



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal

**Mudanças no uso e cobertura da terra no município de  
Barreiras-BA entre 1990 e 2016**

**NATHÁLIA LUCATELLI PAMPLONA**

Orientador: Eraldo A. T. Matricardi

Brasília, 03 de julho de 2017



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal

## **Mudanças no uso e cobertura da terra no município de Barreiras-BA entre 1990 e 2016**

Discente: Nathália Lucatelli Pamplona 09/0011571

RG: 2.767.047 SSP/DF

CPF: 036.235.621-14

Linha de pesquisa: Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

Orientador: Eraldo Aparecido T. Matricardi

Projeto de TCC apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheira Florestal.

Brasília-DF, 03 de julho de 2017

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTA

**Mudanças no uso e cobertura da terra no município de  
Barreiras-BA entre 1990 e 2016**

Estudante: Nathália Lucatelli Pamplona

Matrícula: 09/0011571

Menção: SS

**Aprovada pela banca examinadora:**



Prof. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi – EFL/UnB

Orientador



Prof. Reginaldo Sérgio Pereira – EFL/UnB

Examinador



Ilvan Medeiros Lustosa Junior (MSc)

Examinador



Jonas Inkotte (MSc)

Examinador

Brasília – DF, 03 de julho de 2017.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me dado saúde, família e amigos maravilhosos e a capacidade de correr atrás dos meus objetivos, me dando forças para continuar mesmo nos momentos difíceis e mostrando a beleza da vida e como devo ser grata ao que tenho.

Agradeço aos meus pais, Valéria Silva Lucatelli Pamplona e Ricardo Rego Pamplona, por todo o apoio que sempre me deram, por sempre estarem ao meu lado, dispostos a me ajudar em todas as situações e por acreditarem em mim.

Aos meus amigos que estiveram sempre do meu lado, me incentivando e apoiando em vários momentos da minha vida.

Ao meu orientador Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi, que foi fundamental nessa etapa e por quem tenho grande admiração, agradeço por todo apoio, por transmitir seus conhecimentos, pela paciência e incentivo, pela amizade e bom humor, e por estar sempre à disposição para ajudar.

Por fim, agradeço aos outros professores, funcionários e colegas do curso de Engenharia Florestal, que fizeram parte do meu crescimento pessoal e acadêmico.

## RESUMO

O cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, possui grande diversidade biológica e é fundamental para a manutenção e equilíbrio do meio ambiente. Atualmente é considerado um dos *hotspots* mundial de biodiversidade devido ao fato de sofrer grande pressão antrópica sobre seus recursos naturais. Nas últimas décadas, o Brasil tem sido considerado uma grande potência agrícola mundial devido a expansão da produção de commodities agrícolas. O avanço das áreas cultivadas, na maioria das vezes resulta no desmatamento ou supressão da vegetação nativa para a agricultura e no aumento da demanda de recursos hídricos. O município de Barreiras, oeste da Bahia, foi uma das regiões que ampliou espaço para o agronegócio e passou a ser visto como fronteira agrícola voltada para a produção de grãos. O conhecimento e monitoramento da dinâmica da expansão agrícola na região de estudo, torna-se necessário para buscar medidas mitigatórias dos possíveis impactos resultantes dessa intensa exploração. Dentro desse contexto, o presente trabalho buscou desenvolver a análise multitemporal do uso do solo no município de Barreiras – BA entre os anos de 1990 a 2016, visando o monitoramento da expansão da agricultura e da agricultura irrigada e seus impactos ambientais. Com base nos resultados desse estudo, estima-se uma perda de 242.909,6 hectares (~52%) de vegetação nativa entre 1990 e 2016. A área desmatada representa 37% da região, com 289.105,4 hectares. A agricultura irrigada ocupa 4,7% da região, com 36.944 hectares.

**Palavras-chave:** Cerrado, Desmatamento, irrigação, oeste da Bahia, sensoriamento remoto, geoprocessamento.

## ABSTRACT

Cerrado is the second largest biome in Brazil, has great biological diversity and is fundamental for the maintenance and balance of the environment. It is currently considered one of the world's biodiversity hotspots due to the fact that it suffers great anthropogenic pressure on its natural resources. In the last decades, Brazil has been considered a great world agricultural power due to the expansion of the production of agricultural commodities. Advancement of cultivated areas most often results in deforestation or suppression of native vegetation for agriculture and increased demand for water resources. The municipality of Barreiras, in the west of Bahia, was one of the regions that expanded the area for agribusiness and came to be seen as an agricultural frontier focused on grain production. Knowledge and monitoring of the dynamics of agricultural expansion in the region of study becomes necessary to seek mitigating measures of the possible impacts resulting from this intense exploitation. Within this context, the present work sought to develop the multitemporal analysis of land use in the municipality of Barreiras - BA between 1990 and 2016, aiming at monitoring the expansion of agriculture and irrigated agriculture and its environmental impacts. Based on the results of this study, a loss of 242,909.6 hectares (~ 52%) of native vegetation between 1990 and 2016 is estimated. The deforested area represents 37% of the region, with 289,105.4 hectares. Irrigated agriculture occupies 4.7% of the region, with 36,944 hectares.

**Keywords:** Cerrado, Deforestation, irrigation, West Bahia, remote sensing, geoprocessing.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. PROBLEMAS DE PESQUISA</b> .....	12
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	13
3.1. Objetivo Geral.....	13
3.2. Objetivos Específicos.....	13
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
4.1. Cerrado e a expansão agrícola.....	14
4.1.1. Bioma Cerrado.....	14
4.2. Histórico e ocupação de Barreiras.....	15
4.3. Sensoriamento Remoto.....	16
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	19
5.1. Área de estudo.....	19
5.2. Base de Dados.....	20
5.2.1. Dados de Sensores Remotos.....	20
5.2.2. Classes de uso e cobertura do solo.....	21
5.2.3. Classificação supervisionada.....	22
5.2.4. Classificação visual.....	23
5.3. Avaliação da acurácia do mapeamento do uso e cobertura da terra.....	23
5.4. Estimativa das áreas das classes de uso e cobertura da terra.....	24
5.5. Regressão linear.....	25
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	26
6.1. Acurácia.....	26
6.2. Uso e cobertura da terra entre 1990 e 2016.....	27
6.3. Desmatamento.....	32
6.4. Irrigação.....	33
6.5. Análise da expansão do desmatamento e dos pivôs de irrigação.....	35
<b>7. CONCLUSÃO</b> .....	38
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	39

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Imagens dos satélites utilizadas para a classificação do uso e cobertura da terra ...	20
<b>Tabela 2:</b> Índice de Kappa .....	24
<b>Tabela 3:</b> Matriz de Confusão; DS = Desmatamento; CR = Cerrado; VT = Vegetação Densa; AG = Água; QU = Queimada; IR = Irrigação; AU = Área Urbana; CP = Cultivo Permanente; EO = Erro de Omissão; EC = Erro de Comissão.....	26
<b>Tabela 4:</b> Uso e cobertura do solo em hectares (ha) e porcentagem. ....	29

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Localização da área de estudo (município de Barreiras) no oeste da Bahia;.....	19
<b>Figura 2:</b> Uso e cobertura da terra no município de Barreiras-BA nos anos de 1990 (a), 1995 (b) e 2000 (c). .....	30
<b>Figura 3:</b> Mapa de uso e cobertura do solo do município de Barreiras para os anos de 2005 (a), 2010 (b) e 2016 (c). .....	31
<b>Figura 4:</b> Evolução da área desmatada no município de Barreiras-BA (1990-2016) .....	32
<b>Figura 5:</b> Área irrigada por pivô em Barreiras-BA. ....	34
<b>Figura 6:</b> Quantidade de pivôs mapeados por ano de análise unidade.....	35
<b>Figura 7:</b> Aumento observado do desmatamento no município de Barreiras, Bahia, entre 1990 e 2016. ....	36
<b>Figura 8:</b> Evolução das áreas irrigadas entre 1990 e 2016 .....	37

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é um bioma extremamente rico em biodiversidade, sendo o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup>, cerca de 22% do território nacional (MMA, 2017). A grande diversidade de ambientes no Cerrado ocorre devida sua variedade biológica que é proveniente de sua cobertura vegetal heterogênea, decorrente de diversas fitofisionomias naturais.

A região do Oeste da Bahia se comporta como um grande celeiro de riquezas naturais, inserida no bioma Cerrado, e ainda apresenta um expressivo remanescente de Cerrado. Porém, a sustentabilidade deste macroambiente de grande potencial se encontra ameaçada em função do uso e da ocupação irregular das áreas, proveniente dos rápidos avanços do uso do solo. As áreas nativas e a ocupação de ecossistemas para o desenvolvimento da agropecuária e do agronegócio tem sido motivo de grande preocupação. Estudos estimam que o Cerrado brasileiro, atualmente, considerado a principal fronteira agrícola do país, teve entre 40 a 55% de sua cobertura vegetal nativa substituída por cultivos agrícolas e pastagens (SANO *et al.*, 2002; LOBO & GUIMARÃES, 2008).

A ocupação do Cerrado Baiano ocorreu em diferentes momentos e velocidades. A principal causa do desmatamento do Cerrado no oeste baiano foi a abertura de áreas para implantação de commodities agrícolas (soja, algodão e milho). A expansão da atividade econômica nas últimas décadas foi muito intensa e o setor produtivo primário (agricultura) exigiu, para isso, uma grande extensão de novas áreas e, por consequência, ampliaram-se as taxas de desmatamento nessa região (SANTOS, 2013).

O município de Barreiras – BA, localizado no extremo oeste da Bahia, dentro da Bacia do Rio Grande, também foi objeto de expansão das atividades agrícolas, provocando alterações severas em sua paisagem natural. Similarmente a todo o oeste baiano, o avanço da agricultura mecanizada no município de Barreiras ocorreu devido ao plantio em larga escala de commodities agrícolas. A alta demanda do mercado nacional e internacional de alimentos propiciou esse crescimento acelerado, que pode ser percebido principalmente nesse município que já apresenta impactos ambientais visíveis, tanto por perdas de extensas áreas de vegetação, quanto pelo uso intensivo dos recursos hídricos (FLORES, 2011).

Paralelamente, o avanço dos cultivos irrigados foi outro fator essencial para o desenvolvimento e consolidação da moderna agricultura, que na porção oeste da Bacia do Rio Grande possui, preponderantemente, o sistema de pivô central. Essa técnica tem proporcionado o avanço da agricultura em larga escala no país, pois possui características

técnicas que permitem a irrigação mecanizada de extensas áreas, mesmo de topografia irregular (FOLEGATTI, 1998), e também pela disponibilidade hídrica regional e facilidades econômicas proporcionadas pelas linhas de financiamento (OLIVEIRA, 2004).

O principal sistema de irrigação adotado na região é baseado em águas superficiais, como canalização de córregos e em águas subterrâneas, por métodos de exploração do aquífero. Na bacia do Rio Grande, há uma ampla possibilidade de irrigação por água subterrânea devido a existência do aquífero Urucuia, que tem elevado potencial de exploração. De acordo com Gaspar e Campos (2007), na região do oeste da Bahia a água subterrânea tem sido progressivamente procurada como fonte de abastecimento, haja vista a baixa densidade de drenagem da região e a crescente demanda de água para o suprimento das sedes de fazendas, vilarejos e projetos de irrigação.

O monitoramento de mudanças de uso e cobertura da terra similar ao que ocorreu no oeste baiano pode ser feito utilizando técnicas e dados de sensores remotos. Assim, para a obtenção e análise da caracterização dos padrões de mudanças de uso e cobertura do solo, e para a avaliação e quantificação da distribuição de florestas e de atividades degradadoras, o monitoramento por imagens de satélites se torna uma ferramenta extremamente importante (BRANNSTROM *et al.*, 2008).

Mapear a área de cobertura e uso do solo fornece informações sobre a presença qualitativa e quantitativa de vegetação natural. Do mesmo modo, as atividades agrícolas e pastoris e outras atividades antrópicas que alteram a paisagem natural, podem comprometer a qualidade de solos, cursos d'água e vegetação. A utilização de técnicas de sensoriamento remoto permite o estudo do processo evolutivo de uma região, através de análises multitemporais, estabelecendo comparações de uma mesma paisagem entre dois ou mais períodos, podendo, desta maneira, auxiliar no monitoramento ambiental da região (CATELANI *et al.*, 2003).

Desta forma, este trabalho buscou analisar a dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra no município de Barreiras, estado da Bahia, avaliando os efeitos da expansão das commodities agrícolas sobre a vegetação do Cerrado. Fez também uma análise complementar, com base nos dados observados, da perspectiva futura de expansão do desmatamento na região de estudo. Dados de sensores remotos e técnicas de geoprocessamento foram as bases deste estudo. Os resultados desta pesquisa poderão apoiar a definição de estratégias de redução e monitoramento do desmatamento na vegetação do cerrado brasileiro.

## 2. PROBLEMAS DE PESQUISA

Nas últimas décadas, o Cerrado se transformou na nova fronteira agrícola do país e é hoje uma das maiores regiões produtoras de grãos do Brasil. A expansão dessa fronteira foi movida pela necessidade crescente de produção, o que resultou na supressão de grandes áreas de vegetação nativa (JACOVINE *et al.*, 2008). A conversão de áreas florestadas para fins agrícolas é associada à diminuição da qualidade da água e a alteração dos processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais (MERTEN & MINELLA, 2002). Tais impactos ambientais têm sido mais comuns na região do cerrado brasileiro que apresentou as maiores taxas de desmatamento nas últimas décadas.

O oeste baiano se mostrou ser uma região de grande potencial produtivo, tornando-se um atrativo para o setor agrícola. A área está inserida na região que atualmente é chamada de Matopiba, por conter terras situadas no Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Há forte interesse econômico nessa região por ser uma área que ainda se encontra em expansão e vem apresentando acentuado potencial de produção de grãos.

Assim, a presente pesquisa envolveu análises detalhadas da dinâmica espacial e temporal da mudança do uso e cobertura da terra, utilizando dados de sensoriamento remoto das áreas de expansão agrícola no oeste da Bahia, entre os anos de 1990 e 2016. Portanto, essa pesquisa buscou responder as seguintes questões: Qual a estimativa das áreas de expansão de agricultura e irrigação e o desmatamento de vegetação de Cerrado no município de Barreiras, Bahia? Onde ocorreu a principal expansão do desmatamento e do cultivo irrigado? Quais as perspectivas futuras do desmatamento e da irrigação na área?

Os resultados deste estudo podem contribuir para o melhor entendimento da ocorrência e da dinâmica do uso e cobertura do solo na região, seus impactos nas áreas de vegetação nativa e nos recursos hídricos na área estudada.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Este trabalho buscou estimar, com auxílio das ferramentas de Sistema de Informação Geográfica, dados de sensoriamento remoto, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e outras instituições, o padrão de mudança de uso e cobertura do solo na área do oeste da Bahia nos anos de 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2016. E, a partir deste mapeamento, obter informações sobre a espacialização das ocorrências dessas mudanças e suas relações com outras variáveis ambientais da região.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Realizar a quantificação temporal das áreas de agricultura e irrigadas no Oeste da Bahia;
- Avaliar os efeitos da dinâmica do crescimento dessas áreas sobre a região;
- Desenvolver uma análise espacial temporal da mudança de paisagem ocorrida devido às mudanças no uso e cobertura do solo no município de Barreiras na Bahia, considerando a substituição da sua vegetação nativa por plantios agrícolas;
- Analisar os impactos que a vegetação e os recursos hídricos da região estão sofrendo com o avanço do plantio de commodities agrícolas na região;
- Analisar as perspectivas futuras do desmatamento na área.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Cerrado e a expansão agrícola

#### 4.1.1. Bioma Cerrado

No Brasil o Bioma Cerrado ocupa as áreas correspondentes aos estados do Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, Rondônia, São Paulo, Tocantins, Goiás, Distrito Federal e parte do território dos estados da Bahia, possuindo aproximadamente 2 milhões de quilômetros quadrados (MMA). É o segundo maior bioma do país além de ser extremamente rico em biodiversidade, o que representa um valor superior a 70% para espécies vegetais e 38% para répteis (MACHADO & RAMOS NETO, 2004).

A diversidade biológica no Cerrado é originária da cobertura vegetal heterogênea existente, decorrente da associação de diversas fitofisionomias naturais, o que reflete numa grande diversidade de ambientes. Com toda essa variação de ambientes, as espécies de animais e plantas apresentam uma grande associação com os ecossistemas locais, podendo ser encontrados vários exemplos de espécies muito ligadas aos ambientes naturais (MACHADO & RAMOS NETO, 2004).

O Cerrado é marcado principalmente pelo clima tropical, com uma estiagem que se prolonga por aproximadamente cinco meses. Encontra-se sobre forte contraste climático o que determina duas estações bem definidas: uma chuvosa e outra seca. No mês mais seco, a quantidade média de chuva pode atingir 6 mm, podendo chegar à zero (CLIMATE DATA). Por apresentar uma vegetação característica da região neotropical, determina um sistema vegetacional único, estratificado em fitofisionomias do tipo gramíneo-lenhosas, arbóreas e florestais (RATTER *et al.*, 2006).

Possui uma vasta variedade de espécies vegetais, animais e até microbiológica, consequência de ser um território de ampla extensão. Se mensurados, os elementos físicos engrandecem mais a diversidade de constituintes desse ambiente. Os recursos hídricos disponíveis por todo o território é outro aspecto de grande relevância (MYERS *et al.*, 2000; COSTA *et al.*, 2003; LIMA & SILVA, 2008).

Toda essa riqueza de biodiversidade corre sérios riscos devido a crescente pressão para abertura de novas áreas, com o intuito de incrementar a produção de carne e grãos para exportação. Essa crescente demanda por áreas agriculturáveis tem resultado em um progressivo esgotamento dos recursos naturais (MMA, 2011).

Diante dos aspectos expostos, percebe-se o papel fundamental que a região do Cerrado tem como matriz produtiva, entendendo tal termo como sendo o local produtor de produtos. Essa região é fonte produtora de alimentos entre outros insumos de origem agrária e animal, gerando renda a federação e ao país. A exploração dos recursos naturais, principalmente o uso do solo, ocorre na formação de pastagens destinadas à bovinocultura de corte e leite e para a agroindústria como na produção de cana-de-açúcar e terras de lavouras (milho, soja, feijão entre outros) (DUSO, 2006; SILVA et al., 2013).

#### 4.2. Histórico e ocupação de Barreiras

O processo de ocupação do oeste da Bahia teve início no século XVI, onde se estabeleceu a pecuária, pois esta atividade, num espaço distante, não atrapalharia a dinâmica econômica em torno do açúcar tão valorizado na época (SOUZA, 2010). Na década de 1970 houve o grande boom na expansão dos sulistas pelo interior do país.

A dificuldade de aquisição de propriedades rurais, tendo em vista o agravamento da concentração de terra no Sul, os programas estatais geoestratégicos estimulando a ocupação da Amazônia e os investimentos em tecnologia agrícola que estimularam a agricultura no cerrado, foram algum dos fatores que impulsionaram essa ocupação no Cerrado Baiano (FLORES, 2011).

Segundo Flores (2011), o fim dos subsídios ao financiamento bancário na área do Centro-Oeste e sua manutenção na área da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento da Região Nordeste), desencadeou a ida de muitos sulistas para os cerrados do oeste baiano que, apesar de ter condições semelhantes às do Centro-Oeste, estava incluída na área do “Polígono das Secas”, beneficiada com incentivos do governo. Mesmo com sua densidade demográfica rarefeita, possuía comunidades centenárias de posseiros que foram destituídos de suas terras para se implantar o processo agroindustrial da soja, que ocorreu numa velocidade inusitada ao longo dos anos 80.

Devido ao baixo preço da terra, que era considerado não agriculturável por muitos moradores “nativos” e o investimento do estado em biotecnologia que levaram a descoberta de sementes de soja adaptadas aos solos ácidos do cerrado, essas áreas também foram incorporadas (FLORES, 2011).

A região do Cerrado Baiano, é constituída por nove municípios possuindo uma área de 117.000 km<sup>2</sup>, cerca de 15% do estado. O histórico de área plantada com soja cresceu 143

vezes entre as seis safras dentro o período de 1980/81 e 1985/1986, atingindo 163.090 toneladas. Nesse mesmo período outros grãos como arroz, milho, feijão – tiveram uma evolução mais lenta. Quanto a produção pecuária, pode-se dizer que o rebanho bovino no município cresceu de forma quase constante entre 1975/84, atingindo 321.026 cabeças de gado em 1984 (VERDÉSIO, 1986).

A agricultura de mercado e a agricultura de subsistência são as unidades de produção desenvolvidas na região e possuem características marcantes. A primeira tem forte excedente da produção destinado a atender as demandas de mercado e a segunda destina a maior parte da produção para o consumo familiar, que possui evidentemente divergências no que se refere à extensão das áreas das propriedades.

Somado as características físicas do município de Barreiras outro incentivo foi o asfaltamento da BR-020 (VERDÉSIO, 1986). A cidade de Barreiras, maior centro regional, que contava com cerca de 15 mil habitantes em 1980, passou a mais de 92 mil no início dos anos 90 e em 2016 já possui cerca de 155.519 habitantes (IBGE, 2016). A mecanização e a modernização trazidas por estes imigrantes permitiram o cultivo da soja e do arroz a um bom nível tecnológico, com uso de sementes fiscalizadas, combate as pragas, tratamento de sementes com inseticidas e controle de doenças. Desde então, os produtores que criam gado bovino (predominantemente raças zebuínas) são minoria, embora desenvolvessem essa atividade com bom nível tecnológico (VERDÉSIO, 1986).

Nesse contexto, o Oeste da Bahia é a região com maior expansão agrícola no estado nas últimas duas décadas demonstrando sucessivas mudanças em seu espaço agrícola e avanço da agricultura mecanizada, com plantio em larga escala de gêneros agrícolas, tais como soja, milho, sorgo e algodão. Portanto, o monitoramento e análise de imagens de satélite, se mostra uma ferramenta bastante eficiente para quantificar a dinâmica espacial da expansão agrícola na região.

#### 4.3.Sensoriamento Remoto

O comportamento da dinâmica da ocupação humana, principalmente devido a expansão de seus territórios e a conversão de ambientes naturais em ambientes urbanos ou agrícolas, vem constantemente transformando os recursos naturais, quantidades de florestas e disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos. Para que isso possa ser monitorado e controlado, e para compreender os fenômenos que causam essas mudanças, é preciso observar

as regiões exploradas com uma grande gama de escalas, tanto temporais quanto espaciais. A obtenção de imagens de satélite pode ser considerada a maneira mais efetiva e econômica para a obtenção dos dados necessários para realizar o monitoramento dessas atividades e assim poder realizar as observações necessárias (SAUSEN, 2000).

Desde as primeiras aplicações voltadas para o meio militar, o sensoriamento remoto se tornou a melhor maneira para a obtenção de dados, pois trata-se de uma das mais bem-sucedidas tecnologias de coleta automática de dados para o levantamento e monitoramento dos recursos terrestres em escala global (MENEZES, 2002).

O sensoriamento remoto é uma tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, sem a necessidade de se obter um contato direto com estes. Abrange um conjunto de técnicas para a coleta, processamento e análise de dados, e permite que a aquisição dos dados, a realização de estudos e a tomada de decisão seja mais rápida e efetiva. (FLORENZANO, 2002; MORAES, 2002).

A aplicação do sensoriamento remoto se expandiu em diversas áreas devido à disponibilidade gratuita de imagens de satélites e de alguns programas computacionais, de forma que, atualmente, dados obtidos através do Sensoriamento Remoto estão presentes no dia a dia do cidadão comum (LIMA, 2011).

Souza et al. (2011) acrescenta que, devido aos avanços tecnológicos na área do Sistema de Informação Geográfica (SIG), as pesquisas ambientais tiveram um novo norte pois, para lidar com recursos naturais, é necessária a observação e a análise feita de maneira multitemporal. Através do Sistema de Informação Geográfica é possível avaliar e monitorar áreas desmatadas, por exemplo, estudo que necessita acompanhamento devido sua dinâmica espacial. Portanto, o pesquisador amparado pelo Sensoriamento Remoto, através do exercício de interpretação das imagens, consegue construir diversos mapas com datas diferentes.

Blaschke (2007), diz que o Sensoriamento Remoto é hoje essencial para a realização de monitoramentos e modelagens ambientais graças a sua característica básica de fornecimento de dados antes mesmo de se fazer monitoramentos em campo, tornando todo o processo menos oneroso. Graças ao Sensoriamento Remoto é possível enxergar o planeta de uma posição privilegiada (FLORENZANO, 2011).

Diversos softwares são dedicados ao tratamento de imagens. A partir destes é possível gerar imagens alterando recursos como a composição de cores, ampliação de imagens e classificações temáticas dos objetos identificados, permitindo obter mapas temáticos que

podem ser utilizados em diversas áreas de estudo como geologia, vegetação, uso do solo, rede de drenagem, entre outros (SAUSEN, 2000).

O comportamento das ondas eletromagnéticas quando entram em contato com a matéria, permite a visualização das diferentes informações de uma imagem. Isso acontece devido a interação da radiação solar de maneiras distintas com cada tipo de alvo, fazendo com que assim, cada superfície tenha sua própria assinatura espectral (FIGUEIREDO, 2005). São esses comportamentos distintos que permitem ao pesquisador interpretar as feições aparentes na imagem podendo assim identificar determinadas situações presentes no ambiente físico.

A escolha do meio de obtenção de imagens vai depender das necessidades do estudo, informações como escala e qual a área de estudo são de grande relevância para a decisão. Outro ponto em questão seria os objetos de estudo, pois existem diversos sensores, e cada tipo possui características específicas relacionadas as resoluções: espectral, radiométrica, espacial e temporal, o que interfere na captação do alvo desejado.

A série LANDSAT teve início na segunda metade da década de 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Agência Espacial Americana e dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. Essa missão foi denominada *Earth Resources Technology Satellite* (ERTS) e em 1975 passou a se denominar LANDSAT. A missão, em sua maioria, foi gerenciada pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e pela U.S. Geological Survey (USGS) e envolveu o lançamento de sete satélites (EMBRAPA, 2009).

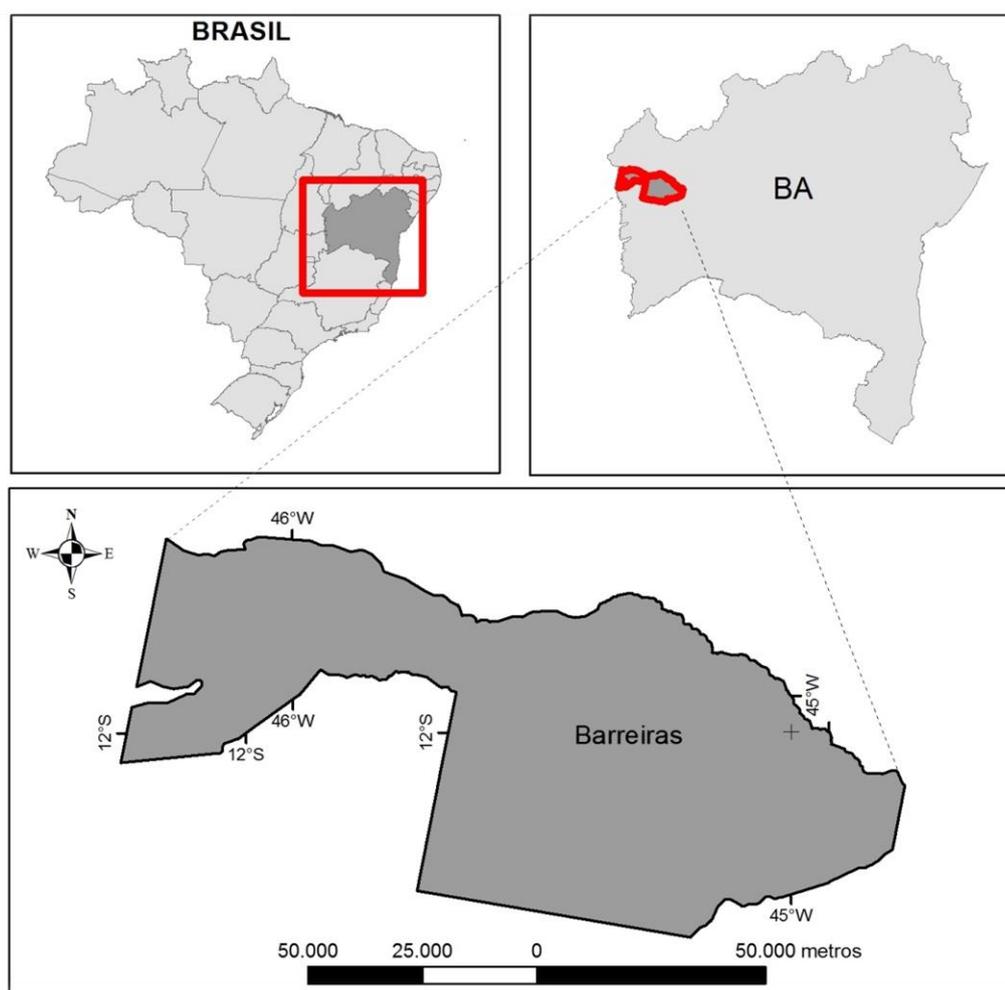
O sistema LANDSAT (LAND SATellite) foi o primeiro a obter de forma sistemática, imagens terrestres sinópticas de média resolução. Desenvolvida pela NASA a série de satélites LANDSAT iniciou sua operação em 1972. Os primeiros satélites foram equipados com os sensores *Multispectral Scanner System* (MSS) e depois, após passar por inovações o sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper*). Neste se inclui o *Landsat 5* que foi lançado no dia 1 de março de 1984 (FIGUEIREDO, 2005) e em janeiro de 2013 foi desativado (USGS, 2015).

Quando o satélite foi lançado o Sensor TM era considerado um sistema avançado de varredura multiespectral. Foi concebido para proporcionar uma resolução espacial mais fina, melhor discriminação espectral entre objetos na superfície terrestre, maior fidelidade geométrica e melhor precisão radiométrica em relação ao sensor MSS (NOVO, 2008).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. Área de estudo

O município de Barreiras está situado na mesorregião do extremo oeste Baiano, entre paralelos  $11^{\circ}37'$  e  $12^{\circ}25'$  de latitude Sul e os meridianos de  $44^{\circ}34'$  e  $46^{\circ}23'$  de longitude Oeste (Figura 1). Localizado dentro da Bacia do Rio Grande, a região possui um total de 29 rios perenes, e nela se encontram as nascentes do Rio Grande, afluente do Rio São Francisco, e seus principais rios são o Rio de Ondas, o Rio de Janeiro e o Rio Branco (PINTO *et al.*, 2006). Faz divisa com os municípios de Luis Eduardo Magalhães e São Desidério.



**Figura 1:** Localização da área de estudo (município de Barreiras) no oeste da Bahia;

O município possui área geográfica total de 7.538,152 km<sup>2</sup> (IBGE 2015), população estimada em 155.519 habitantes (IBGE 2016), dos quais 90% vivem na sede municipal e

apenas 10% na zona rural e apresenta uma densidade demográfica de 17,49 hab/km<sup>2</sup> (2010). O oeste da Bahia se encontra espacialmente inserido no bioma Cerrado brasileiro, com feições características do bioma.

Os solos, em geral, apresentam baixa fertilidade natural, variando de profundos, permeáveis, de textura média e (ou) arenosa, com acidez acentuada e bem drenados. Nas chapadas do município de Barreiras, os solos predominantes são Latossolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Quartzarênico e solos hidromórficos associados às veredas. Já nas depressões, há associações de Cambissolos e Latossolos de textura argilosa. (PASSOS, 2010).

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é classificado como Aw, com temperaturas médias anuais de 24 °C, e precipitação média anual de 1200mm, concentrando-se nos meses de novembro a março, tendo, também, um período seco bem definido entre abril e setembro. A umidade média relativa do ar é de 70%. (PASSOS, 2010).

Nas chapadas, a cobertura vegetal é constituída predominantemente por Savanas, que tem como características feições típicas de Cerrado posicionadas sobre Latossolos, representados principalmente pela fitofisionomia cerrado sensu stricto. Nos vales a vegetação se caracteriza por feições típicas de Cerrado menos contínuas do que nas chapadas, desenvolvendo-se sobre solos arenosos (BRASIL, 1982).

## 5.2. Base de Dados

### 5.2.1. Dados de Sensores Remotos

Inicialmente, para mapear e avaliar as mudanças no uso e cobertura do solo na área de estudo, foi feita uma pesquisa na base de dados do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE). Com isso, foram selecionadas imagens dos satélites Landsat 5 e 8, sensores TM (*Thematic Mapper*) e OLI (*Operational Land Imager*) com resolução de 30 metros, dos anos 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2016. Foram escolhidas imagens que apresentavam boa qualidade e pouca quantidade de nuvens, apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Imagens dos satélites utilizadas para a classificação do uso e cobertura da terra

<b>Período</b>	<b>Satélite/Sensor</b>	<b>Órbita</b>	<b>Pontos</b>	<b>Data de aquisição</b>
1990	Landsat-5 Instrumento TM	220	68	21/06/1990
1995	Landsat-5 Instrumento TM	220	68	19/06/1995
2000	Landsat-5 Instrumento TM	220	68	16/06/2000
2005	Landsat-5 Instrumento TM	220	68	14/06/2005
2010	Landsat-5 Instrumento TM	220	68	12/06/2010
2016	Landsat-8 Instrumento OLI	220	68	14/07/2016

As imagens desse estudo foram checadas e corrigidas geometricamente para garantir a fidelidade na análise espaço-temporal. Para a composição das imagens foram utilizadas as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do Landsat-5 sensor TM e as bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do Landsat-8 sensor OLI. A partir das imagens com as bandas compostas, foi feito a composição de mosaicos, a partir de vários pontos (*Row*) para cada órbita (*Path*). Cada mosaico foi recortado para compor apenas os limites da área de estudo.

De acordo com Silva et al 2013, para melhor identificação das classes de cobertura do solo, imagens com menor quantidades de nuvens propiciam melhor visualização espectral. Portanto, as imagens foram obtidas de junho e julho, pois são os meses de seca onde as áreas de agricultura irrigada se destacam, facilitando assim a identificação.

#### 5.2.2. Classes de uso e cobertura do solo

Para a classificação do uso e cobertura da terra, foi utilizado o software de geoprocessamento ERDAS IMAGINE®. Foi feita a inspeção visual nas imagens Landsat que recobrem a área de estudo, quando foram considerados os principais elementos de imagem como a cor para cada composição colorida RGB (*Red, Green, Blue*), a textura, a forma, o tamanho, a sombra, a altura e o padrão da drenagem e relevo. A partir da interpretação de todos esses elementos foi identificado cada tipo e uso de cobertura da terra, destacando-se a identificação dos diferentes tipos de vegetação nativa, a agricultura e as áreas irrigadas, que nessa região tem grande importância econômica. Assim a imagem de satélite pôde ser avaliada e suas diferentes feições identificadas.

Para a subsequente classificação digital supervisionada, foram definidas 13 classes: agricultura, cerrado sensu stricto, cerrado denso, floresta, rios (corpos d'água), sombra, irrigação, cerrado ralo, mata ciliar, queimadas, solo exposto, cerrado e cerrado aberto. Foi necessário classificar diferentes tipos de vegetação nativa, pois, na primeira classificação feita havia um menor número de classes e foi observado que algumas delas apresentavam assinaturas espectrais semelhantes e acabavam se confundindo. Isso se deu devido a grande variação da cobertura da terra da região, que em alguns casos, áreas ocupadas se confundiam com certos tipos de vegetação nativa, e isso poderia dificultar a classificação digital supervisionada.

Para melhorar a qualidade da classificação e ter uma maior diferenciação dos tipos de cobertura do solo, criou-se um maior número de classes. A maior dificuldade foi a diferenciação de áreas ocupadas com irrigação e as áreas de cultivo permanente, portanto, posteriormente foi feita uma classificação visual para as áreas de cultivo permanente.

Do mesmo modo, foi necessária a criação de uma classe adicional (sombras) para diferenciar as sombras criadas nas proximidades de morros e serras de corpos de água. Portanto, foram criadas 13 classes, para aumentar a eficiência do classificador na diferenciação destas classes.

### 5.2.3. Classificação supervisionada

A partir das classes previamente definidas, várias amostras foram coletadas sobre as imagens com evidências de agricultura, cerrado sensu stricto, cerrado denso, floresta, rios (corpos d'água), sombra, irrigação, cerrado ralo, mata ciliar, queimadas, solo exposto, cerrado e cerrado aberto. A partir da definição de assinaturas espectrais extraídas das amostras de cada classe de interesse na imagem, foi feita a classificação supervisionada. O sexto componente foi excluído, pois foi considerado o de maior ruído entre os componentes. As assinaturas espectrais de cada classe foram utilizadas como entrada do algoritmo de Máxima Verossimilhança para então classificar os tipos de uso e cobertura em toda a área de estudo, gerando uma imagem classificada.

Utilizando o *software* ArcGis 10.2® foi feita uma reclassificação, através da ferramenta “*Reclassify*”, e juntou-se algumas classes para melhor visualização da cobertura da terra. As classes: agricultura e solo exposto foram agrupadas para formar a nova classe desmatamento. Cerrado denso, floresta, irrigação e mata ciliar formaram a classe vegetação densa e, cerrado, cerrado aberto, cerrado ralo, cerrado sensu stricto e sombra formaram a classe cerrado. As demais classes continuaram as mesmas.

Para eliminar ruídos na classificação (pixels compondo uma classe isolada no contexto de uma classe maior), foi aplicado o filtro “*Majority*”, com janela 4 x 4 pixels.

#### 5.2.4. Classificação visual

Por meio da interpretação visual, as áreas de pivô central foram classificadas de forma diferenciada, devido a sua importância, tanto econômica, como indicador de volume de investimento local, quanto ambiental, pelo elevado uso dos recursos hídricos.

Para essas áreas, fez-se o mapeamento visual, a uma escala de 1:100.000, através da criação de um *shapefile*, no software ArcGis 10.2®, utilizando como referência a imagem de 2016 para demarcação destas. O arquivo vetorial em formato *shapefile* de 2016 foi utilizado como base para fazer os demais arquivos vetoriais dos outros anos, já que este é o que possui maior número de pivôs de irrigação. O mesmo foi feito para a classe cultivo permanente, que foi criada para melhorar a diferenciação de algumas classes.

Para o mapeamento e análise, foram considerados apenas os pivôs centrais. As áreas de irrigação convencional foram identificadas através da comparação das tonalidades de verde entre as regiões de pivô central e as demais áreas de agricultura presentes nas imagens e, posteriormente, juntaram-se a classe vegetação densa.

Os *shapefiles* contendo as áreas irrigadas e de cultivo permanente foram integrados a imagem classificada, através da ferramenta “*Raster Calculator*”, gerando uma nova classe irrigação e outra cultivo permanente. Por fim, utilizou-se a ferramenta “*Fill*” do software ERDAS IMAGINE para acrescentar a classe área urbana, polígonos feitos manualmente para delimitar as áreas de ocupação antrópica da região, através da visualização da imagem.

O resultado final dessa etapa foi a classificação do uso e cobertura da terra do município de Barreiras, oeste da Bahia nos anos 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2016, nas seguintes classes: desmatamento, cerrado, vegetação densa, rios (corpos d’água), queimadas, irrigação, área urbana e cultivo permanente.

#### 5.3. Avaliação da acurácia do mapeamento do uso e cobertura da terra

Para avaliar a acurácia da classificação do uso e cobertura da terra na área de estudo, foi feita uma Matriz de Confusão, onde os pontos amostrais nas imagens classificadas foram comparados com uma imagem referência de melhor resolução espacial. A imagem referência, do ano de 2016, foi gerada a partir da fusão espectral e espacial (*resolution merge*) das seis bandas espectrais, em resolução espacial de 30 metros, com a banda pancromática do Landsat 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*), em resolução espacial de 15 metros. Como

resultado desse processamento de imagens, foram obtidas seis bandas espectrais do sensor (OLI) em resolução espacial de 15 metros. Com a melhoria da resolução espacial das bandas multiespectrais do Landsat-8, foi possível visualizar com mais detalhes as feições de uso e cobertura da terra de interesse no presente estudo.

Sobre a área de estudo, foram distribuídos, aleatoriamente, 160 pontos. Cada ponto foi comparado à classificação com o tipo de uso e cobertura identificado visualmente na imagem referência, de melhor resolução espacial. Esses dados foram utilizados para estimar, numa matriz de confusão, a Exatidão Global e a Estatística *Kappa*, erro de comissão e erro de omissão para cada classe de interesse.

A acurácia foi estimada pela soma da diagonal principal (as amostras corretamente classificadas) dividida pelo número total de unidades de amostra em total a matriz de confusão. Por outro lado, se o número total de pixels correto em uma categoria é dividido pelo número total de pixels classificados nessa categoria, então este resultado é uma medida de erro de comissão. Esta medida, chamada de "acurácia do usuário" ou "erros de omissão", é indicativa da probabilidade que um pixel classificado no mapa/imagem realmente representa essa categoria no campo. Já o cálculo da "acurácia do produtor" ou "erros de comissão" é feito dividindo o número total de amostras corretas pelo número total de unidades nos dados de referência (CONGALTON; GREEN, 1999).

A estatística *Kappa* varia de 0 a 1. Um valor de *Kappa* igual a zero sugere que a classificação não é melhor do que uma classificação aleatória dos pixels. Um valor igual a um sugere um processo de classificação altamente eficiente (MOREIRA, 2001). Segundo Fonseca (2000), a tabela abaixo representa o desempenho de cada intervalo de valor do índice *Kappa*.

**Tabela 2:** Índice de Kappa

<b>Índice Kappa</b>	<b>Desempenho</b>
<0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

#### 5.4. Estimativa das áreas das classes de uso e cobertura da terra

A estimativa da área total de cada classe de uso e cobertura da terra foi feita a partir das imagens classificadas em 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 e 2016. Para isso, as imagens

classificadas foram recortadas para incluir apenas a área de estudo e cada classe foi mensurada para cada ano da análise. A mensuração foi feita de forma indireta a partir da contagem de pixels de cada classe multiplicado pela área efetiva de cada pixel (900 m<sup>2</sup>).

### 5.5. Regressão linear

A análise de regressão é uma técnica estatística usada para modelar e investigar a relação entre duas ou mais variáveis. O modelo é muito usado para prever a relação entre estas variáveis de maneira que uma delas possa ser estimada em função das demais. Para esse estudo foi analisado o crescimento das áreas desmatadas e de irrigação em função dos anos.

Com a obtenção dos valores das áreas de cada classe, foi feito um gráfico de dispersão que gerou um modelo de regressão linear para as classes de desmatamento e irrigação, e que possibilitou observar o nível da relação entre o tempo (em anos) com o aumento do desmatamento na área de estudo. A partir do modelo de regressão linear estimado, foi possível prever o comportamento do desmatamento e das áreas irrigadas nos próximos anos.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Acurácia

Dos 160 pontos distribuídos aleatoriamente para a estimativa da acurácia, 138 pontos foram classificados corretamente, resultando numa acurácia global de 86,5% e a estatística Kappa foi de 0,81 para a classificação do uso e cobertura da terra na área de estudo. Estes valores indicam que os resultados desta classificação são considerados excelentes. As classes “Água” e “Queimada” resultaram em maiores valores de omissão (Tabela 3).

		Classificação								Total	%EC	Exat. Prod.
		DS	CR	VD	AG	QU	IR	AU	CP			
Referência	DS	51	7	1				1		60	15%	94%
	CR	3	53	5						61	13%	85%
	VD			11	2					13	15%	65%
	AG				2	1				3	33%	50%
	QU		2			1				3	67%	50%
	IR						12			12	0%	100%
	AU							3		3	0%	75%
	CP								5	5	0%	100%
Total		54	62	17	4	2	12	4	5	138		
%EO		6%	15%	35%	50%	50%	0%	25%	0%			
Exat. Usu.		85%	87%	85%	67%	33%	100%	100%	100%			
Exat. Global		86%										
Índice Kappa		0.81										

**Tabela 3:** Matriz de Confusão; DS = Desmatamento; CR = Cerrado; VT = Vegetação Densa; AG = Água; QU = Queimada; IR = Irrigação; AU = Área Urbana; CP = Cultivo Permanente; EO = Erro de Omissão; EC = Erro de Comissão.

Na classificação de corpos de água, pode ter ocorrido uma dificuldade ao discriminar água de sombra, isso se dá pelo fato das duas terem um comportamento espectral semelhante. Para a classe “queimada”, pode ter ocorrido uma confusão com algum tipo de vegetação alterada, uma vez que esta classe indica a transformação do uso e ocupação do solo que antecede o plantio, podendo compor assim, uma classe intermediária entre a vegetação natural e a agricultura ou pecuária.

A alta acurácia das classes irrigação, área urbana e cultivo permanente pode ser explicada devido o mapeamento ter sido feito visualmente e agregado na sequência ao mapeamento digital supervisionado. O mapeamento visual proporcionou uma maior precisão na identificação dessas classes.

As classes “Vegetação Densa” e “Cerrado” tiveram erro de comissão de 15% e 13%, respectivamente. Este resultado mostra uma baixa superestimação para as classes. A classe desmatamento apresentou acurácia entre 85 e 94%, indicando um ótimo desempenho na classificação. A falta de dados de campo, em amostras realizadas na área de estudo, é um dos possíveis fatores que reduziram a acurácia para algumas classes. Especificamente, para este fim, a classificação das mudanças no uso e cobertura da terra no município de Barreiras pode ser considerada muito apropriada.

## 6.2. Uso e cobertura da terra entre 1990 e 2016

Com as informações visuais dos mapas (Figuras 2 e 3) assim como os dados de áreas da tabela 4, foi possível observar uma clara expansão das áreas desmatadas sobre coberturas que originalmente eram de Cerrado. As áreas de desmatamento, que incluem áreas de agricultura, pecuária e solo exposto, destacaram-se como a mudança mais evidente no uso e cobertura da terra. Em 1990 era de 102.912,2 hectares e, em 2016, passou para 289.105,4 hectares de vegetação nativa desmatados.

Outra classe que causou grande impacto na área total de vegetação nativa devido a sua rápida ocupação e acelerada expansão, foi a área de irrigação. Em 1990, as áreas irrigadas ocupavam 2.544,4 hectares, e em 2016 essa área passou para 36.944,1 hectares, um crescimento total de 1.452% (taxa de incremento de 242% ao ano) no período de estudo.

Houve também a diminuição da área ocupada pela cobertura de vegetação do cerrado e vegetação densa em geral. Ao agrupar todas as classes de Cerrado que foram classificadas (cerrado, cerrado aberto, cerrado ralo, sombra e cerrado sensu stricto) em 1990, observou-se uma área total de 550.101,9 hectares. Em 2016, a área observada de vegetação do cerrado foi reduzida para 326.129 hectares, uma redução equivalente a 42% em relação a área total observada em 1990. A soma das classes de vegetação densa (cerrado denso, floresta, irrigação e mata ciliar) em 1990, foi de 101.150,8 hectares, e em 2016 essa área diminuiu para 82.214,1 hectares. Observando os mapas, é possível identificar que certas áreas antes cobertas por cerrado, hoje se encontram ocupadas por cultivos agrícolas, principalmente a oeste da área de estudo.

Nos anos 1995 e 2016 (Tabela 4), houve um aumento da área de vegetação densa em comparação com os dados observados nos anos de 1990 e 2010, respectivamente. No entanto, observou-se que entre 1990 e 2016, foi significativa a redução. É possível que efeitos da

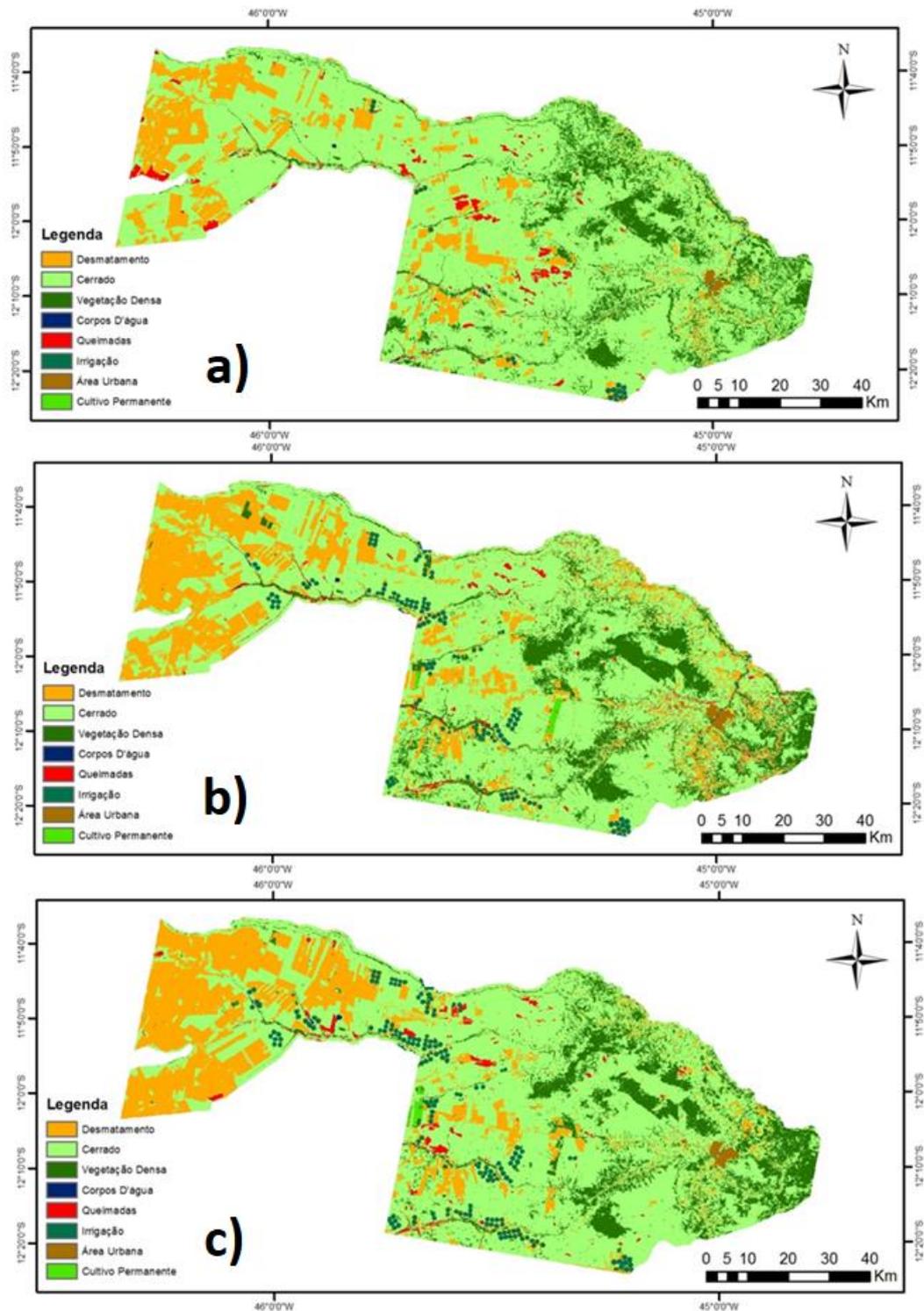
sazonalidade climática na região tenham sido as principais causas da confusão de classes pelo classificador.

Outra observação é a variação da área de Rios no período de estudo. Esta variação pode ter ocorrido devido a efeitos da sazonalidade climática da região e a confusão entre rios e sombras.

Classes	1990		1995		2000		2005		2010		2016	
	Área (ha)	%										
<b>Desmatamento</b>	102.912,9	13,3	152.437,3	19,7	164.360,9	21,2	21.3672,1	27,6	229.598,2	29,6	289.105,4	37,3
<b>Cerrado</b>	550.101,9	70,9	48.1744,3	62,1	466.858,7	60,2	42.3043,2	54,5	413.442	53,3	326.129	42,0
<b>Vegetação</b>	101.150,8	13,0	10.7527,5	13,9	107.374	13,8	10.5120,4	13,6	72.478,6	9,3	82.214,0	10,6
<b>Densa</b>												
<b>Corpos D'agua</b>	2.482,02	0,3	1.103,9	0,1	1.505,9	0,2	1.007,6	0,1	2.388,3	0,3	4.432,5	0,6
<b>Queimada</b>	14.707,4	1,9	14.413,8	1,9	11.638,2	1,5	3.789,9	0,5	23.883,6	3,1	27.145,9	3,5
<b>Irrigação</b>	2.544,4	0,3	14.458,6	1,9	19.594,5	2,5	25.524,9	3,3	28.227,3	3,6	36.944,1	4,8
<b>Área Urbana</b>	1.925,1	0,3	2.340,6	0,3	2.698,9	0,4	2.728,9	0,4	2.975,2	0,4	3.266,7	0,4
<b>Cultivo</b>	-	-	1.774,9	0,2	1.583,4	0,2	783,4	0,1	2.723,2	0,4	6.483,1	0,8
<b>Permanente</b>												

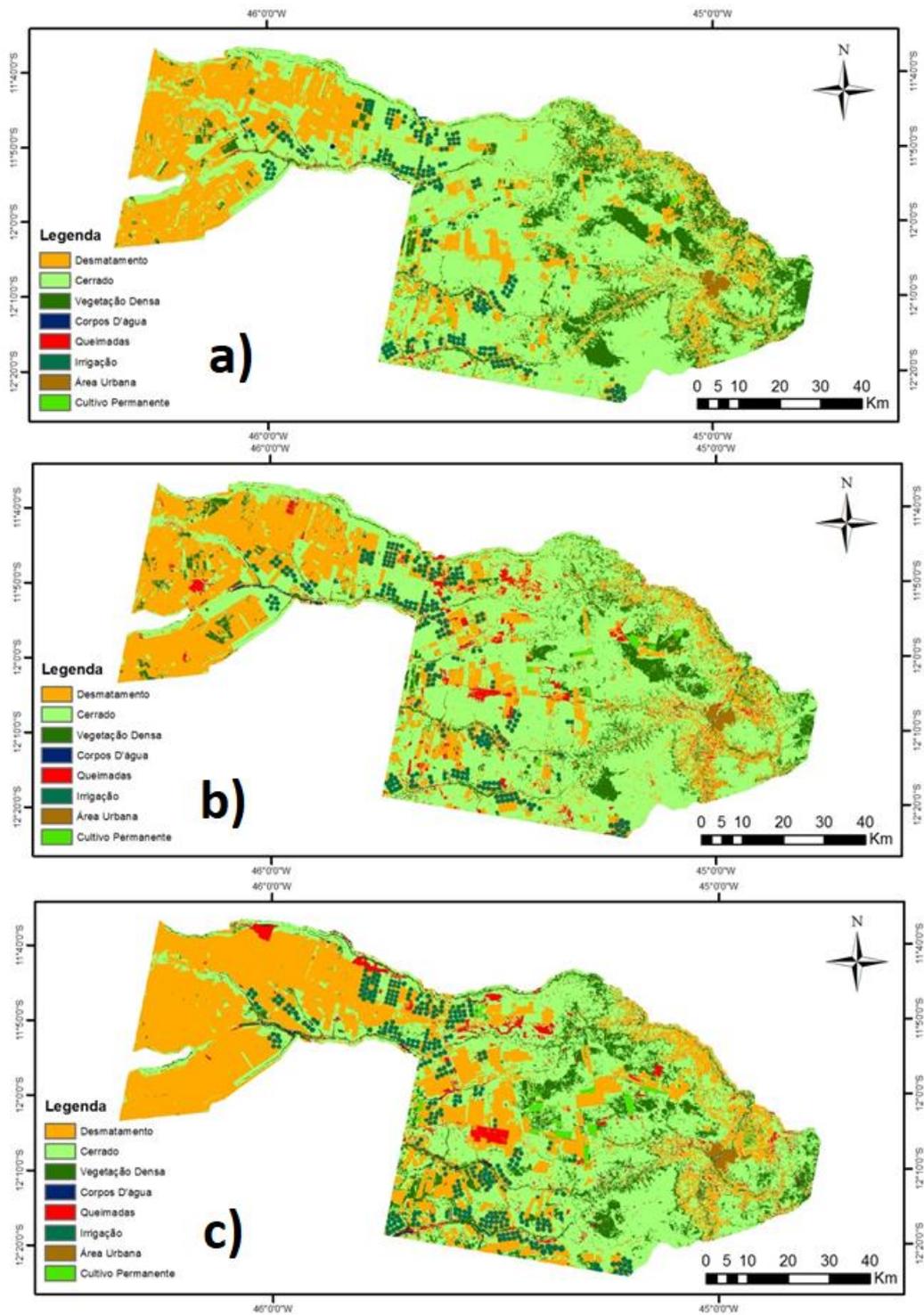
**Tabela 4:** Uso e cobertura do solo em hectares (ha) e porcentagem.

As figuras 2 e 3 apresentam a evolução da cobertura e uso do solo ao longo de 26 anos no município de Barreiras.



**Figura 2:** Uso e cobertura da terra no município de Barreiras-BA nos anos de 1990 (a), 1995 (b) e 2000

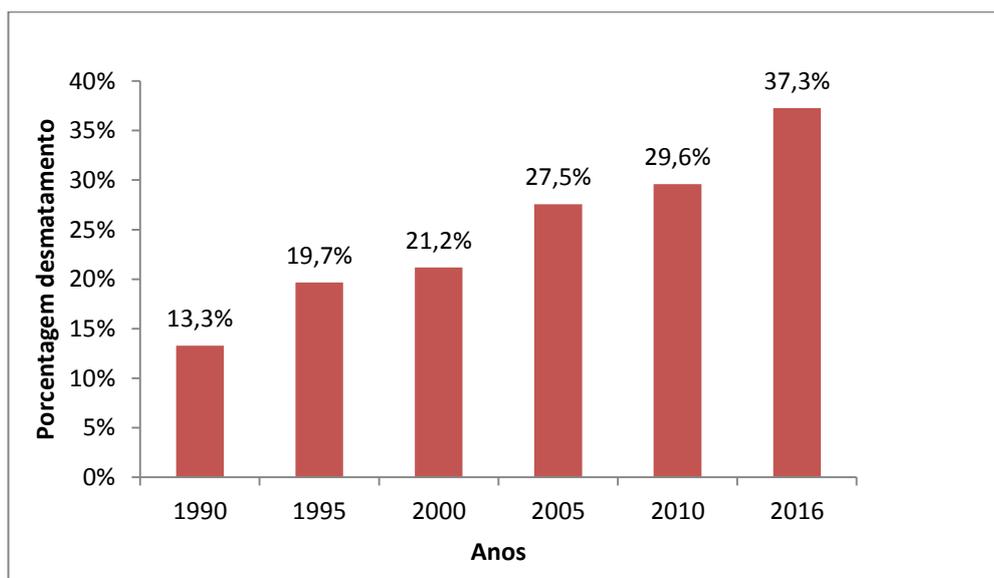
(c).



**Figura 3:** Mapa de uso e cobertura do solo do município de Barreiras para os anos de 2005 (a), 2010 (b) e 2016 (c).

### 6.3. Desmatamento

O avanço da agricultura e da pecuária extensiva tem como consequência o alto índice de desmatamento, que estão associados a queimadas e desmatamentos em grandes escalas (MMA). Fazer a análise da expansão agrícola é necessário, visto que na região de estudo esta atividade tem grande parcela de contribuição no desmatamento, sendo a mais representativa. A figura 4 demonstra a evolução do crescimento das áreas desmatadas ao longo de 26 anos.



**Figura 4:** Evolução da área desmatada no município de Barreiras-BA (1990-2016)

Os resultados indicam um aumento de 24% na área desmatada, passando de 13% em 1990 para pouco mais de 37% em 2016. Esse incremento corresponde a uma taxa de desmatamento de 0,9% da área do município ao ano. No período de 1990 a 1995 a área desmatada aumentou 6,4%. De 1995 a 2000 o ritmo de desmatamento diminuiu para 1,5%. Entre 2000 e 2005 o desmatamento aumentou 6,4%, e novamente uma redução para 2% de desmatamento entre 2005 e 2010. No período de 2010 a 2016, o desmatamento na região aumentou pouco mais de 7%, o maior crescimento comparado aos outros períodos analisados. Neste intervalo, 59.507,2 hectares de áreas de vegetação nativa foram desmatados, indicando a tendência de continuidade da expansão agrícola na área de estudo.

Dados do anuário da AIBA (Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia), ratificam o aumento das áreas agrícolas observados neste estudo. Os cultivos de soja, algodão e milho são as principais culturas do oeste baiano, sendo a soja a maior delas, tendo 69% das áreas ocupadas. No ano de 2016 esta cultura teve um aumento de 7,5% na sua área de cultivo, produzindo 3,2 milhões de toneladas e, ainda sim, estima-se aumentar a área de cultivo nos

próximos 15 a 20 anos, passando para o triplo da área atual. As projeções indicam que as áreas com agricultura ainda irão aumentar para suprir as necessidades do mercado de exportação. Porém, quando comparado com os indícios de alterações climáticas, torna evidente uma possível redução na produtividade.

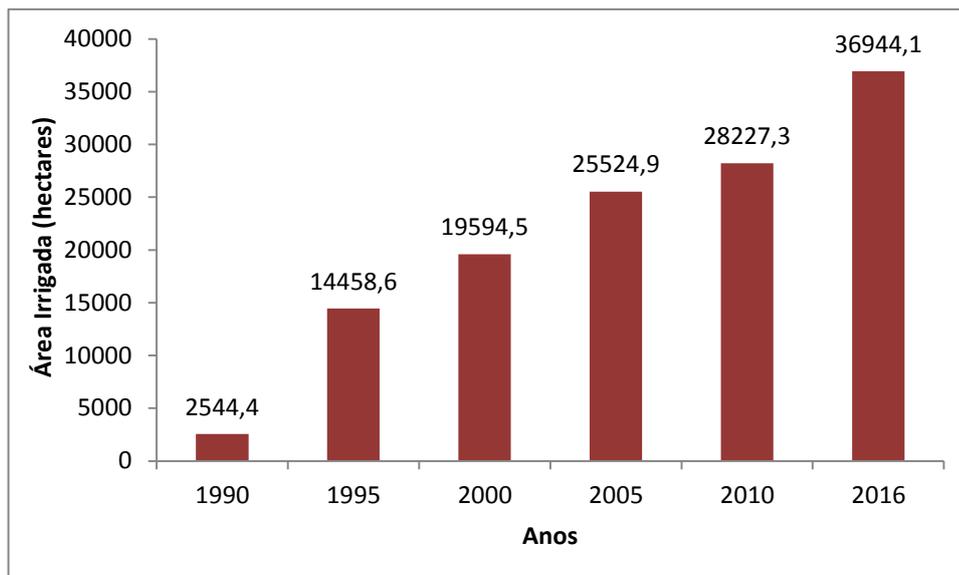
Devido a expansão dos cultivos agrícolas, a supressão da vegetação nativa tende a aumentar nos próximos anos. O aumento exacerbado das áreas agrícolas na região representa uma ameaça a biodiversidade do cerrado e também para a recarga dos rios e aquíferos explorados para irrigação. A retirada da vegetação nativa acaba interferindo na capacidade do solo de infiltração da água das chuvas e a expansão da agropecuária, juntamente com a devastação das matas ciliares, acarretam o desaparecimento das veredas, o assoreamento dos rios e na intermitência dos cursos d'água (LAGE et al., 2008).

Do mesmo modo, a remoção da vegetação natural próxima às margens de rios, afeta a vida aquática e todo o ecossistema. O desmatamento de matas ciliares pode acelerar o processo de erosão natural, além de reduzir a proteção natural contra enchentes e, como consequência, causa o assoreamento de recursos hídricos naturais ou artificiais (BARBOSA et al., 2014).

Outro problema gerado pelo desmatamento são as alterações climáticas de maneira regional e efeitos globais. Devido a retirada da vegetação, a temperatura aumenta, e toda energia que seria voltada para a evapotranspiração, fica retida em forma de calor (SALATI, 2007). Por isso, as diversas formações de cerrado precisam de uma maior atenção, com enfoque nas áreas de grande exploração. O oeste baiano, onde está inserida a área deste estudo tem um processo de devastação instalado que compromete a integridade dos recursos hídricos e biodiversidade da região.

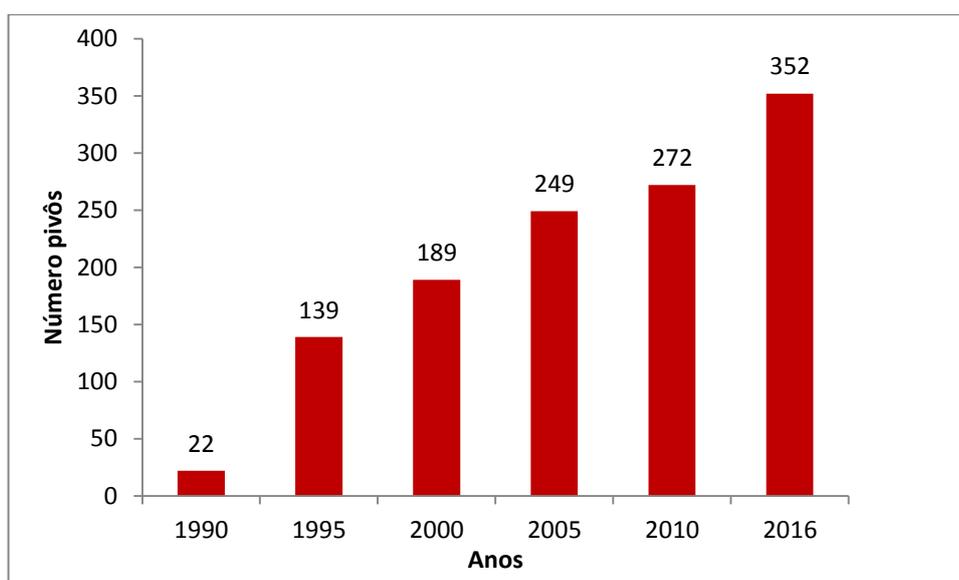
#### 6.4. Irrigação

O crescimento da área plantada com pivôs no município de Barreiras é considerado alto. Em 1990, o total da área de pivôs era de 2.544 hectares e atingiu 36.944 hectares em 2016, um aumento de 34.400 hectares de área irrigada (Figuras 5). Outro aspecto observado é o número de pivôs centrais implantados no período de estudo, com 22 em 1990 e aumentando para 352 em 2016 (Figura 6).



**Figura 5:** Área irrigada por pivô em Barreiras-BA.

Observou-se também que entre 1990-1995 ocorreu um crescimento acentuado na instalação de pivô no município com a criação de 117 pivôs, ou seja, um aumento de 532% naquele período. Nos anos seguintes, observou-se um aumento decrescente no número de pivô central. A quantidade de pivôs aumentou para 50 e 60 pivôs nos períodos de 1995-2000 e 2000-2005, respectivamente. Entre 2005-2010 a instalação de novos pivôs na área de estudo foi a menor observada (23 pivôs) em todo o período desta análise. Finalmente no período de 2010-2016 houve um grande aumento de pivôs no município de Barreiras, com a implantação de 80 novos pivôs.



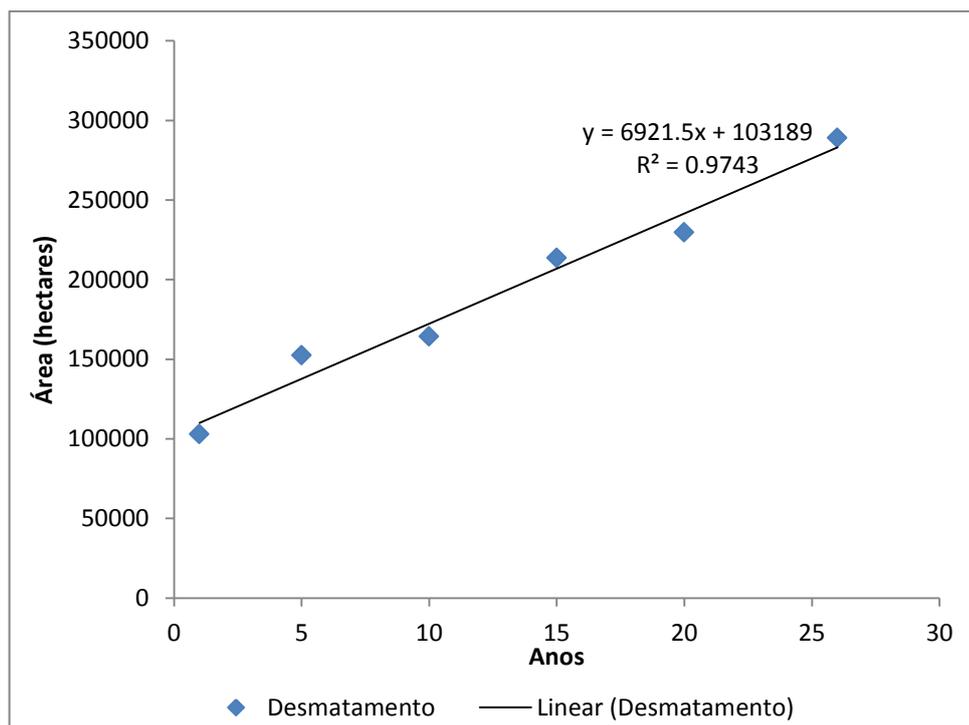
**Figura 6:** Quantidade de pivôs mapeados por ano de análise unidade

Os fatores que mais explicam a alta demanda por recursos hídricos são os baixos índices pluviométricos e a expansão das áreas irrigadas. Ao analisar os índices pluviométricos observados nos últimos anos, o cenário se torna ainda mais preocupante. No período de seca (cerca de cinco a sete meses) a região sofre de deficiência hídrica, tornando-se necessária a irrigação para garantir que a plantação fique sadia.

Na região do extremo oeste baiano, predominam os pivôs maiores do que 90 hectares (GUIMARÃES et al., 2014), indicando que o oeste é a região da Bahia que mais demanda de seus rios. O uso indevido dos recursos hídricos é crescente para atender a demanda de projetos de irrigação, causando conflitos para outorgas de água (Gaspar, 2006), isso se dá pelo crescimento da agricultura irrigada e a falta de fiscalização quanto a quantidade de água que esta sendo utilizada. Portanto, dos fatos, torna-se necessário um sistema de controle para gestão e monitoramento da quantidade e qualidade dos recursos hídricos da região.

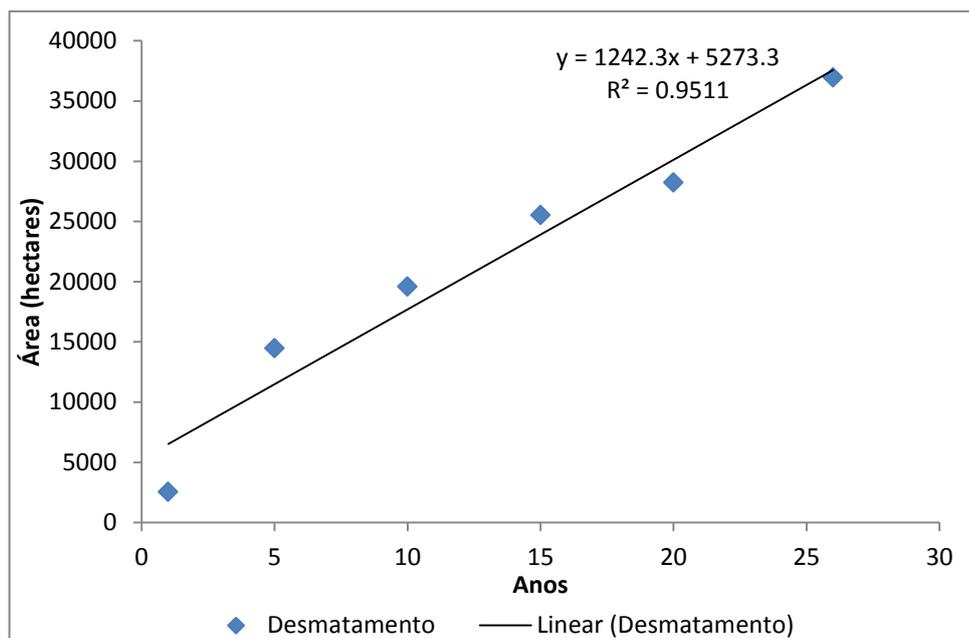
#### 6.5. Análise da expansão do desmatamento e dos pivôs de irrigação

A análise da relação entre a quantidade de áreas desmatadas e irrigadas ao longo do período do estudo (1990 a 2016) foi feita a partir de modelos de regressão linear. Com esses modelos foi feita uma projeção do aumento das áreas desmatadas na região para os próximos 10 e 20 anos.



**Figura 7:** Aumento observado do desmatamento no município de Barreiras, Bahia, entre 1990 e 2016.

Assumindo a tendência observada com o modelo de regressão linear estimado (Figura 7), é previsto que no ano de 2025, a área desmatada no município de Barreiras será de 345.441 hectares, um acréscimo de 56.336 hectares, o equivalente a 44% da área, com um desmatamento anual de 5.336,6 hectares durante os próximos 10 anos. Estima-se que 414.656,5 hectares estejam desmatados até 2035, cerca de 53% da área total, aumentando 6.277,5 hectares a cada ano, um acréscimo de 125.551,1 hectares de desmatamento nos próximos 20 anos.



**Figura 8:** Evolução das áreas irrigadas entre 1990 e 2016

Assumindo o modelo de regressão linear estimado (Figura 8), estima-se um aumento de 11.809,7 hectares de área de irrigação até o ano de 2025, totalizando 48.753,8 hectares de áreas irrigadas, um aumento de 1.180,9 hectares por ano, durante os próximos 10 anos. Em 2035, estima-se que a área irrigada será de 61.176,8 hectares, acrescentando 24.232,7 hectares, um incremento de 1.211,6 hectares por ano nos próximos 20 anos.

Com base nas tendências previstas nos modelos de regressão linear estimados neste estudo, prevê-se que a continuidade de aumento do desmatamento nas próximas décadas. As chances de diminuição ou estagnação do desmatamento parecem remotas para a área de estudo levando em conta que 97% do desmatamento pode ser explicado, de forma significativa, com o decorrer dos anos. Do mesmo modo, 95% do aumento das áreas irrigadas podem ser explicadas, de forma significativa, com o decorrer dos anos. Tomando como base as projeções feitas, pode-se prever que as áreas de vegetação natural e de rios no município de Barreiras, e provavelmente em todo o Oeste Baiano, estão sob alto risco, visto o histórico observado e as tendências de ocupação e do uso do solo e dos recursos hídricos.

## 7. CONCLUSÃO

A partir dos resultados do estudo da dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura da terra no município de Barreiras-BA, estima-se que as atividades antrópicas impactaram quase 332.600 hectares de vegetação nativa, equivalente a 42% da área de estudo. De forma conjunta, as classes de vegetação nativa classificadas neste estudo ocupavam 651.252 hectares e 408.343 hectares em 1990 e 2016, respectivamente. A maior parte da redução da vegetação de cerrado foi devido à expansão das áreas agrícolas, cuja maioria se encontra localizada a oeste da área de estudo. A agricultura e as áreas irrigadas foram as atividades responsáveis pela maior parte do desmatamento na área de estudo.

Em 26 anos observados neste estudo, a produção agrícola irrigada por pivô cresceu, de 22 pivôs em 1990 para 352 pivôs em 2016, um crescimento de 1.600%. Este crescimento é um reflexo da rápida expansão do setor, e, conseqüentemente, responsável por grandes impactos para os recursos naturais (vegetação, fauna e hídricos) da região.

As tendências de crescimento do desmatamento e das áreas de irrigação devem permanecer nas próximas décadas em níveis semelhantes aos observados no período deste estudo. Portanto, é necessário a tomada de medidas de comando e controle de forma a ampliar o acompanhamento e monitoramento da expansão da agricultura e do uso dos recursos hídricos na região. Tal controle deve garantir a sustentabilidade do uso dos recursos naturais na região de estudo. O descontrole do uso de água para a irrigação e o uso indiscriminado do solo para atividades agrícolas pode levar ao colapso num futuro breve, especialmente se essas atividades seguirem os padrões de crescimento da última década. Medidas urgentes de controle e manejo da água e do solo da região devem ser tomadas para garantir a conservação da biodiversidade e a perenidade das atividades socioeconômicas no Oeste da Bahia.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIBA. **Anuário Agropecuário Oeste da Bahia, Safra 2016/2016**. Barreiras, BA, 2016. Disponível em: <http://aiba.org.br/wp-content/uploads/2017/03/Anuario-2015-16-FINAL-Web.pdf>. Acesso em: 3 de junho de 2017.

BARBOSA, J. M. C.; PINTO, M. R.; CASTRO, M. A. H. **Erosão e assoreamento em reservatórios**. In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Anais. Natal, RN, 2014.

BLASCHKET, T.; KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados – 2º edição**. São Paulo, 2007.

BRANNSTROM, C.; JEPSON, W.; FILIPPI, A. M.; REDO, D.; XU, S.; GANESH, S. **Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado). 1986-2002: Comparative analysis and implications for land-use policy**. In: Land Use Policy 25 (2008) 579-595.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SD 23 Brasília**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, RJ. MME/SG/Projeto RADAMBRASIL, 1982.

CATELANI, C. D., BATISTA, G. T., & PEREIRA, W. F. **Adequação do Uso da Terra em Função da Legislação Ambiental**. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte: abril de 2003.

CLIMATE DATA. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/314512/>. Acesso em: julho de 2017.

CONGALTON, R. G.; and GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. New York: Lewis Publishers, 1999.

COSTA, M. H.; BOTTA, A.; CARDILLE, J. A. **Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River**, Southeastern Amazonia. Journal of Hydrology, Amsterdam, v. 283, n. 12, p. 206-217, 2003.

DUSO, L. T. **Reconversão da matriz produtiva de Liberato Salzano - Terra da diversificação**. Extensão Rural e Desenvolvimento Sustentável, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p.61-67, 2006.

EMBRAPA. **Solos do Nordeste: Bahia**. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de Sensoriamento Remoto**, Setembro, 2005.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto** – 3º edição ampliada e atualizada. São Paulo, 2011.

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

FLORES, P. M. **Análise Multitemporal do Avanço da Fronteira Agrícola no Município de Barreiras – BA (1998-2008)**. (Dissertação de Mestrado), Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade de Brasília, 2011, 99f.

FOLEGATTI, M.V., PESSOA, P. C. S., PAZ, V. P. S. **Avaliação do Desempenho de um Pivô Central de Grande Porte e Baixa Pressão**. Sci. Agric. Vol. 55 n. 1. Piracicaba Jan/Apr. 1998. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90161998000100019](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161998000100019). Acesso em: maio de 2017.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens**. Instituto Nacional de Pesquisas espaciais (INPE), 2000. 105p.

GASPAR, M. T. **Sistema Aquifero Urucuia: Caracterização regional e proposta de gestão**. 2006. 158 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências – Universidade de Brasília, Brasília.

GASPAR, M. T.; CAMPOS, J. E. G. **O Sistema Aquífero Urucuia**. Revista Brasileira de Geociências, 37(4 - suplemento): 216-226, 2007.

IBRAM. <http://www.ibram.df.gov.br/informacoes/meio-ambiente/bioma-cerrado.html>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

LANDAU, E. C.; GUIMARÃES, D. P.; SOUSA, D. L. **Concentração de Áreas Irrigadas por Pivôs Centrais no Estado Da Bahia – Brasil**. In: Simpósio regional de geoprocessamento e sensoriamento remoto - GEONORDESTE 2014. Anais. Aracaju, Brasil, 18-21 nov. 2014.

IBGE, **Área Territorial Oficial 2015**. 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/area.php?nome=Barreiras&cod>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

IBGE, **Sinopse do Senso Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/ba/barreiras/panorama>. Acesso em: 20 de maio de 2017.

JACOVINE, L. A., CORRÊA, J. B., SILVA, M. L., VALVERDE, S. R., FILHO, E. I., COELHO, F. M., et al. **Quantificação das Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal em Propriedades da Bacia do rio Pomba -MG**. Revista Árvore, v.32 no.2.Viçosa: 2008.

LAGE, C. S.; PEIXOTO, H.; VIEIRA, C. M. B. **Aspectos da vulnerabilidade ambiental na Bacia do Rio Corrente-BA**. GeoTextos, vol. 4, n . 1 e 2, 2008.

LIMA, J. E. F. W.; SILVA, E. M. **Análise da situação dos recursos hídricos do Cerrado com base na importância econômica e socioambiental de suas águas**. In: Simpósio nacional do cerrado, 9 e simpósio internacional de Savanas tropicais, 2, 2008, Brasília. Anais... Brasília, DF: Embrapa-CPAC, p. 1-6. CD-ROM, On-line, 2008.

LOBO, F.; GUIMARÃES, L. F. **Vegetação remanescente nas áreas prioritárias para conservação da biodiversidade em Goiás: Padrões de distribuição e características.** Boletim Goiano de Geografia, v. 10, n. 2, p. 89-104, 2008.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro.** Brasília-DF: Conservação Internacional, 2004, 26 p. (Relatório técnico não publicado).

MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução Ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** CNPq, UNB. Brasília, 2002.

MMA. <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em: 17 de maio de 2017.

MMA, & IBAMA. **Monitoramento do bioma Cerrado 2009-2010.** Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite. 2011.

MMA. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado – PPCERRADO.** Brasília, 2009.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura.** Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, n.4, p.33-38. 2002.

MORAES, E.C. **Capítulo 1: Fundamentos de sensoriamento remoto.** DSR/INPE. São José dos Campos: INPE, p. 1-22. 2002. Disponível em: [http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1\\_ECMoraes.pdf](http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/CAP1_ECMoraes.pdf). Acesso em: 12 de junho de 2017.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicações.** São Jose dos Campos: INPE; 2001.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature, London, v. 403, p. 853-858, 2000.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 3ª edição revista e ampliada. 2008.

OLIVEIRA, A. S.; PEREIRA, F. A.; PAZ, V. P.; SANTOS, C. A. **Avaliação do desempenho de sistemas de pivô central na região oeste da Bahia**. Irriga, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 126-135, maio-agosto, 2004.

PASSO, P. P.; MARTINS, E. S.; GOMES, M. P.; REATTO, A.; CASTRO, K. B.; LIMA, L. A. S.; JUNIOR, O. A. C.; GOMES, R. A. T. **Caracterização Geomorfológica do Município de Barreiras, Oeste Baiano, Escala 1: 100.000**. Planaltina, DF: Boletim de pesquisa e desenvolvimento, Edição: 70 / Embrapa Cerrados, 2010.

PINTO J. M.; SILVA C.L.; OLIVEIRA C.A. **Influência de variáveis climáticas e hidráulicas no desempenho da irrigação de um pivô central no oeste baiano**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.26, n.1, p.76-85, jan./abr. 2006.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. **Biodiversity patterns of the woody vegetation of the Brazilian Cerrados**. In: PENINGTON, T.; RATTER, J. A. Neotropical savannas and seasonally dry forests. Florida: Boca Raton, 2006, cap. 2, p. 31-66.

SALATI, E. **Mudanças climáticas globais e desmatamento e suas influências nos recursos hídricos no brasil**. Conferência para o curso de altos estudos de política e estratégia CAEPE. FBDS. 12 de julho de 2007.

SANO, E. E.; BEZERRA, H. S.; BARCELLOS, A. O.; ROSA, R. **Metodologias para Mapeamento de Pastagens Degradadas no Cerrado**. Planaltina, DF: Boletim de pesquisa e desenvolvimento, Edição: 70 / Embrapa Cerrados, 2002.

SANTOS, C. A. P.; SANTOS, P. S.; SOUZA, D. P. **Análise espaço-temporal do uso e ocupação do solo na sub-bacia do rio de Ondas – Mesorregião Extremo Oeste da Bahia.** In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Foz do Iguaçu: INPE, p. 7172, 2013.

SAUSEN, T. M. **Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais.** Projeto Educa SeRe III-Carta-Imagens CBERS. São José dos Campos, SP, 2000.

SILVA, M. C.; PAULINI, F.; LOPES, F. B.; FIORAVANTI, M. C. S.; SERENO, J. R. B. **A heterogeneidade dos sistemas de produção agropecuários e da paisagem: um ponto de partida para compreender a conservação de recursos genéticos animais.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 9, p. 1-24, 2013.

SOUZA, U. B., SOUZA, S. F., SANTOS, C. A. P., AMARAL, A. G. **Uso do sensoriamento remoto na análise da dinâmica da paisagem em um período de 20 anos no anel da soja, Oeste da Bahia.** In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Curitiba: INPE, p. 3014, 2011.

USGS. **Frequently Asked Questions about the Landsat Missions.** Disponível em: [http://landsat.usgs.gov/band\\_designations\\_landsat\\_satellites.php](http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php).

VERDESIO, J. J. **Os Cerrados do Oeste da Bahia: Recursos Naturais, uso atual e potencial – resumo.** Governo do Estado da Bahia Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia – SEPLANTEC. Companhia de Desenvolvimento e ação regional – CAR. Salvador, Bahia Outubro, 1986.