



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS  
CAMPUS DE PATOS-PB**



**DENIZE MONTEIRO DOS ANJOS**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO USO E COBERTURA DO SOLO E À  
COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DA MICROBACIA DO RIO DA CRUZ-PB**

**PATOS - PB - BRASIL**

**ABRIL, 2018**

**DENIZE MONTEIRO DOS ANJOS**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO USO E COBERTURA DO SOLO E À  
COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DA MICROBACIA DO RIO DA CRUZ-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos, como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

**Área de concentração:** Ecologia e Manejo dos Recursos Florestais

**Orientadora:** Profa. Dra. Ivonete Alves Bakke

**PATOS - PB - BRASIL**

**ABRIL, 2018**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSRT DAUFMG

A597g Anjos, Denize Monteiro dos  
Geotecnologias aplicadas ao uso e cobertura do solo e à  
composição florística da microbacia do Rio da Cruz-PB / Denize  
Monteiro dos Anjos. – Patos, 2018.  
84 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade  
Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural,  
2018.

"Orientação: Profa. Dra. Ivonete Alves Bakke".

Referências.

1. Geoprocessamento. 2. Semiárido. 3. Impactos ambientais.  
I. Título.

CDU 528.8

**DENIZE MONTEIRO DOS ANJOS**

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO USO E COBERTURA DO SOLO E À  
COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DA MICROBACIA DO RIO DA CRUZ-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais,  
da Universidade Federal de Campina Grande, no CSTR, como parte das exigências  
para a obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

Aprovada em: 06/04/2018.

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Ivonete Alves Bakke  
Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)  
(Orientadora)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Sara Fernandes de Souza  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (CERES/UFRN)  
(1<sup>a</sup> Examinadora)

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Joedla Rodrigues de Lima  
Universidade Federal de Campina Grande (UAEF/CSTR/UFCG)  
(2<sup>a</sup> Examinadora)

À minha linda família, em especial, à minha mãe, Elisabeth Monteiro, ao meu esposo, Danilo Medeiros, à minha filha, Maria Carolina, aos meus irmãos: Diniz, Divanize e Diva, e ao meu sobrinho Lucas, pelo carinho e apoio de sempre.

**Dedico**

“Não sei por quantas lutas irei passar... Mas sei que nunca passarei sozinho...”

**(Isaias 43:2)**

## **Agradecimentos**

A Deus, pelo dom da vida, pela minha saúde e pela saúde da minha família.

Ao meu pai, Walter, e, principalmente, à minha mãe, Elisabeth meu espelho, guerreira por tudo que enfrentou por nós, e aos meus irmãos: Diniz, Divanize e Diva, gratidão por todo apoio.

À minha família: Danilo, meu esposo, companheiro de todas as jornadas, grande amor da minha vida, e Maria Carolina, minha filha, minha joia mais preciosa. Aos meus anjos Resk, Mel e Malu, meus filhos de quatro patas, agradeço por todo amor, inspiração, companheirismo e compreensão. Amo vocês!

À professora Ivonete Alves Bakke, pela orientação e paciência desde o início e, principalmente, pela pessoa humana que é, colocando amor em tudo que faz, de forma ética e profissional.

Ao professor Izaque Francisco Candeia Mendonça, pelas contribuições e disposição em ajudar nas dúvidas quando necessitei.

À Universidade Federal de Campina Grande e a todos os professores da Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela oportunidade de fazer parte desta instituição.

Às Professoras Sara Fernandes Sousa (UFRN) e Joedla Rodrigues de Lima (UFCG), membros da banca examinadora, pela disponibilidade e contribuições valiosas.

Aos meus colegas da turma do mestrado, pela convivência e os finais de semanas estudando Estatística.

À minha equipe de campo: Ewerton Medeiros (Engenheiro Florestal), Prof<sup>a</sup>. Ivonete Bakke (Engenheira Florestal) e Emanuel Messias (Biólogo), pelas coletas e aprendizado.

A todos os colegas e professores da Especialização em Geoprocessamento e Análise Ambiental da UFRN, por todo conhecimento adquirido e amigas maravilhosas que fiz.

**GRATIDÃO!**

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL .....	10
ABSTRACT .....	11
INTRODUÇÃO .....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1 O Semiárido Nordeste .....	14
2.2 Bacias e Microbacias Hidrográficas .....	16
2.3 Caracterização dos Rios da Região Semiárida .....	18
2.4 Rio da Cruz .....	19
2.5 Geotecnologias .....	20
2.5.1 Sensoriamento Remoto (SR) .....	21
2.6 Satélite <i>Landsat</i> .....	24
2.6.1 Satélite <i>Landsat 5 TM/MSS</i> .....	24
2.6.2 <i>Landsat 8 (OLI e TIRS)</i> .....	25
2.7 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) .....	26
2.7.1 Classificação de Imagens .....	27
REFERÊNCIAS .....	29
ANÁLISE ESPAÇO - TEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO NA MICROBACIA DO RIO DA CRUZ DA REGIÃO DO SEMIÁRIDO NA PARAÍBA, UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO .....	36
RESUMO .....	37
ABSTRACT .....	38
INTRODUÇÃO .....	39
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	41
2.1 Caracterização da Área de Estudo .....	41
2.2 Registro de Precipitação .....	43
2.3 Caracterização da Vegetação e dos Solos .....	43
2.4 Procedimentos Metodológicos .....	44
2.4.1 Aquisição das Imagens .....	44
2.4.2 Processamento Digital das Imagens .....	44
2.4.2.1 Pré-processamento .....	44
2.4.2.2 Processamento .....	45



2.4.2.3 Pós-processamento .....	46
2.4.2.4 Elaboração dos Mapas Temáticos .....	46
2.4.2.5 Análise e Interpretação dos Mapas.....	47
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	478
CONCLUSÃO .....	57
REFERÊNCIAS.....	58
COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DE DOIS TRECHOS DO RIO DA CRUZ NOS MUNICÍPIOS DE MÃE D'ÁGUA E SANTA TEREZINHA, MESORREGIÃO DO SERTÃO PARAIBANO.....	63
RESUMO.....	64
ABSTRACT.....	65
INTRODUÇÃO .....	66
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	68
2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo.....	68
2.2 Procedimentos Metodológicos .....	70
2.2.1 Coleta de Amostras de Solo para Caracterização Textural e de Fertilidade .....	70
2.2 Composição Florística .....	70
2.2.1 Composição Florística do Componente Arbóreo .....	70
2.2.2 Composição Florística do Componente Herbáceo.....	71
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	73
CONCLUSÃO .....	81
REFERÊNCIAS.....	82

ANJOS, Denize Monteiro. **Geotecnologias aplicadas ao uso e cobertura do solo e à composição florística da Microbacia do Rio da Cruz-PB**. 84p Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos-PB. 2018.

## RESUMO GERAL

Os recursos naturais são explorados pelo homem, e os impactos de suas ações desordenadas são perceptíveis nos ecossistemas. De um modo geral, a vegetação presente nas bacias hidrográficas é exposta aos diversos tipos de ação antrópica. Os efeitos são verificados na redução de captação de água, provocando o empobrecimento da biodiversidade da flora e da fauna, da produtividade e da beleza cênica, especialmente na região semiárida do Nordeste do Brasil, onde a água é um fator determinante. Apesar da existência do Código Florestal e de sua importância, as matas ciliares das bacias hidrográficas e microbacias são cada vez mais alvo de exploração em descumprimento ao Código Florestal. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) são importantes para a gestão dos recursos naturais, pois podem auxiliar no planejamento, monitoramento e mapeamento do uso e cobertura dos solos. Na região semiárida do Nordeste do Brasil, as geotecnologias podem ser utilizadas para detectar como se encontram as paisagens e facilitar a implementação de técnicas de manejo apropriadas. Este trabalho objetivou caracterizar o uso e a cobertura do solo da microbacia do Rio da Cruz, realizar o levantamento da composição florística dos componentes arbóreo e herbáceo e verificar o grau de ocupação das margens de dois trechos do Rio da Cruz (PB). Foi realizada a classificação do uso e cobertura do solo da microbacia utilizando imagens de satélites dos anos 2001, 2009 e 2017, nos períodos chuvosos e secos. A composição florística dos estratos arbóreo e herbáceo de cada ano foi determinada pelas técnicas de marcação de parcelas e caminhamento, respectivamente. A classificação das imagens da microbacia do Rio da Cruz resultou em sete classes: Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva Arbórea, Caatinga Antropizada, Pastagens e Agricultura, Afloramentos Rochosos, Corpos d'água e Edificações. Constatou-se redução da Caatinga Arbórea e aumento nas demais classes de Caatinga e nas Pastagens e Agricultura quando comparado os anos e períodos de 2001 e 2017. As técnicas aplicadas são relevantes para classificação do uso e cobertura do solo da região semiárida em condições de precipitação regular, porém em anos de maior precipitação a vegetação arbórea é superestimada e pode dificultar a identificação dos alvos, especialmente na estação chuvosa. Verificou-se a existência de poucos indivíduos arbóreos e ampla utilização das margens do Rio da Cruz para as atividades agropastoris, indicando a necessidade de se fazer cumprir o Código Florestal e a adoção de medidas mitigadoras para amenizar os impactos causados pela ação antrópica.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento. Semiárido. Impactos Ambientais.

ANJOS, Denize Monteiro. **Geotechnologies applied to the use and soil coverage and the floristic composition of Microbasins of Rio da Cruz-PB**. 84pgs. Dissertation on Masters in Forest Sciences. CSTR/ UFCG, Patos-PB. 2018.

### **ABSTRACT**

Natural resources are exploited by man and the impacts of these disorderly actions are perceptible in ecosystems. In general, the vegetation present in the river basins is exposed to the various types of anthropic action. The effects are found in the reduction of water abstraction, causing the impoverishment of the flora and fauna biodiversity, productivity and scenic beauty, especially in the semi-arid region of Northeast Brazil, where water is a determining factor. Despite the existence of the Forest Code and its importance, the riparian forests of water basins and micro-basins are increasingly being exploited in violation of the Forest Code. Geographic Information Systems (SIG) and Remote Sensing (SR) techniques are important for the management of natural resources, since they can assist in the planning, monitoring and mapping of land use and land cover. In the semi-arid region of northeastern Brazil, geotechnologies can be used to detect the landscapes and facilitate the implementation of appropriate management techniques. The objective of this work was to characterize the soil use and cover of the Rio da Cruz water basin, to study the floristic composition of the arboreal and herbaceous components and to verify the degree of occupation of the banks of two stretches of Rio da Cruz (PB). The soil use and cover of the microbasin were classified using satellite images of the years 2001, 2009 and 2017, in the rainy and dry periods. The floristic composition of the arboreal and herbaceous strata of each year was determined by plot marking and walking techniques, respectively. The classification of the images of the watershed of the Rio da Cruz resulted in seven classes: Arboreal Caatinga, Arboreal Shrub Caatinga, Anthropized Caatinga, Pastures and Agriculture, Rock Outcrops, Bodies of Water and Buildings. A reduction of the Arboreal Caatinga and increase in the other classes of Caatinga and in the Pastures and Agriculture when comparing the years and periods of 2001 and 2017 was observed. The applied techniques are relevant for classification of the use and soil cover of the semi-arid region in conditions of precipitation regular, but in years of higher precipitation the tree vegetation is overestimated and may make it difficult to identify the targets, especially in the rainy season. It was verified the existence of few arboreal individuals and wide use of the Rio da Cruz margins for agroforestry activities, indicating the need to enforce the Forest Code and the adoption of mitigating measures to mitigate the impacts caused by anthropic action.

Keywords: Geoprocessing. Semi-arid. Environmental impacts.

## INTRODUÇÃO

Os recursos naturais têm sido utilizados pelo homem para atender às suas necessidades, e sua extração de forma inadequada gera impactos ambientais negativos, principalmente pela diminuição da cobertura vegetal, em particular, ao longo das áreas que margeiam os cursos d'água. Tal redução intensifica os processos erosivos dos solos, o assoreamento, a contaminação dos mananciais e a descaracterização dos leitos dos rios.

Atenção especial deve ser dada às bacias hidrográficas cuja função é a captação de água da chuva de uma determinada área, escoá-la para o canal principal e seus tributários, permitindo a manutenção das atividades rurais e urbanas (ARAÚJO, PINESE, 2009). Apesar da importância deste elemento natural, pouca atenção tem sido dada à manutenção dos ecossistemas no seu entorno, em especial, às matas ciliares dos cursos dos rios. Muitos são os impactos ambientais verificados, dentre eles, destacam-se o desmatamento, as práticas agropecuárias, a deposição de resíduos sólidos e de esgotamento sanitário e manejo inadequado do solo (ARAÚJO, LIMA, MENDONÇA, 2011).

A condição essencial para a defesa dos recursos hídricos é a preservação das matas ciliares, as quais desempenham um importante papel na conservação de nascentes e nos cursos d'água dos rios. O Novo Código Florestal estabelece que as áreas em torno dos corpos d'água, denominadas Áreas de Preservação Permanente (APP), devem ser destinadas exclusivamente à preservação ambiental (ALENCAR, 2016).

Os componentes que fazem parte de uma bacia ou microbacia hidrográfica na região semiárida do Nordeste do Brasil devem ser analisados para garantir uma relação harmônica entre o ambiente e o homem. A população dessa região é numerosa, e o abastecimento de água depende da preservação dos seus rios, além das atividades de pesca e recreativas.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) têm papel relevante na gestão dos recursos naturais, a exemplo das bacias hidrográficas e de seus elementos constituintes. As informações obtidas facilitam o gerenciamento, a tomada de decisões e a obtenção de soluções de problemas geograficamente espacializados, permitindo a elaboração de

diagnósticos e prognósticos voltados ao monitoramento e à fiscalização do ambiente (JACINTHO, 2003).

As técnicas de Sensoriamento Remoto destacam-se como uma das formas mais eficazes para estudos ambientais, pela agilidade na obtenção dos dados da superfície terrestre. A modelagem das imagens satelitais pode ser usada em estudos temporais para avaliar e quantificar a ação antrópica, facilitando o entendimento de como ocorrem as transformações das paisagens e como os impactos ambientais interferem nos ecossistemas (OTAKE, 2015).

Atualmente, verifica-se um aumento de pesquisas utilizando imagens satelitais para caracterizar o uso e a cobertura do solo na região semiárida, a exemplo das realizadas por Souza, Souza (2016), em Cariris Velhos (PB); Silva et al. (2014) na sub-bacia do Rio Espinharas (PB); Souza et al. (2007), em Serra Talhada (PE) e Souza et al. (2008) na sub-bacia do Rio Natuba (PE). Os resultados das pesquisas destes autores evidenciaram alterações da cobertura vegetal nativa, devido aos fatores climáticos e, sobretudo, à ação antrópica.

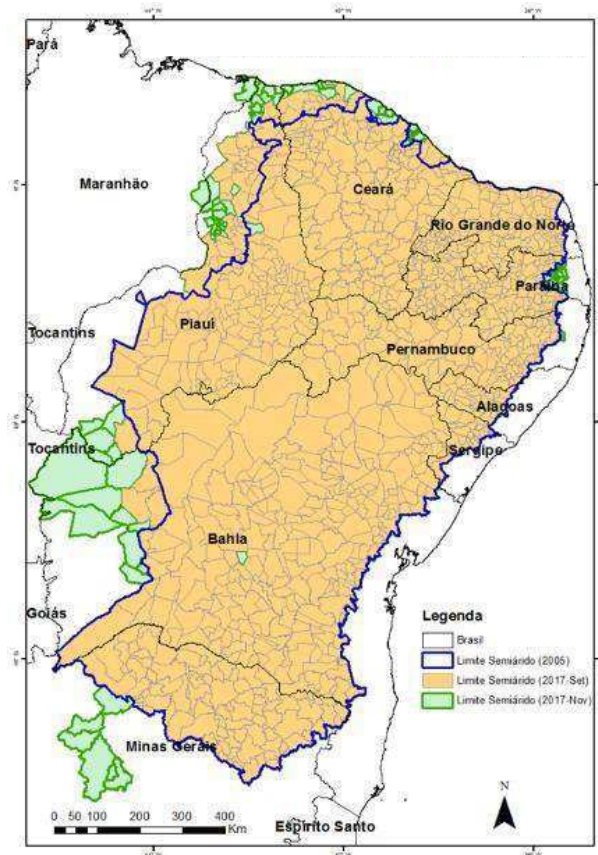
Este trabalho objetivou caracterizar o uso e cobertura do solo da microbacia do Rio da Cruz, realizar o levantamento da composição florística dos componentes arbóreos e herbáceos e verificar o grau de ocupação das margens de dois trechos do Rio da Cruz (PB).

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O Semiárido Nordestino

O Nordeste do Brasil abrange aproximadamente 1.561.177,8 km<sup>2</sup>, correspondendo a 18,27% do território brasileiro, e nele encontra-se a região semiárida, com uma nova delimitação, com aproximadamente 969.589 km<sup>2</sup> (MIN, 2017) (Figura 1). Nesta nova delimitação, foram inclusos 54 municípios pertencentes aos estados do Piauí (36), Ceará (15) e Bahia (3), devido às condições de seca extrema dos últimos anos em que se encontram. Com esta medida, espera-se um maior apoio do Governo Federal, a fim de estimular o desenvolvimento regional. Dentre as ações, destacam-se o acesso a investimentos em condições mais favoráveis para geração de emprego e renda e o apoio em ações emergenciais para convívio com a seca (IBGE, 2010; MIN, 2017).

Figura 1 - Delimitação da Região Semiárida do Nordeste do Brasil



Fonte: MIN, (2017).

Encontra-se, nessa região semiárida, uma população de aproximadamente 23 milhões de habitantes (~12% da população brasileira), superior à das regiões Norte e Centro-Oeste, sendo a maioria desta população de baixa estrutura financeira (IBGE, 2010). Grande parte da população rural sobrevive da exploração da vegetação nativa, de onde retiram remédios, alimentos para pessoas e animais, lenha, madeira e estacas, desconsiderando a dinâmica dos sistemas naturais e as intempéries climáticas da região.

O clima da região semiárida varia entre quente e seco a quente e úmido, com temperaturas médias entre 23°C e 28°C, com baixas ou nenhuma variação ao longo do ano (ALVARES et al. 2014). O período chuvoso ocorre nos primeiros quatro a cinco meses do ano, com precipitações irregularmente distribuídas, originando um balanço hídrico negativo no restante dos meses. Apesar da pluviosidade média anual situar-se na isoietas de 1000 mm, os índices mais frequentes na maioria dos Estados são inferiores a 800 mm anuais. Segundo Marengo (2006), podem ocorrer tanto épocas de secas extremas quanto grandes enchentes.

A baixa disponibilidade de água associada às falhas no abastecimento são grandes preocupações na gestão dos recursos hídricos, especialmente nas regiões semiáridas sujeitas a conflitos de usos da água (ARAÚJO, 2011). O autor ressalta que tal escassez está geralmente associada a eventos naturais extremos, como as secas e os processos antrópicos que afetam a sua disponibilidade. Assim, os reservatórios constituem fontes de água importantes nestas regiões, pois deles depende o desenvolvimento social e econômico da sociedade.

A diversidade de paisagem da região semiárida é caracterizada por relevo plano a ondulado, apresentando resistência mínima à erosão dos solos e rochas com baixo grau de metamorfismo, devido às constantes mudanças de temperatura. Estas características são provenientes da formação geológica predominantemente cristalina (70%), que dá origem a solos rasos, pedregosos, com elevada suscetibilidade aos diversos tipos de erosão e degradação (ARAÚJO, 2011).

De acordo com Prado (2003), a vegetação predominante da região do Nordeste do Brasil é a Caatinga, caracterizada como floresta arbórea ou arbustiva, espinhenta, de porte baixo, dossel descontínuo, resistente às altas temperaturas, elevada radiação solar e precipitação irregular. Apesar de estar fortemente degradada pela ação antrópica, nos períodos chuvosos, exibe a sua exuberância em

diversidade de ecossistemas de paisagens e, no período de estiagem, mostra a vulnerabilidade dos sistemas hidrológicos e do solo.

## 2.2 Bacias e Microbacias Hidrográficas

Bacia hidrográfica é definida de acordo com a topografia de uma determinada área, cuja captação de água e escoamento superficial é drenada por um curso d'água ou por um sistema conectado para o canal principal e seus tributários (LIMA, 2008). Os elementos meteorológicos e hidrológicos de uma bacia estão sobre forte influência do relevo, uma vez que a declividade do terreno determina a velocidade do escoamento superficial. A temperatura, a precipitação e a evaporação são relacionadas à altitude da bacia.

Lima (2008) caracteriza bacia hidrográfica quanto aos seguintes aspectos:

a) **Forma da rede de drenagem:** apresenta as seguintes variações: *dentrítica*, lembrando a forma uma árvore, típica de regiões onde prevalecem as rochas de resistência uniforme; *treliça*, caracterizada pela existência de cursos d'água longos e por um conjunto de rios tributários; *retangular*, com variações de padrões treliça, com aspectos ortogonais; *paralela*, em formato de “cauda de equino”, ocorre em regiões de vertentes com acentuada declividade que favorecem a formação de correntes fluviais paralelas; *radial*, típica de áreas montanhosas e vulcânicas, e *anelar*, encontrada em relevos dômicos, nos afloramentos rochosos mais resistentes.

b) **Escoamento:** podem ser *exorreicas* (escoamento da água contínuo até o mar); *endorreicas* (drenagens internas, desembocando em lagos, ou dissipando-se nas areias do deserto, ou perdendo-se nas depressões cársticas); *arreicas* (bacias sem estruturação - áreas desérticas); e *criptorreicas* (bacias subterrâneas - áreas cársticas).

c) **Fluxo dos cursos d'água:** variam em *perenes* (fluxo durante todo ano, cerca de 90%, em canal bem definido); *intermitentes* (geralmente, só há fluxo durante a estação chuvosa - 50% do período ou menos) e *efêmeros* (o fluxo ocorre durante as chuvas ou períodos chuvosos - canais com definição confusa).

d) **Tamanho:** considera a influência dos efeitos dos fatores dominantes na geração do deflúvio, podendo ser *grandes* e *pequenas* (*microbacias*).



O uso do termo microbacia deve considerar vários critérios, dentre eles, as unidades de medida, hidrológicas e ecológicas. De acordo com Calijuri, Bubel (2006), microbacias são áreas formadas por canais de 1ª e 2ª ordem e, em alguns casos, de 3ª ordem, devendo ser definida com base na dinâmica dos processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos. As microbacias são áreas vulneráveis e repetidamente expostas às alterações, nas quais as escalas espacial, temporal e observacional são essenciais.

As microbacias se caracterizam pela grande sensibilidade às chuvas de alta intensidade e de curta duração, e do uso do solo (cobertura vegetal). Desse modo, as alterações na quantidade e qualidade da água do deflúvio, em função de um destes dois fatores, são detectadas com mais facilidade nas microbacias do que nas grandes bacias (TEODORO et al. 2007). Mosca (2003); Leonardo (2003) enfatizam que, sob o ponto de vista ecológico, a microbacia é a menor unidade dentro de um ecossistema onde pode ser verificada a delicada relação de interdependência entre os elementos bióticos e abióticos, sendo que interferências podem comprometer a dinâmica de seu funcionamento. Esse conceito está relacionado à identificação e ao monitoramento ordenados dos impactos ambientais.

Teodoro et al. (2007) ressaltam que as atividades de uso da terra influenciam significativamente a infiltração, sendo o homem responsável pela alteração da capacidade de infiltração dos solos através do manejo. Para os autores, a principal finalidade de um programa de manejo integrado de microbacias hidrográficas deve resultar na conservação da água.

Os impactos ambientais em microbacias podem ser verificados de várias formas. Tomando como exemplo a microbacia hidrográfica do Rio Farinha - PB, Araújo, Lima, Mendonça (2011) constataram que a forma de utilização e conservação dos recursos naturais, tais como o uso do solo, cobertura vegetal e gestão dos recursos hídricos, estão seriamente comprometidos pelas atividades antrópicas desenvolvidas ao longo de seu percurso. Os autores diagnosticaram que a produção agropecuária, a deposição dos resíduos sólidos e os efluentes urbanos demonstram o descaso da população e dos governantes em relação ao ecossistema local e, em especial, o descumprimento da Legislação Ambiental. Para os autores, as condições ambientais em que a microbacia se encontra afetam a qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos, visíveis no assoreamento dos rios e na alta carga de efluentes urbanos e rurais sem tratamento prévio.

### 2.3 Caracterização dos Rios da Região Semiárida

No Nordeste do Brasil, os rios apresentam baixa disponibilidade hídrica em relação à demanda local, principalmente nos períodos secos. Na região semiárida, predominam os rios intermitentes, pouco profundos e dependentes das chuvas. No período de seca, parecem se extinguir, porém estão submersos nas várzeas dos vales, ou baixadas, fazendo parte da composição do lençol freático que, geralmente, encontra-se com pouca reserva de água (ANDRADE, LINS, 2005).

Dentre os rios da região semiárida, destacam-se o Parnaíba, com nascente no sul do Piauí. Este rio atravessa o Cerrado, a Caatinga e a Costa Atlântica, assumindo as características diferenciadas destes biomas; o Rio São Francisco, que nasce na Serra da Canastra (MG), com extensão de 2800 km, percorre os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, sendo de grande importância econômica em seu percurso, pois é usado para navegação, irrigação, pesca e geração de energia elétrica. Acrescenta-se ainda o Rio Jaguaribe, no Ceará, e Piranhas-Açu, que corta a Paraíba e o Rio Grande do Norte. Esses rios e seus afluentes formam zonas ripárias com água disponível o ano todo, além de lagoas temporárias e zonas alagadiças (MMA, 2006).

A maioria dos rios desta região tem dois regimes hidrológicos distintos: o temporário e o efêmero, os quais dependem diretamente da intensidade e do volume de precipitação que ocorrem na estação chuvosa (MALTCHIK, 1996a). Os rios temporários são identificados pela presença do fluxo de água na superfície durante um período maior, e de seca estacional, enquanto que os efêmeros têm o fluxo de água superficial que só ocorre após precipitação, podendo estar seco na maior parte da estação de estiagem (MALTCHIK, 1996b). Para Ab' Saber (1995), a principal característica geomorfológica dos rios do semiárido é a presença de grandes avenidas e ausência de meandros, que são curvas acentuadas em seu percurso.

Estudos mostram que a diversidade da flora da Caatinga está associada à água, como um fator limitante. Destacam um ponto muito importante, que é a preservação dos rios permanentes, pois esses rios fornecem água durante todo o ano para a fauna, a flora e para as populações da região. A conservação destes rios depende da proteção de suas cabeceiras, que, geralmente, estão localizadas fora da zona da Caatinga, em brejos ou florestas montanas, as quais são fundamentais para

a manutenção da principal fonte de água da região, especialmente devido às acentuadas oscilações climáticas (GIULIETTI et al., 2004).

Na distribuição dos recursos hídricos do semiárido brasileiro, destacam-se dois aspectos básicos. O primeiro refere-se à oferta de água, desde a gestão dos estoques ao transporte para áreas com escassa reserva. O segundo refere-se à demanda de água, que requer uma gestão eficiente do aproveitamento deste recurso de forma ordenada no território (LIMA, 2005). Estudos sobre a ocupação das áreas no entorno dos rios são relevantes e devem ser analisados de forma integrada, considerando os aspectos socioeconômicos para definir processos de organização espacial inseridos dentro e fora das áreas de preservação dos rios.

## 2.4 Rio da Cruz

Na região do semiárido do Estado da Paraíba, encontra-se a Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, ocupando uma área de 43.683 km<sup>2</sup>, formada pelos rios Piancó Piranhas-Açu. Esta bacia divide-se entre os Estados da Paraíba (60%) e do Rio Grande do Norte (40%). O Rio Piancó Piranhas-Açu encontra-se com a sub-bacia do Rio Espinharas, sendo que o Rio da Cruz faz confluência com o Rio Farinha, no município de Patos-PB (ANA, 2016).

O Rio da Cruz tem sua nascente no município de Imaculada (PB), na Mesorregião do Sertão Paraibano. Este rio corre no sentido sudoeste-nordeste (SW-NE), percorrendo um trajeto de aproximadamente 56 km, passando pelos municípios de Mãe d'água, Santa Terezinha, São José do Bonfim e em direção ao município de Patos, onde se encontra com o Rio Farinha (AESA, 2016) (Quadro 1).

Quadro 1-- Distâncias do Rio da Cruz nos municípios

<b>Municípios do percurso do Rio da Cruz</b>	<b>Distâncias (Km)</b>
Imaculada (nascente) até a saída do município	2,23
Mãe D'Água	24,28
Santa Terezinha	4,79
São José do Bonfim	11,60
Patos	12,88
<b>Total</b>	<b>55,78</b>

Fonte: AESA (Adaptado, 2016).

O Rio da Cruz é temporário e intermitente, como a maioria dos rios da região semiárida, com volume de água dependendo da quantidade de chuvas que ocorre na região (AESA, 2016). Este rio, à semelhança de muitos outros, encontra-se praticamente desprovido da mata ciliar, confrontando o estabelecido pelo Código Florestal (BRASIL, 2012).

Não obstante, é interessante ressaltar que as matas ciliares da região do semiárido têm características específicas, devido à vegetação ribeirinha, que está sujeita a períodos de estiagem e por sofrer vários tipos de estresse. O corte das árvores do seu entorno é realizado para extração de produtos madeireiros, e não madeireiros o que garante a subsistência e renda das famílias rurais (ALVAREZ, OLIVEIRA, PEREIRA, 2010; SILVA, LIMA, MENDONÇA, 2014).

Conforme o MMA (2003), o comportamento do fluxo de água na superfície dos rios está intimamente relacionado à frequência, intensidade e duração da precipitação que ocorre na região, podendo influenciar no tipo de cheia do Rio da Cruz, o qual pode ter um grande volume de água no período chuvoso de determinado ano e estar excessivamente seco na estação de escassez hídrica. Assim, a vegetação ribeirinha deste rio mostra-se dependente do seu fluxo d'água, bem como o homem do campo que utiliza as áreas próximas às margens para criação de animais e plantios agrícolas.

Estudos de vegetação ciliar do Rio da Cruz usando técnicas de sensoriamento remoto podem fundamentar a compreensão de seu aspecto e facilitar o entendimento dos processos de ocupação e dos diversos fatores ambientais e antrópicos que modificam as paisagens ribeirinhas, permitindo o monitoramento dessas áreas (PONZONI, 2002).

## **2.5 Geotecnologias**

As geotecnologias são utilizadas para realizar coletas, análises e disponibilização de informações com referência geográfica de informações especializadas de um determinado local. Esse termo se refere às etapas que envolvem o uso e a análise espacial de dados geográficos, assim como o compartilhamento dessas informações. Essas tecnologias envolvem o Sensoriamento Remoto (SR) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que, de maneira rápida e segura, auxiliam nas análises das informações e tomada de

decisões de áreas alvos de estudo, sejam elas grandes ou pequenas (HAMANDA, GONÇALVES, 2007).

### 2.5.1 Sensoriamento Remoto (SR)

Para Jensen (2009), o termo Sensoriamento Remoto (SR) foi criado para evidenciar o desenvolvimento das novas tecnologias de instrumentos capazes de obter imagens da superfície terrestre a distâncias remotas. Este termo surgiu da tradução “*Remote Sensing*”, referindo-se à ciência que resume o limite das ambições do homem em busca de solucionar suas dúvidas e curiosidades, sobretudo, quando observa e analisa os elementos que o cercam (FLORENZANO, 2007).

A técnica de obtenção de informações dos objetos (Figura 2) da superfície terrestre, sem que haja um contato físico entre o sensor e o objeto/alvo, é uma das definições mais clássicas para sensoriamento remoto. Dos alvos são extraídas informações através de energia refletida, emitida e absorvida por eles, a partir do uso de um sensor que está a uma determinada distância, por meio do registro da radiação eletromagnética dos alvos terrestres (MENESES, ALMEIDA, 2012).

Figura 2-- Obtenção de imagens satelitais da superfície terrestre



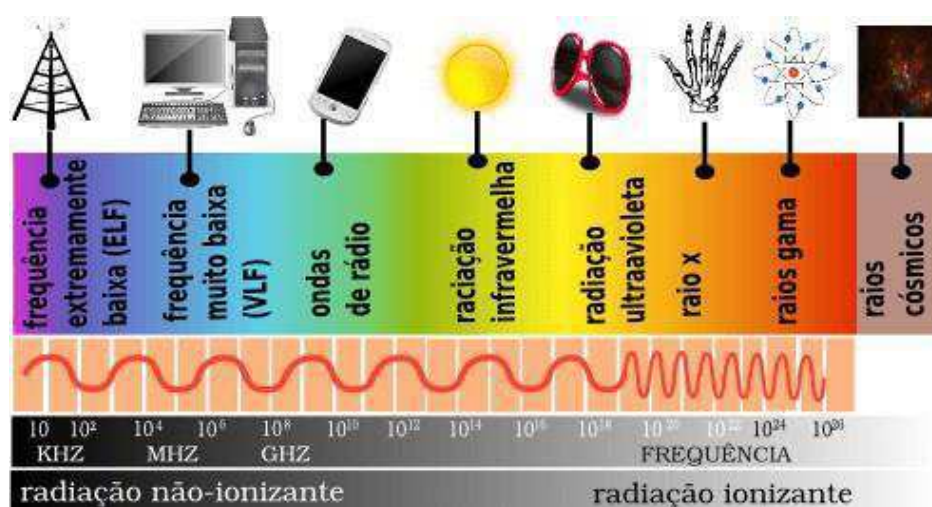
Fonte: INPE (2017).

Para Rivera (2007), o tratamento e análise de imagens de satélite são realizados para auxiliar no mapeamento e no monitoramento do solo, vegetação e

recursos hídricos. A integração de diferentes tipos de alvos e formatos de dados auxilia na tomada de decisão e na seleção de áreas para constatar a situação em que se encontram, permitindo, assim que os órgãos responsáveis implementem o planejamento adequado ao uso destas áreas (PONZONI, SHIMABUKURO, 2007).

Para Florenzano (2007), a resolução das imagens orbitais é de fundamental importância, pois constitui a capacidade que um sensor possui para capturar e distinguir objetos da superfície terrestre. A resolução pode ser classificada como espacial, espectral, temporal e radiométrica. Os sensores dos satélites orbitais utilizam intervalos de comprimentos de ondas (Figura 3) diferentes, para obter imagens entre o ultravioleta (pouco usado), infravermelho (ondas curtas) e nas regiões do infravermelho termal. O satélite mais utilizado em estudos voltados para o monitoramento da agricultura, pecuária, florestas e meio ambiente é o *Land Remote Sensing Satellite (Landsat)*.

Figura 3 – Espectro Eletromagnético



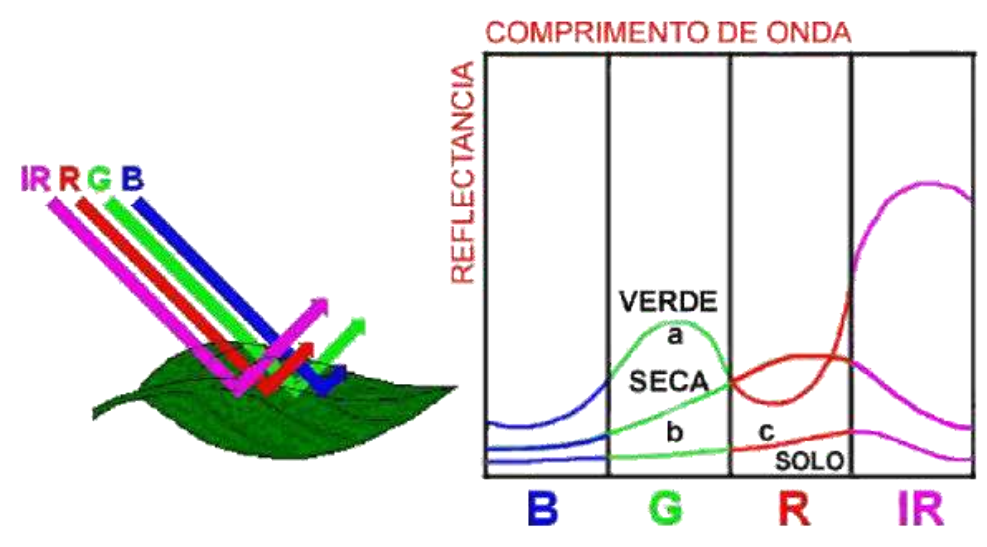
Fonte: Meneses, Almeida (2012).

O sensoriamento remoto tem expandido sua utilização para a aplicação do estudo de vegetação, pois as folhas têm um comportamento espectral, muito bem definido na faixa do espectro do visível (VIS), onde a energia é absorvida seletivamente pela clorofila, convertida em calor e estocada na forma de componentes orgânicos, através da fotossíntese. No infravermelho próximo (NIR), quanto mais lacunas a estrutura interna foliar tiver, maior será a difusão interna da radiação incidente e, conseqüentemente, maior será também a reflectância. No

infravermelho médio, tem-se uma queda destes valores, devido à presença de água no interior da folha (ABREU, COUTINHO, 2014).

Conforme Sousa (2011), estes fatores não atuam isoladamente, pois, em cada uma das regiões espectrais, todos exercem sua influência simultaneamente, sendo a reflectância fortemente influenciada pelo tamanho das folhas, conteúdo de água presente nestas, tipo (simples e composta) e estágio de desenvolvimento (jovens e senescentes) (Figura 4).

Figura 4 – Comportamento da reflectância e comprimento de onda em função do tipo de folha (a = folha verde; b = folha seca) e exposição do solo (c)



Fonte: Novo (2012).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), localizado na cidade de Cuiabá (MS), recebe imagens de todo o território nacional, desde a década de 1970, compondo uma biblioteca de imagens satelitais e informações geoespaciais. Várias empresas brasileiras utilizam estas imagens em suas pesquisas, com destaque para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que vem gerando há anos dados necessários para apoiar processos de tomada de decisão em campos experimentais. O *Landsat* é um dos satélites mais utilizado em estudos voltados para o monitoramento da agricultura, pecuária, florestas e meio ambiente.

## **2.6 Satélite Landsat**

Os Estados Unidos da América lançaram o ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*) em 1972, sendo denominado posteriormente de *LANDSAT 1*, (*Land Remote Sensing Satellite*). Em sequência, os lançamentos dos *Landsat 2* (1975), 3 (1978), 4 (1982), *Landsat 5* (1984), 7 (1999) e 8 (2013), tendo estes três últimos como objetivo principal o mapeamento multiespectral dos recursos naturais (NASA, 2016).

O *Landsat* tem sido muito utilizado para o apoio ao monitoramento de áreas de preservação, desmatamentos, estimativas de fitomassa da cobertura vegetal e sedimentos suspensos em rios e estuários. Isto é possível devido ao grande acervo de imagens que permite estudos em diversas áreas (VERONA, 2003).

Conforme Florenzano (2007), estudos com as imagens de satélites devem considerar a quantidade de informações sobre uso da terra, que irão depender da resolução (espacial, radiométrica, espectral ou temporal) dos diferentes sistemas de sensores, bem como a escala de resolução dos dados originais, além da utilizada para compilação e da apresentação das informações geradas.

### **2.6.1 Satélite Landsat 5 TM/MSS**

O satélite *Landsat 5* foi lançado em março de 1984, equipado com os sensores TM (*Thematic Mapper*), que ficaram ativos até novembro de 2011, e o sensor MSS (*Scanner Multispectral*), que coletou dados até janeiro de 2013. Este satélite teve a função de registrar imagens para estudos voltados para monitoramento de secas, inundações, erupções vulcânicas, desmatamentos das florestas e atividades agrícolas (USGS, 2017).

O sensor *Thematic Mapper* (TM) utiliza 16 detectores por banda (com exceção da banda do infravermelho termal), possui um sistema de imageamento por varredura mecânica, feita por um espelho oscilatório, ou seja, imageia nas duas direções de seu deslocamento. Sua resolução espacial é de 30 m, com exceção da banda que opera na faixa do infravermelho termal, cuja resolução espacial é de 120 m (USGS, 2017). (Quadro 2).



Quadro 2-- Especificações do *Landsat 5 (TM)*

<b>CARACTERÍSTICAS DO SENSOR - <i>TM (THEMATIC MAPPER)</i></b>	
Bandas espectrais	Banda 1 - Azul (0,450 - 0,520 $\mu\text{m}$ ) Banda 2 - Verde (0,520 - 0,600 $\mu\text{m}$ ) Banda 3 - Vermelho (0,630 - 0,690 $\mu\text{m}$ ) Banda 4 - Infravermelho próximo (0,760 - 0,900 $\mu\text{m}$ ) Banda 5 - Infravermelho médio (1,550 - 1,750 $\mu\text{m}$ ) Banda 6 - Infravermelho termal (10,40 - 12,50 $\mu\text{m}$ ) Banda 7 - Infravermelho médio (2,080 - 2,350 $\mu\text{m}$ )
Resolução espacial	Bandas 1-5 e 7 – 30 m  Banda 6 – 120 m
Largura da faixa imageada	185 km
Resolução temporal	16 dias

Fonte: USGS (2017).

### **2.6.2 Landsat 8 (*OLI e TIRS*)**

O *Landsat 8* foi lançado em 11 de fevereiro de 2013, trazendo inovação para o desenvolvimento de pesquisas voltadas para a informação e aquisição de dados espaciais. Equipado com um sensor espectral termal *TIRS (Thermal Infrared Sensor)*, e o sensor espectral *OLI (Operational Land Imager)*, com uma melhor resolução espectral, que ocasionou as mudanças nos espaços espectrais de todas as bandas (USGS, 2017).

O sensor *OLI* oferece uma resolução espacial de 15 m no pancromático e de 30m no multiespectral, gerando imagens coloridas, através de técnicas de composição digital, ampliando as aplicabilidades para estudos, disponibilizando novos resultados para detecção de objetos, considerando as novas modificações para à resolução radiométrica de 16 bits (NAMIKAWA, 2015). No quadro 3, constam as especificações dos sensores e suas respectivas bandas.

Quadro 3- Especificações do *Landsat 8 (OLI/TIRS)*

<b>CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES OLI/TIRS</b>	
Sensores	<i>Operational Land Imager (OLI) Bandas (1 a 9)</i> <i>Thermal Infrared Sensor (TIRS) Bandas (10 a 11)</i>
Bandas espectrais	Banda 1 Aerossol Costeira (0,43 - 0,45 $\mu\text{m}$ ) Banda 2 - Azul (0,450 - 0,510 $\mu\text{m}$ ) Banda 3- Verde (0,530 - 0,590 $\mu\text{m}$ ) Banda 4 – Vermelho (0,640 - 0,670 $\mu\text{m}$ ) Banda 5 – Infravermelho Próximo (0,850 – 0,880 $\mu\text{m}$ ) Banda 6 – Infravermelho médio (1,57 – 1,65 $\mu\text{m}$ ) Banda 7 – Infravermelho médio (2,11 - 2,29 $\mu\text{m}$ ) Banda 8 Pancromática (0,50 – 0,68 $\mu\text{m}$ ) Banda 9 Cirro (1,36 – 1,38 $\mu\text{m}$ ) Banda 10 Infravermelho Termal (10,60 – 11,19 $\mu\text{m}$ ) Banda 11 Infravermelho Termal (11,50 – 12,51 $\mu\text{m}$ )
Resolução espacial	Banda 8 – 15 m Bandas 1-7 e 9 – 30 m Bandas 10 e 11 – 100 m
Largura da faixa imageada	170 X 185 km
Resolução temporal	16 dias

Fonte: USGS (2017).

As técnicas de sensoriamento remoto associadas às ferramentas do geoprocessamento e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) fornecem dados que geram mapas temáticos que permitem avaliações dos recursos naturais, dando subsídios para planejamentos e tomadas de decisões para monitoramento e preservação do meio ambiente (FLORENZANO, 2007).

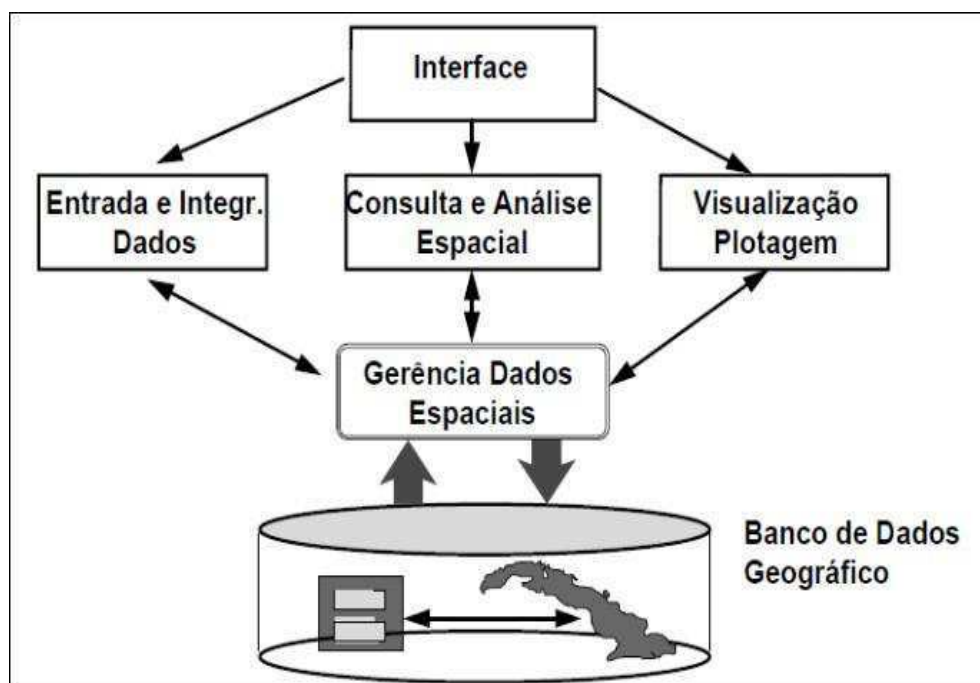
## 2.7 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

O geoprocessamento está associado ao conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de dados geográficos, e seu uso vem crescendo nas áreas da Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. (HAMANDA, GONÇALVES, 2007; SILVA, ZAIDAN, 2012).

Segundo Moreira (2011), o Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma das ferramentas que melhor representam o geoprocessamento, através do

armazenamento (entrada de dados), recuperação e manipulação (gerenciamento), transformação e visualização de dados geocodificados e espacializados (Figura 5).

Figura 5 -- Arquitetura de um sistema de informações geográficas



Fonte: INPE (2000).

Para Silva, Zaidan (2012), a representação dessas informações em um SIG auxilia na disposição do espaço e suas mudanças através de mapas, e servem de informações com dados espaciais para estudos de degradação ambiental em áreas contendo processos erosivos e impactos na biodiversidade. Portanto, destaca-se a importância destas ferramentas, em correlação com o sensoriamento remoto, para identificar e classificar entidades e eventos, registrados a distâncias, por sensores, voltados, principalmente, para a representação da realidade ambiental, com medições de suas extensões e direções espaciais, seja para o monitoramento ou fiscalização do uso da terra. Os procedimentos dependem da aquisição e da classificação das imagens, bem como dos processamentos que são implementados via *software* em forma de algoritmos (FONSECA, 2000).

### 2.7.1 Classificação de Imagens

Para Menezes, Almeida (2012), a extração de informações de imagens é um procedimento de padronização e homogeneização dos alvos, de forma a associar

cada *pixel* da imagem para descrição de um objeto existente na superfície mapeada e monitorada. A partir desse procedimento, os dados são espacializados e distribuídos em classes para geração de mapas temáticos.

Conforme Moreira (2011), a classificação pode ser não supervisionada e supervisionada, dependendo do algoritmo escolhido. Na classificação não supervisionada, são realizados procedimentos sem informações da área de interesse, cuja finalidade é separar as classes espectrais como um pré-processamento para a classificação supervisionada. Na classificação supervisionada, a superfície terrestre é representada, alocando cada *pixel* nas classes de maior probabilidade, facilitando a tomada de amostras que podem ser utilizadas como áreas de treinamento.

Cavassim, Centeno (2011) enfatizam que, para uma boa classificação, são necessários o pré - processamento das imagens, quando são feitas as correções atmosférica e geométrica, e as retiradas dos ruídos (*pixels* que destoam da realidade). Essas etapas são necessárias para o refinamento das imagens e, a partir delas, são realizadas as classificações não supervisionada e/ou supervisionada.

Para o mapeamento de áreas das superfícies terrestres através de imagens, são utilizados métodos de classificação que geram informações com coordenadas espaciais (X, Y) e espectrais (L). Para o agrupamento desses dados, são utilizados algoritmos *pixel a pixel* e por regiões (MENEZES, ALMEIDA, 2012). Os algoritmos *pixel a pixel* mais usados são os da máxima verossimilhança (*Maxver*), o contextual (*Maxver-ICM*) e o de distância Euclidiana. O *Isoseg*, *Battacharya* e *Clatex* são algoritmos classificadores por regiões (CAVASSIM, CENTENO, 2011).

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, N. A. No domínio das caatingas. In: MONTEIRO; L. KAZ pp. 37-46, S. (Eds.). **Caatinga**. Rio de Janeiro: Livroarte 1995.

AESA - **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2009.**  
Disponível

em:<<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html>>. Acesso em 13/06/2017.

ABREU, K. M. P; COUTIHO, L. M. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação com ênfase em índice de vegetação e métricas da paisagem. **Revista VÉRTICES**, Campos dos Goytacazes/RJ, v.16, n.1, p.173-198, jan./abr. 2014.

Disponível em:

[essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/download/1809...20140012/3051](http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/vertices/article/download/1809...20140012/3051), Acesso em: 25/03/2018.

ALENCAR, G. V. **Novo Código Florestal Brasileiro**: ilustrado e de fácil entendimento. 2. ed. Vitória. Ed. do autor, 2016. 409 p.il.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2014. Disponível em:<

[http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf)> Acesso em: 25/09/2017.

ALVES, D. F. C. **Análise das alterações do uso e cobertura do solo do município e Congonhas através da classificação de imagens de satélite.**

Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências. UFMG. 2010. Disponível em:

<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/DIEGO.pdf>. Acesso em: 23/02/2017.

ALVAREZ, I. A.; OLIVEIRA. A.R.; PEREIRA, M. C.T. Degradação Ambiental da Bacia do São Francisco na Região Semiárida por Ações Antrópicas. **Anais... I Workshop Sobre Recuperação de Áreas Degradadas de Mata Ciliar no Semiárido.** Petrolina-PE. Dezembro 2010. EMBRAPA, 16p. Disponível em:

<http://www.cpatsa.embrapa.br>. Acesso em: 21/08/ 2016.

ANA- **Agência Nacional de Águas** (Brasil). 2016. Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu / Agência Nacional de Águas. Brasília. Disponível

em:<[http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/PRH\\_PiancoPiranhasAcu\\_ResumoExecutivo.pdf](http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/PRH_PiancoPiranhasAcu_ResumoExecutivo.pdf)> Acesso em: 03/09/ 2017.

ANDRADE, A. C.; FRANCO, G. D.; E, B.; SILVA, T.J.; FASSINA, S.; VANZELA, L. S; ZANGARO, R. **O papel de programas ambientais na recuperação da mata ciliar do rio Juqueriquerê – Caraguatatuba/SP. EPG INIC**, 2015. III Encontro de Pós-Graduação e IX Encontro de Iniciação Científica – Universidade Camilo Castelo Branco. p.407 – 408. Disponível em:

[http://www.comunicabaciadesantos.com.br/sites/default/files/Relatorio\\_Analise\\_Integrada\\_Manguezais.pdf](http://www.comunicabaciadesantos.com.br/sites/default/files/Relatorio_Analise_Integrada_Manguezais.pdf). Acesso em: 28/02/2017.

ANDRADE, G. O.; LINS, R. C. Os climas do Nordeste. In: Vasconcelos-Sobrinho, J. **As regiões Naturais do Nordeste: o meio e a civilização**. Recife: CONDEPE, 2005. p. 95-138. 442p. Il.

ANELLI, R.L.S. Uma nova cidade para as águas urbanas. **Revista Estudos Avançados** 29, v.84, p.69 – 84. 2015. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/issue/view/7919>. Acesso em: 17/03/2017.

ARAÚJO, S. M. S. A Região Semiárida do Nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica- Revista Científica** da FASETE. Ano 5 n.5 dez., 2011. Disponível em:<[http://www.fasete.edu.br/revistarios/media/revistas/2011/a\\_regiao\\_semiarida\\_do\\_nordeste\\_do\\_brasil.pdf](http://www.fasete.edu.br/revistarios/media/revistas/2011/a_regiao_semiarida_do_nordeste_do_brasil.pdf)>. Acesso em 10/06/2016.

ARAUJO, P. R.; PINESE, J. P. P. **Planejamento ambiental microbacias hidrográficas**: ampliação de uma matriz de impacto ambiental na microbacia hidrográfica do ribeirão Lindóia, zona Norte de Londrina-PR. Londrina-PR: Universidade Estadual de Londrina. 10p. Disponível em: <<http://www.fag.edu.br/professores/praraujo/EAIA/Planejamento%20ambiental%20em%20microbacias%20hidrograficas.pdf>> Acesso: 21/03/2018.

ARAÚJO, I. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Uso e degradação dos recursos naturais no semiárido brasileiro: estudo na microbacia hidrográfica do Rio Farinha, Paraíba, Brasil. **Caminhos de Geografia**. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>. Acesso em 20/02/2018.

BERNARDI, H. V. F. **Proposta para caracterização, estratificação ambiental e recuperação de matas ciliares de um sub-bacia do alto Rio Grande**. 106 p. Dissertação (Mestrado) Engenharia Florestal. Universidade Federal de Lavras-MG. 2007. Disponível em:< <http://goo.gl/hVd41m>>. Acesso: em 22/08/2016.

BRASIL, **Ministério do Meio Ambiente. Novo Código Florestal, Lei 12.651, de 25 de março de 2012**. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 20/08/2016.

BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B.; BEZERRA, B. B. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.709-717, 2011 Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662011000700009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000700009). Acesso: 24/06/2016.

CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. **Conceituação de Microbacias**. In: LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. (Orgs.) *As florestas plantadas e a água. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento*. São Carlos: Ed. RiMA, 2006. 226p.

CAVASSIM, I J. R.; CENTENO, J. Classificação de uma imagem Ikonos utilizando as técnicas “pixel a pixel” e a análise orientada a região. **Anais...** III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná. 2011. Disponível em:<

[https://docs.ufpr.br/~centeno/publications/italo\\_cbcg\\_T107.pdf](https://docs.ufpr.br/~centeno/publications/italo_cbcg_T107.pdf) > Acesso em: 22/09/2017

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Monitoramento por Satélite.** Coleção Brasil visto do espaço. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. Disponível em<<http://www.cnpm.embrapa.br/vp/projetos>>. Acesso em: 20/05/ 2016.

FONSECA, L.M.G. **Processamento digital de imagens.** (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – São José dos Campos), 2000. Digital de Imagens de Sensores Remotos – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Disponível em: <http://www.cnpq.br/documents/10157>. Acesso em: 23/04/2017

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto.** 2ed Imagens de Satélites para Estudos Ambientais. São Paulo: Oficina do Texto, 2007.17p.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M.R.V.; HARLEY, R.M. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: J. M. C. SILVA, M. TABARELLI, M.T. FONSECA & L.V. LINS (Orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação.** pp. 48-90. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/Biodiversidade\\_Caatinga\\_parte2.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/Biodiversidade_Caatinga_parte2.pdf). Acesso em: 23/04/2016.

HAMANDA, E.; GONÇALVES, R. R. V. **Introdução ao geoprocessamento: princípios básicos e aplicação.** – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 52 p. 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/>. Acesso em: 06/04/2017.

IBGE (Brasil). **Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico.** 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05/03/2016.

INPE- **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.** 1999. PRODES. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/portugues/index.php>> Acesso em: 26/06/2016.

JACINTHO, L. R.C. **Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como Ferramentas na Gestão Ambiental de Unidades de Conservação: o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do CAPIVARI-Monos,** São Paulo-SP. Dissertação de Mestrado Engenharia de Recursos Minerais e Hidrologia. Universidade de São Paulo Instituto de Geociências. 2003, 87p Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/> > Acesso em: 14/09/ 2016.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva sobre recursos terrestres.** São José dos Campos, SP. Ed. Parêntese, 2009. 585p Disponível em:< <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.01.14.00/doc/jensen.pdf> > Acesso em: 28/09/2016.

LEONARDO, H. C. L. **Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio Passo CUE, região oeste do Estado do Paraná.** 2003. 121p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo,

Piracicaba, 2003. Disponível em:  
[http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos\\_publicacoes/hudson.pdf](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos_publicacoes/hudson.pdf). Acesso em 18/03/2018.

LIMA, L. C. Além das águas, a discussão no nordeste do rio São Francisco. **Revista do Departamento de Geografia**, v.17. 2005, p.94-100. Disponível em:  
<[http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG\\_17/Luiz\\_Cruz\\_Lima.pdf](http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_17/Luiz_Cruz_Lima.pdf)>. Acesso em: 05/10/2016.

LIMA, W. P. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. 2 ed. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Departamento de Ciências Florestais. Piracicaba – São Paulo. USP São Paulo. Dez. 2008. 253p. Disponível em: <http://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf>. Acesso em 18/03/2018.

MALTCHIK, L. Nossos rios temporários, desconhecidos, mas essenciais. **Ciência Hoje**. v.21; p.64-65. 1996a. Disponível em:  
<http://www.ib.usp.br/limnologia/Perspectivas/arquivo%20pdf/Capitulo%205.pdf>. Acesso em 25/07/2018.

\_\_\_\_\_. Perturbações hidrológicas e zonas hiporrêicas: bases fundamentais para pesquisas nos rios temporários de semiárido brasileiro. **Revista Nordestina de Biologia**. v.11 p.1-13. 1996b. Disponível em:  
<http://www.ib.usp.br/limnologia/Perspectivas/arquivo%20pdf/Capitulo%205.pdf>. Acesso em: 27/07/2018.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: MMA, 2006. 202 p. il. Disponível em:  
[http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/\\_arquivos/14\\_2\\_bio\\_Parte%201.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/14_2_bio_Parte%201.pdf). Acesso em: 24/08/2017.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília, 2012 Disponível em:  
<<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8.>> Acesso em 10/08/2016.

MELO, M. V. **Um recorte da paisagem do rio Capibaribe: seus significados e representações**. 2003. (Tese). Doutorado em Geografia Humana, UFRJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://anpur.org.br/app-urbana-2014/anais/ARQUIVOS/GT4-322-130-20140603182947.pdf>>. Acesso em: 28/09/2016.

MIN. Ministério da Integração Nacional. **Resolução N ° 107/2017**. Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência. Brasília, 2017. Disponível em: [sudene.gov.br/imagens/2017/arquivos/Resolucao-107-2017.pdf](http://sudene.gov.br/imagens/2017/arquivos/Resolucao-107-2017.pdf). Acesso em 16/08/2017

MIN-**Ministério da Integração Nacional**. Disponível em:<<http://www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco/documentos-tecnicos>> Acesso em: 11/09/ 2016.



- MMA-**Ministério do Meio Ambiente, 2003**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 05/07/ 2016.
- MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicações. 4. ed. **Atualizada e ampliada**. Viçosa: Ed. UFV, 2011. 29p.
- MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas**. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. Disponível em: [www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-20082003-170146/.../andreaia.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-20082003-170146/.../andreaia.pdf). Acesso em: 18/03/2018
- MUELLER, C. C. Gestão de matas ciliares. In: LOPES, I. V. et al. (Orgs.). **Gestão Ambiental no Brasil: experiência e sucesso**. 5. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002.185p.
- NAMIKAWA, L.M. Imagens Landsat 8 Para Monitoramento De Volume De Água Em Reservatórios: Estudo De Caso Nas Barragens Jaguari E Jacareí Do Sistema Cantareira. p 4828-4835. **Anais... XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0942.pdf>. Acesso em:08/12/2017.
- NASA. **Landsat Science**. Disponível em:<<http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=3172>>. Acesso em: 10/08/ 2016.
- NASCIMENTO, C. E S. **A Importância das Matas Ciliares: do rio São Francisco**. Documentos 179 on-line. II Série. Petrolina, PE. Embrapa Semiárido. Dez. 2001. 26 p. Disponível: <[http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/public\\_eletronica/downloads/SDC179.pdf](http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/public_eletronica/downloads/SDC179.pdf)>. Acesso em: 05/08/ 2016.
- NARUMALANI, S.; ZHOU, Y.; JENSEN, J.R. Application of remote sensing and geographic information systems to the delineation and analysis of riparian buffer zones. **Aquatic Botany** 58, p.393–409.1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030437709700048X>. Acesso em: 23/11/2017.
- OTAKE, M.Y.F. **Análise por Sensoriamento Remoto de Áreas de Açaizais em Florestas de Várzea no Município de Mazagão (Amapá)**. Dissertação de Mestrado Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical. Amapá. EIPA. 2015. Disponível em < <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/bibliotecaOTAKE/>> Acesso em 06/08/2016
- OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ANTONINO, A. C. D.; SILVA, B. B.; MACHADO, C. C. C.; GALVÍNCIO, J. D. Análise quantitativa de parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.1209- 1217, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v47n9/05.pdf>, Acesso em: 06/10/2017.

PONZONI, F. J.; **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**: diagnosticando a Mata Atlântica. Capítulo 8. Ministério da Ciência e Tecnologia. Instituto Nacionais de Pesquisa Espaciais - INPE. São José dos Campos. 2002. Disponível em: [http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.11/doc/CAP8\\_FJPonzoni.pdf](http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.13.11/doc/CAP8_FJPonzoni.pdf). Acesso em: 16/10/2017.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos, Sp: Ed. Parêntese. 55p. 2007.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. 2003. p. 3-73. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/203/\\_arquivos/5\\_livro\\_ecologia\\_e\\_conservao\\_da\\_caatinga\\_203.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/203/_arquivos/5_livro_ecologia_e_conservao_da_caatinga_203.pdf). Acesso em: 28/10/2017.

RIVERA, H. **Ordenamento Territorial de Áreas Florestal Utilizando Avaliação Multicritério Apoiada por Geoprocessamento, Fitossociologia e Análise Multivariada**. 106 p. Dissertação (Mestrado) Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. 2007. Disponível em: <http://florestaombrofilamista.com.br/sidol/downloads/26.pdf> Acesso em: 14/08/2016.

SANTANA, D.P. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. Sete Lagoas Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/docume30ID-TUSBRYuXa7.pdf> Acesso em: 21/08/2016.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da cobertura vegetal na Sub-Bacia do Rio Espinharas de 2000 a 2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p.202–209, Set. 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662014000200011&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662014000200011&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em: 12/11/2017.

SILVA, X. J., ZAIDAN, R.T. **Geoprocessamento e Análise Ambiental**: aplicações. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. 2012, 20p.

SOARES, F. S.; ALMEIDA, R. K.; RUBIM, I. B.; BARROS, R. S.; CRUZ, C.B.M.; MELLO, G. V.; NETO, J.A.B. Análise comparativa da correção atmosférica de imagem do Landsat 8: o uso do 6S e do ATCOR2, p. 1821 - 1828. **Anais... XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril, INPE-2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0358.pdf>. Acesso em: 26/11/2017.

SOUSA, D. G. **Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal na região de Gaspar Lopes e Barranco Alto (Alfenas-MG) utilizando mosaico de fotografias aéreas**. Universidade Federal de Alfenas - MG. (Dissertação de Mestrado) 2011. Disponível em: <http://www.unifal-mg.edu.br/geografia/sites/default/files.pdf> >. Acesso em 10 /04/ 2016.

SOUZA, B. I.; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. **Caderno de Geografia**, v.26, n. especial 2, 2016. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/p.2318-2962.2016v26nesp2p229/0>. Acesso em> 27/10/2017.

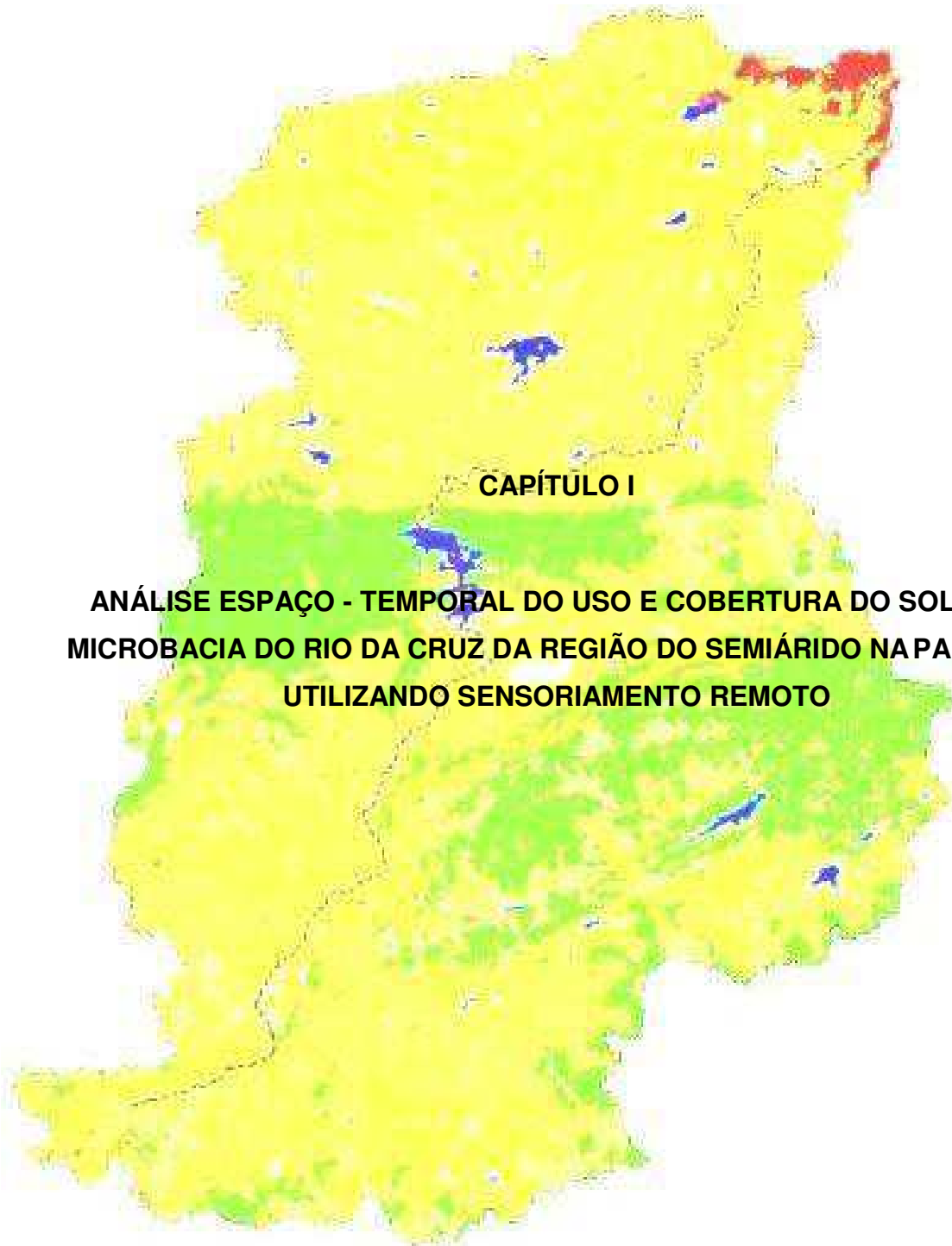
SOUZA, S. F.; ARAUJO, M. S. B.; BRAGA, R. A. P.; SILVA, C. E. M. Caracterização fisiográfica da sub-bacia do rio Natuba – PE. **RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física** Recife-PE. v.01 n.02 Set/Dez 2008,1-14. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232630/26643>. Acesso em: 28/02/2018.

SOUZA, S. F.; ARAUJO, M. S. B.; BRAGA; GALVÍNCIO, J. D. Mudanças do uso da terra no município de Serra Talhada-PE utilizando análise por componentes principais (ACP). **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v.24, n.3, set/dez. 2007. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/72/acp.pdf>. Acesso em: 28/02/2018.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLE, B.B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20. p. 136 – 155. 2007. Disponível em: [http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20\\_11.pdf](http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf). Acesso em: 18/03/2018.

USGS. **Landsat Missions: Using the USGS Landsat8 Product**. U.S. Department of the Interior - U.S. Geological Survey – NASA. Disponível em: [http://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php). Acesso em: 20/08/2016.

VERONA, J. D. **Classificação e Monitoramento Menológico Foliar da Cobertura Vegetal na Região da Floresta Nacional do Tapajós - Pará, utilizando dados Multitemporais do Sensor Thematic Mapper (TM) do Landsat**. Dissertação de Mestrado Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos 2003. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/pgsere/Verona-J-D-2002/publicacao.pdf> Acesso em 10/09/ 2016.



**CAPÍTULO I**

**ANÁLISE ESPAÇO - TEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO NA  
MICROBACIA DO RIO DA CRUZ DA REGIÃO DO SEMIÁRIDO NA PARAÍBA,  
UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO**

ANJOS, Denize Monteiro. **Análise espaço - temporal do uso e cobertura do solo na microbacia do Rio da Cruz da região do semiárido na Paraíba, utilizando sensoriamento remoto**. 84p. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos-PB. 2018.

## RESUMO

As mudanças que ocorrem nos ecossistemas são cada vez mais provenientes das ações antrópicas. Nas microbacias, estas alterações tornam-se mais perceptíveis, podendo ser detectadas utilizando as técnicas de sensoriamento remoto. Esta pesquisa foi desenvolvida na microbacia do Rio da Cruz, Mesorregião do Sertão Paraibano, objetivando realizar uma análise multitemporal do uso e cobertura do solo. Foram realizadas visitas em campo para identificação da cobertura vegetal e formas de uso do solo. Em seguida, foram utilizadas imagens de satélite dos períodos chuvoso e seco de três anos: 2001, 2009, 2017. Para o processamento das imagens foram realizadas as seguintes etapas: pré-processamento (correção atmosférica e recorte da área); processamento (composição colorida RGB, seleção das classes, classificação supervisionada) e o pós-processamento (suavização das imagens, acurácia, *layout* dos mapas, análise e interpretação dos mapas). Foram selecionadas sete classes: Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva Arbórea, Caatinga Antropizada, Pastagens e Agricultura, Afloramentos Rochosos, Corpos D'água e Edificações. Os resultados obtidos demonstraram um avanço da ação antrópica nas áreas próximas aos corpos d'água. A análise espaço - temporal da microbacia do Rio da Cruz permitiu constatar a redução da Caatinga Arbórea e aumento da Caatinga Arbustiva Arbórea, Caatinga Antropizada e áreas de Pastagens e Agricultura nos anos estudados. As técnicas de sensoriamento remoto e o conhecimento da microbacia resultam em informações relevantes do uso e cobertura do solo em anos de precipitação regular, e em condições de maior precipitação, a vegetação arbórea é superestimada, dificultando a identificação de áreas antropizadas na estação chuvosa. As técnicas poderão servir de base para elaboração de projetos de mapeamento de microbacias na Mesorregião do Sertão Paraibano em períodos distintos.

**Palavras-chave:** Ação antrópica. Caatinga. Geotecnologias. Imagens satelitais.

ANJOS, Denize Monteiro. **Spatial-temporal analysis of the soil use and cover in the Rio da Cruz Microbasin in the semiarid region of Paraíba, using remote sensing**. 84 pgs. Dissertation on Masters in Forest Sciences. CSTR / UFCG, Patos-PB. 2018.

### ABSTRACT

The changes that occur in ecosystems are increasingly coming from anthropogenic actions. In microbasins, these changes become more noticeable and can be detected using remote sensing techniques. This research was developed in the Rio da Cruz watershed, Mesoregion of Sertão of Paraíba, aiming to perform a multitemporal analysis of soil use and cover. Field visits were made to identify the vegetation cover and land use forms. Then, satellite images of the three-year rainy and dry periods were used: 2001, 2009, and 2017. The following steps were performed for the image processing: pre-processing (atmospheric correction and area trimming); processing (RGB color composition, class selection, supervised classification) and post-processing (image smoothing, accuracy, map layout, map analysis and interpretation). Seven classes were selected: Arboreal Caatinga, Arboreal Shrub Caatinga, Anthropized Caatinga, Pastures and Agriculture, Rocky Outcrops, Water Bodies and Buildings. The obtained results demonstrated an advance of the anthropic action in the areas near the bodies of water. The temporal analysis of the watershed of the Rio das Cruzes allowed to verify the reduction of the Caatinga Arbórea and increase of the Caatinga Arbustiva Arbórea, Caatinga Antropizada and Pasture and Agriculture areas in the studied years. Remote sensing techniques and knowledge of the microbasin result in relevant information on the use and cover of the soil in years of regular precipitation and in conditions of greater precipitation, the arboreal vegetation is overestimated, making it difficult to identify anthropic areas during the rainy season. The techniques may serve as a basis for the elaboration of microbasin mapping projects in the Mesoregion of the Sertão of Paraíba in different periods.

**Keywords:** Anthropogenic action. Caatinga. Geotechnology. Satellite images.

## INTRODUÇÃO

A vegetação predominante na região semiárida do Nordeste do Brasil é a Caatinga, que se estende por, aproximadamente, 735.000 km<sup>2</sup>, equivalentes a 11% do território brasileiro e 70% do Nordeste (SIQUEIRA FILHO et al., 2009). O termo “caatinga” é de origem Tupi e significa “mata branca”, devido à aparência esbranquiçada e brilhante dos troncos das árvores desprovidas de folhas na estação seca que dominam a paisagem (PRADO, 2003). A Caatinga é a denominação do bioma desta região, rico e complexo em sua biodiversidade, no entanto seus ecossistemas encontram-se sob a constante ameaça de degradação antrópica.

De acordo com o MMA (2011), 46% de sua área estão desmatadas e sujeitas aos processos de degradação, tendo como principais causas o corte da vegetação nativa para o consumo da lenha e fabricação de carvão vegetal para fins domésticos e industriais, bem como a conversão das terras em pastagens e plantios agrícolas. À proporção que os ecossistemas são modificados, a biodiversidade da fauna e da flora é reduzida, constatando-se o desaparecimento de muitas espécies animais e vegetais nativos, aumentando os problemas ambientais e, conseqüentemente, comprometendo o equilíbrio natural.

A gestão dos recursos naturais pode ser otimizada por meio do monitoramento do uso e da cobertura do solo, permitindo o planejamento e a implementação de políticas públicas baseados no diagnóstico das modificações ocorridas nas paisagens (MMA, 2011). Para Rivera (2007), as informações geradas pela análise multitemporal usando imagens satelitais, considerando os índices pluviométricos, auxiliam no monitoramento do solo, da vegetação e das bacias hidrográficas, incluindo o planejamento de ações para recuperação de áreas.

De acordo com estudos realizados por Bezerra et al. (2011) e Cunha et al. (2012), a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) para entender tanto as relações ecológicas, quanto o processo de uso e cobertura da solo, tem avançado através do monitoramento das atividades antrópicas e pelo conhecimento de como os impactos ambientais interferem nas regiões semiáridas do Nordeste do Brasil.

Dentre os vários trabalhos que mostram a importância do uso de imagens satelitais na região semiárida, evidenciam-se os de Souza, Souza (2016), que analisaram o processo de ocupação histórica da região dos Cariris Velhos (PB); de

Fernandes et al. (2015), que realizaram uma análise temporal do uso e cobertura do solo no Estado de Sergipe, e Souza et al. (2007), que analisaram as mudanças ocorridas no uso do solo em Serra Talhada (PE).

Nos estudos envolvendo recursos hídricos, destacam-se as pesquisas desenvolvidas por Souza et al. (2008), cujo objetivo foi dar suporte às informações existentes para facilitar o desenvolvimento de projetos na sub-bacia do Rio Natuba (PE), por Coelho et al. (2014), que auxiliaram na compreensão dos efeitos antrópicos provocados na bacia hidrográfica do Riacho de São Paulo (PE), por Silva et al. (2014), que mapearam a alteração da cobertura vegetal na sub-bacia do Rio Espinharas (PB), e por Cunha et al. (2012), que realizaram uma análise temporal das mudanças da cobertura do solo na bacia de São João do Rio do Peixe (PB).

A microbacia do Rio da Cruz, localizada na Mesorregião do Sertão Paraibano, tem como principal reservatório a barragem de Capoeira, inserida entre os municípios de Mãe D'Água e Santa Terezinha (PB), cuja finalidade é o abastecimento de água para a população e dar suporte às atividades agrícolas das comunidades rurais dos municípios da região (AESAs, 2017). Mudanças na paisagem da microbacia são cada vez mais perceptíveis, devido à utilização de seus recursos naturais para as diversas atividades.

Considerando que as técnicas de sensoriamento remoto têm sido cada vez mais aplicadas para averiguar as mudanças ocorridas na paisagem e a ausência de estudos de análise espaço-temporal na microbacia do Rio da Cruz e sua importância ecológica e econômica para a região, este trabalho objetivou realizar uma análise multitemporal do uso e cobertura do solo nesta microbacia a partir de imagens orbitais *Landsat*, nos períodos chuvosos e secos dos anos 2001, 2007 e 2017.

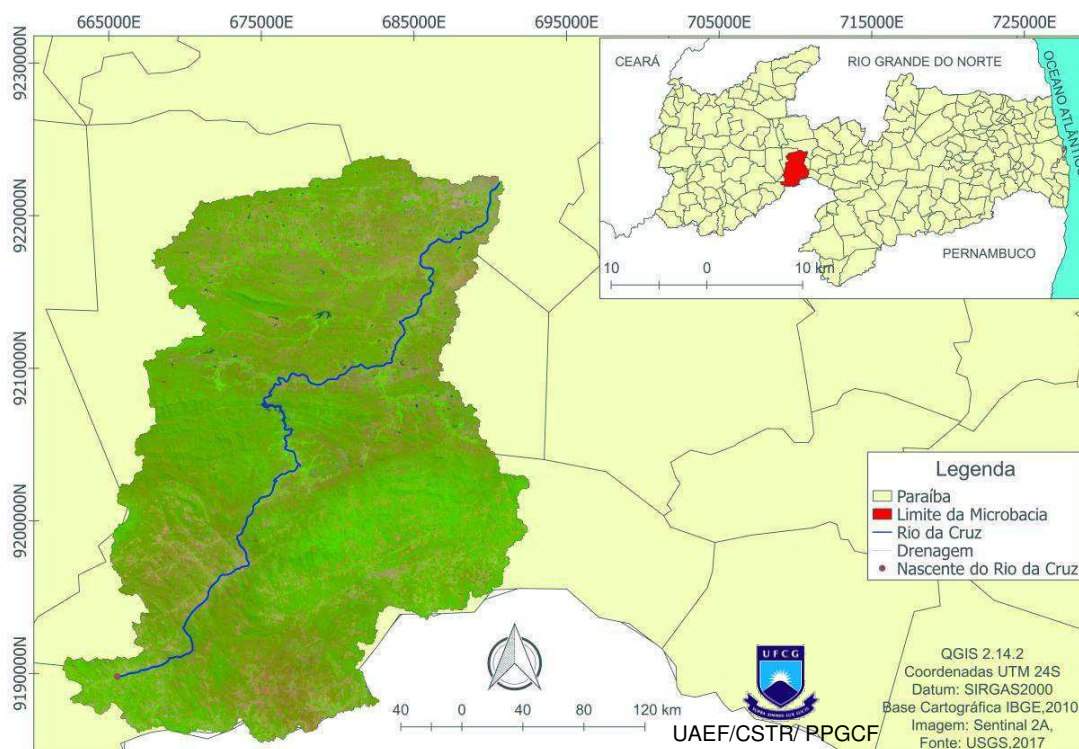


## 2 -- MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida na microbacia do Rio da Cruz, Mesorregião do Sertão Paraibano, ocupando uma área de 739,40 km<sup>2</sup> (73,940 ha), dos quais 98 % estão inseridos nos municípios de Imaculada, Mãe D'Água, Matureia, Patos, Santa Terezinha, São José do Bonfim e Teixeira, e 2% no Estado de Pernambuco, nos municípios de Brejinho e Santa Terezinha (MEDEIROS et al., 2017). A microbacia é fortemente influenciada pelas chuvas de alta intensidade e de curta duração, características da região semiárida (SAMPAIO, 2010).

Figura 1 – Mapa de localização da microbacia do Rio da Cruz – PB/PE



Fonte: Anjos (2018).

O rio principal da microbacia é denominado Rio da Cruz, que tem sua nascente no município de Imaculada (PB). Tem cerca de 56 km e corre no sentido sudoeste-nordeste (SW-NE), passando pelos municípios de Mãe D'Água, Santa Terezinha, São José do Bonfim e Patos, onde se encontra com o Rio Farinha e forma o Rio Espinharas. O principal reservatório é a Barragem de Capoeira, com

capacidade de 53.450 000 m<sup>3</sup> de água, localizando-se entre os municípios de Mãe D'Água e Santa Terezinha (PB) (AESAs, 2017).

A maior parte da população dos municípios de Imaculada, Mãe D'Água, Santa Terezinha, São José do Bonfim (PB) e Brejinho (PE) encontra-se na zona rural (Tabela 1). Esta população tem suas atividades econômicas baseadas na exploração agrícola e criação de animais, desenvolvidas às margens do Rio da Cruz e da Barragem Capoeira.

Tabela 1-- População dos municípios que compõem a microbacia do Rio da Cruz - PB/PE

<b>Municípios</b>	<b>População Urbana</b>	<b>População Rural</b>
Imaculada*	5.063	6.289
Mãe D'Água*	1.569	2.450
Matureia	3.857	2.082
Patos*	97.278	3.396
Santa Terezinha*	2.208	2.373
São José do Bonfim*	1.361	1.872
Teixeira	9.631	4.522
Brejinho - PE	3.386	3.921
Santa Terezinha - PE	6.876	4.115

Fonte: IBGE (2010).

\*Municípios por onde passa o rio principal da microbacia, o Rio da Cruz.

O município de Patos-PB destaca-se por concentrar uma maior população na zona urbana, onde o Rio da Cruz encontra-se com o Rio Farinha, tornando visíveis os impactos originados pelo uso inadequado das margens e do leito do rio. Araújo, Lima, Mendonça (2011) destacam os sinais de degradação presentes neste rio, provocados pela produção agropecuária (plantio de espécies forrageiras e criação de animais) e a descarga diária de efluentes domésticos, devido à ausência de saneamento básico na cidade de Patos-PB.

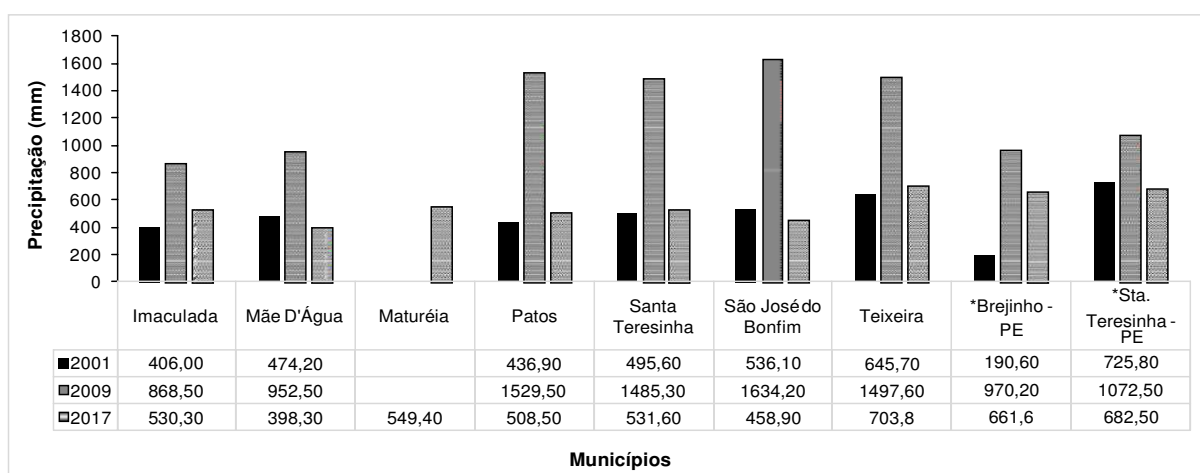
O clima da área de estudo, segundo Alvares et al. (2014), é do tipo Bsh, de baixa latitude e altitude, semiárido, com chuvas de verão. A média anual de

precipitação é 700 mm, concentrados nos quatro primeiros meses do ano, com variações de temperaturas médias diárias entre 23° a 30°C (CPRM, 2005).

## 2.2 Registro de Precipitação

Foram adquiridos e analisados os registros de precipitação pluviométrica acumulada de 2001, 2009 e 2017, nos municípios pertencentes à microbacia (Figura 2). A precipitação na região semiárida é um fator determinante para classificação de imagens, pois influencia diretamente no comportamento da vegetação e, conseqüentemente, na identificação dos alvos.

Figura 2 – Representação gráfica de precipitação acumulada (mm) dos períodos estudados (2001, 2009 e 2017) dos municípios que compõem a microbacia do Rio da Cruz



Fonte: AESA (2017); \*APAC (2017).

## 2.3 Caracterização da Vegetação e dos Solos

A vegetação predominante é a caatinga hiperxerófila arbustiva arbórea aberta, devido à exploração de produtos madeireiros e não madeireiros, e à conversão de terras para cultivos agrícolas e criação de animais.

Os solos são resultantes do intemperismo de rochas cristalinas, em sua maioria, Podizólico Vermelho-Amarelo de composição argilosa, e alguns trechos de Latossolos de aluvião (JACOMINE, 2002).

## 2.4 Procedimentos Metodológicos

Inicialmente foram realizadas visitas de campo para conhecer a área e coletar dados da microbacia para dar suporte à classificação do uso e cobertura do solo.

### 2.4.1 Aquisição das Imagens

As imagens de satélites foram obtidas no catálogo do *United States Geological Survey* (USGS, 2017), provenientes do Satélite *Landsat 5 TM (Thematic Mapper)* e *Landsat 8 OLI (Operational Land Imager) / TIRS (Thermal Infrared Sensor)*, obtidas nos períodos chuvoso e seco dos anos 2001, 2009 e 2017, com órbita 215 e ponto 65, resolução espacial 30 m (Quadro 1). Para a identificação da microbacia na imagem (Figura 3), foi utilizado o arquivo vetorial de delimitação realizada por Medeiros et al. (2017).

Quadro 1 – Imagens do satélite *Landsat* referente aos anos e meses estudados

Satélite / Sensor	Ano	Período chuvoso	Período Seco
<i>Landsat 5 /TM</i>	2001	15/05/2001	22/10/2001
<i>Landsat 5 /TM</i>	2009	19/04/2009	15/12/2009
<i>Landsat 8 /OLI</i>	2017	24/04/2017	05/12/2017

Fonte: USGS (2017).

### 2.4.2 Processamento Digital das Imagens

#### 2.4.2.1 Pré-processamento

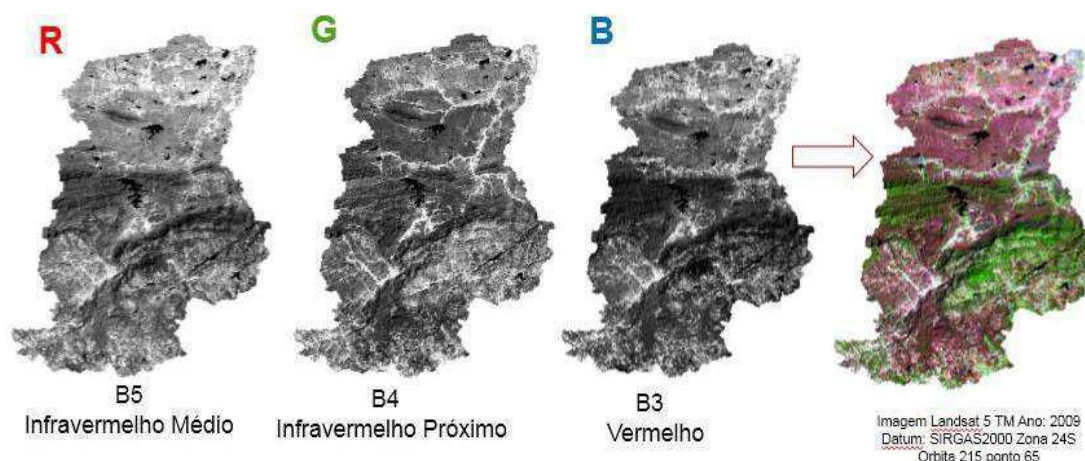
As imagens foram submetidas às correções atmosféricas utilizando o software QGIS v.2.14.21 *Long Term Release Repository* (LTR), no *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Corrigiu-se a interferência atmosférica, estimada a partir dos números digitais (ND) das imagens de satélite, utilizando os arquivos metadados com extensão MTL, por meio do método *Dark Object Subtraction (DOS)* (SANCHES et al., 2011). Para uma melhor visualização das imagens, foram feitos contrastes

com o objetivo de aumentar a distinção visual entre os objetos presentes nas imagens.

#### 2.4.2.2 Processamento

O processamento foi realizado a partir dos seguintes passos: a) Composição colorida RGB (Figura 3) com as bandas do *Landsat 5 TM*, que correspondem às cores vermelho (5); verde (4) e azul (3), e do *Landsat 8 OLI*, 6, vermelho (6); verde (5) e azul (4); de imagens em escala de 1.100 000. b) Na classificação supervisionada, utilizou-se o algoritmo *Maximum Likelihood* (Máxima Verossimilhança

Figura 3 – Composição colorida RGB de uma imagem *Landsat 5* (TM)



Fonte: Anjos (2017).

Foram selecionadas áreas a partir das visitas de campo e definidas sete classes de uso e cobertura do solo: 1) Caatinga Arbórea; 2) Caatinga Arbustiva Arbórea; caracterizada pela dominância (cerca de 60%) de arbustos e poucas árvores; 3) Caatinga Antropizada, vegetação herbácea caracterizada pela ausência de indivíduos arbóreos e predominância de ervas e arbustos; 4) Pastagens e Agricultura nas margens de rios; 5) Afloramentos Rochosos; 6) Corpos d'água e 7) Edificações.

### 2.4.2.3 Pós-processamento

Iniciou-se com a suavização das imagens realizada a partir da agregação de valores de pixels isolados que não correspondiam às áreas periféricas com os valores majoritários das imagens. Foi verificada a acurácia (confiabilidade) da classificação utilizando o índice de concordância Kappa, que varia de péssimo a excelente, de acordo com o nível de proximidade entre a representação da imagem e a realidade de campo (Quadro 2). Este índice é recomendado por utilizar todas as células da matriz ao invés de somente os elementos diagonais (AMARAL et al., 2009).

Quadro 2 – Índice de concordância de uma classificação de Kappa

Valor do índice Kappa	Concordância
< 0	Péssima
0 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito boa
0,81 – 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis, Koch (1977).

### 2.4.2.4 Elaboração dos Mapas Temáticos

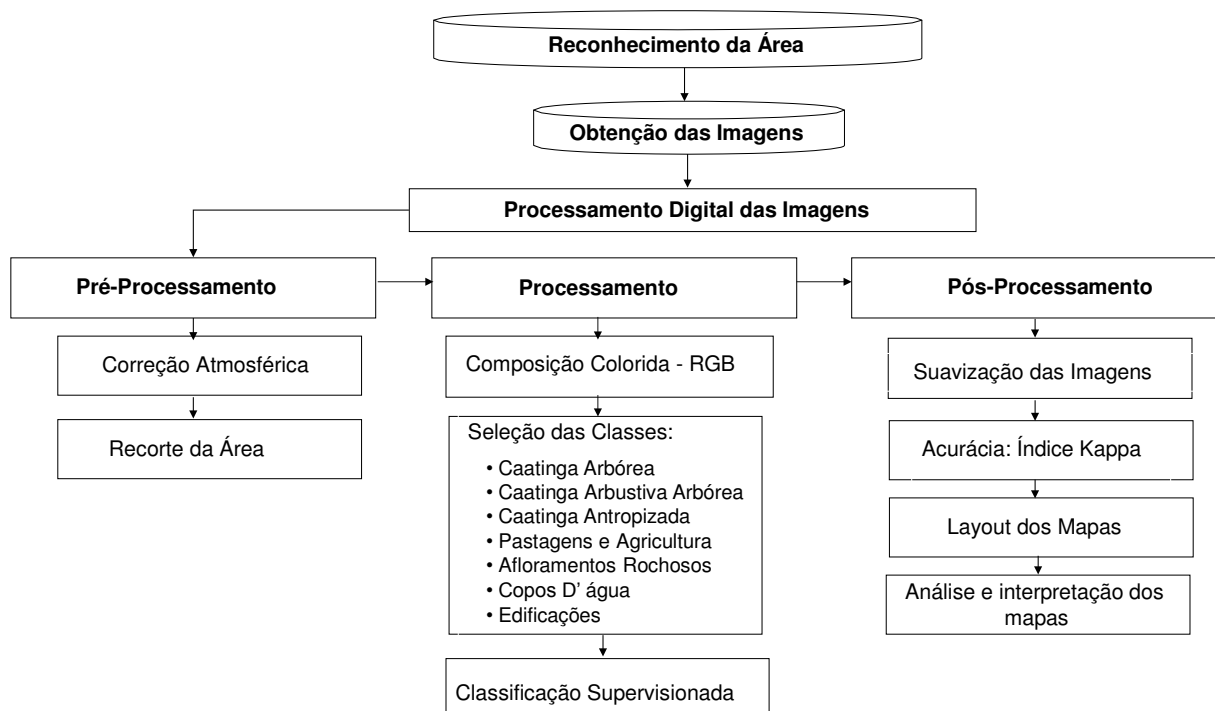
Para a geração dos mapas temáticos do uso e cobertura do solo da microbacia do Rio da Cruz, foram reunidas as imagens classificadas com suas respectivas classes e períodos chuvoso e seco. Efetuou-se a confecção do *layout* destes mapas contendo todos os elementos cartográficos essenciais à sua localização (coordenadas, escala, origem das imagens, legenda).

Os mapas foram gerados na projeção *Universal Transversa de Mercator (UTM)* e o *Datum SIRGAS2000*, zona 24 sul.

### 2.4.2.5 Análise e Interpretação dos Mapas

Foram realizadas análises das classes do uso e cobertura do solo da microbacia do Rio da Cruz, de acordo com o fluxograma da Figura 4, sendo comparadas com estudos realizados em outras microbacias, especialmente em períodos semelhantes, e os impactos gerados nas áreas estudadas.

Figura 4 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos



Fonte: Anjos (2018).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concordância da classificação das imagens supervisionadas, do uso e da cobertura do solo da microbacia do Rio da Cruz, baseada nas imagens em todo o supervisionamento, resultou em valores de índices de concordância de Kappa, de 0,80 (2001), 0,55 (2009) e 0,95 (2017), para os períodos chuvosos. Para os períodos secos, os valores para este índice foram 0,86, 0,86 e 0,96, respectivamente.

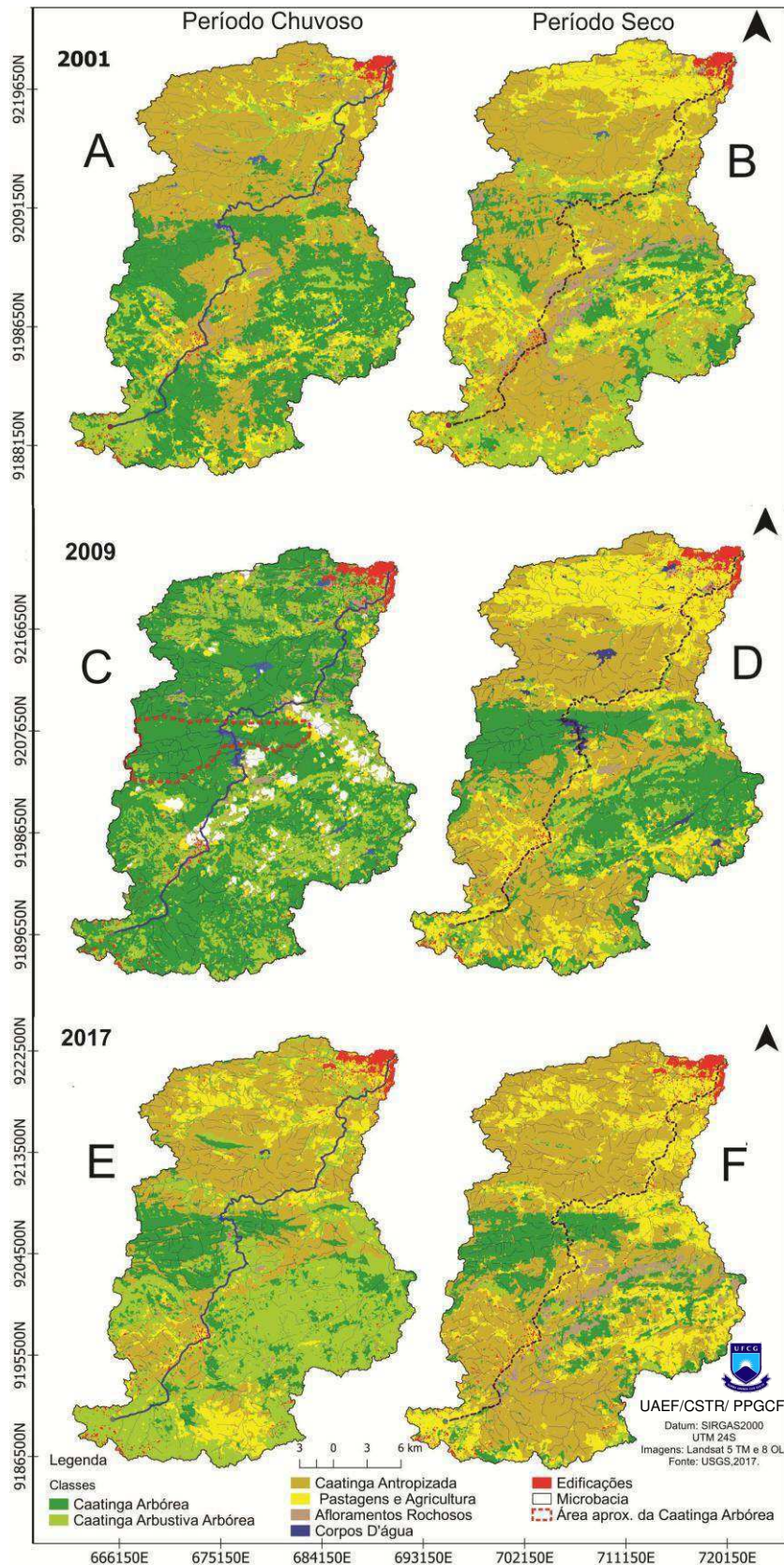
Verificou-se que esses índices variaram entre bom (0,55, em 2009, no período chuvoso) e excelente nos demais anos e períodos estudados, (índices superiores a 0,80) (LANDIS, KOCH, 1977). A concordância para a estação chuvosa de 2009 foi inferior às demais, devido à presença de nuvens nas áreas e excesso de biomassa presente na vegetação, resultado dos altos índices de precipitação registrados na área (1335,50 mm). Esses fatores provocaram divergências entre os *pixels* classificados nas imagens.

Durante os três anos estudados, verificou-se que a precipitação média anual na microbacia do Rio da Cruz foi de 656,88 (2001), 1335,50 (2009) e 782,43 mm (2017). A alta precipitação registrada em 2009 pode ser atribuída ao fenômeno La Niña. De acordo com Pereira et al. (2011), este fenômeno provoca alterações na precipitação do nordeste do Brasil, especialmente na região semiárida, quando a ocorrência de chuvas é acentuada, descaracterizando o índice médio normalmente registrado. La Niña, conforme Barbosa et al. (2011), contrapõe-se ao El Niño, que acentua os baixos índices pluviométricos, provocando as secas na região semiárida, a exemplo do ano de 2001 (656,88 mm), que ficou abaixo da média da região, a qual oscila entre 700 e 750 mm (AESAs, 2017).

Na Figura 5, constata-se a distribuição das classes de uso e cobertura do solo na microbacia do Rio da Cruz ao longo dos anos (2001, 2009 e 2017) e períodos estudados (chuvoso e seco). Verifica-se que, em 2009, quando ocorreu uma maior precipitação (1335,50 mm), a identificação das classes de vegetação ficou comprometida pelo volume de biomassa, tornando-se impossível a distinção das diferentes classes de Caatinga estabelecidas (Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva Arbórea e Caatinga Antropizada) nas imagens de satélites, pois os valores dos *pixels* eram muito próximos. Por outro lado, nos anos de 2001 e 2017, foi possível diferenciar todas as classes nos períodos chuvosos e seco.



Figura 5 – Mapa de uso e cobertura do solo da microbacia do Rio da Cruz dos anos estudados



Fonte: Anjos (2017).

Em pesquisas realizadas por Francisco et al. (2017); Barbosa et al. (2011), ficou comprovado que a precipitação na região semiárida é determinante e interfere diretamente na resposta da vegetação e no ciclo hidrológico. O período chuvoso desencadeia os processos fenológicos das espécies arbóreas, influenciando diretamente em todas as fases (brotação das gemas foliares, floração, frutificação, dispersão de sementes e formação do banco de sementes e de plântulas) e também possibilita o desenvolvimento dos estratos herbáceo e arbustivo, de modo a favorecer o ciclo sazonal ao qual as espécies desta região estão submetidas.

Os valores descritos na Tabela 3 referem-se às áreas (km<sup>2</sup>) e às porcentagens de abrangência de cada classe de uso e cobertura do solo na microbacia do Rio da Cruz, constatando-se o aumento nas áreas de Pastagens, Agricultura e Caatinga Antropizada em ambos os períodos e redução nas áreas de Caatinga Arbórea e Caatinga Arbustiva Arbórea.

Tabela 3 - Áreas e porcentagens do uso e cobertura do solo da microbacia do Rio da Cruz dos anos de 2001, 2009 e 2017 nos períodos chuvoso e seco

Classes	Período Chuvoso					
	2001		2009		2017	
	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%	Área (km <sup>2</sup> )	%
*Caatinga Arbórea	221,1	29,9	407,1	55,1	105,1	14,2
Caatinga Arbustiva Arbórea	111,0	15,0	99,6	13,5	133,6	18,1
Caatinga Antropizada	273,6	37,0	73,0	9,9	337,2	45,6
Afloramento Rochoso	35,3	4,8	36,4	4,9	33,8	4,6
Corpos D'Água	2,4	0,3	7,5	1,0	0,4	0,1
Pastagens e Agricultura	92,4	12,5	3,9	0,5	123,2	16,7
Edificações	3,5	0,5	4,8	0,6	6,1	0,8
Nuvens e Sombras	0,0	0,0	107,1	14,5	0,0	0,0
	Período Seco					
*Caatinga Arbórea	90,9	12,3	151,3	20,5	61,7	8,3
Caatinga Arbustiva Arbórea	136,1	18,4	80,5	10,9	83,1	11,2
Caatinga Antropizada	306,9	41,5	272,9	36,9	351,1	47,5
Afloramento Rochoso	38,6	5,2	43,5	5,9	36,6	4,9
Corpos D'Água	1,4	0,2	6,2	0,8	0,3	0,0
Pastagens e Agricultura	161,0	21,8	179,4	24,3	200,5	27,1
Edificações	4,6	0,6	5,6	0,8	6,1	0,8
Nuvens e Sombras	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>739,4</b>	<b>100,0</b>	<b>739,4</b>	<b>100,0</b>	<b>739,4</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Anjos (2018).

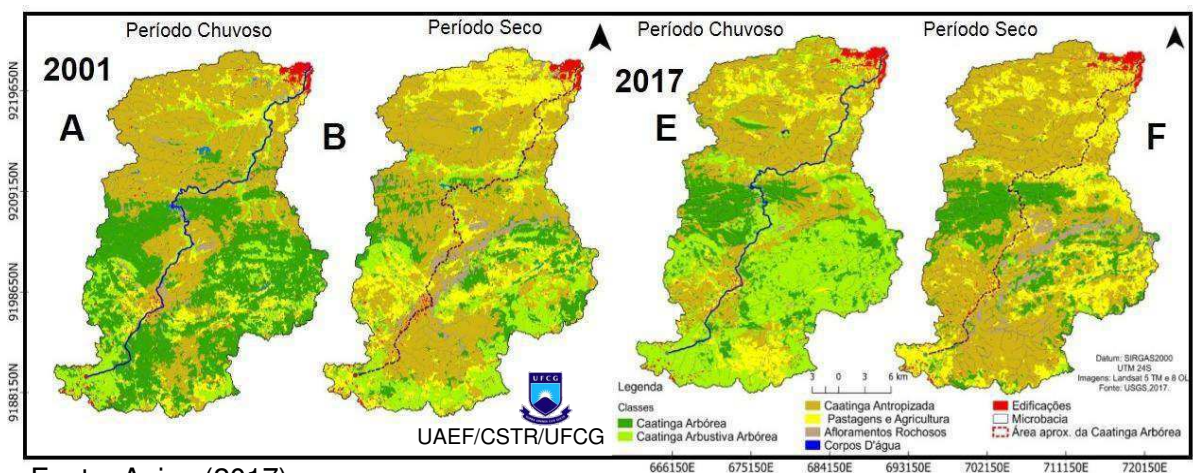
\*A área aproximada da caatinga arbórea no período chuvoso do ano de 2009 é 163,10 Km.

Para efeitos de comparação, foram considerados apenas os anos 2001 e 2017, haja vista a precipitação que ocorreu em 2009, acima do esperado, não representando anormalidade do índice pluviométrico da região. Ao se analisar o uso e cobertura do solo de todas as classes na Figura 5, fica evidente a forte exploração da vegetação arbórea e a intensidade do uso do solo na microbacia do Rio da Cruz.

Na classe da Caatinga Arbórea, constatou-se que, no período chuvoso, ocorreu uma redução de 52,5% da cobertura vegetal na área da microbacia: 221,1km<sup>2</sup> e 105,1km<sup>2</sup>, em 2001 e 2017, respectivamente. Nestes anos, foram observados aumentos de 20,36% na classe da Caatinga Arbustiva Arbórea (111,0 km<sup>2</sup> para 133,6 km<sup>2</sup>), de 33,34% na classe de Pastagens e Agricultura (92,4 km<sup>2</sup> para 123,2 km<sup>2</sup>) e de 23,25% (273,6 km<sup>2</sup> e 337,2 km<sup>2</sup>) na classe de Caatinga Antropizada (Tabela 3).

Observando o comportamento da vegetação em 2001 e 2017, na Figura 6, verificou-se que as classes apresentavam áreas distintas nos períodos chuvoso e seco, podendo ser explicado pelo comportamento fisiológico da vegetação da caatinga.

Figura 6 -- Mapa de uso e cobertura do solo da microbacia do Rio da Cruz dos anos 2001 e 2017



Fonte: Anjos (2017).

Observando a Figura 6, verifica-se que, no período chuvoso, a vegetação reflete a biomassa estimulada pelo processo de brotação de gemas, exibição das copas das árvores e formação, mesmo que descontínuo, do dossel superior característico desta vegetação, tornando mais perceptível a classe Caatinga Arbórea

e a forma de ocupação em geral das áreas. Em anos de precipitação normal, no período seco, com o aumento da deficiência hídrica, ocorre o processo de caducifolia (perda das folhas da maioria das espécies da Caatinga), como resposta à restrição hídrica no solo diminuindo a reflectância da vegetação.

Ao se compararem as áreas e percentuais de aumento e redução das classes do período seco com o chuvoso, verificou-se que apenas a Caatinga Arbustiva Arbórea não manteve o padrão verificado nas demais classes no período chuvoso, uma vez que se constatou uma redução de 38,94% (136,1 km<sup>2</sup> para 83,1 km<sup>2</sup>). Este decréscimo foi provocado pela substituição do uso desta área para cultivos e criação de animais, confirmada *in loco* pelo aumento de 24,53% na classe de Pastagens e Agricultura (Figura 6 B, F; Tabela 3).

Os resultados deste estudo se assemelham aos obtidos através da análise temporal da cobertura vegetal realizada por Sousa et al. (2008), nos anos de 1987 e 2004, no município de Boa Vista-PB, onde ocorre Caatinga com características semelhantes às do presente trabalho. Os autores identificaram um aumento na classe de vegetação rala (Caatinga Antropizada) de 26,80%, em 1987, para 35,82%, em 2004, elucidado pela supressão desordenada da vegetação para plantação de pastagens e agricultura. É evidente o não cumprimento do que preconiza o Código Florestal, que estabelece 50m de Área de Preservação Permanente (APP) para cursos d'água, com largura entre 10 m e 50 m (ALENCAR, 2016).

De um modo geral, verifica-se a exploração da vegetação arbórea nativa para diversos fins, como produção de energia para uso doméstico e industrial, madeiras para construção rural (varas, estacas, mourões etc), serraria para confecção de móveis e construção civil, além dos produtos florestais não madeireiros, (frutos, óleos, fibras, resinas, etc.). Em todas estas condições, há predominância do modelo extrativista e suas consequências negativas no solo, na biodiversidade, na descaracterização das paisagens naturais e, sobretudo, o assoreamento e a deterioração de rios, lagos e reservatórios.

Silva et al. (2013), em estudos realizados na microbacia do Rio do Saco, em Santa Luzia - PB, observaram que a Caatinga Arbórea localizada em relevos montanhoso e escarpado apresentou 100% de sua vegetação preservada. Os autores ressaltaram que as condições naturais de relevo favoreceram a manutenção da vegetação autóctone, em função da dificuldade da exploração dessas terras para pastagens e agricultura.

É importante destacar que, mesmo que a vegetação arbórea não se encontre às margens dos rios, nos 50m de APP, sua preservação é essencial para evitar a erosão do solo nas áreas adjacentes e proporcionar os demais benefícios ambientais.

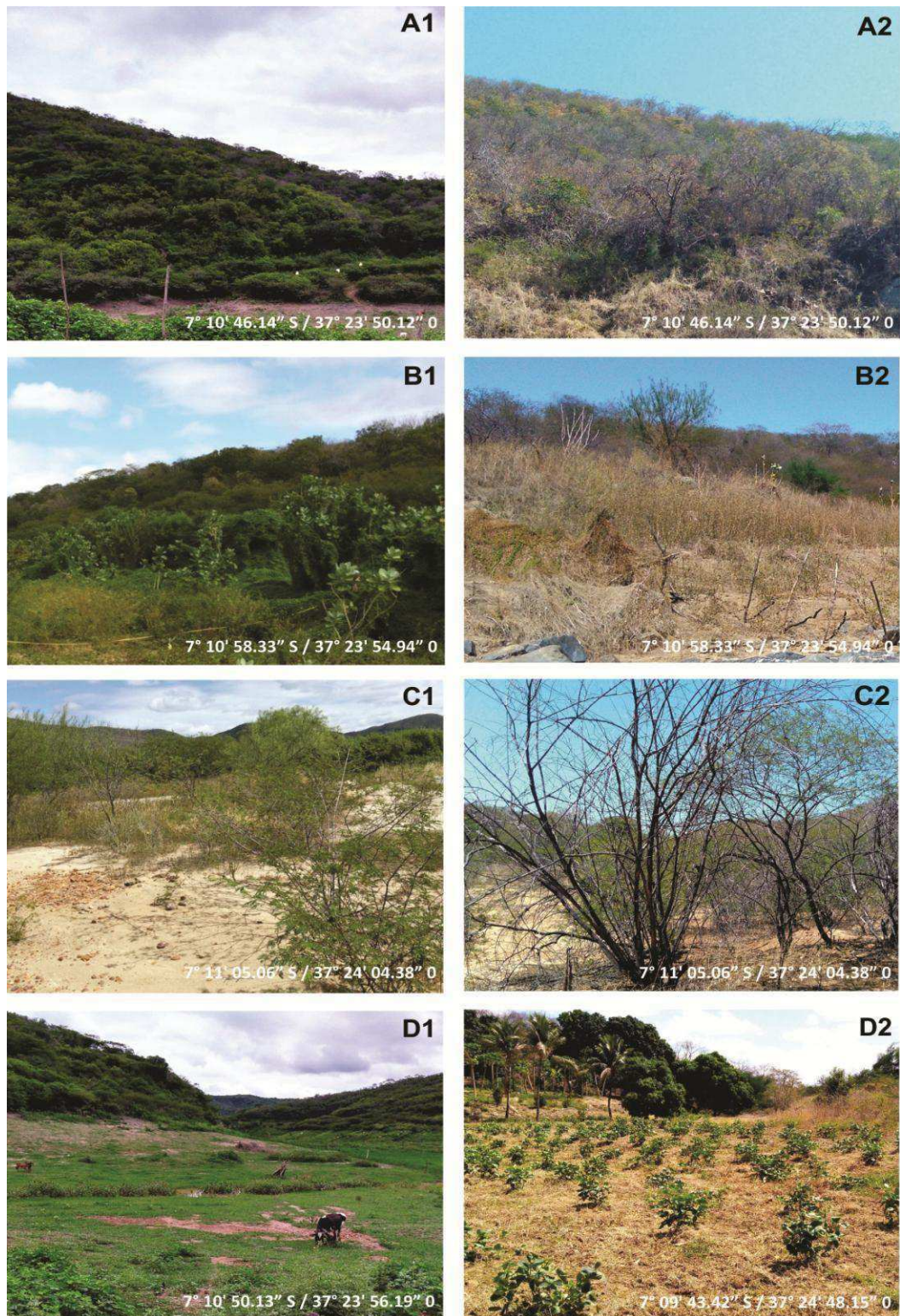
De acordo com Van Den Berg, Oliveira-Filho (2000), a vegetação arbórea vem sendo frequentemente retirada, causando impactos negativos nas bacias hidrográficas. Lacerda, Barbosa, Barbosa (2007) enfatizam que a supressão desta vegetação deve-se ao fato de ocuparem terras férteis ao longo das margens dos cursos d'água e reservatórios, sendo alvo de exploração, permitindo, dessa forma, a utilização das áreas para fins agropastoris. Souza, Souza (2016) acrescentam ainda que a substituição da cobertura da vegetação nativa causa impactos negativos no meio e gera altos custos ambientais e econômicos.

A ausência de planejamento do uso do solo de uma determinada área ocasiona impactos negativos sobre a biodiversidade, sendo cada vez mais importante conhecer como ocorreu o processo de ocupação das áreas, a fim de estimar o grau de degradação ao qual a vegetação arbórea foi submetida (BALLÉN, SOUZA, LIMA, 2016).

Essas condições foram observadas na microbacia do Rio da Cruz, uma vez que o uso do solo e da cobertura vegetal desta área comprova a ausência de conhecimento dos efeitos negativos das ações antrópicas no meio ambiente, especialmente a retirada da vegetação nativa, favorecendo a erosão e perda de fertilidade dos solos, assoreamento dos cursos d'água, dentre outros, aumentando, dessa forma, as áreas de Caatinga Antropizada, culminando em processos que acarretam riscos para sua sobrevivência.

Na Figura 7, visualizam-se imagens do uso e cobertura do solo, nos períodos chuvoso e seco, de acordo com as classes estabelecidas no mapeamento da microbacia do Rio da Cruz. Evidencia-se a diferença da paisagem na Caatinga Arbórea e Caatinga Arbustiva Arbórea entre os períodos de chuva e de estiagem, a utilização das áreas para pastagens e cultivos agrícolas, bem como a degradação presente nas áreas, em especial, na Caatinga Antropizada, pela exposição do solo.

Figura 7 – Imagens das classes de uso e cobertura do solo da microbacia do Rio da Cruz nos períodos chuvoso e seco, respectivamente. Caatinga Arbórea (A1; A2), Caatinga Arbustiva Arbórea (B1; B2), Caatinga Antropizada (C1; C2); Pastagens e Agricultura (D1, D2)



Fonte: Anjos (2017).

Feitosa et al. (2010) observaram, nos municípios de Serra Branca e Coxixola, na Paraíba, em um período de 17 anos, a exaustão do solo e a vulnerabilidade à degradação provocadas pela retirada da cobertura vegetal e substituição de pastagens e agricultura. Melo et al. (2009) ressaltam que o pequeno agricultor não dispõe de infraestrutura para enfrentar os longos períodos de estiagem, ficando dependente dos recursos naturais da Caatinga, quando a retirada da lenha torna-se uma das principais atividades econômicas. No presente estudo, a demanda crescente de terra para exploração pela população majoritariamente rural dos municípios desta microbacia resulta na remoção da cobertura arbórea.

Cunha et al. (2012) verificaram que, num período de 30 anos (1980 a 2007), no Nordeste do Brasil, o êxodo rural superou meio milhão de pessoas. Este fato, do ponto de vista ambiental, permitiu a recomposição da mata nativa, a exemplo da Bacia do Rio do Peixe. Estes autores consideram que esta evasão na zona rural beneficiou a recomposição da vegetação nativa na bacia do Rio do Peixe, no Alto Sertão da Paraíba. Em contrapartida, de acordo com o censo populacional de 2010, nos últimos 10 anos, apenas 40 mil pessoas fizeram essa migração (IBGE, 2010), o que justifica uma forte pressão sobre os recursos naturais da caatinga.

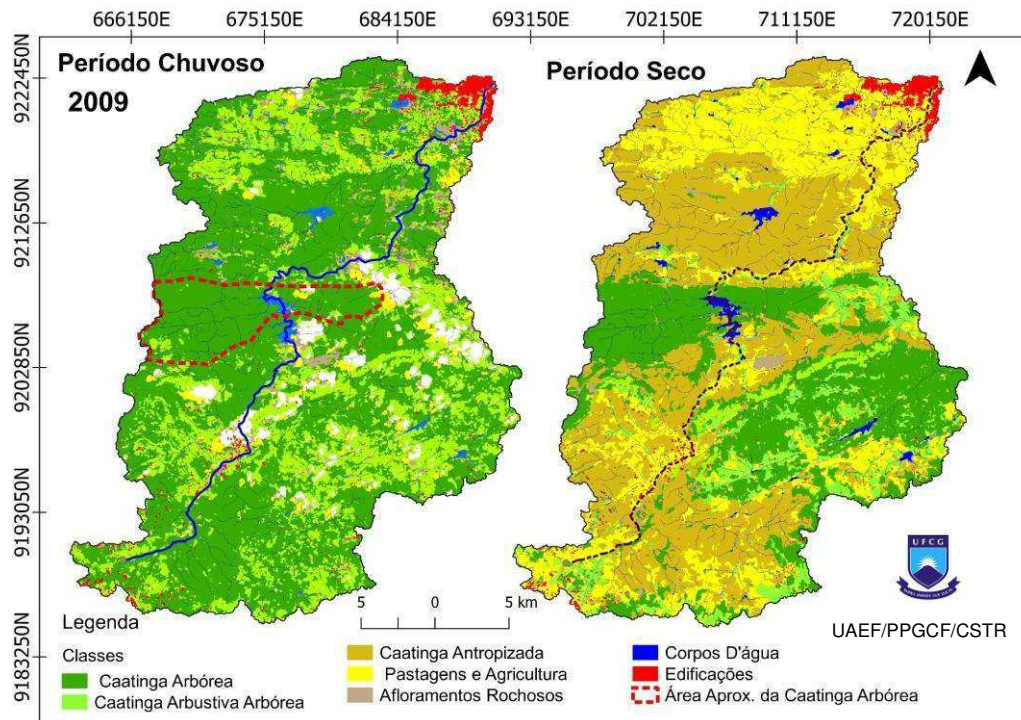
Como era de se esperar, a classe de Corpos d'água ficou mais evidente em todos os períodos chuvosos, verificada pelas águas superficiais dos córregos e reservatórios abastecidos pela precipitação ocorrida na região (Figura 6 A, E; Figura 8 D). Essa classe pode variar de acordo com os índices de precipitação, que proporcionam um maior volume de água na microbacia.

Analisando os dados da Tabela 3, verifica-se uma redução dos Corpos d'água de 83,33%, no período chuvoso, e de 78,57%, no período seco, para os anos de 2001 e 2017. Este comportamento é o reflexo da precipitação dos anos anteriores que precedem os deste estudo, os quais favorecem ou não um maior acúmulo de água superficial e que podem ser fortemente influenciados pelos fenômenos El Niño e La Niña. De acordo com Pereira et al. (2011); Barbosa et al. (2011), estes fenômenos provocam fortes alterações no volume de água precipitado, influenciando positivamente ou negativamente na quantidade de água acumulada.

A identificação das classes de vegetação para o ano de 2009, no período chuvoso (Figura 8 C), ficou comprometida pelo volume da biomassa da vegetação, dificultando a distinção entre as classes estabelecidas (Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva Arbórea, Caatinga Antropizada e Pastagens e Agricultura). Nas imagens

de satélites, os valores dos *pixels* ficaram muito semelhantes, especificamente nas bandas infravermelho próximo, onde a vegetação reflete uma grande quantidade de energia, a qual está diretamente relacionada à biomassa produzida.

Figura 8 -- Mapa de uso e cobertura do solo da microbacia do Rio da Cruz do ano de 2009



Fonte: Anjos (2017).

A partir das informações das áreas obtidas na classe de Caatinga Arbórea, no período chuvoso dos anos de 2001 e 2017, estimou-se uma área média de 163,10 km<sup>2</sup> para esta classe (Tabela 3).

Conforme Francisco et al. (2017), nos estudos realizados na bacia hidrográfica do Rio Taperoá – PB, em 2009, ficou comprovada a excepcionalidade do período chuvoso, contribuindo com a uniformização das condições de umidade do solo e estabilização dos mecanismos das plantas, favorecendo um ganho de biomassa lenhosa da Caatinga de 53,8%.

Destaca-se a influência das condições climáticas e, em particular, neste estudo, o período chuvoso do ano de 2009, sobre a vegetação do semiárido, a qual manteve sua folhagem por um período mais longo, beneficiada pela umidade no solo, devido ao alto índice pluviométrico registrado na região (Figura 8 D, Tabela 3).



## CONCLUSÃO

As técnicas de sensoriamento remoto e o conhecimento da microbacia resultam em informações relevantes do uso e cobertura do solo em anos de precipitação regular para região.

Os estudos realizados nas duas estações distintas tornam visíveis os alvos água, vegetação e solo e servem de base para elaboração de projetos de mapeamento que envolvam o uso e cobertura do solo de microbacias na Mesorregião do Sertão Paraibano, em períodos distintos.

Em anos de maior precipitação, a biomassa da vegetação arbórea superestima as classes vegetacionais, dificultando a identificação da cobertura vegetal do solo e das áreas antropizadas na estação chuvosa.

A análise espaço-temporal da microbacia do Rio da Cruz, através da classificação do uso e cobertura do solo, aponta um avanço da ação antrópica associada às condições climáticas, principalmente nas margens dos rios, com a redução da Caatinga Arbórea e aumento da Caatinga Arbustiva Arbórea, Caatinga Antropizada e áreas de Pastagens e Agricultura.

## REFERÊNCIAS

AESA - **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2017.** Disponível em:< <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>. Acesso em 13/02/2018.

ALENCAR, G. V. **Novo Código Florestal Brasileiro**: ilustrado e de fácil entendimento. 2.ed. Vitória. Ed. do autor, 2016. 409 p.il.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; GERD SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeit**, v.22, n.6. Stuttgart, Alemanha. 2014. p 711-728. Disponível em: [http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf). Acesso em 11/10/2017.

AMARAL, M. V. F.; SOUZA, A. L.; SOARES, V. P.; S, C. P. B.; LEITE, H. G.; MARTINS, S. V.; FERNADES FILHO, E. I.; LANA, J. M. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.575-582, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622009000300019](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622009000300019). Acesso em: 31/10/2017.

APAC. **Agência Pernambucana de Água e Clima.** Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/monitoramento-pluvio.php#>. Acesso em: 24/01/2018.

ARAÚJO, I. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Uso e degradação dos recursos naturais no semiárido brasileiro: estudo na microbacia hidrográfica do rio farinha, Paraíba, Brasil. *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia v. 12, n. 39 set/2011 p. 255 – 270. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article>. Acesso em: 12/02/2018.

BALLÉN, L. A. C.; SOUZA; B. I.; LIMA, E. R. V. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal na área de proteção ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia** (Online). v. 36. n. 3. p. 555-571, set./dez. 2016. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/44558>. Acesso: 18/03/2018.

BARBOSA, H. A.; KUMAR, T. V. L.; SILVA JUNIOR, I. W. Analysis of the NDVI temporal dynamics in semi-arid ecosystems: Brazilian caatinga and African western Sahel. **Revista Brasileira de Geografia Física**, n.2, p.300-306, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232655>. Acesso em: 20/02/2018.

BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. DA; BEZERRA, B. B. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.709-717, 2011. Disponível em: <http://www.sumarios.org/artigo/>. Acesso em: 02/02/2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. MMA – Secretaria de Recursos Hídricos / Coordenação Técnica de Combate à Desertificação. 3.ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 171p. Disponível em:

[http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_desertif/\\_arquivos/unccd\\_portugues.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/unccd_portugues.pdf). Acesso em: 16/02/2018

COELHO, V.H.R.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; ALMEIDA, C.N.A.; LIMA, E.R.V, RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G.S.S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 2014; 18(1): p.64-72. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662014000100009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000100009). Acesso em: 30/01/2018.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15851>. Acesso em: 18/02/2018.

CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B. DA; CHAVES, I. DE B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.539-548, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?>. Acesso em: 20/02/2018.

FEITOSA, P. H. C.; ANDRADE, K.S.; BARBOSA, M. P.; RIBEIRO, G.N. Avaliação Do Processo De Degradação Da Cobertura Vegetal Em Serra Branca E Coxixola – PB. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.1, p. 01 - 07 janeiro/março de 2010. Disponível em:

<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/264>. Acesso em: 20/02/2018.

FERNANDES, M. R. M.; MATRICARDI, E. A. T.; ALMEIDA, A. Q.; FERNANDES, M. M. Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 22(4), p. 472-482, 2015. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/floram/v22n4/2179-8087-floram-2179-8087121514.pdf>. Acesso em: 17/01/2018.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B.; CHAVES, L. H. G. LIMA, E. R. V.; SILVA, B. B. Umidade antecedente e índice de vegetação da diferença normalizada no mapeamento da caatinga. **Revista ACSA**, Patos-PB, v.13, n.2, p.82-91, Abril-Junho, 2017. Disponível em:

<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/725>. Acesso em: 12/02/2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais**. 2010. Disponível em:

<[https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_dtb\\_int.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_dtb_int.shtm)>. Acesso em: 10/10/2017.

JACOMINE, P.K.T. Caracterização do estágio atual dos solos sob Caatinga In: ARAÚJO, Q.R.(Orgs.) **500 anos de uso do solo no Brasil**. - Ilhéus, Ba: Editus, 365p. 2002.

LACERDA, A. V.; BARBOSA, F. M.; BARBOSA, M. R. V. Estudo Do Componente Arbustivo-Arbóreo De Matas Ciliares Na Bacia Do Rio Taperoá, Semi-Árido Paraibano: Uma Perspectiva Para A Sustentabilidade Dos Recursos Naturais. **Oecol. Bras.**, v.11.n 3. p. 331-340, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/28224189>. Acesso em: 12/03/2018.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. 1977. **Biometrics**. v.33, p.159-174.1977. Disponível em: [https://www.dentalage.co.uk/wpcontent/uploads/2014/09/landis\\_jr\\_koch\\_gg\\_1977\\_kappa\\_and\\_observer\\_agreement.pdf](https://www.dentalage.co.uk/wpcontent/uploads/2014/09/landis_jr_koch_gg_1977_kappa_and_observer_agreement.pdf). Acesso em: 12/02/2018.

MEDEIROS, F.S.; ANJOS, D. M.; AZEVEDO, A.L.; LIMA, J.R. caracterização morfométrica da microbacia do rio da cruz localizada no semiárido do nordeste do Brasil.In: III Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS, Fortaleza. **Anais...** Ceará, Brasil 20 a 22 de junho de 2017. Disponível em: <https://sbrns2017.blogspot.com.br/p/anais-do-iii-sbrns-2017.html> :Acesso: 28/02/2018

MELO, J. A. B.; PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, JOSÉ. Atuação Do Estado Brasileiro no Combate à Seca no Nordeste e Ampliação das Vulnerabilidades Locais. **Qualit@s Revista Eletrônica** ISSN 1677 4280 v.8. n 2 .2009, Disponível em: <http://revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/387>, Acesso em: 13/01/2018.

MMA-**Ministério do Meio Ambiente**. Relatório de monitoramento do desmatamento na Caatinga. 2011. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 05 /02/ 2018.

PEREIRA, V.C.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; OLIVEIRA, A. D.; MELO, T. K.; VIERA, R. Y. M. Influência dos eventos El Niño e La Niña na precipitação pluviométrica de Mossoró-RN. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011.Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/318721892>. Acesso em: 27/01/2018.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. 2003. p. 3-73. Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/203/\\_arquivos/5\\_livro\\_ecologia\\_e\\_conservao\\_da\\_caatinga\\_203.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/203/_arquivos/5_livro_ecologia_e_conservao_da_caatinga_203.pdf). Acesso em: 28/10/2017.

RIVERA, H. **Ordenamento Territorial de Áreas Florestais Utilizando Avaliação Multicritério Apoiada por Geoprocessamento, Fitossociologia e Análise Multivariada**. 106 p. Dissertação (Mestrado) Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. 2007. Disponível em: <<http://florestaombrofilamista.com.br/sidol/downloads/26.pdf>> Acesso em: 14/08/2016.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do bioma caatinga – características e potencialidades. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y.(Org.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília:** Serviço Florestal Brasileiro, 2010. p. 29-42. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/\\_arquivos/web\\_uso\\_sustentvel\\_e\\_conservao\\_dos\\_recursos\\_florestais\\_da\\_caatinga\\_95.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/_arquivos/web_uso_sustentvel_e_conservao_dos_recursos_florestais_da_caatinga_95.pdf). Acesso em:10/12/2017.

SANCHES, I. D.; ANDRADE, R. G.; QUARTAROLI, C. F.; RODRIGUES, C. A. G. Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat5–TM para obtenção de reflectância de superfície e NDVI In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR), Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 7564-7571. 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/902348/>. Acesso em: 03/12/2017.

SILVA, J. E. R.; ASSIS, F. R. V.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C.; LEITE, M. J. H. Uso da Terra em Função das Classes de Declividade em Microbacia do Semiárido Paraibano. **Anais...** IV CONEFLOR – III SEEFLOR/ Vitória da Conquista (BA), 25 a 28 de Novembro de 2013. Disponível em: [http://www.uesb.br/eventos/seeflor/publicacoes/2013/1280\\_PDFsam\\_Anais\\_IV\\_CONEFLOR\\_III\\_SEEFLOR.pdf](http://www.uesb.br/eventos/seeflor/publicacoes/2013/1280_PDFsam_Anais_IV_CONEFLOR_III_SEEFLOR.pdf). Acesso em: 31/01/2018.

SILVA, R. M. P.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C. Alteração da cobertura vegetal na Sub-Bacia do Rio Espinharas de 2000 a 2010. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p.202–209, Set. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php>. Acesso em: 31/10/2017.

SIQUEIRA FILHO, J. A.; SANTOS, A.P.B.; NASCIMENTO, M. F. S.; SANTO, F. S. E. **Guia de Campo de Árvores da Caatinga.** Petrolina: Editora e Gráfica Franciscana Ltda., 2009. 64 p. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/26549699/Guia-de-Campo-de-Arvores-Da-Caatinga>. Acesso em: 12/02/2017.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; SOUSA JÚNIOR, S. P.; NERY, A. R.; L, A. N. Estudo da evolução espaço-temporal da cobertura vegetal do município de boa vista-PB, utilizando geoprocessamento. **Revista Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.21, n.3, p.22-30, junho/agosto de 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/791/400>, Acesso em: 21/01/2018.

SOUZA, B. I.; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. **Caderno de Geografia**, v.26, n. especial 2, 2016. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/>. Acesso em: 27/01/2017.

SOUZA, S. F.; ARAUJO, M. S. B.; BRAGA, R. A. P.; SILVA, C. E. M. Caracterização fisiográfica da sub-bacia do rio Natuba – PE. **RBGF- Revista Brasileira de Geografia Física** Recife-PE. v.01 n.02 Set/Dez 2008,1-14. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232630/26643>. Acesso em: 28/02/2018.

SOUZA, S. F.; ARAUJO, M. S. B.; BRAGA; GALVÍNIO, J. D. Mudanças do uso da terra no município de Serra Talhada-PE utilizando análise por componentes principais (ACP). **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v.24, n.3, set/dez. 2007. Disponível em:

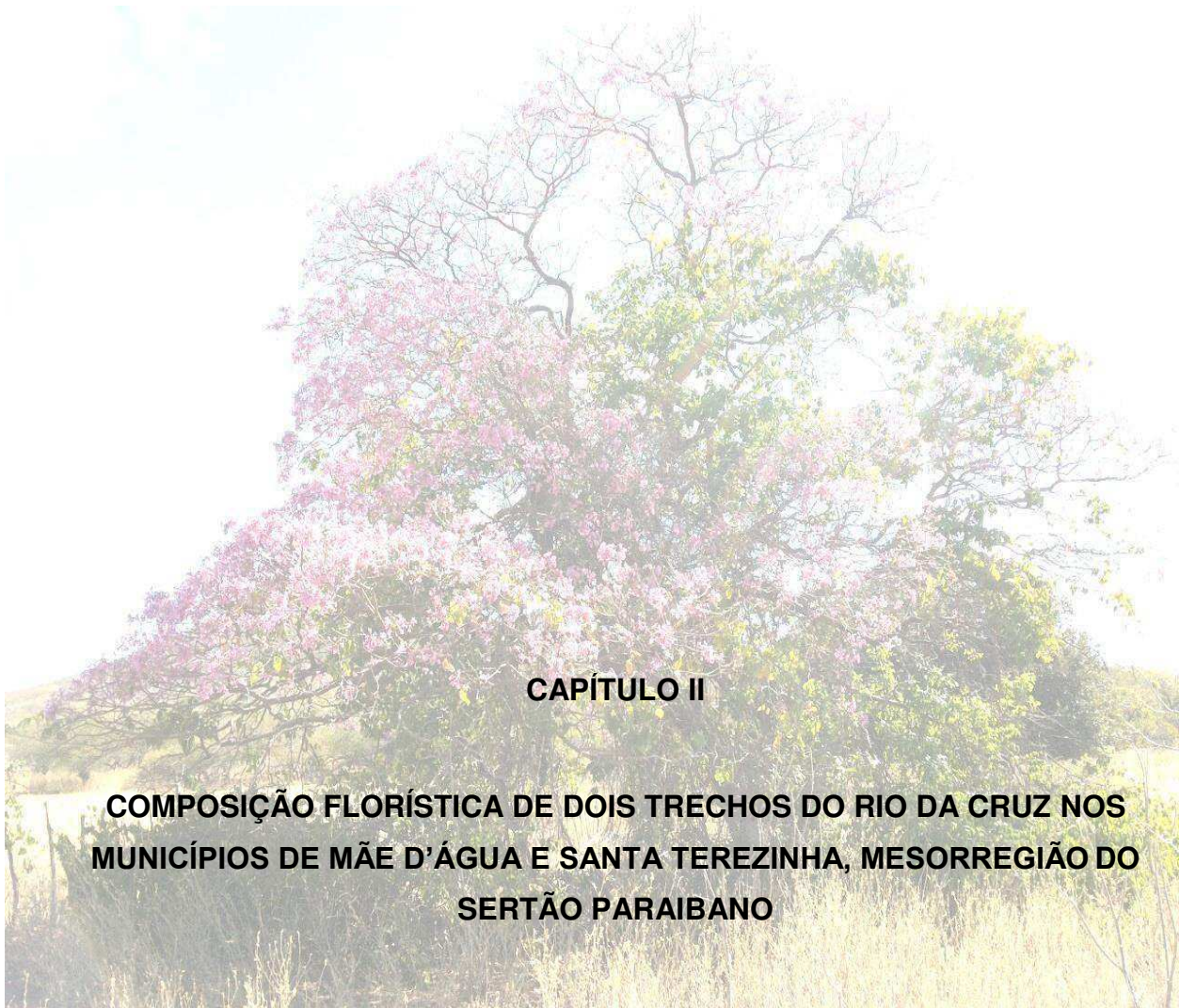
<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/72/acp.pdf>. Acesso em: 28/02/2018.

USGS. **Landsat Missions: Using the USGS Landsat8 Product. U.S. 2017.**

Department of the Interior - U.S. Geological Survey – NASA. Site:

<[http://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)>. Acesso em: 20/08/ 2016.

VAN DEN BERG, E.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23. n.3. p. 231-253.2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v23n3/a02v23n3.pdf>. Acesso em: 12/03/2018.



**CAPÍTULO II**

**COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DE DOIS TRECHOS DO RIO DA CRUZ NOS  
MUNICÍPIOS DE MÃE D'ÁGUA E SANTA TEREZINHA, MESORREGIÃO DO  
SERTÃO PARAIBANO**

ANJOS, Denize Monteiro. **Composição florística de dois trechos do Rio da Cruz no município de Mãe D'Água e Santa Terezinha, Mesorregião do Sertão Paraibano.** 84p. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos-PB. 2018.

## RESUMO

A vegetação arbórea, notadamente das matas ciliares dos rios da região semiárida do Nordeste do Brasil, tem sido retirada para exploração agrícola e pecuária. De acordo com o Código Florestal, as matas ciliares deveriam ser preservadas, pois são importantes para o equilíbrio dos ecossistemas associados. O Rio da Cruz, situado na Mesorregião do Sertão Paraibano percorre cinco municípios, dos quais quatro têm sua população concentrada na zona rural e que explora as áreas das matas ciliares para as atividades agropastoris. Em virtude da relevância destas áreas e da escassez dos trabalhos desenvolvidos na região semiárida, este trabalho objetivou realizar um levantamento da composição florística dos componentes arbóreo e herbáceo e verificar a ocupação das margens de dois trechos do Rio da Cruz (PB). O levantamento florístico arbóreo foi realizado por meio de marcação de parcelas de dois trechos em ambas as margens dos trechos selecionados para este fim. A técnica de caminhamento foi utilizada para a coleta do material fértil das espécies herbáceas encontradas em ambas as margens dos dois trechos. Verificou-se a ocorrência de poucas espécies arbóreas e a retirada da mata ciliar deste rio para as atividades agropastoris. O trecho II encontra-se mais degradado, comprovado pela dominância de *Mimosa tenuiflora*. A ocupação desordenada destas áreas reflete o descumprimento do Código Florestal e compromete sua riqueza florística, demandando estudos e ações para reverter o quadro de degradação desses ecossistemas.

**Palavras chave:** Antropização. Similaridade. Vegetação Ciliar.



ANJOS, Denize Monteiro. **Floristic composition of two stretches of Rio da Cruz in the municipality of Mãe D'água and Santa Terezinha, Mesoregion of Sertão of Paraíba.** 84 pgs. Dissertation on Masters in Forest Sciences. CSTR / UFCG, Patos-PB. 2018.

### ABSTRACT

The arboreal vegetation, notably the riparian forests of rivers in the semi-arid region of northeastern Brazil, has been withdrawn for agricultural and livestock farming. According to the Forest Code, riparian forests should be preserved as they are important for the balance of ecosystems involved. The Rio da Cruz, located in the Mesoregion of Sertão of Paraíba, runs through five municipalities, four of which have a population concentrated in the rural area and that explore the areas of riparian forests for agroforestry activities. Due to the relevance of these areas and the scarcity of the work carried out in the semi-arid region, this work aimed to perform a survey of the floristic composition of the arboreal and herbaceous components and verify the occupation of the banks of two stretches of the river. The arboreal floristic survey was carried out by means of marking of plots of two stretches in both margins of the selected sections for this purpose. The walking technique was used to collect the fertile material of the herbaceous species found in both margins of the two stretches. It was verified the occurrence of few tree species and the removal of the riparian forest of this river for agroforestry activities. Section II is more degraded, evidenced by the dominance of *Mimosa tenuiflora*. The disordered occupation of these areas reflects the noncompliance of the Forest Code and compromises its floristic richness, demanding studies and actions to reverse the degradation of these ecosystems.

**Keywords:** Anthropisation. Similarity. Riparian vegetation.

## INTRODUÇÃO

A vegetação nativa do semiárido é a Caatinga, de grande relevância para a região Nordeste. Ao mesmo tempo em que sua diversidade é reconhecida, verifica-se uma redução em sua composição florística devido à maneira desordenada como é explorada, comprometendo as condições de manutenção do homem na zona rural.

As ações antrópicas, notadamente, a exploração dos recursos naturais, são as principais causas da degradação do bioma Caatinga. Atualmente, constata-se os impactos ambientais, como a redução da biodiversidade faunística e florística locais, que dificulta o estabelecimento e o desenvolvimento da vegetação, em geral, e das espécies autóctones, em particular, de solos férteis e profundos.

Na região semiárida brasileira, a estação chuvosa influencia o volume de água dos rios, favorecendo o surgimento e estabelecimento da vegetação, composta por espécies arbóreas, compondo as matas ciliares ao longo de suas margens. É comum a retirada dessa vegetação para o estabelecimento da agricultura e criação de animais, mesmo nos períodos secos, quando não se observa mais água no leito dos rios. Este modelo de exploração pode comprometer os ecossistemas ripários, uma vez que os animais, além de consumirem o estrato herbáceo e os subprodutos dos cultivos remanescentes, compactam o solo com o pisoteio.

É notória a escassez de informações da composição florística pregressa e atual nas margens dos cursos d'água, ao longo de rios, córregos e represas da região semiárida e em geral. Marangon, Soares, Seliciano (2003) chamam atenção para a importância do conhecimento e entendimento da dinâmica de uma vegetação utilizando o levantamento da composição da florística. A identificação das espécies e a sua ocorrência em comunidades vegetais geram informações sobre os ecossistemas e o estado de preservação em que se encontram.

Pereira et al. (2002) ressaltam a importância destes estudos para entender a dinâmica da ocupação destas áreas, os quais podem subsidiar projetos de conservação a serem implantados nestes ecossistemas, bem como associá-los aos sistemas produtivos neles inseridos, especialmente onde predominam atividades econômicas, como pecuária e agricultura. Pereira Júnior, Andrade, Araújo (2012) enfatizam que, por meio destes estudos, é possível monitorar as modificações na estrutura da vegetação, aumentando o conhecimento sobre o bioma, e fundamentar ações que preservem seu patrimônio genético e sua utilização de forma racional.

Assim, considerando a frequente utilização de margens dos rios do semiárido para o desenvolvimento de atividades agrosilvopastoris e a relevância do conhecimento da vegetação destes ecossistemas na região semiárida, este trabalho teve como objetivos realizar um levantamento da composição florística dos componentes arbóreos e herbáceos e verificar o grau de ocupação das margens de dois trechos do Rio da Cruz (PB).

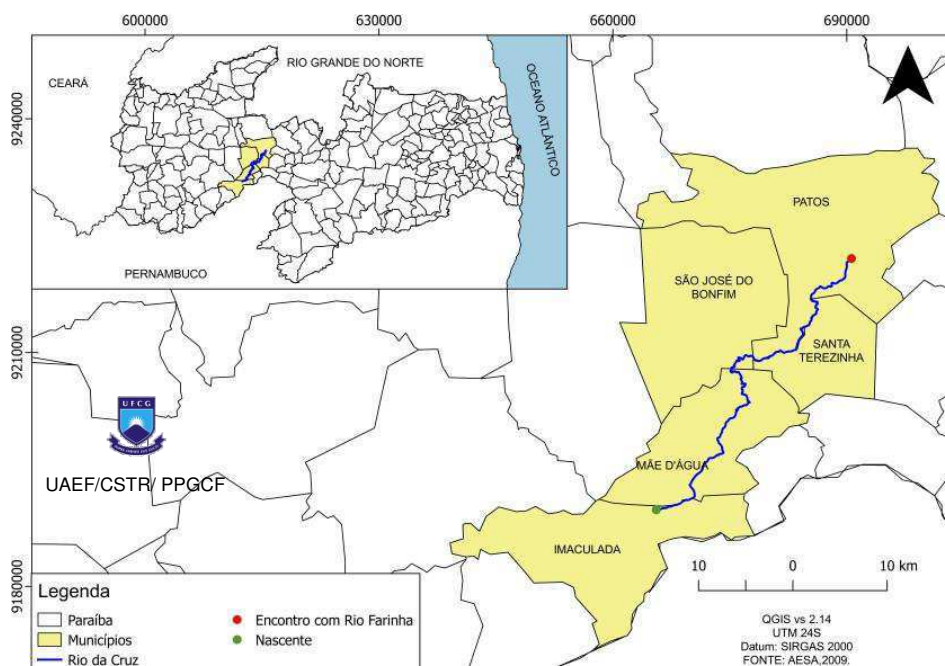
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado em dois trechos do Rio da Cruz, cuja microbacia ocupa 739,40 km<sup>2</sup>, com 98% de sua área distribuídos no Estado Paraíba, nos municípios de Imaculada, Mãe D'água, Matureia, Patos, Santa Terezinha, São José do Bonfim e Teixeira, e 2% no Estado de Pernambuco, nos municípios de Brejinho e Santa Terezinha (MEDEIROS et al., 2017). A nascente do rio localiza-se no município de Imaculada (PB), nas coordenadas geográficas 7°19'46.27"S e 37°28'7.78"O, com altitudes variáveis, que vão desde 250 m na longa planície pediplana, com presença de inselbergues, até altitudes próximas de 700 m (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

O seu percurso na Mesorregião do Sertão Paraibano ocorre no sentido sudoeste-nordeste (SW-NE), percorrendo um trajeto de, aproximadamente, 56 km, passando pelos municípios de Imaculada, Mãe D'água, Santa Terezinha, São José do Bonfim e Patos, onde se encontra com o Rio Farinha (7° 2'4.41"S/ 37°16'27.72"O) e, em conjunto, formam o Rio Espinharas (AESA, 2016) (Figura 1).

Figura 1—Localização do Rio da Cruz, em destaque a nascente (Imaculada – PB) e o encontro com o Rio Farinha (Patos – PB)



Fonte: Anjos (2017).

O Rio da Cruz é temporário e efêmero, com períodos de cheia e de seca bem acentuados, com regime de escoamento intermitente, cujo volume de água é dependente da precipitação (CPRM, 2005).

O estudo foi desenvolvido em dois trechos, distantes aproximadamente 3 km um do outro, localizados próximos à barragem de Capoeira, às margens direita e esquerda do rio, sendo denominados de trecho I (Mãe D'água) e trecho II (Santa Terezinha – PB). Estes trechos estão dentro dos 50 metros de cada margem do rio, que deveriam ser APP (Área de Proteção Permanente), uma vez que a largura do rio está entre 10 e 50m (Código Florestal Lei 12.651/12). A escolha dos trechos deu-se devido ao forte nível de exploração das áreas com agricultura, plantio de pastagem e pecuária, influenciados pela construção da Barragem de Capoeira.

O clima da área de estudo, segundo Alvares et al. (2014), é do tipo Bsh, semiárido quente e seco, com chuvas de verão. A precipitação média dos últimos 17 anos foi de, aproximadamente, 700mm, concentrada nos quatro primeiros meses do ano, com variações de temperaturas entre 23 e 30°C (CPRM, 2005).

A vegetação nativa predominante é a caatinga hiperxerófila, arbustiva arbórea aberta, bastante alterada, notadamente nas margens do Rio da Cruz, em função da ocupação das suas margens para as atividades agropecuárias (agricultura, pecuária e retirada de material madeireiro) para a subsistência das famílias que residem próximo ao rio. No Quadro 1, verifica-se que a maioria da população dos municípios banhados pelo Rio da Cruz concentra-se na zona rural, ratificando a sua importância para a manutenção do homem no campo.

Quadro 1 – Municípios banhados pelo Rio da Cruz e suas respectivas populações urbana e rural

<b>Municípios</b>	<b>População Urbana</b>	<b>População Rural</b>
Imaculada	5.063	6.289
*Mãe D'Água	1.569	2.450
Patos	97.278	3.396
*Santa Terezinha - PB	2.208	2.373
São José do Bonfim	1.361	1.872

\*Municípios onde foram estabelecidos os trechos para coleta de dados  
Fonte: IBGE (2010).

## **2.2 Procedimentos Metodológicos**

### **2.2.1 Coleta de Amostras de Solo para Caracterização Textural e de Fertilidade**

Foram coletadas aleatoriamente 24 amostras de solo, 12 em cada trecho estudado do Rio da Cruz, para análise textural e de fertilidade. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e, em laboratório, formaram uma amostra composta para cada margem dos trechos estudados.

## **2.2 Composição Florística**

Para o levantamento da composição florística nos dois trechos estudados, realizaram-se visitas mensais ao campo, no período de março a setembro de 2017. Foram demarcadas as parcelas para coletas de dados do componente arbóreo e feito o caminhar para o estrato herbáceo. Todos os procedimentos foram acompanhados por um especialista em taxonomia vegetal e engenheiros florestais.

### **2.2.1 Composição Florística do Componente Arbóreo**

A metodologia utilizada para a coleta de dados do componente arbóreo foi adaptada de Rodal et al. (2013), e a recomendação dos 50 metros a partir da borda da calha do leito regular, de acordo com o Código Florestal (BRASIL, 2012). Nesta área, foram determinadas nove parcelas de 10x10m, equidistantes 250 metros em cada margem (direita e esquerda), nos dois trechos, totalizando 36 parcelas (3600 m<sup>2</sup>). As parcelas foram demarcadas utilizando-se trena de 50 metros, barbante e estacas. Para o georreferenciamento das mesmas, utilizou-se um GPS GARMIM 30ex.

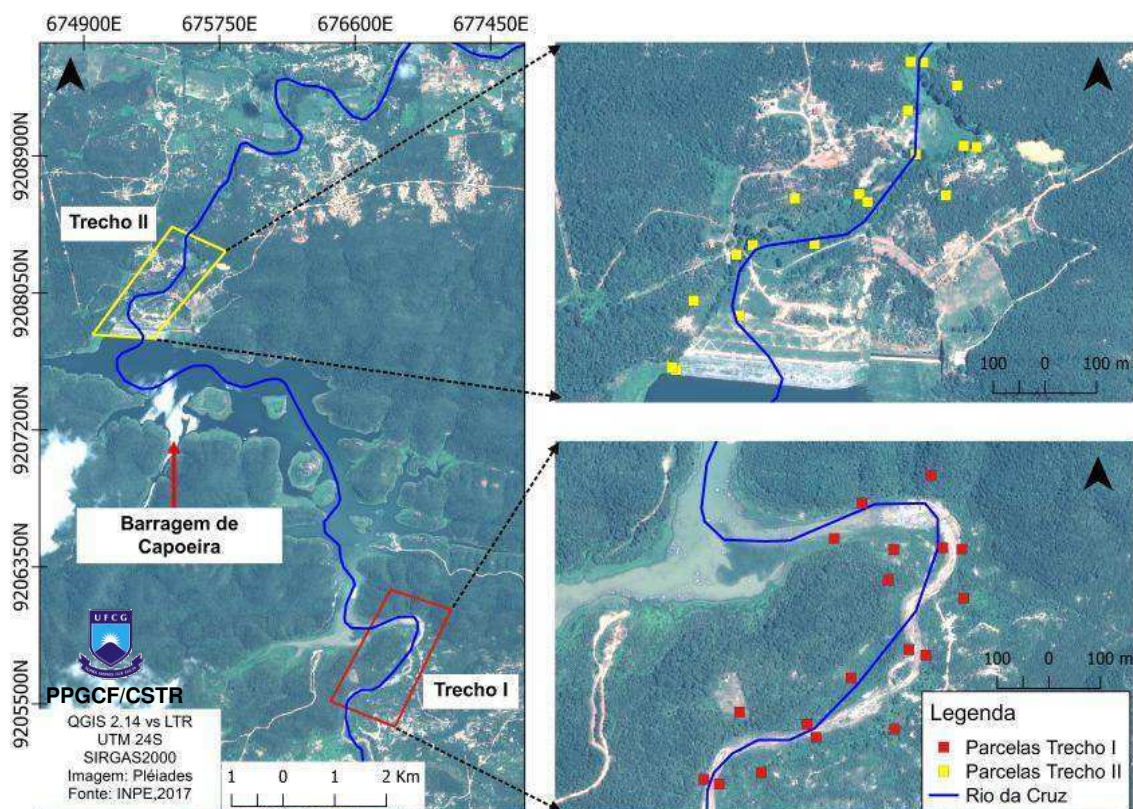
Foi realizada a identificação de todas as árvores vivas encontradas no interior de cada parcela, cujo diâmetro ao nível do solo (DNS) fosse superior a 6 cm. Quando havia material florístico, amostras foram coletadas e conduzidas ao Herbário do CSTR, para confecção de exsiccatas e identificação das espécies. Na ausência de flores e frutos, a identificação foi feita pelo nome vulgar e pelas características dendrológicas da planta (casca, folhas, presença de espinhos etc.) e, em seguida, por comparação com a literatura pertinente.

## 2.2.2 Composição Florística do Componente Herbáceo

A metodologia para a coleta do material do componente herbáceo foi adaptada de Filgueiras et al. (1994), que consistiu na identificação da vegetação através de caminhadas entre parcelas estabelecidas para estudos do componente arbóreo, num percurso de quatro quilômetros em ambas as margens dos dois trechos do Rio da Cruz.

Neste caminhamento, amostras do material florístico encontrado foram fotografadas, coletadas, identificadas pelo nome vulgar, prensadas para preparar as exsicatas, sendo conduzidas ao Herbário da UFCG, para identificação por especialistas, de acordo com o sistema de classificação APG III (2009). Na Figura 2, visualizam-se os trechos e a distribuição das parcelas para coleta de dados da composição florística.

Figura 2 – Localização dos trechos I e II e a distribuição das parcelas nas margens direita e esquerda do Rio da Cruz



Fonte: Anjos (2017)

A similaridade da vegetação dos trechos do rio estudados para os componentes arbóreo e herbáceo foi determinada pelo índice qualitativo de

similaridade de Sørensen, que se baseia na presença ou ausência das espécies. Considera-se que resultados superiores a 0,5 ou 50%, para este índice, indicam elevada similaridade entre as comunidades (CORDEIRO, 2005).

Os dados da composição florística dos dois estratos foram organizados em planilhas do Excel, para elaboração de tabelas e gráficos.



### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área amostrada de 3600 m<sup>2</sup> de ambos os trechos, foram encontrados 316 indivíduos arbóreos, distribuídos em sete famílias, representadas por 15 gêneros e 15 espécies (Tabela 1).

Tabela 1 – Famílias e espécies arbóreas encontradas no Trecho I e no Trecho II, às margens do Rio da Cruz

Família	Nome Científico	Nome Vulgar	Trecho I	Trecho II
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Maangueira		X
Anonaceae	<i>Annona squamosa</i> L.	Pinha		X
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Ipê-roxo	X	
Capparaceae	<i>C. Cynophalla flexuosa</i> (L.) J.Presl (L.) L.	Feijão de boi		X
Euphorbiaceae	<i>Manihot dichotoma</i> Ule	Maniçoba	X	
Fabaceae*	<i>*Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	Mororó	X	
	<i>*Cenostigma nordestinum</i> Gagnon and G.P. Lewis	Catingueira	X	X
	<i>*Piptadenia stipulaceae</i> (Benth.) Ducke	Jurema branca	X	X
	<i>*Erythrina velutina</i> Willd.	Mulungu	X	
	<i>*Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth ex DC	Ingazeira		X
	<i>*Mimosa tenuiflora</i> (Willd) Poiret	Jurema preta	X	X
	<i>*Parkinsonia aculeata</i> L.	Turco	X	
	<i>*Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Angico		X
	<i>*Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Algaroba	X	X
Rhamnaceae	<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.	Juazeiro		X

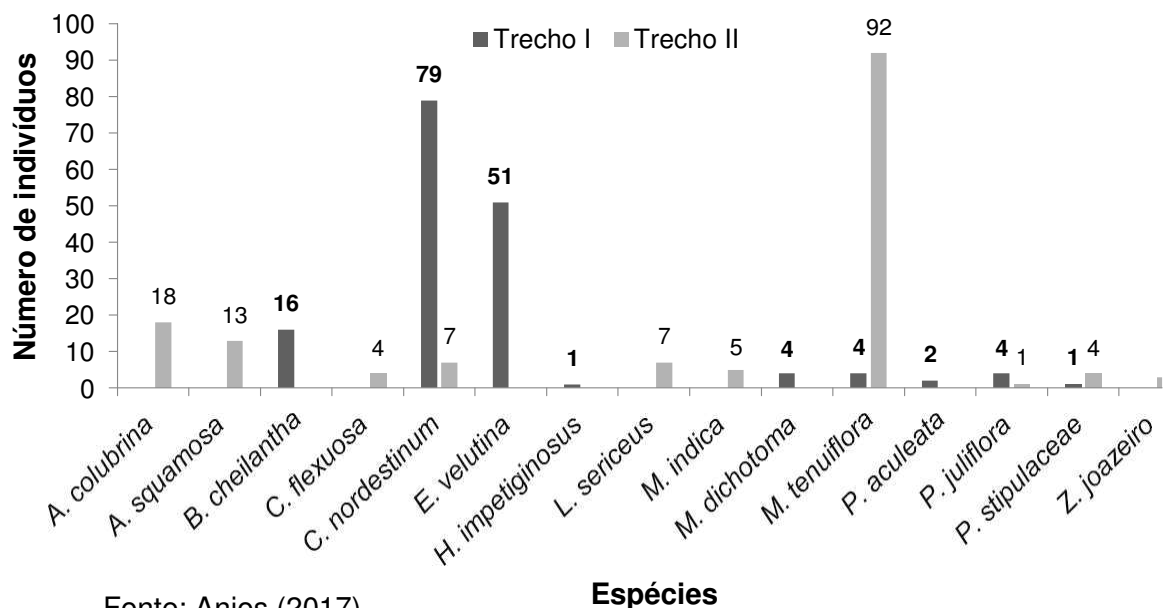
Fonte: Anjos (2017).

Analisando a similaridade florística pelo índice de Sørensen, nos dois trechos, verificou-se que, das 15 espécies identificadas, apenas quatro (42 %) foram comuns

às duas áreas, apesar de os trechos estudados ocuparem as margens do Rio da Cruz e se localizarem a apenas três km de distância. As quatro espécies pertencem à família Fabaceae, sendo três nativas, caracterizadas na ordem sucessional como pioneiras da Caatinga: *Poincianella pyramidalis*, *Piptadenia stipulaceae* e *Mimosa tenuiflora*. A espécie *Prosopis juliflora* é uma exótica, considerada uma invasora, que se não for manejada, pode provocar a extinção das espécies nativas devido a sua alta capacidade de dispersão de suas sementes (ANDRADE, FABRICANTE, OLIVEIRA, 2010).

Na Figura 3, verifica-se a distribuição do número de indivíduos das espécies identificadas nos dois trechos estudados. Consta-se a presença de duas frutíferas arbóreas (*Mangifera indica* e *Annona squamosa*), com cinco e 13 indivíduos, respectivamente, porém destacam-se, pela quantidade de indivíduos, duas espécies nativas: *Mimosa tenuiflora*, com 92 indivíduos, e *Poincianella pyramidalis*, com 79. Estas quatro espécies expressam o grau de antropização desta área, quer seja pela presença das espécies frutíferas, geralmente associadas à presença humana em solos de aluvião, quer pela ocorrência abundante das duas espécies nativas colonizadoras de áreas degradadas da Caatinga.

Figura 3 – Número de indivíduos das espécies arbóreas encontradas nos dois trechos estudados às margens do Rio da Cruz- PB



Fonte: Anjos (2017).

Os resultados deste trabalho se assemelham aos encontrados por Córdula, Queiroz, Alves (2010), em uma área prioritária para a conservação de Caatinga, em Mirandiba (PE), ao relatarem que, apesar das fisionomias estudadas se localizarem na mesma área geográfica, os fatores abióticos (solo, temperatura e pluviosidade) e antrópicos (exploração de madeira, pastagens, estradas e cultivo) podem ser as principais causas da diferenciação tão pronunciada na composição florística e distribuição das espécies arbóreas das áreas estudadas.

Constatou-se no presente estudo que o uso das terras para produção agrícola associado à criação de animais (sistema agropastoril) é um dos fatores que exerce maior pressão sobre a cobertura vegetal no semiárido nordestino e que a amplitude dessa pressão está diretamente relacionada à localização, estrutura e tamanho dos remanescentes florestais.

No caso dos dois trechos estudados das margens do Rio da Cruz, pode-se inferir que os impactos são mais intensos devido às características texturais e de fertilidade adequadas à exploração agrícola, confirmadas pela análise física e química das amostras dos solos (Tabelas 2 e 3) e disponibilidade de água, que favorecem a ocupação dos moradores da zona rural.

De acordo com a análise das amostras, a classe textural do trecho I é franco, e do trecho II é franco arenosa (Tabela 2). A análise química dos solos, em ambos os trechos e margens do rio, revelou altos níveis de fósforo (P) e saturação de bases (V) superior a 80% (Tabela 4), indicando a aptidão agrícola desses solos no que se refere aos seus atributos químicos.

Tabela 2 – Análise textural de amostras dos solos dos trechos estudados (I e II), nas margens direita (MD) e esquerda (ME) do Rio da Cruz

Identificação	Granulometria (g.kg <sup>-1</sup> )			Class. Textural (*SBCS)
	Areia	Silte	Argila	
Trecho 1 MD	304	432	264	Franco
Trecho 1 ME	365	371	264	Franco
Trecho 2 MD	587	290	123	Franco arenoso
Trecho 2 ME	729	189	82	Franco arenoso

\*SBCS = Sociedade Brasileira de Ciências do Solo

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Água – LASAG/UFCG (2017).

Tabela 3 – Análise química de amostras dos solos dos trechos estudados (I e II), nas margens direita (MD) e esquerda (ME) do Rio da Cruz

	pH	P	Ca	Mg	K	Na	H+Al	T	V
Identificação	CaCl <sub>2</sub> 0,01M	mg.dm <sup>-3</sup>	-----				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		%
Trecho 1 MD	5,3	41,2	8,0	5,0	0,72	0,22	2,5	16,43	84,79
Trecho 1 ME	5,7	37,6	6,2	3,2	0,84	0,17	1,6	12,02	86,69
Trecho 2 MD	5,8	49,9	6,8	4,2	0,28	0,52	1,5	13,30	88,72
Trecho 2 ME	6,1	29,9	6,5	3,5	0,24	0,22	1,5	11,95	87,45

Fonte: Laboratório de Análise de Solo e Água – LASAG/UFCG (2017).

Ressalta-se que, dos 316 indivíduos arbóreos identificados nos dois trechos, 74 % são representados por três espécies: *Mimosa tenuiflora*, com 31 % distribuídos em grande quantidade no trecho II (92 indivíduos *versus* quatro no trecho I), *Cenostigma nordestinum*, com 27 % encontrados no trecho I (79 indivíduos *versus* sete no trecho II), e *Erythrina velutina*, com 16% (51 indivíduos) verificados apenas no trecho I. A partir destes dados, pode-se inferir que o trecho II encontra-se em estado de degradação mais avançado do que o trecho I.

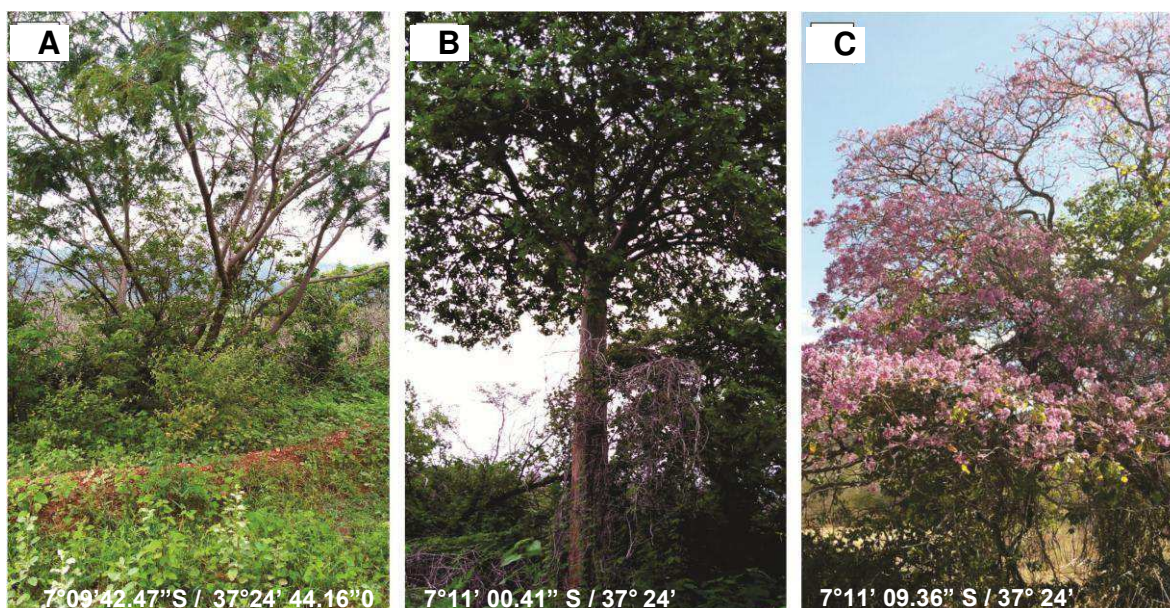
Salienta-se ainda que a maioria dos indivíduos arbóreos nativos verificados em ambos os trechos se encontravam em áreas declivosas e mais distantes do leito do rio, uma vez que as margens eram ocupadas pelas atividades humanas. Este comportamento justifica a ocorrência de *Handroanthus impetiginosus*, *Cynophalla flexuosa*, *Bauhinia cheilantha*, *Cenostigma nordestinum*, *Piptadenia stipulaceae*, *Erythrina velutina*, *Lonchocarpus sericeus*, *Anadenanthera colubrina*, espécies de alto potencial madeireiro e forrageiro, que, por estarem em locais mais difíceis de serem cortados, compõem a flora arbórea local.

Estes resultados se assemelham aos de Silva et al. (2013), que, ao estudarem a diversidade florística na microbacia do Rio do Saco, em Santa Luzia - PB, observaram que a Caatinga Arbórea localizada em relevos montanhoso e escarpado apresentou 100% de sua vegetação preservada. Para estes autores, o relevo foi um dos elementos responsáveis pela manutenção da vegetação autóctone, preservada em função da dificuldade da exploração dessas terras.

É importante destacar a ocorrência de espécies arbóreas nativas da Caatinga nas proximidades das margens dos rios, independente da distância dos 50 m de

APP. Estas espécies são essenciais para a manutenção da beleza cênica, proteção do solo contra os processos erosivos e assoreamento dos corpos d'água, além dos demais benefícios ambientais para a conservação da biodiversidade (Figura 4).

Figura 4 – Indivíduos arbóreos encontrados nos trechos estudados: *Anadenanthera macrocarpa* (A), *Erythrina velutina* (B), *Handroanthus impetiginosus* (C)



Fonte: Anjos (2017).

Na análise do componente herbáceo, foram registradas 18 famílias, 29 gêneros e 32 espécies. Suas formas de vida variaram entre ervas (37,5%), subarbusto (28,2%), trepadeiras (15,6%), arbustos (15,6%) e uma parasita. No Trecho I, foram identificadas 26 espécies, pertencentes a 13 famílias, e, no Trecho II, ocorreram 17 espécies, representando 11 famílias (Tabela 4).

Ao verificar a ocorrência de espécies nos dois trechos estudados, constatou-se que, das 32 espécies identificadas, 12 ocorreram nos dois trechos (Tabela 4). Pelo valor do índice de similaridade de Sørensen (55%), as áreas têm uma composição florística semelhante. Este resultado se contrapõe ao encontrado para o componente arbóreo nestes trechos, cujo índice foi de 42%. A semelhança da composição florística do estrato herbáceo nestes trechos pode ser explicada pela facilidade de dispersão e germinação da grande quantidade de sementes produzidas pelas espécies herbáceas, bem como pela capacidade de povoamento de áreas, aspectos característicos das espécies herbáceas e arbustivas.

Tabela 4 – Famílias, espécies e formas de vida (FV) das espécies herbáceas encontradas no Trecho I e no Trecho II, nas margens do Rio da Cruz

<b>Espécie/Família</b>	<b>Forma de vida</b>	<b>Trecho I</b>	<b>Trecho II</b>
<b>Acanthaceae</b>			
<i>Justicia sp.</i>	Arbusto	X	X
<i>Ruellia sp.</i>	Arbusto	X	X
<b>Amaranthaceae</b>			
<i>Anathenantha sp</i>	Subarbusto	X	X
<b>Asteraceae</b>			
<i>Tridax procumbens L.</i>	Erva	X	
<b>Boraginaceae</b>			
<i>Euploca polyphylla</i> (Lehm.) J. I. Mello & Semir	Erva	X	
<b>Cucurbitaceae</b>			
<i>Momordica charantia L.</i>	Erva	X	X
<b>Convolvulaceae</b>			
<i>Cuscuta partita</i> Choisy	Parasita	X	X
<i>Ipomoea minutiflora</i> (M.Martens & Galeotti)			
House	Erva	X	
<i>Ipomoea carnea</i> Jacq	Arbusto	X	
<i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb.	Trepadeira	X	
<b>Euphorbiaceae</b>			
<i>Bernardia sidoides</i> (Klotzsch) Müll.Arg.	Erva	X	
<b>Fabaceae</b>			
<i>Chamaecrista ramosa</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	Erva	X	X
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Arbusto	X	
<i>Senna obtusifolia</i> (L.) H. S. Irwin & Barneby	Erva	X	X
<i>Senna sp.</i>	Arbusto	X	
<i>Tephrosia purpurea</i> (L.) Pers.	Subarbusto	X	X
<i>Mimosa sp.</i>	Subarbusto		
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Urb.	Subarbusto	X	
<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	Trepadeira	X	
<b>Lamiaceae</b>			
<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	Subarbusto		X
<b>Malvaceae</b>			
<i>Corchorus argutus</i> Kunth	Subarbusto	X	X
<i>Melochia corchorifolia</i> L.	Erva	X	X
<i>Sida ciliaris</i> L.	Erva	X	X
<i>Waltheria operculata</i> Rose	Arbusto	X	X
<b>Molluginaceae</b>			
<i>Molugo verticillata</i> L.	Erva	X	
<b>Passifloraceae</b>			
<i>Passiflora foetida</i> L.	Trepadeira		X
<b>Continua...</b>			

<b>Continuação</b>			
<b>Espécie/Família</b>	<b>Forma de vida</b>	<b>Trecho I</b>	<b>Trecho II</b>
<b>Poaceae</b>			
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Erva		X
<b>Portulacaceae</b>			
<i>Portulaca halimoides</i> L.	Erva		X
<b>Sapindaceae</b>			
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	Trepadeira	X	
<b>Solanaceae</b>			
<i>Physalis angulata</i> L.	Subarbusto		X
<b>Turneraceae</b>			
<i>Piriqueta racemosa</i> (Jacq.) Sweet	Subarbusto	X	
<b>Oxalidaceae</b>			
<i>Oxalis divaricata</i> Mart. ex Zucc.	Subarbusto	X	

Fonte: Anjos (2017).

Das 18 famílias identificadas, 14 foram representadas por apenas uma espécie. Das demais, destacam-se a Fabaceae, com oito espécies, a Malvaceae e a Convolvulaceae, com quatro espécies cada, e a Acanthaceae, com duas.

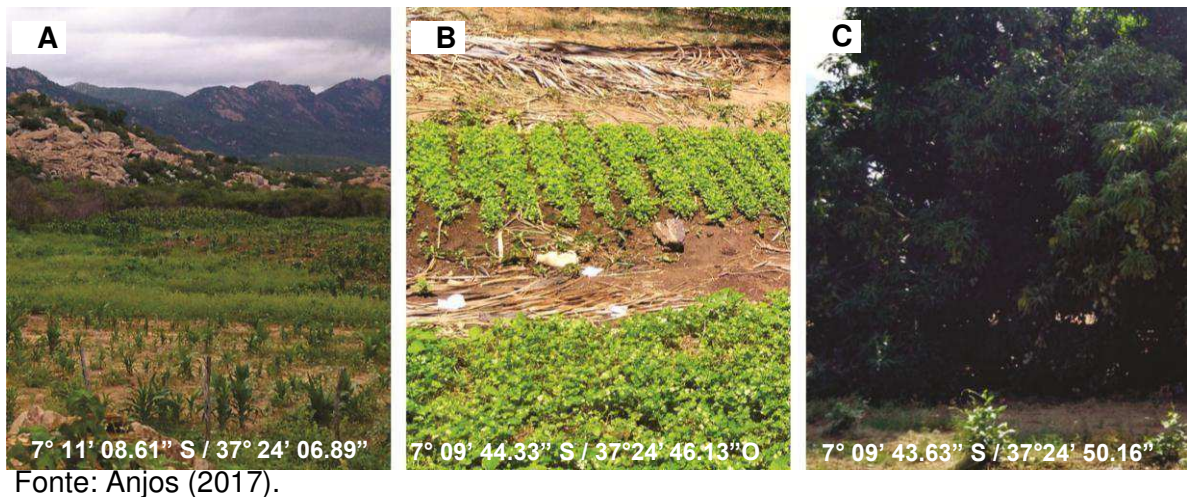
O maior número de espécies da família Fabaceae corrobora os resultados de outros levantamentos florísticos desenvolvidos em matas ciliares da caatinga, comprovando a importância e riqueza de espécies desta família no Bioma Caatinga. Destacam-se o trabalho de Silva et al. (2015), desenvolvido no Rio Piranhas, município de São Bento – PB, que registraram 20 espécies desta família, de um total de 105 espécies; de Queiroga, Silva, Lucena (2013), realizado no Riacho do Carneiro, em Pombal – PB, em que foram identificadas 18 espécies, de um total de 89; Souza, Rodal (2010), no Rio Pajeú (PE), que encontraram 13 espécies de Fabaceae dentre as 78 espécies pertencentes às demais famílias.

A maior quantidade de espécies herbáceas tem sido registrada em outros estudos de composição florística desenvolvidos na Caatinga, a exemplo de Ferreira et al. (2014); Costa, Araújo (2003); comprovando sua participação no início do processo sucessional deste bioma. Muitas espécies herbáceas criam condições para a restauração de cobertura vegetal de áreas antropizadas. Por outro lado, geram competição por luz, água e nutrientes com as espécies agrícolas. Acrescenta-se, ainda, que o ciclo de vida sazonal destas espécies e a alta produção de sementes são fatores relevantes para manutenção do estoque de sementes no solo, constituindo uma estratégia para garantir sua perpetuação em um determinado ecossistema.

Souza, Souza (2016), ao analisarem como ocorreu o processo de ocupação de um sítio, na região dos Cariris Velhos – PB, e suas consequências na paisagem atual relataram que a exploração iniciou-se nas proximidades dos rios, devido à presença de água no lençol freático, mesmo durante a estação seca.

A demanda e uso de terras para os cultivos foi averiguada *in loco* pela presença de cultivos agrícolas (milho, feijão, melancia, abóbora, hortaliças, frutíferas), impedindo a regeneração das espécies arbóreas de mata ciliar, características desta região (Figura 5).

Figura 5 – Margens do Rio da Cruz com diferentes formas de uso: cultivos agrícolas (A), hortaliças (B), plantio de frutíferas (C)



Esta condição se repete atualmente em diferentes áreas do semiárido, pois a umidade e fertilidade do solo, resultantes da dinâmica dos cursos d'água (infiltração de água e depósito de solo nas margens dos rios), favorecem o desenvolvimento e a exploração das plantas, permitindo a subsistência das famílias que residem na zona rural, que dependem da exploração destas terras.



## CONCLUSÃO

Apesar do grau de degradação dos dois trechos, ainda se verifica a presença de espécies arbóreas características de mata ciliar da Caatinga.

A composição florística dos dois estratos (arbóreo e herbáceo) das margens do Rio da Cruz evidencia a ação antrópica do corte das espécies madeireiras e o desenvolvimento de atividades agropastoris, as quais dão suporte à subsistência dos habitantes da zona rural dos municípios do percurso do rio, apresentando o grau de similaridade apenas para o componente herbáceo.

O trecho II encontra-se mais degradado, comprovado pelo menor número de espécies arbóreas e a dominância de *Mimosa tenuiflora*.

O índice de similaridade de Sørensen indicou que os trechos estudados têm similaridade na composição florística apenas do estrato herbáceo, apesar de se localizarem a apenas 3km de distância.

A ocupação desordenada das matas ciliares reflete o descumprimento do Código Florestal e compromete sua riqueza florística, demandando estudos e ações para reverter o quadro de degradação desses ecossistemas.

## REFERÊNCIAS

- AESA - **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2009.** Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/mapas.html>>. Acesso em 13/06/2017.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p.711-728, 2014. Disponível em: <[http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares\\_etal\\_2014.pdf](http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf)> Acesso em: 25/09/2017.
- ANDRADE, L. A.; OLIVEIRA, F. X.; NEVES, C. M. L.; FELIX, L. P. Análise da vegetação sucessional em campos abandonados no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.2, p.135-142. abr.-jun., 2007, Recife, PE, UFRPE Disponível em: [www.agrariaufrpe.com](http://www.agrariaufrpe.com). Acesso em 20/02/2018.
- ANDRADE, L. A; FABRICANTE, J. R; OLIVEIRA, F. X. Impactos da invasão de *Prosopis juliflora* (sw.) DC. (Fabaceae) sobre o estrato arbustivo-arbóreo em áreas de Caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** (Online), Maringá, v. 32, p. 249-255, 2010. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/>. Acesso em 20/02/2018
- APG III. Anupdate of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v.161p.105-121. 2009. Disponível em <http://reflora.jbrj.gov.br/downloads/LAPG.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2017.
- BRASIL, **Ministério do Meio Ambiente. Novo Código Florestal, Lei 12.651, de 25 de março de 2012.** Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 20/02/2018.
- CÓRDULA, E.; QUEIROZ, L. P.; ALVES, M. diversidade e distribuição de leguminosae em uma área prioritária para a conservação da caatinga em Pernambuco – Brasil. **Revista Caatinga**. v. 23, n. 3, p. 33-40, jul.-set., 2010. Disponível em: [www.redalyc.org/service/redalyc/downloadpdf/](http://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadpdf/). Acesso em: 23/02/2018.
- COSTA, R. C.; ARAÚJO, F. S. Densidade, germinação e flora do banco de sementes do solo no final da estação seca, em uma área de Caatinga, Quixadá, CE. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 259-264, 2003. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/abb/v17n2/a08v17n2.pdf](http://www.scielo.br/pdf/abb/v17n2/a08v17n2.pdf). Acesso em: 21/02/2018.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea da Paraíba**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15851>. Acesso em: 18/02/2018.

- FACELLI, J. M.; CHESSON, P.; BARNES, N. Differences in seed biology of annual plants in arid lands: a key ingredient of the storage effect. **Ecology**. v.86, n.11, p.2998-3006. 2005. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/.pdf>. Acesso em 21/02/2018
- FERREIRA, C. D.; SOUTO, P. C.; LUCENA, D. S.; SALES, F. C. V.; SOUTO, J. S. Florística do banco de sementes no solo em diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.9, n.4, p.562-569, 2014. Recife, PE, UFRPE. Disponível em: [www.agraria.ufrpe.br](http://www.agraria.ufrpe.br) DOI:10.5039/agraria.v9i4a4497. Acesso em: 02 de agosto de 2017.
- FILGUEIRAS, T.; BROCHADO, A. L.; NOGUEIRA, P. E.; GUALA, G. F. Caminhamentos: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências**. n.12, p.39-44, out/nov. 1994. Disponível em: [www.bdpa.cnptia.embrapa.br/](http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/). Acesso em 17/11/2016.
- IBGE (Brasil). **Instituto Brasileiro Geográfico e Estatístico**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05/02/2018.
- MARANGON, L. C.; SOARES, J. J.; SELICIANO, A. L. P. Florística arbórea da Mata da Pedreira no município de Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.207-215, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rarv/v27n2/15939.pdf>. Acesso em 20/02/2018.
- MEDEIROS, F. S.; ANJOS, D. M.; AZEVEDO, A. L.; LIMA, J. R. Caracterização morfométrica da microbacia do rio da Cruz localizada no semiárido do nordeste do Brasil. In: III Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS, Fortaleza. **Anais...** Ceará, Brasil 20 a 22 de junho de 2017. Disponível em: <https://sbrns2017.blogspot.com.br/p/anais-do-iii-sbrns-2017.html> :Acesso: 28/02/2018.
- PEREIRA JÚNIOR, L. R.; ANDRADE A. P; ARAÚJO, K. D. Composição florística e fitossociológica de um fragmento de caatinga em Monteiro, PB. **HOLOS**, a.28, v.6. 2012. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/>. Acesso em 20/02/2018.
- PEREIRA, I. M.; ANDRADE, L. A.; BARBOSA, M. R. V.; SAMPAIO, E. V. S. B. Composição florística e análise fitossociológica do componente arbustivo-arbóreo de um remanescente florestal no agreste paraibano. **Acta Botânica Brasilica**. n.16 v.3. p. 357-369, 2002. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/abb/v16n3/15399.pdf>. Acesso em 20/02/2018.
- QUEIROGA, I. S., SILVA, D. O.; LUCENA, M. F. A. Florística de uma área de mata ciliar no semiárido paraibano, Nordeste do Brasil. **Biofar, Rev. Biol. Farm.** Campina Grande/PB, v. 9, n. 2, p. 8-25, junho/agosto, 2013. Disponível em: <https://herbariocstr.webnode.com.br/.pdf>. Acesso em 20/02/2018.
- SILVA, F. G.; SILVA, R. H.; ARAÚJO, R. M.; LUCENA, M. F. A.; SOUSA, J. M. Levantamento florístico de um trecho de mata ciliar na Mesorregião do Sertão Paraibano. **Revista Brasileira Biociências**. v. 13. n. 4. p. 250-258. out./dez. 2015. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/3163>. Acesso em: 23/02/2018.

SILVA, J. E. R.; ASSIS, F. R. V.; LIMA, J. R.; MENDONÇA, I. F. C.; LEITE, M. J. H. Uso da Terra em Função das Classes de Declividade em Microbacia do Semiárido Paraibano. **Anais... IV CONEFLORE – III SEEFLORE/ Vitória da Conquista (BA)**, 25 a 28 de Novembro de 2013. Disponível em:

[http://www.uesb.br/eventos/seeflor/publicacoes/2013/1280\\_PDFsam\\_Anais\\_IV\\_CONEFLORE\\_III\\_SEEFLORE.pdf](http://www.uesb.br/eventos/seeflor/publicacoes/2013/1280_PDFsam_Anais_IV_CONEFLORE_III_SEEFLORE.pdf). Acesso em: 31/01/2018.

SOUZA, J. A. N.; RODAL, M. J. N. Levantamento florístico em trecho de vegetação ripária de Caatinga no Rio Pajeú, Floresta/Pernambuco – Brasil. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 4: p. 54-62. 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/>. Acesso em: 20/03/2018

SOUZA, B. I.; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido.

**Caderno de Geografia**, v.26, n. especial 2, 2016. Disponível em:

<http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/>. Acesso em: 27/01/2017.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A.; (Orgs.). **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico ecossistema caatinga**.

Brasília. Sociedade Botânica do Brasil – SBB. 28 p. 2013. Disponível em:

<http://www.acszanzini.net/wp-content/uploads/material/manuais/MANUALFITOSSOCIOLOGIA.pdf>. Acesso em 20/02/2018.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões**: propostas para o bioma Caatinga. Recife: APNE. ICA. 2002. Disponível em:

[http://www.mma.gov.br/estruturas/203/\\_arquivos/ecorregioes\\_site\\_203.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/203/_arquivos/ecorregioes_site_203.pdf). Acesso em 20/02/2018.