04	0,01
SOLO	AGRO	0,02	0,24	0,08	0,97
AGRO	CAAT	1,09	18,96	3,41	59,30
CAAT	CAAT	0,39	25,83	0,29	19,21
AGRI	CAAT	0,01	0,41	0,07	2,89
CORPAG	CAAT	-	-	-	-
SOLO	CAAT	0,40	4,86	0,15	1,82
AGRO	AGRI	0,00	0,00	-	-
CAAT	AGRI	0,30	19,87	-	-
AGRI	AGRI	0,76	31,40	0,11	4,55
CORPAG	AGRI	1,23	43,89	0,33	1,87
SOLO	AGRI	1,54	18,71	0,43	5,22
AGRO	CORPAG	12,45	20,87	16,78	26,76
CAAT	CORPAG	11,45	24,49	12,17	32,43
AGRI	CORPAG	10,98	47,56	10,76	19,08
CORPAG	CORPAG	9,09	16,41	17,65	22,23
SOLO	CORPAG	13,45	15,43	16,54	21,76
AGRO	SOLO	-	-	-	-
CAAT	SOLO	0,01	0,66	-	-
AGRI	SOLO	0,76	31,40	0,01	0,41
CORPAG	SOLO	-	-	-	-
SOLO	SOLO	2,45	29,77	0,98	11,91

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 45 e figura 50, a sub-bacia 17 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária e o solo exposto decresceram 1,3% e 0,7%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 57,5 km² e, em 2003, apresentou 54,41 km² de agropecuária e, em 1996, a 28,2 km² e, em 2003, 26,6 km² de solo exposto. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, agricultura irrigada e corpos d'água se expandiram 1,0%, 0,8% e 0,2%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 10,6 km² e, em 2003, a 13 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996, a 10,59 km² e, em 2003, 12,35 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 125,52 km² e, em 2003, 126,05 km² de corpos d'água.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 46. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 7,60 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 57,5 km². Constatamos que 13,22% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

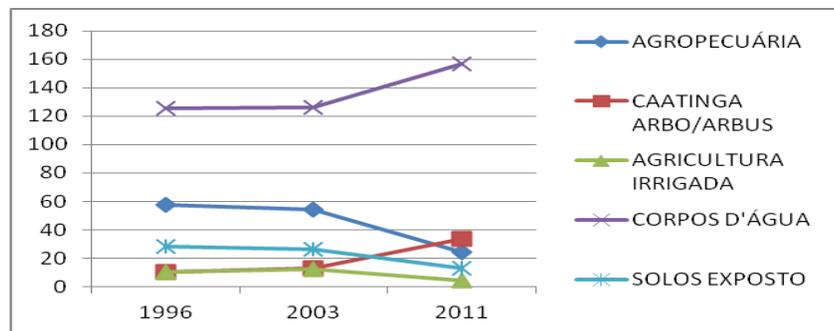
O quadro 45 e a figura 50 corresponde a sub-bacia 17. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária, agricultura irrigada e solo exposto decresceram 14,4%, 2,6% e 6,4%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 57,5 km² e, em 2011, a 24,04 km² de agropecuária. Em 1996, a área correspondia a 10,59 km² e, em 2011, a 4,55 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 28,2 km² e, em 2011, a 13,25 km² de solo exposto. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva e os corpos d'água se expandiram 9,9% e 13,5%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 10,6 km² e, em 2011, a 33,7 km² de caatinga arbórea/arbustiva e, em 1996, a 125,52 km² e, em 2011, a 156,87 km² de corpos d'água.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 46. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 25 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 57,5 km². Constatamos que 43,48% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 45: Área da sub-bacia número 17 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	Área 2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	57,5	24,7	54,41	23,4	24,04	10,3
CAATINGA ARBO/ARBUS	10,6	4,6	13	5,6	33,7	14,5
AGRICULTURA IRRIGADA	10,59	4,6	12,35	5,3	4,55	2,0
CORPOS D'ÁGUA	125,52	54,0	126,05	54,2	156,87	67,5
SOLOS EXPOSTO	28,2	12,1	26,6	11,4	13,25	5,7
TOTAL	232,41	100	232,41	100	232,41	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-14,4	-13,1	-1,3			
CAATINGA ARBO/ARBUS	9,9	8,9	1,0			
AGRICULTURA IRRIGADA	-2,6	-3,4	0,8			
CORPOS D'ÁGUA	13,5	13,3	0,2			
SOLOS EXPOSTO	-6,4	-5,7	-0,7			

Figura 50: Área da sub-bacia número 17 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 46: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 17.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	47,69	82,94	19,66	34,19
CAAT	AGRO	4,82	45,47	2,33	21,98
AGRI	AGRO	0,18	1,70	0,31	2,93
CORPAG	AGRO	4,33	10,98	5,45	11,23
SOLO	AGRO	0,50	1,77	0,71	2,52
AGRO	CAAT	7,60	13,22	25,00	43,48
CAAT	CAAT	2,80	26,42	4,23	39,91
AGRI	CAAT	0,29	2,74	0,68	6,42
CORPAG	CAAT	0,76	1,56	0,99	3,22
SOLO	CAAT	0,90	3,19	1,76	6,24
AGRO	AGRI	0,50	0,87	0,14	0,24
CAAT	AGRI	0,55	5,19	0,10	0,94
AGRI	AGRI	3,04	28,71	1,13	10,67
CORPAG	AGRI	0,55	1,34	0,67	1,03
SOLO	AGRI	5,45	19,33	2,67	9,47
AGRO	CORPAG	10,23	22,67	18,78	9,87
CAAT	CORPAG	11,33	24,09	17,65	8,76
AGRI	CORPAG	12,56	25,65	16,54	9,54
CORPAG	CORPAG	10,98	28,78	19,87	9,21
SOLO	CORPAG	10,90	27,86	20,09	10,87
AGRO	SOLO	0,27	0,47	2,23	3,88
CAAT	SOLO	0,25	2,36	0,58	5,47
AGRI	SOLO	2,37	22,38	2,34	22,10
CORPAG	SOLO	3,21	6,54	5,43	18,76
SOLO	SOLO	6,56	23,26	5,45	19,33

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 47 e figura 51, a sub-bacia 18 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária, agricultura irrigada e o solo exposto se expandiram 5,0%, 0,6% e 0,4%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 315,69 km² e, em 2003, apresentou 348,21 km² de agropecuária, em 1996 a 27,18 km² e, em 2003, 30,86 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 67,32 km² e, em 2003, 69,87 km² de solo exposto. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva e corpos d'água decresceram 4,3% e 1,6%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 188,68 km² e, em 2003, a 160,63 km² de caatinga arbórea/arbustiva e, em 1996, a 56,26 km² e, em 2003, 45,56 km² de corpos d'água.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 48. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 70,86 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 315,69 km². Constatamos que 22,45% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

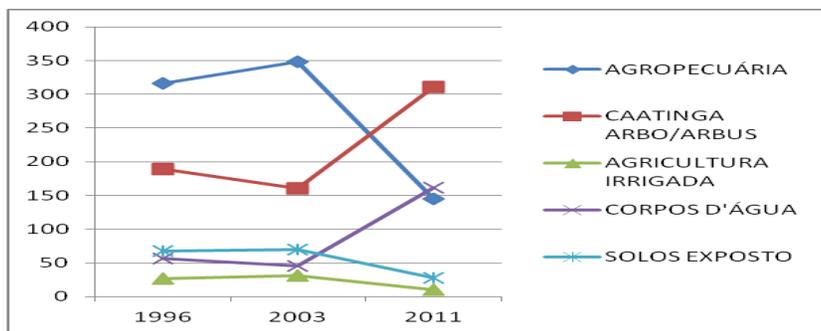
O quadro 47 e a figura 51 corresponde a sub-bacia 18. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária, agricultura irrigada e solo exposto decresceram 26,0%, 2,6% e 6,1%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 315,69 km² e, em 2011, a 145,12 km² de agropecuária. Em 1996, a área correspondia a 27,18 km² e, em 2011, a 10,45 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 67,32 km² e, em 2011, a 27,67 km² de solo exposto. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva e corpos d'água se expandiram 18,6% e 16,1%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 188,68 km² e, em 2011, a 310,26 km² de caatinga arbórea/arbustiva e, em 1996, a 56,26 km² e, em 2011, a 161,13 km² de corpos d'água.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 48. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 207,79 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 315,69 km². Constatamos que 65,82% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 47: Área da sub-bacia número 18 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	Área 2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	315,69	48,2	348,21	53,2	145,12	22,2
CAATINGA ARBO/ARBUS	188,68	28,8	160,63	24,5	310,26	47,4
AGRICULTURA IRRIGADA	27,18	4,1	30,86	4,7	10,45	1,6
CORPOS D'ÁGUA	56,26	8,6	45,56	7,0	161,63	24,7
SOLOS EXPOSTO	67,32	10,3	69,87	10,7	27,67	4,2
TOTAL	655,13	100	655,13	100	655,13	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-26,0	-31,0	5,0			
CAATINGA ARBO/ARBUS	18,6	22,8	-4,3			
AGRICULTURA IRRIGADA	-2,6	-3,1	0,6			
CORPOS D'ÁGUA	16,1	17,7	-1,6			
SOLOS EXPOSTO	-6,1	-6,4	0,4			

Figura 51: Área da sub-bacia número 18 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 48: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 18.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	237,66	75,28	88,98	28,19
CAAT	AGRO	89,92	47,66	26,33	13,95
AGRI	AGRO	1,39	5,11	3,98	14,64
CORPAG	AGRO	3,25	4,32	5,67	13,24
SOLO	AGRO	5,43	8,07	10,87	16,15
AGRO	CAAT	70,86	22,45	207,79	65,82
CAAT	CAAT	67,04	35,53	147,34	78,09
AGRI	CAAT	1,84	6,77	7,67	28,22
CORPAG	CAAT	0,67	1,45	4,78	21,23
SOLO	CAAT	6,89	10,23	18,98	28,19
AGRO	AGRI	0,85	0,27	0,75	0,24
CAAT	AGRI	3,71	1,97	0,87	0,46
AGRI	AGRI	7,80	28,70	2,40	8,83
CORPAG	AGRI	4,32	19,06	1,98	6,43
SOLO	AGRI	14,32	21,27	5,21	7,74
AGRO	CORPAG	23,32	18,56	32,56	6,56
CAAT	CORPAG	24,56	17,65	31,21	7,89
AGRI	CORPAG	22,78	16,54	29,80	5,43
CORPAG	CORPAG	21,78	18,90	27,68	7,65
SOLO	CORPAG	19,87	17,86	24,56	3,45
AGRO	SOLO	0,57	0,18	0,23	0,07
CAAT	SOLO	5,22	2,77	0,14	0,07
AGRI	SOLO	4,15	15,27	0,62	2,28
CORPAG	SOLO	4,55	16,78	1,21	2,21
SOLO	SOLO	18,43	27,38	3,89	5,78

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 49 e figura 52, a sub-bacia 19 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu 6,3%. Em 1996, a área correspondia a 295,52 km² e, em 2003, apresentou 266,25 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 2,5%. Em 1996, a área correspondia a 51,28 km² e, em 2003, a 62,78 km². A agricultura irrigada, corpos d'água e o solo exposto se expandiram 0,5%, 0,7% e 2,6%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 38,27 km² e, em 2003, a 40,72 km² de agricultura irrigada, em 1996, a 33,57 km² e, em 2003, 36,94 km² de corpos d'água e, em 1996, a 42,88 km² e, em 2003, 54,83 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 50. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 37,83 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 295,52 km². Constatamos que 12,80% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

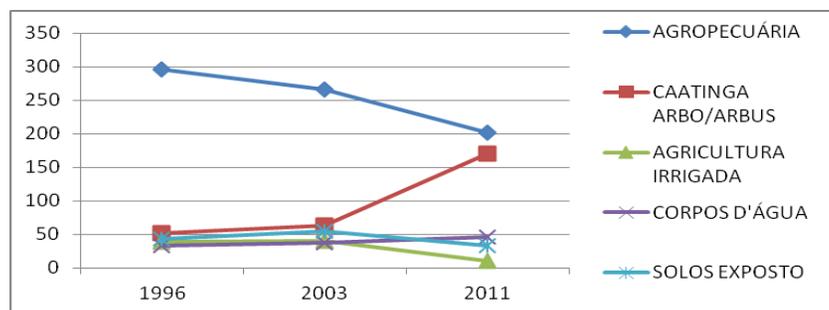
O quadro 49 e a figura 52 corresponde a sub-bacia 19. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária decresceu 20,3%. Em 1996, a área correspondia a 295,52 km² e, em 2011, a 201,89 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva e os corpos d'água se expandiram 25,6% e 2,7%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 51,28 km² e, em 2011, a 169,65 km² de caatinga arbórea/arbustiva e, em 1996, a 33,57 km² e, em 2011, a 46,00 km² de corpos d'água. A agricultura irrigada e solo exposto decresceram, variando 6,0% e 2,0%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 38,27 km² e, em 2011, a 10,5 km² de agricultura irrigada e, em 1996, a 42,88 km² e, em 2011, a 33,48 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 50. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 107,66 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 295,52 km². Constatamos que 36,43% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 49: Área da sub-bacia número 19 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	Área 2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	295,52	64,0	266,25	57,7	201,89	43,7
CAATINGA ARBO/ARBUS	51,28	11,1	62,78	13,6	169,65	36,8
AGRICULTURA IRRIGADA	38,27	8,3	40,72	8,8	10,5	2,3
CORPOS D'ÁGUA	33,57	7,3	36,94	8,0	46,00	10,0
SOLOS EXPOSTO	42,88	9,3	54,83	11,9	33,48	7,3
TOTAL	461,52	100	461,52	100	461,52	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-20,3	-13,9	-6,3			
CAATINGA ARBO/ARBUS	25,6	23,2	2,5			
AGRICULTURA IRRIGADA	-6,0	-6,5	0,5			
CORPOS D'ÁGUA	2,7	2,0	0,7			
SOLOS EXPOSTO	-2,0	-4,6	2,6			

Figura 52: Área da sub-bacia número 19 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 50: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 19.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	239,07	80,90	175,83	59,50
CAAT	AGRO	18,22	35,53	16,24	31,67
AGRI	AGRO	0,70	1,83	1,41	3,68
CORPAG	AGRO	1,45	1,33	0,76	2,34
SOLO	AGRO	2,48	5,78	2,94	6,86
AGRO	CAAT	37,83	12,80	107,66	36,43
CAAT	CAAT	12,92	25,20	25,67	50,06
AGRI	CAAT	1,64	4,29	8,56	22,37
CORPAG	CAAT	0,45	3,45	4,56	6,78
SOLO	CAAT	3,63	8,47	12,32	28,73
AGRO	AGRI	1,69	0,57	0,77	0,26
CAAT	AGRI	3,64	7,10	1,14	2,22
AGRI	AGRI	14,99	39,17	3,65	9,54
CORPAG	AGRI	12,34	33,45	2,45	7,89
SOLO	AGRI	14,29	33,33	3,45	8,05
AGRO	CORPAG	12,23	22,34	15,67	25,67
CAAT	CORPAG	11,22	21,56	19,87	32,33
AGRI	CORPAG	10,87	20,98	20,98	34,56
CORPAG	CORPAG	13,67	24,56	13,00	21,23
SOLO	CORPAG	12,78	22,78	12,45	22,89
AGRO	SOLO	5,07	1,72	3,09	1,05
CAAT	SOLO	6,81	13,28	2,48	4,84
AGRI	SOLO	17,94	46,88	12,77	33,37
CORPAG	SOLO	13,45	40,98	15,67	33,21
SOLO	SOLO	17,04	39,74	11,30	26,35

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 51 e figura 53, a sub-bacia 20 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu 11,0%. Em 1996, a área correspondia a 294,84 km² e, em 2003, apresentou 239,23 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 6,6%. Em 1996, a área correspondia a 76,23 km² e, em 2003, a 109,29 km². A agricultura irrigada, corpos d'água e o solo exposto se expandiram 1,7%, 1,1% e 1,8%. Em 1996, a área correspondia a 33,99 km² e, em 2003, a 42,35 km² de agricultura irrigada, em 1996, a 51,83 km² e, em 2003, 57,13 km² de corpos d'água e, em 1996, a 47,13 km² e, em 2003, 56,02 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 52. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 67,36 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 294,84 km². Constatamos que 22,85% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

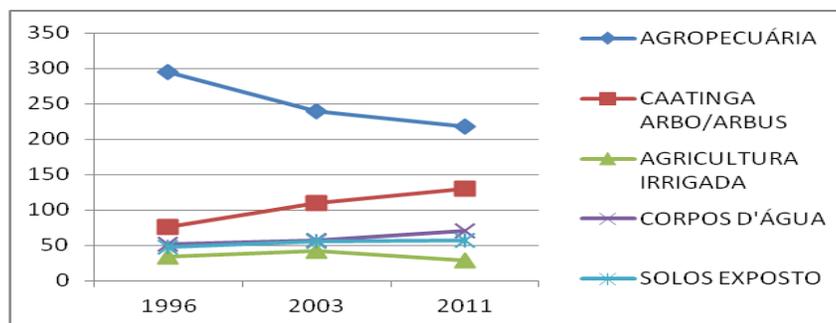
O quadro 51 e a figura 53 corresponde a sub-bacia 20. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária e agricultura irrigada decresceram 15,3% e 1,2%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 294,84 km² e, em 2011, a 217,97 km² de agropecuária e em 1996 a 33,99 km² e, em 2011, a 28,08 km² de agricultura irrigada. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva, corpos d'água e o solo exposto se expandiram, variando 10,7%, 3,7% e 1,9%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 76,23 km² e, em 2011, a 130,32 km² de caatinga arbórea/arbustiva, em 1996, a 51,83 km² e, em 2011, 70,73 km² de corpos d'água e, em 1996, a 47,13 km² e, em 2011, a 56,92 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 52. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 76,69 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 294,84 km². Constatamos que 26,01% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 51: Área da sub-bacia número 20 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	294,84	58,5	239,23	47,5	217,97	43,2
CAATINGA ARBO/ARBUS	76,23	15,1	109,29	21,7	130,32	25,9
AGRICULTURA IRRIGADA	33,99	6,7	42,35	8,4	28,08	5,6
CORPOS D'ÁGUA	51,83	10,3	57,13	11,3	70,73	14,0
SOLOS EXPOSTO	47,13	9,4	56,02	11,1	56,92	11,3
TOTAL	504,02	100	504,02	100	504,02	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-15,3	-4,2	-11,0			
CAATINGA ARBO/ARBUS	10,7	4,2	6,6			
AGRICULTURA IRRIGADA	-1,2	-2,8	1,7			
CORPOS D'ÁGUA	3,7	2,7	1,1			
SOLOS EXPOSTO	1,9	0,2	1,8			

Figura 53: Área da sub-bacia número 20 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 52: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 20.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	199,29	67,59	192,27	65,21
CAAT	AGRO	25,99	34,09	18,64	24,45
AGRI	AGRO	0,76	2,24	0,42	1,24
CORPAG	AGRO	1,56	2,98	1,98	3,21
SOLO	AGRO	3,37	7,16	1,66	3,52
AGRO	CAAT	67,36	22,85	76,69	26,01
CAAT	CAAT	21,15	27,74	30,25	39,68
AGRI	CAAT	2,44	7,18	2,08	6,12
CORPAG	CAAT	3,67	5,46	5,67	3,45
SOLO	CAAT	6,50	13,79	6,28	13,32
AGRO	AGRI	2,03	0,69	1,60	0,54
CAAT	AGRI	4,95	6,49	2,39	3,14
AGRI	AGRI	13,90	40,89	11,04	32,48
CORPAG	AGRI	11,21	34,56	10,76	29,76
SOLO	AGRI	13,84	29,37	9,28	19,69
AGRO	CORPAG	16,78	26,76	13,56	19,87
CAAT	CORPAG	13,45	24,54	15,67	18,76
AGRI	CORPAG	29,87	22,87	19,87	17,65
CORPAG	CORPAG	32,32	29,87	13,60	14,34
SOLO	CORPAG	12,45	23,98	12,12	12,09
AGRO	SOLO	7,54	2,56	6,59	2,24
CAAT	SOLO	10,01	13,13	8,04	10,55
AGRI	SOLO	12,34	36,30	14,47	42,57
CORPAG	SOLO	12,98	30,00	13,44	35,67
SOLO	SOLO	14,88	31,57	16,88	35,82

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

De acordo com o quadro 53 e figura 54, a sub-bacia 21 apresenta variações significativas em relação às mudanças dos seus usos ocorridas no período de 1996 a 2003, onde a agropecuária decresceu 25,2%. Em 1996, a área correspondia a 242,25 km² e, em 2003, apresentou 149,52 km². A vegetação caatinga arbórea/arbustiva expandiu 30,4%. Em 1996, a área correspondia a 40,74 km² e, em 2003, a 152,91 km². A agricultura irrigada, corpos d'água e o solo exposto decresceram 3,2%, 0,5% e 1,5%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 31,58 km² e, em 2003, a 19,65 km² de agricultura irrigada, em 1996, a 23,17 km² e, em 2003, 21,17 km² de corpos d'água e, em 1996, a 30,64 km² e, em 2003, 25,13 km² de solo exposto.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2003, quadro 54. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2003 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 117,09 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 242,25 km². Constatamos que 48,33% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

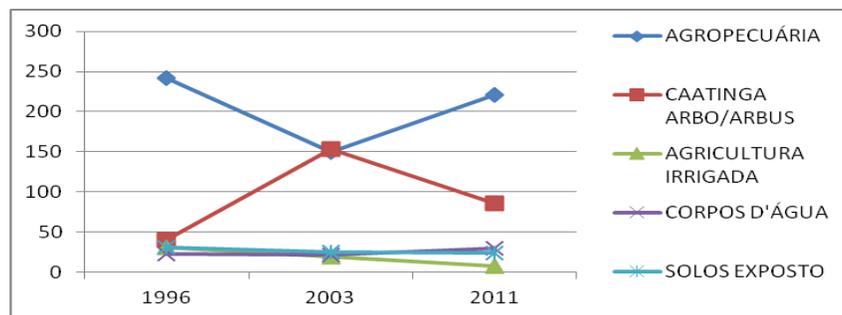
O quadro 53 e a figura 54 corresponde a sub-bacia 21. Variações muito significativas ocorreram no período de 1996 a 2011, onde a agropecuária, agricultura irrigada e solo exposto decresceram, variando 5,9%, 6,6% e 1,7%. Em 1996, a área correspondia a 242,25 km² e, em 2011, a 220,36 km² de agropecuária e, em 1996, a 31,58 km² e, em 2011, a 7,28 km² de agricultura irrigada e 30,64 km² em 1996 e 24,5 km² em 2011 de solo exposto. A vegetação caatinga arbórea/arbustiva e corpos d'água expandiram 12,4% e 1,9%, respectivamente. Em 1996, a área correspondia a 40,74 km² e, em 2011, a 86,25 km² de caatinga arbórea/arbustiva e, em 1996, a 23,17 km² e, em 2011, a 29,99 km² de corpos d'água.

Para analisar a dinâmica da variação do uso e cobertura, gerou-se uma tabela correspondente aos anos de 1996 e 2011, quadro 54. Em 1996, onde existia agropecuária, foi convertido em 2011 para caatinga arbórea/arbustiva. A classe da caatinga arbórea/arbustiva cobre 48,81 km² e para demonstrar esta variação dividiu-se este valor pela área da cobertura original de agropecuária que era de 242,25 km². Constatamos que 20,15% da cobertura original de agropecuária, transformou-se em caatinga arbórea/arbustiva.

Quadro 53: Área da sub-bacia número 21 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011.

Uso e Cobertura da Terra	1996 km ²	1996 %	2003 km ²	2003 %	2011 km ²	2011 %
AGROPECUÁRIA	242,25	65,8	149,52	40,6	220,36	59,8
CAATINGA ARBO/ARBUS	40,74	11,1	152,91	41,5	86,25	23,4
AGRICULTURA IRRIGADA	31,58	8,6	19,65	5,3	7,28	2,0
CORPOS D'ÁGUA	23,17	6,3	21,17	5,7	29,99	8,1
SOLOS EXPOSTO	30,64	8,3	25,13	6,8	24,5	6,7
TOTAL	368,38	100	368,38	100	368,38	100
Uso e Cobertura da Terra	2011 - 1996 Mudanças (%)	2011 - 2003 Mudanças (%)	2003 - 1996 Mudanças (%)			
AGROPECUÁRIA	-5,9	19,2	-25,2			
CAATINGA ARBO/ARBUS	12,4	-18,1	30,4			
AGRICULTURA IRRIGADA	-6,6	-3,4	-3,2			
CORPOS D'ÁGUA	1,9	2,4	-0,5			
SOLOS EXPOSTO	-1,7	-0,2	-1,5			

Figura 54: Área da sub-bacia número 21 com suas classes de uso e cobertura das terras nos anos de 1996, 2003 e 2011, em Km².



Quadro 54: Valores das mudanças dos usos entre o período de estudo e a sub-bacia 21.

LEGENDA*	LEGENDA	KM ² (96-03)	% mudança 96-03	KM ² (96-11)	% mudança 96-11
AGRO	AGRO	117,92	48,68	188,30	77,73
CAAT	AGRO	13,90	34,12	18,87	46,32
AGRI	AGRO	3,36	10,64	2,55	8,07
CORPAG	AGRO	2,34	9,87	1,94	7,67
SOLO	AGRO	5,98	19,52	4,29	14,00
AGRO	CAAT	117,09	48,33	48,81	20,15
CAAT	CAAT	20,32	49,88	16,73	41,07
AGRI	CAAT	3,62	11,46	4,73	14,98
CORPAG	CAAT	2,76	3,45	3,91	12,35
SOLO	CAAT	5,06	16,51	7,25	23,66
AGRO	AGRI	0,50	0,21	0,35	0,14
CAAT	AGRI	0,91	2,23	0,29	0,71
AGRI	AGRI	9,68	30,65	3,49	11,05
CORPAG	AGRI	7,68	24,34	2,56	10,76
SOLO	AGRI	6,89	22,49	2,66	8,68
AGRO	CORPAG	7,67	20,98	7,67	15,56
CAAT	CORPAG	8,43	21,34	5,67	14,43
AGRI	CORPAG	9,54	22,56	9,22	13,98
CORPAG	CORPAG	5,67	23,45	8,54	12,09
SOLO	CORPAG	7,54	19,65	7,78	11,00
AGRO	SOLO	1,71	0,71	1,16	0,48
CAAT	SOLO	1,76	4,32	0,75	1,83
AGRI	SOLO	10,78	34,14	12,84	40,66
CORPAG	SOLO	7,77	29,65	10,76	31,54
SOLO	SOLO	8,21	26,80	7,98	26,04

*A legenda do quadro da tabulação cruzada segue a seguinte nomenclatura: AGRO = Agropecuária; CAAT = Caatinga arborea/arbustiva; AGRI = Agricultura Irrigada; SOLO = Solo exposto; DUNA = Dunas; CORPAG = Corpos D'Água; AREAU = Área Urbana;

CAPITULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise multitemporal realizada, neste estudo, mostrou a dinâmica do uso e cobertura das terras de uma região, primeiramente, demonstrando a abrangência de cada uso nos diferentes períodos, comparando, em seguida, seu comportamento de expansão ou supressão de coberturas, dependendo de fatores naturais ou socioeconômicos. Utilizando os dados cruzados foi possível verificar as categorias que mais se expandiram em relação às outras, se ocorreu ou não desmatamento, se ocorreu um reflorestamento, assim pôde-se identificar áreas que mais apresentaram mudanças ao longo dos anos estudados.

Foi importante estudar as sub-bacias para um melhor entendimento do processo de mudança multitemporal do uso e cobertura das terras, visto que se fez conveniente e oportuno analisar toda a área a partir de unidades territoriais de gestão de uso e cobertura da terra, já que cada sub-bacia possui uma unidade específica de morfometria, morfologia e geomorfologia.

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 1 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (39,47%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (72,03%), para o solo exposto (16,49%), para os corpos d'água (4,78%) e para a agricultura irrigada (6,71%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (67,06%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (48,29%), para o solo exposto (19,62%), para os corpos d'água (32,14%) e para a agricultura irrigada (10,36%). A agricultura irrigada perdeu áreas (82,57%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (49,39%), para a caatinga arbórea/arbustiva (12,02%), para os corpos d'água (35,82%) e para a agropecuária (2,76%). Os corpos d'água perderam áreas (89,64%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (17,14%), para a agricultura irrigada (22,52%) e para a agropecuária (4,84%) e para o solo exposto (55,51%). O solo exposto perdeu áreas (59,65%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (31,61%), para a agricultura irrigada (25,69%), para os corpos d'água (32,92%) e para a agropecuária (9,78%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 2 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (19,94%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (40,27%), para o solo exposto (15,02%), para os corpos d'água (42,75%) e para a agricultura irrigada (1,96%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (45,01%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (39,52%), para o solo exposto (18,42%), para os corpos d'água (40,35%) e para a agricultura irrigada (1,71%). A agricultura irrigada perdeu áreas (98,86%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (14,90%), para a caatinga arbórea/arbustiva (9,55%), para os corpos d'água (74,81%) e para a agropecuária (0,74%). Os corpos d'água perderam áreas (61,99%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (48,35%), para a agricultura irrigada (17,70%) e para a agropecuária (13,79%) e para o solo exposto (20,16%). O solo exposto perdeu áreas (53,84%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (30,25%), para a agricultura irrigada (5,16%), para os corpos d'água (62,95%) e para a agropecuária (1,64%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 3 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (22,27%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (55,06%), para o solo exposto (27,37%), para os corpos d'água (16,01%) e para a agricultura irrigada (1,56%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (51,02%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (70,70%), para o solo exposto (3,90%), para os corpos d'água (24,56%) e para a agricultura irrigada (0,84%). A agricultura irrigada perdeu áreas (95,40%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (12,07%), para a caatinga arbórea/arbustiva (7,54%), para os corpos d'água (80,24%) e para a agropecuária (0,15%). Os corpos d'água perderam áreas (65,46%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (20,93%), para a agricultura irrigada (9,69%) e para a agropecuária (9,69%) e para o solo exposto (59,69%). O solo exposto perdeu áreas (68,54%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (33,71%), para a agricultura irrigada (4,10%), para os corpos d'água (61,05%) e para a agropecuária (1,14%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 4 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (22,60%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (45,34%), para o solo exposto (46,31%), para os

corpos d'água (6,82%) e para a agricultura irrigada (1,52%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (40,03%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (53,77%), para o solo exposto (31,03%), para os corpos d'água (13,24%) e para a agricultura irrigada (1,96%). A agricultura irrigada perdeu áreas (96,90%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (33,37%), para a caatinga arbórea/arbustiva (22,38%), para os corpos d'água (40,36%) e para a agropecuária (3,90%). Os corpos d'água perderam áreas (68,27%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (16,76%), para a agricultura irrigada (2,00%) e para a agropecuária (37,90%) e para o solo exposto (43,33%). O solo exposto perdeu áreas (66,38%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (60,05%), para a agricultura irrigada (4,40%), para os corpos d'água (27,61%) e para a agropecuária (7,94%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 5 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (60,28%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (72,20%), para o solo exposto (20,94%), para os corpos d'água (5,22%) e para a agricultura irrigada (1,64%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (68,49%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (52,92%), para o solo exposto (23,03%), para os corpos d'água (20,55%) e para a agricultura irrigada (3,49%). A agricultura irrigada perdeu áreas (93,28%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (33,35%), para a caatinga arbórea/arbustiva (5,60%), para os corpos d'água (59,70%) e para a agropecuária (1,35%). Os corpos d'água perderam áreas (65,21%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (4,72%), para a agricultura irrigada (9,01%) e para a agropecuária (65,30%) e para o solo exposto (20,96%). O solo exposto perdeu áreas (60,36%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (18,91%), para a agricultura irrigada (14,74%), para os corpos d'água (62,50%) e para a agropecuária (3,85%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 6 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (67,74%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (90,87%), para o solo exposto (4,61%), para os corpos d'água (2,52%) e para a agricultura irrigada (1,54%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (57,62%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (63,76%), para o solo exposto (15,45%), para os corpos d'água (15,58%) e para a

agricultura irrigada (4,67%). A agricultura irrigada perdeu áreas (89,70%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (28,91%), para a caatinga arbórea/arbustiva (16,91%), para os corpos d'água (45,59%) e para a agropecuária (8,37%). Os corpos d'água perderam áreas (38,58%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (48,06%) e para o solo exposto (51,94%). O solo exposto perdeu áreas (76,24%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (30,70%), para a agricultura irrigada (11,51%), para os corpos d'água (40,05%) e para a agropecuária (17,74%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 7 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (50,98%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (59,85%), para o solo exposto (17,43%), para os corpos d'água (15,26%), para área urbana (0,54%) e para a agricultura irrigada (6,93%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (74,12%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (35,14%), para o solo exposto (25,60%), para os corpos d'água (28,73%), para área urbana (0,71%) e para a agricultura irrigada (9,83%). A agricultura irrigada perdeu áreas (86,42%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (40,96%), para a caatinga arbórea/arbustiva (10,74%), para os corpos d'água (42,11%), para área urbana (0,48%) e para a agropecuária (5,71%). Os corpos d'água perderam áreas (17,55%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (99,15%) e para área urbana (0,85%). O solo exposto perdeu áreas (65,81%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (25,40%), para a agricultura irrigada (23,37%), para os corpos d'água (34,83%), para área urbana (1,23%) e para a agropecuária (15,17%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 8 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (36,08%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (82,63%), para o solo exposto (3,83%), para os corpos d'água (6,95%) e para a agricultura irrigada (6,59%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (70,51%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (61,07%), para o solo exposto (5,20%), para os corpos d'água (23,38%) e para a agricultura irrigada (10,35%). A agricultura irrigada perdeu áreas (85,60%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (11,50%), para a caatinga arbórea/arbustiva (7,94%), para os corpos d'água (77,94%) e para a agropecuária (2,62%). Os corpos d'água perderam áreas (51,83%) para outros usos e coberturas da

terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (29,58%), para a agricultura irrigada (48,79%) e para a agropecuária (21,63%). O solo exposto perdeu áreas (83,91%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (26,94%), para a agricultura irrigada (29,84%), para os corpos d'água (33,26%) e para a agropecuária (9,95%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 9 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (47,20%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (87,51%), para o solo exposto (3,23%), para os corpos d'água (5,20%) e para a agricultura irrigada (4,06%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (66,20%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (64,96%), para o solo exposto (6,93%), para os corpos d'água (16,39%) e para a agricultura irrigada (11,71%). A agricultura irrigada perdeu áreas (90,73%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (5,85%), para a caatinga arbórea/arbustiva (10,46%), para os corpos d'água (76,21%) e para a agropecuária (7,47%). Os corpos d'água perderam áreas (88,19%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (22,15%), para a agricultura irrigada (17,37%), para a agropecuária (10,34%) e para o solo exposto (50,13%). O solo exposto perdeu áreas (53,45%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (35,81%), para a agricultura irrigada (25,32%), para os corpos d'água (9,19%) e para a agropecuária (29,68%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 10 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (40,63%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (60,86%), para as dunas (18,52%), para a agricultura irrigada (15,22%) e para o solo exposto (5,40%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (77,10%) para outros usos e coberturas da terra: para as dunas (21,89%), para a agricultura irrigada (23,43%), para a agropecuária (47,27%) e para o solo exposto (7,40%). A agricultura irrigada perdeu áreas (60,43%) para outros usos e coberturas da terra: para as dunas (89,68%), para o solo exposto (2,36%), para a caatinga arbórea/arbustiva (6,49%), para a agropecuária (1,47%). O solo exposto perdeu áreas (46,52%) para outros usos e coberturas da terra: para as dunas (57,01%), para a agricultura irrigada (37,38%), para a caatinga arbórea/arbustiva (5,61%) e para a agropecuária (0,00%). As dunas perderam áreas (56,43%) para outros usos e coberturas da terra: para a agricultura irrigada (61,94%), para o solo exposto (23,87%), para a caatinga arbórea/arbustiva (10,75%) e para a agropecuária (3,44%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 11 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (48,00%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (40,98%), para o solo exposto (1,39%), para as dunas (28,54%), para os corpos d'água (19,35%) e para a agricultura irrigada (9,74%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (88,45%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (9,27%), para o solo exposto (2,58%), para as dunas (30,77%), para os corpos d'água (40,50%) e para a agricultura irrigada (16,88%). A agricultura irrigada perdeu áreas (64,44%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (7,82%), para a caatinga arbórea/arbustiva (0,62%), para os corpos d'água (23,29%), para as dunas (68,11%) e para a agropecuária (0,15%). As dunas perderam áreas (37,47%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (5,37%), para a agricultura irrigada (79,98%) e para a agropecuária (1,18%) e para o solo exposto (13,47%). O solo exposto perdeu áreas (91,80%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (0,12%), para a agricultura irrigada (49,04%) e para as dunas (50,84%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 12 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (46,47%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (60,30%), para o solo exposto (1,47%), para as dunas (20,32%), para os corpos d'água (8,89%) e para a agricultura irrigada (9,03%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (59,15%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (63,36%), para o solo exposto (2,17%), para as dunas (22,36%) e para a agricultura irrigada (12,11%). A agricultura irrigada perdeu áreas (66,75%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (6,98%), para a caatinga arbórea/arbustiva (5,67%), para os corpos d'água (19,97%), para as dunas (65,51%) e para a agropecuária (1,86%). As dunas perderam áreas (35,81%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (23,30%), para a agricultura irrigada (58,74%) e para a agropecuária (9,06%) e para o solo exposto (8,89%). O solo exposto perdeu áreas (85,65%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (2,79%), para a agricultura irrigada (59,71%), para as dunas (36,99%), e para a agropecuária (0,51%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 13 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (41,23%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (46,11%), para as dunas (19,60%), para a

agricultura irrigada (18,74%) e para o solo exposto (15,55%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (83,34%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (78,75%), para as dunas (8,17%), para a agricultura irrigada (6,39%) e para o solo exposto (6,69%). A agricultura irrigada perdeu áreas (70,82%) para outros usos e coberturas da terra: para as dunas (27,19%), para o solo exposto (61,38%), para a caatinga arbórea/arbustiva (6,34%), para a agropecuária (5,09%). O solo exposto perdeu áreas (33,53%) para outros usos e coberturas da terra: para a agricultura irrigada (55,22%), para as dunas (2,61%), para a caatinga arbórea/arbustiva (19,57%) e para a agropecuária (22,61%). As dunas perderam áreas (74,17%) para outros usos e coberturas da terra: para a agricultura irrigada (46,70%), para a caatinga arbórea/arbustiva (7,63%), para a agropecuária (9,01%) e para o solo exposto (36,66%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 14 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (24,64%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (66,40%), para as dunas (14,98%), para a agricultura irrigada (10,53%) e para o solo exposto (8,10%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (84,66%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (90,36%), para as dunas (4,51%), para a agricultura irrigada (3,07%) e para o solo exposto (2,06%). A agricultura irrigada perdeu áreas (71,06%) para outros usos e coberturas da terra: para as dunas (26,98%), para o solo exposto (66,80%), para a caatinga arbórea/arbustiva (3,63%), para a agropecuária (2,59%). O solo exposto perdeu áreas (29,32%) para outros usos e coberturas da terra: para a agricultura irrigada (68,84%), para as dunas (28,84%), para a caatinga arbórea/arbustiva (1,89%) e para a agropecuária (0,42%). As dunas perderam áreas (77,98%) para outros usos e coberturas da terra: para a agricultura irrigada (27,78%), para a caatinga arbórea/arbustiva (13,58%), para a agropecuária (21,41%) e para o solo exposto (37,22%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 15 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (56,32%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (92,29%), para o solo exposto (0,52%), para os corpos d'água (5,22%) e para a agricultura irrigada (1,97%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (40,11%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (86,60%), para o solo exposto (1,27%), para os corpos d'água (7,35%) e para a agricultura irrigada (4,78%). A agricultura irrigada perdeu áreas (71,80%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (31,95%), para a caatinga arbórea/arbustiva

(22,87%), para os corpos d'água (35,30%) e para a agropecuária (9,88%). Os corpos d'água perderam áreas (82,37%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (24,26%), para a agricultura irrigada (28,45%) e para a agropecuária (13,61%) e para o solo exposto (33,68%). O solo exposto perdeu áreas (75,59%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (21,86%), para a agricultura irrigada (30,49%), para os corpos d'água (33,08%) e para a agropecuária (14,58%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 16 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (91,48%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (16,89%) e para os corpos d'água (83,11%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (97,69%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (0,57%) e para os corpos d'água (99,43%). A agricultura irrigada perdeu áreas (99,00%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (0,09%), para a caatinga arbórea/arbustiva (0,65%), para os corpos d'água (99,17%) e para a agropecuária (0,09%). Os corpos d'água perderam áreas (2,05%) para outros usos e coberturas da terra: para a agricultura irrigada (89,19%) e para a agropecuária (10,81%). O solo exposto perdeu áreas (94,61%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (0,87%), para a agricultura irrigada (2,50%), para os corpos d'água (96,16%) e para a agropecuária (0,47%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 17 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (70,13%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (54,17%), para o solo exposto (4,83%), para os corpos d'água (40,69%) e para a agricultura irrigada (0,30%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (83,01%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (11,28%), para o solo exposto (2,81%), para os corpos d'água (85,43%) e para a agricultura irrigada (0,48%). A agricultura irrigada perdeu áreas (94,62%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (11,78%), para a caatinga arbórea/arbustiva (3,42%), para os corpos d'água (83,24%) e para a agropecuária (1,56%). Os corpos d'água perderam áreas (38,69%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (7,89%), para a agricultura irrigada (5,34%) e para a agropecuária (43,46%) e para o solo exposto (43,30%). O solo exposto perdeu áreas (82,24%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva

(6,98%), para a agricultura irrigada (10,58%), para os corpos d'água (79,63%) e para a agropecuária (2,81%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 18 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (73,06%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (86,10%), para o solo exposto (0,10%), para os corpos d'água (13,49%) e para a agricultura irrigada (0,31%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (28,44%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (44,97%), para o solo exposto (0,24%), para os corpos d'água (53,30%) e para a agricultura irrigada (1,49%). A agricultura irrigada perdeu áreas (94,60%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (1,47%), para a caatinga arbórea/arbustiva (18,23%), para os corpos d'água (70,83%) e para a agropecuária (9,46%). Os corpos d'água perderam áreas (33,01%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (35,04%), para a agricultura irrigada (14,52%), para a agropecuária (41,57%) e para o solo exposto (8,87%). O solo exposto perdeu áreas (93,87%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (31,83%), para a agricultura irrigada (8,74%), para os corpos d'água (8,74%) e para a agropecuária (18,23%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 19 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (41,97%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (84,65%), para o solo exposto (2,43%), para os corpos d'água (12,32%) e para a agricultura irrigada (0,61%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (60,75%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (40,88%), para o solo exposto (6,24%), para os corpos d'água (50,01%) e para a agricultura irrigada (2,87%). A agricultura irrigada perdeu áreas (92,29%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (29,21%), para a caatinga arbórea/arbustiva (19,58%), para os corpos d'água (47,99%) e para a agropecuária (3,23%). Os corpos d'água perderam áreas (64,32%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (19,45%), para a agricultura irrigada (10,45%), para a agropecuária (3,24%) e para o solo exposto (66,85%). O solo exposto perdeu áreas (73,39%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (39,54%), para a agricultura irrigada (11,07%), para os corpos d'água (39,96%) e para a agropecuária (9,44%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 20 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (25,33%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (76,41%), para o solo exposto (1,82%), para os corpos d'água (21,23%) e para a agricultura irrigada (0,55%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (68,02%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (53,04%), para o solo exposto (2,11%), para os corpos d'água (44,04%) e para a agricultura irrigada (0,82%). A agricultura irrigada perdeu áreas (91,97%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (32,11%), para a caatinga arbórea/arbustiva (11,83%), para os corpos d'água (49,69%) e para a agropecuária (6,38%). Os corpos d'água perderam áreas (70,08%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (17,80%), para a agricultura irrigada (33,78%), para a agropecuária (6,22%) e para o solo exposto (42,20%). O solo exposto perdeu áreas (76,73%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (27,55%), para a agricultura irrigada (10,11%), para os corpos d'água (46,05%) e para a agropecuária (16,30%).

No intervalo de tempo de 1996 a 2011 (15 anos), a sub-bacia 21 sofreu algumas mudanças como: a agropecuária perdeu áreas (32,49%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (82,86%), para o solo exposto (7,12%), para os corpos d'água (8,29%) e para a agricultura irrigada (1,73%). A caatinga arbórea/arbustiva perdeu áreas (53,45%) para outros usos e coberturas da terra: para a agropecuária (53,66%), para o solo exposto (23,14%), para os corpos d'água (16,32%) e para a agricultura irrigada (6,88%). A agricultura irrigada perdeu áreas (70,35%) para outros usos e coberturas da terra: para o solo exposto (55,25%), para a caatinga arbórea/arbustiva (7,94%), para os corpos d'água (35,20%) e para a agropecuária (1,60%). Os corpos d'água perderam áreas (69,18%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (20,40%), para a agricultura irrigada (13,35%) e para a agropecuária (10,12%) e para o solo exposto (56,13%). O solo exposto perdeu áreas (59,69%) para outros usos e coberturas da terra: para a caatinga arbórea/arbustiva (25,12%), para a agricultura irrigada (37,12%), para os corpos d'água (31,12%) e para a agropecuária (6,64%).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de Mudanças de Uso e Cobertura do Solo na Amazônia: Questões Gerais.** In: INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. São José dos Campos: INPE, 2002. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/tutoriais/modelagem/cap4_modelos_LUCC.pdf>.

ANDRADE, J. B.; OLIVEIRA T. S. **Análise espaço-temporal do uso da terra em parte do semiárido cearense.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28: 393-401, 2004.

ARAUJO, A. M.; **Identificação de áreas com potencialidades de escoamento e retenção hídrica: o caso do município de Teofilândia-BA.** 2011; Dissertação (Mestrado em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente) – Universidade Estadual de Feira de Santana – BA, 2011.

ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective.** Ottawa: WDL Publications, 1989. 294p.

ASSAD, E.D.; SANO, E. E. (Orgs.). **Sistema de Informações Geográficas. Aplicações na Agricultura.** 2. ed. Brasília: EMBRAPA – SPI / EMBRAPA – CPAC, 1998.

ATTANASIO, C.M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade.** 2004. 193p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BAHIA, **Superintendência de Recursos Hídricos (SRH).** CD ROM SIG Bahia, 2003.

BENEDETTI, A.C.P. **Análise Espacial da Evolução do Uso e Cobertura da Terra na Sub-Bacia Hidrográfica do Arroio Arenal, Santa Maria/RS.** 2006 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Santa Maria. Santa Maria, RS, 2006.

BOLFE, E.L. **Geoprocessamento aplicado à análise de recursos florestais estudo de caso: folha SH. 22-Y-A /DSG.** 2001. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Santa Maria. Santa Maria, RS, 2001.

BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In.: **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.p.153-192.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches.** Livro online (<http://rri.www.edu/webbook/briassoulis/contents.htm>), regional Research Institute, West Virginia University, 1999.

CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Princípios básicos em geoprocessamento.** In: ASSAD,E.D.; SANO, E. E. (Orgs.): Sistema de Informações Geográficas (Aplicações na agricultura).2. ed. Brasília-DF: Serviço de Produção de Informação – SPI; EMBRAPA-CPAC, 1998, p. 1– 11.

CAMARGO, Y.J.M. & OLIVEIRA, M.A. **Aplicativo integrado a uma sistema CAD para geração do modelo digital do terreno.** 2005. 106 f. Projeto final de estágio - Universidade Federal Goiás. 2005.

CÂMARA, G. & DAVIS, C. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>.

CECÍLIO,R.A.; REIS,E.F. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas.** Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

CENTENO, J. A. S. **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais.** Curitiba:Departamento de Geomática, Universidade Federal do Paraná – PR, 2003. 210 p.

CERQUEIRA, D.B. **Levantamento do estoque de carbono na vegetação com base em geotecnologias.** 114 f. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Feira de Santana. 2007.

CHAVEZ, P.S. **An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data.** Remote Sensing of Environment, 1988; vol. 24, pp. 459-479

CHRISMAN, N.R., 1997: **Exploring Geographic Information Systems.** John Wiley. 298pp. (First edition)

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edagard Blücher, 1999.

CPRM. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, Diagnóstico do Município de Casa Nova – Bahia.** Salvador: CPRM/PRODEEM, 2005. 28p.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Campinas:IG/UNICAMP, 1992.

DIAS, C.M.M.T. **Análise espacial de evolução do uso e cobertura da terra em Moçambique: estudo de caso, Distrito de Marracuense.** Belo Horizonte, 2010. 64f.: il.

DRUMOND, M. A. KIILL, L.H.P et al. **Avaliação e identificação de ações prioritária para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga.** EMBRAPA, documento para discussão no GT estratégias para o uso sustentável. Petrolina, 2000. 23 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília: EMBRAPA-SPI; Rio de Janeiro: EMBRAPA – Solos, 1999. xxvi, 412p. : il. –

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. xxvi, 412p. : il. –

EMBRAPA Semiárido. **Informações Agrometeorológicas do polo de Petrolina, PE/Juazeiro – 1963 a 2009**. TEIXEIRA, A. H. de C.; Petrolina, 2010. 21 p.

EMBRAPA, **Sistema de aptidão das terras para recuperação ambiental: uma metodologia de planejamento ambiental**. Wadt P.G.S, Oliveira L.C, Oliveira T.K. Cavalcante L. M. Rio Branco , AC: Embrapa Acre, 2004. 38 p. (Embrapa Acre. Documentos, 87)

EPA – United States Environmental Protection Agency. **Better Assessment Science Integrating point and Nonpoint Sources**. BASINS Version 4.0 User's Manual. 2010

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FELGUEIRAS, C.A.; CÂMARA, G. 2001. **Modelagem Numérica de Terreno. In Introdução à ciência da Geoinformação**. (ed) INPE, São José dos Campos – SP. pp. 07-36.

FERNANDES, M.R. e SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias** - Belo Horizonte: EMATERMG. 24p. 1994.

FITZ, P.R. **Cartografia Básica**. Canoas, RS:Centro Universitário La Salle, 2005.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97p.

FREIRE, M.S; RAMOS, R.D.; LOPES, H.L.; SOBRAL, M.C.; MONTENEGRO, S.M.G.L. & ACCIOLY, L.J.O. **Avaliação do uso e cobertura do solo na bacia do Pajeú – Pernambuco**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril 05 de maio de 2011, INPE p.1403.

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 31/10/2012

IBGE – (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

_____.(Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), **Manuais Técnicos em Geociências. Manual de Uso da Terra**. 2 ed. Rio de Janeiro, n.87, 2006.

_____.Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. (Séries Manuais técnicos em Geociências, n.1)

_____. Censo demográfico. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. Produção agrícola municipal. Disponível em: http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_formato2.aspx?CodInformacao=471&Cod=3 >o Acesso em 13-09-2012.

_____. Produção pecuária municipal. Disponível em: http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_formato2.aspx?CodInformacao=473&Cod=3 > Acesso em 13-09-2012.

_____. LANDSAT: Divisão de Geração de Imagens. São José dos Campos, SP, INPE. Disponível em: <<http://www.inpe.br>> Acesso em: 11-02-2012.

JENSEN, J. R.; EPIPHANIO, J. C. N. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009. 598 p.

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

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley e Sons Inc., 1994.

LIMA, G. M.; DIAS, L. F.; VALE, R. M. C.; **Mapeamento geomorfológico como subsídio ao estudo da desertificação no Norte da Bahia**. Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.588 – 598, 2012.

MARTINS, F.B. et al. **Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS)**. Estudo de caso. Cerne, Lavras, v.11, n.3, p.315-322, jul./set. 2005.

MARKOSKI, P.R.; ROLIM, S.B.A. **Mapping amethyst mineralizations using classification techniques in aster images: a case study in Ametista do Sul, Rio Grande do Sul state, Brazil**. Barcelona. 2006.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de; **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, DF. 2012, 266 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: Ed. da UFV, 2005.

MOREIRA, F. M. S., SIQUEIRA, J. O., BRUSSARD, L. **Soil organisms in tropical Ecosystems: a key role for Brazil in the global quest for the conservation and sustainable use of biodiversity**. In: **Soil Biodiversity in Amazonian and other Brazilian Ecosystems**. Moreira, F.M.S., Siqueira, J. O., Brussard, L. Eds. CABI Publishing, pp1-12, 2006.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1992.

_____. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2º Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

_____. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** 4º Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.

PACHECO, A. P. **Aplicação Multitemporal de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento à Mata do Zumbi.** In: COBRAC 2000-Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2000, Florianópolis. Anais..., 2000;

PICKUP, G. y NELSON, D.J. (1984). **Use of Landsat radiance parameters to distinguish soil erosion, stability and deposition in arid central Australia.** Remote Sensing of Environment. 16. p. 195-206

PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos, SP: Silva Vieira Edições, 2007.

RODRIGUES, D.P. **Mapeamento da Cobertura e Uso do Solo na Área da Fazenda Timbó, Amargosa-BA, Utilizando Geotecnologias.** 2008. Especialização em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente. Feira de Santana, BA. 2008

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto.** 5º Ed. Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental.** São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2006

ROUSE, J. W. et al. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.** In : EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM 3., 1973, Washington, D. C. Proceedings... Washington, D . C.: NASA, 1973. v. 1. (NASA SP-351).

SÁ, I. B., FOTIUS, G. A., RICHÉ, G. R. **Degradação ambiental e reabilitação natural no Trópico semiárido brasileiro** In: CONFERÊNCIA NACIONAL E SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DA DESERTIFICAÇÃO, 1994, Fortaleza, CE. Anais... Brasília. DF: SEPLAN, 1994.

SÁ, I. B. ; TAURA, T. A. ; Cunha, T. F. ; SA, I. I. S. **Mapeamento e caracterização da cobertura vegetal Bacia Hidrográfica do São Francisco.** In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal - RN. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos: INPE, 2009. v. 1. p. 321-328.

SANTANA, D.P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SANTOS, R. F. 2004, **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SANTOS, R. L. **O uso de processamento digital do sensor Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) na identificação de horizontes coesos em solos dos tabuleiros costeiros da Bahia.** São Paulo, 2005. 195 p.

SANTOS, M.A. **Construção de cenários em ambiente SIG para avaliar mudanças de uso das terras induzidas por usinas hidrelétricas na região agrícola da Andradina.** 2003. 153 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2003.

SILVA, A. M. **Princípios Básicos de Hidrologia.** Departamento de Engenharia. UFLA. Lavras-MG. 1995.

SILVA, A. de B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos.** Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2003.

SILVA, D. A. da. **Sistemas Sensores Orbitais .** São José dos Campos: INPE – CTA, 1995.

SILVA, B. A. W.; AZEVEDO, M. M.; MATOS, J. S. **Gestão Ambiental de Bacias Hidrográficas Urbanas.** Revista VeraCidade. Ano 3. Nº 5. 2006.

TARBOTON, D.G., SCHREUDERS K.A.T. , WATSON D.W., BAKER M.E.; **Generalized terrain-based flow analysis of digital elevation models;** 18th World IMACS / MODSIM Congress, Cairns, Australia 13-17 July 2009 <http://mssanz.org.au/modsim09>

TEIXEIRA, A. L., de A.; CHRISTOFOLETTI, A. **Sistemas de Informação Geográfica: Dicionário Ilustrativo.** São Paulo: HUCITEC, 1997.

TEODORO, V. L. I; TEIXEIRA, D; COSTA, D. J.L; FULLER, B.B, **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local.** Revista Uniara, n. 20, 2007, p. 11.

THORNTWAIRE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance.** Centerton, N. J: Drexel Institute of Technology. 1955.

TORRES, D.R. **Análise Multitemporal Do Uso Da Terra e Cobertura Florestal Com Dados Satélites Landsat e Alos.** 2011. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Santa Maria. Santa Maria, RS, 2011.

WAGNER, A.P.L. **Aplicação de Imagens Aster para Estudos Territoriais no Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.** 2004. 100 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2004.