

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CAMPUS PROFESSORA CINOBELINA ELVAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
MESTRADO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA VAZÃO DA BACIA DO RIO
URUÇUÍ-PRETO, PIAUÍ

KAÍSE BARBOSA DE SOUZA

BOM JESUS – PI
2015

KAÍSE BARBOSA DE SOUZA

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA VAZÃO DA BACIA DO RIO
URUÇUI-PRETO, PIAUÍ

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

BOM JESUS - PI

2015

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial de Bom Jesus
Serviço de Processamento

S729i Souza, Kaíse Barbosa de.

Influência uso e ocupação do solo na vazão da Bacia do Rio
Uruçuí-Preto, Piauí / Kaíse Barbosa de Souza. – 2015. 80 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Campus
Professora Cinobelina Elvas, Programa de Pós- graduação em Solos
e Nutrição de Plantas, Bom Jesus-PI, 2015.

Orientação: “Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva”.

1. Solo – Uso e ocupação. 2. Sensoriamento Remoto. 3. Inércia
hídrica. 4. Rio Uruçuí-Preto - Bacia. I. Título.

CDD 631.498

KAÍSE BARBOSA DE SOUZA

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA VAZÃO DA BACIA DO RIO
URUÇUÍ-PRETO, PIAUÍ

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, para obtenção do título de “Mestre” em Agronomia, na área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

APROVADA em 30 de setembro de 2015

Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke (CPCE/UFPI)

Prof. Dr. Gerson dos Santos Lisboa (CPCE/UFPI)

Prof. Dr. Sammy Sidney Rocha Matias (UESPI)

Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva (CPF/UFSB)
(Orientador)

BOM JESUS - PI

2015

BIOGRAFIA

Kaíse Barbosa de Souza, filha de Juraci Rocha de Souza e Maria Olga Mendes Barbosa de Souza, nasceu em Corrente - PI, aos 17 dias do mês de Fevereiro de 1990. Em 2008 ingressou na Universidade Federal do Piauí (UFPI) no curso de Bacharelado em Engenharia Florestal, graduando-se em 2013. No mesmo ano ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Piauí, na área de concentração em Ciência do solo e linha de pesquisa: Recursos Ambientais, Uso e Manejo do Solo e da Água.

Não há objetivos impossíveis de serem alcançados. O que temos são objetivos que só podem ser realizados mediante muita dedicação, disciplina e esforço.

Rodolfo Neves

À Deus, por sempre iluminar o meu caminho

Aos meus pais, irmãos e demais familiares

Aos meus amigos e meu namorado

Ao meu orientador

Aos professores da UFPI

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde, força e sabedoria e por ter me iluminado em tantos momentos de minha vida

Agradeço aos meu pais Maria Olga Mendes Barbosa de Souza e a meu pai Juraci Rocha de Souza, por terem dado amor, apoio, confiança, companheirismo, ter proporcionado uma boa educação e por serem um grande exemplo de vida.

Aos meus irmãos Undemberg Barbosa e Geovane Barbosa que apesar da distância me deram força e por terem acreditado em mim.

Agradeço aos meus amigos Karla Nayara Santos, Genilda Canuto, Emanuel França, Leonardo Brito, amigos inseparáveis que desde o início da graduação estivemos juntos. Obrigada pela amizade verdadeira, pelos momentos de alegrias e confiança.

As minhas amigas Priscila Rocha, Carla Fernanda, Fernanda Grazielly e Níbia Maria que mesmo estando longe acompanharam a minha trajetória sempre dando força.

Agradeço minhas amigas Eugênia Lima, Simone Moura, Priscila Santos que desde o início do mestrado cultivamos uma amizade verdadeira.

Ao meu namorado Turene Filho pelo companheirismo e força e aos meus amigos Suele, Gildene, Solizan, Jesy e Raimundo Brito.

Agradeço também aos meus amigos Temístocles Pacheco e Luciano França pelo auxílio na metodologia do trabalho.

Agradeço aos meus familiares, avós, tios e primos que sempre se preocuparam com meus estudos e aos meus colegas de sala, onde muitos desses se tornaram amigos.

Ao meu orientador João Batista Lopes da Silva pela oportunidade, ensinamentos, paciência e incentivos, Assim como o corpo docente Universidade Federal do Piauí que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Aos membros da banca devido as suas preciosas contribuições.

À CAPES, pela concessão de bolsa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas pela oportunidade de ampliar e aprimorar meus conhecimentos.

SUMÁRIO

	Página
Resumo Geral.....	i
General Abstract.....	ii
Lista de figuras.....	iii
Lista de tabelas.....	iv
CAPÍTULO 1:.....	1
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Bacia hidrográfica.....	3
2.2 Manejo de bacias hidrográficas.....	3
2.3 Ciclo hidrológico	4
2.4 Inércia hídrica.....	6
2.5 Vazões máximas, médias, mínimas e de referências.....	7
2.6 Aplicações dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no manejo de Bacias Hidrográficas.....	9
2.7 Sensoriamento remoto.....	10
2.8 Processamento digital de imagens.....	11
2.9 Classificação de imagens.....	12
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
CAPÍTULO 2: Mudança no uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Uruçuí-Preto.....	21
Resumo.....	21
Abstract.....	22
1. INTRODUÇÃO.....	23
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.1 Caracterização da área de estudo.....	24
2.2 Imagens utilizadas.....	26
2.3 Mosaico e Georreferenciamento das imagens	28
2.4 Classificação das imagens.....	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4. CONCLUSÃO	40

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
CAPÍTULO 3: Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Uruçuí-Preto.....	44
Resumo.....	44
Abstract.....	45
1. INTRODUÇÃO.....	46
2. MATERIAL E MÉTODO.....	48
2.1 Caracterização da área de estudo.....	49
2.2. Processamento digital das imagens.....	49
2.2.1. Imagens utilizadas.....	46
2.2.2. Mosaico e Georreferenciamento das imagens.....	50
2.2.3. Classificação das imagens.....	51
2.3. Análise do comportamento hidrológico na bacia do rio Uruçuí- Preto.....	51
2.3.1. Dados hidrológicos.....	51
2.3.2 Dados morfológicos da bacia.....	52
2.3.3. Vazões máximas, médias e mínimas.....	52
2.4. Associação entre vazões e uso e ocupação do solo.....	53
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
3.1 Análise exploratória de todo os dados.....	55
3.2 Análise morfométrica da bacia.....	55
3.3 Classificação e variabilidade das classes de uso e ocupação do solo.....	56
3.4 Comportamento das variáveis hidrológicas.....	58
3.5 Associação entre as classes de uso e ocupação do solo e variáveis hidrológicas.....	59
4. CONCLUSÕES.....	62
5.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
CAPÍTULO 4.....	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66

RESUMO GERAL

SOUZA, Kaíse Barbosa. **Influência do desmatamento na vazão da Bacia do Rio Uruçuí-Preto, Piauí**. 2015.80p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

A ocupação dos ecossistemas para o desenvolvimento da agropecuária vem se intensificando, tornando assim um motivo de grande preocupação no que se refere ao desmatamento e ocupação das regiões de Cerrado. Assim, estudos sobre o ambiente fisiográfico, em interação com as atividades humanas, nas bacias hidrográficas devem ser aprimorados, visando entender a relação de como a mudança no uso e ocupação do solo interferem nas vazões e na inércia hídrica das bacias hidrográficas. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência do uso e ocupação do solo na vazão e inércia hídrica da bacia do rio Uruçuí-Preto, localizada ao oeste do estado do Piauí, no período de 1984 a 2007. Para a avaliação do uso do solo foram utilizadas imagens do Satélite Landsat 5 sensor TM (Thematic Mapper) no período de 1984 a 2007. Inicialmente fez-se o pré-processamento das imagens, correção geométrica e de contraste das imagens. Após correção fez-se a classificação das imagens, a análise foi realizada por meio da classificação automática supervisionada utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança. As classes atribuídas as fisionomias de interesse foram Cerrado, Solo Exposto/Talhão Agrícola, Queimada e Mata Ciliar. Para a análise do comportamento hidrológico foram utilizados dados da estação fluviométrica da Fazenda Bandeira onde foi possível obter a vazão média anual (Q_{med}), a vazão máxima anual (Q_{max}), a vazão mínima anual (Q_{min}), a vazão mínima com sete dias de duração anual (Q_7), e as vazões associadas às permanências de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}) do ano. A associação entre vazões e uso do solo foi realizada por meio de análise qualitativa e quantitativa, relacionando as vazões com as alterações no uso e ocupação do solo. Para analisar esta relação, inicialmente fez-se a análise exploratória dos dados e depois a correlação simples entre as variáveis, testando seu nível de significância a 5% ($p < 0,05$) de probabilidade. Os resultados demonstraram que ao se comparar os anos de 1984 e 2007, a classe Cerrado apresentou redução de 20,9% (3.332,96 km²), a classe Solo Exposto/Talhão Agrícola apresentou aumento de 13,48% (2.149,17 km²), a classe Mata Ciliar apresentou grande oscilação durante o período analisado, apresentando redução de 2,4% (383,46 km²) e a classe Queimada apresentou dois anos com grandes áreas, 1990 com 14,3% (2.280,47 km²) e 2007 com 9,83% (1.567,24 km²). Percebe-se então a substituição da cobertura de vegetação nativa por áreas destinadas as atividades agrícolas. Não ocorreram correlações significativas entre as variáveis de classes de mudanças no uso e ocupação dos solos e as vazões, porém não pode-se afirmar que a mudança no uso e ocupação do solo não afeta a disponibilidade hídrica da bacia do rio Uruçuí-Preto.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo, Sensoriamento Remoto, disponibilidade hídrica.

¹Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva – UFSB/Campus Paulo Freire, Teixeira de Freitas-BA.

GENERAL ABSTRACT

SOUZA, Kaíse Barbosa Deforestation influence the flow of Uruçuí-Preto river basin, Brazil. 2015. 80p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

The occupation of ecosystems for the development of agriculture has intensified, thus becoming a major cause the deforestation and occupation of Brazilian Savannah regions. Thus, studies on the physiographic environment, interaction with human activities in the watershed should be improved, in order to understand the relationship of how the change in land use and occupation interfere with the flow and fluid inertia watershed. In this light, the aim of this study was to evaluate the effects of deforestation in the flow and inertia of the water basin Uruçuí-Preto river, located to the west of Piauí state, from 1984 to 2007. The basin of the Uruçuí-Preto river area has 15,777 km². It was used Landsat 5 satellite images from TM sensor (Thematic Mapper) at 1984 to 2007 Initially was made the pre-processing of images with geometric correction and contrast of images. After correction, it was made image classification, the analysis was performed through automatic supervised classification using the maximum likelihood algorithm. Classes assigned were Brazilian Savannah, Exposed Soil/Crop Field, Burnt areas and Riparian Forest. For the analysis of the hydrological behavior we used data of fluviometric season of Fazenda Bandeira where it was possible to obtain the average annual flow (Qmed), the annual maximum flow rate (Qmax), the annual minimum flow (Qmin), the minimum flow seven days annual duration (Q7), and flows associated with frequency of 90% (Q90) and 95% (Q95) of the year. The association between flow and land use was performed by means of qualitative and quantitative analysis, the flows relating to changes in land use and occupation. To analyze this relationship, initially made to exploratory data analysis and then the simple correlation between the variables, testing its significance level of 5% ($p < 0,05$) probability. Based on the results all classes of use and occupation presented variations at the period. When comparing the years 1984 and 2007, the Brazilian Savannah class decreased by 20.9% (3,332.96 km²), Exposed Soil/Crop Field class increased by 13.48% (2,149.17 km²) the Riparian Forest class has great sway over the period analyzed due to vegetation dynamics, a reduction of 2.4% (383.46 km²) and Burnt Areas class presented two years with large areas, 1990 (2,280.47 km²) and 2007 (1,567.24 km²). It can be seen then the replacement of native vegetation coverage areas for crop fields. There were no significant correlations between changes of class variables in the use and occupation of land and the flows, but one can not say that the change in land use and occupation does not affect water availability of Uruçuí-Preto river basin.

Keywords: Use and occupation of land, Remote Sensing, water availabilit.

²Adviser: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva – UFSB/Campus Paulo Freire, Teixeira de Freitas-BA.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Data das imagens utilizadas do satélite Landsat 5 Sensor TM, orbita 220, pontos 065, 066 e 067 utilizadas na análise temporal do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto.....	27
Tabela 2. Classes utilizadas na classificação das imagens.....	29
Tabela 3. Quantificação nas classes de uso e ocupação do solo (em km ² e em porcentagem) da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, durante o período de 1984 a 2007 a partir da classificação supervisionada.....	30

Capítulo 3

Tabela 1. Classes utilizadas na classificação das imagens.....	51
Tabela 2. Análise exploratória de todas as variáveis analisadas	52
Tabela 3. Características físicas da bacia do rio Uruçuí-Preto.....	56
Tabela 4. Quantificação nas classes de uso e ocupação do solo (em km ² e em porcentagem) da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, durante o período de 1984 a 2007 a partir da classificação supervisionada.....	57
Tabela 5. Quantificação das vazões em (m ³ s ⁻¹) para o período de 1984 a 2007	59
Tabela 5. Correlação de Pearson (r) entre as variáveis analisadas.....	61

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

- Figura 1. Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto..... 25
- Figura 2. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 1984 a 1987..... 32
- Figura 3. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 1988 a 1991..... 33
- Figura 4. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 1992 a 1995..... 34
- Figura 5. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 1996 a 1999..... 35
- Figura 6. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 2000 a 2004..... 36
- Figura 7. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 2005 a 2007..... 37

Capítulo 3

- Figura 1. Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto..... 48

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO GERAL

A discussão sobre as águas é cada vez mais recorrente, onde este elemento essencial à vida de todas as espécies terrestres vêm se tornando cada vez mais escasso e muitas vezes utilizado de forma inadequada. A atividade antrópica, como agricultura e pecuária, tem grande responsabilidade por mudanças no uso e na ocupação do solo, onde é crescente a exploração dos recursos naturais, afetando diretamente a qualidade e a quantidade de água disponível.

O regime hídrico é diretamente afetado pela dinâmica e manejo da vegetação, que podem contribuir tanto para sua manutenção quanto para sua distribuição no planeta (Vieira, 2000). Linhares (2005) afirma que a dinâmica da vegetação inclui as mudanças naturais e as antrópicas, as mudanças antrópicas são geralmente muito mais impactantes e modificadoras da paisagem, sendo a retirada da cobertura vegetal, a prática mais comum.

Desta forma, o uso inadequado do solo têm sido um dos principais fatores agravantes da aceleração de processos erosivos, assim como a perda de fertilidade dos solos agricultáveis, poluição de corpos hídricos, assoreamento de barragens e aumento das frequências de vazões de enchentes, ou máximas (Latuf, 2007). Portanto as modificações no regime de vazões de uma bacia hidrográfica podem ser decorrentes de mudanças do tipo de uso do solo, da variabilidade climática, de construções de barragens ou do aumento de irrigação. A troca de uma cobertura por outra altera o comportamento hidrológico na bacia hidrográfica, tendendo a alterar o comportamento das vazões (Costa et al., 2003), pela alteração da inércia hídrica da bacia (tempo em que a água fica armazenada na bacia hidrográfica).

O ciclo hidrológico de uma bacia pode ser compreendido pela análise da variabilidade de vazões mínimas, médias, máximas e pelos níveis de água (Araújo e Rocha, 2010). As vazões mínimas são definidas através de valores numéricos que representam a quantidade de água que permanece no leito do rio em épocas de estiagem ou de baixa precipitação (Benetti et al., 2003). Já a vazão média expressa a máxima disponibilidade hídrica de uma bacia, porque esta é a maior vazão que pode ser regularizada em um curso de água (Tucci, 2000) e a vazão máxima é entendida como

sendo o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado a ser utilizado na previsão de enchentes e em projetos de obras hidráulicas (Tucci, 2001).

A análise do comportamento hidrológico resultantes de alterações no uso dos solos ou modificações destes é de grande importância para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, sobretudo para a determinação de disponibilidade hídricas atuais e futuras (Latuf, 2007). Para isto análises estatísticas de séries temporais é uma das mais importantes ferramentas em hidrologia, sendo usada na construção de modelos matemáticos para geração de séries hidrológicas sintéticas, na previsão de eventos hidrológicos, na detecção de mudanças e tendências em registros hidrológicos, no preenchimento de dados e na extensão de registros (Almeida, 2007).

Neste sentido, estudos sobre a hidrologia de bacias hidrográficas associados aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), consistem em uma ferramenta de expressiva importância para o estabelecimento de medidas visando ao desenvolvimento sustentável, subsidiando as ações dos órgãos responsáveis pela gestão de recursos hídricos.

Neste contexto insere-se a bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, localizada ao oeste do estado do Piauí, drenando uma área total de aproximadamente 15.777 km², representando 5% do território piauiense e destaca-se pela expansão agrícola, o que ocasionou a alteração no uso e ocupação do solo. A bacia do rio Uruçuí-Preto vem perdendo a cobertura vegetal nativa para culturas agrícolas desde o início da década de 1980. Entre 1984 e 2011, algumas sub-bacias do rio Uruçuí-Preto perderam aproximadamente entre 20 à 50% da vegetação nativa (Ferraz et al., 2013; França et al., 2013; Martins et al., 2013; Sousa et al., 2013).

Assim, estudos sobre o ambiente fisiográfico, em interação com as atividades humanas, nas bacias hidrográficas devem ser aprimorados, visando entender a relação de como a mudança no uso e ocupação do solo interferem nas vazões e na inércia hídrica das bacias hidrográficas.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência do uso e ocupação do solo na vazão e inércia hídrica da bacia do rio Uruçuí-Preto, localizada ao oeste do estado do Piauí, no período de 1984 a 2007.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica é a unidade geográfica ideal para o planejamento integrado dos recursos naturais e pode ser definida como sendo a área drenada por um curso de água ou por um sistema de cursos de água conectados e que convergem, direta ou indiretamente, para um corpo de água (Lima, 1976). Pode-se também definir bacia hidrográfica como sendo uma área definida e fechada topograficamente em um ponto do curso d'água, de forma que toda a vazão afluyente possa ser medida ou descarregada por meio desse ponto (Garcez e Alvarez, 1988).

No espaço compreendido entre os divisores de água (definido como locais mais elevados que conformam os limites topográficos externos da bacia) e o exutório (local no curso d'água a principal para onde flui toda a água precipitada sobre a bacia hidrográfica) coexistem de forma interdependente e interagem, em um processo permanente e dinâmico, a água, os sistemas físicos, os sistemas bióticos, além do sistema socioeconômico ali existentes (Dourojeanni et al., 2002). Também denominada de bacia de drenagem quando atua como uma área que está sendo drenada pelos cursos de água ou bacia de captação quando atua como coletora das águas pluviais (Silva, 1995).

Gerra e Cunha (1996) afirmam que as bacias hidrográficas podem ser consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pois, neste contexto, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. Dessa forma, Fernandes e Silva (1994) também afirmam que as bacias hidrográficas compõem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica que podem acarretar riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e a qualidade da água, uma vez que estas variáveis são relacionadas com o uso do solo.

2.2. Manejo de bacias hidrográficas

O manejo de bacias hidrográficas é definido como o processo de conservar, organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais em uma bacia hidrográfica, para produzir bens e serviços, sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água. (Brooks et al., 1991). Logo este manejo visa à interação do uso do solo, vegetação, água e outros recursos presentes aumentando assim a disponibilidade e a qualidade de água em uma bacia hidrográfica (Lima, 1986).

Segundo Cecílio et al. (2007) o manejo de bacias hidrográficas têm como objetivos básicos tornar compatível a produção com a preservação ambiental e concentrar esforços das diversas instituições presentes nas várias áreas de conhecimento, a fim de que todas as atividades econômicas dentro da bacia sejam desenvolvidas de forma sustentável e trabalhadas integradamente.

O correto manejo de bacias hidrográficas envolve a elaboração de diversos diagnósticos que levantam todos os problemas da bacia, identificam os conflitos e indicam as soluções em todos os níveis, integrando conclusões e recomendações para a recuperação total do meio ambiente, sendo estes compostos pelos diagnósticos: físico-conservacionista; sócio-econômico; ambiental; flora; água; fauna; e solo (Silva e Ramos, 2001).

As práticas de manejo integrado de bacias hidrográficas vão além da aplicação de técnicas de manejo e conservação de solos em nível de propriedades rurais isoladas. Integram medidas de saneamento básico e saúde pública, proteção de nascentes, critérios para delimitação de reservas florestais/ecológicas, recuperação de áreas degradadas; proposição de alternativas produtivas em consonância com as aptidões agroclimáticas das bacias hidrográficas e distribuição dos sistemas viários (Souza e Fernandes, 2000).

De maneira geral, o manejo de bacias hidrográficas consiste em melhorar as condições da bacia, promovendo o correto manejo dos recursos naturais a partir do uso adequado do solo, da manutenção de cobertura vegetal adequada, do controle da poluição, da regulamentação do uso da água, e até mesmo da construção de obras hidráulicas necessárias a conservação do solo e da água (Cecílio e Reis, 2006).

2.3. Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico representa o movimento da água no meio físico. Dentro do ciclo hidrológico, a água pode estar no estado gasoso, líquido ou sólido, distribuindo-se tanto na subsuperfície e superfície da Terra como na atmosfera. Portanto, a água está em constante circulação, passando de um meio a outro e de um estado físico a outro, sempre mantendo o equilíbrio, sem ganhos ou perdas de massa no sistema. Os processos que permitem esta circulação da água são: evaporação, transpiração, precipitação, escoamento superficial, infiltração e escoamento subterrâneo (Lima, 1986). Tucci (1993) afirma que essa circulação ocorre no sentido superfície-atmosfera, onde a via de fluxo da água se dá pela evaporação das águas e transpiração das plantas, e no sentido atmosfera-superfície com a transferência da água em estado físico, mais comumente como precipitação pluvial

e neve. O mesmo autor ainda afirma que o ciclo só é fechado a nível global, pois nem todo o volume de chuva precipitado nos continentes evapora, parte vai para rios e oceanos. Dessa maneira, em áreas menores, de bacias hidrográficas, o correto é caracterizar o ciclo hidrológico como se fosse aberto, à nível local.

O conceito de ciclo hidrológico está ligado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre oceanos, calotas de gelo, águas superficiais, subterrâneas e atmosfera. Este movimento permanente deve-se ao Sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (evaporação), e à gravidade, que faz com que a água condensada se caia (precipitação) e que, uma vez na superfície, circule através de linhas de água que se reúnem em rios até atingir os oceanos (escoamento superficial) ou se infiltre nos solos e nas rochas, por meio dos seus poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo) (Carvalho e Silva, 2006).

O regime hídrico é diretamente afetado pela dinâmica e manejo da vegetação, que podem contribuir tanto para sua manutenção quanto para sua distribuição no planeta (Vieira, 2000). De acordo com Linhares (2005), a dinâmica da vegetação inclui as mudanças naturais e as antrópicas, onde as mudanças naturais constituem fatos normais e habituais do ecossistema que não interferem de modo comprometedor na disponibilidade normal de água, enquanto as mudanças antrópicas são geralmente muito mais impactantes e modificadoras da paisagem, sendo a retirada da cobertura vegetal, a prática mais comum.

Cada estrato florestal (dossel, sub-bosque e sistema radicular desempenha um papel no ciclo hidrológico. O estrato superior intercepta a água da precipitação, diminuindo seu impacto no solo, regulando a capacidade de infiltração, além de isolar o solo dos ventos e da radiação solar (Colman, 1953). A vegetação diminui a velocidade de escoamento, permite maior tempo de infiltração no solo, maiores taxas de absorção e menor probabilidade de erosão (Ward, 1967). A vegetação também colabora na estabilização de encostas, principalmente pelo reforço mecânico do sistema radicular, que dificulta o destacamento do solo pela água da chuva (Lima, 1986). E finalmente as raízes das plantas também colaboram refreando e direcionando o escoamento abaixo do solo, absorvendo água que voltará à atmosfera sem deslocar-se pelo solo e aumentando sua permeabilidade, ou condutividade hidráulica.

Bosch e Hewlett (1982) afirmam que qualquer alteração, mesmo as menores, na quantidade de vegetação causará uma alteração no regime hídrico. Tricart (1977) também afirma que as modificações na cobertura vegetal, provocam alterações no equilíbrio do

ambiente, onde essas modificações aceleram os processos de erosão, aumento da temperatura local, redução da recarga de água de rios e aquíferos, entre outros eventos, justificando-se a manutenção da cobertura vegetal para o equilíbrio ambiental.

Outro fator que afeta diretamente o comportamento hidrológico nas bacias hidrográficas são as características pedológicas das mesmas, como capacidade de infiltração e de retenção de água, influenciando na geração do deflúvio e recarga de aquíferos (Mello et al., 2002; Maki et al., 2007). Nesta mesma linha, Araújo (2006), estudando características pedológicas mais importantes para recarga subterrânea e manutenção do escoamento subterrâneo nesta região, comenta que as características geológicas são primordiais para o entendimento do comportamento de vazões mínimas, pois determinam as condições de drenagem do aquífero para os cursos de água.

O uso inadequado do solo têm sido um dos principais fatores agravantes da aceleração de processos erosivos, assim como a perda de fertilidade dos solos agricultáveis, poluição de corpos hídricos, assoreamento de barragens e aumento das frequências de vazões de enchentes (Latuf, 2007). Portanto as modificações no regime de vazões de uma bacia hidrográfica podem ser decorrentes de mudanças do tipo de uso do solo, da variabilidade climática, de construções de barragens ou do aumento de irrigação. A troca de uma cobertura por outra altera o comportamento hidrológico na bacia hidrográfica, tendendo a alterar o comportamento das vazões (Costa et al., 2003), pela alteração da inércia hídrica da bacia.

2.4. Inércia hídrica

A Inércia hídrica é compreendida como o tempo que a água fica armazenada na bacia hidrográfica sendo que cada bacia deve apresentar um valor de inércia hídrica, onde quanto menores forem a evapotranspiração da bacia, as capacidades de retenção de água no solo e da interceptação pela cobertura vegetal maiores são os valores de inércia. (Novaes, 2005).

Segundo Novaes (2005) o conceito de inércia hídrica corresponde à precipitação mínima necessária para garantir a recarga do lençol freático. Portanto, para que haja a ocorrência do escoamento no leito do rio advindo da contribuição subterrânea, é necessário que, primeiramente, a precipitação venha suprir o déficit de água existente ao longo da zona de aeração, que, por sua vez, é dependente da demanda evapotranspirométrica.

Dessa forma a entrada de água em uma bacia é dada então pela precipitação ou derretimento de gelo, assim a água infiltra ou escoar diretamente. Quando a água infiltra fica mais tempo armazenada, chegando ao lençol freático que faz sua contribuição para o curso de água corrente e quando a água escoar diretamente, sem infiltrar, ela já cai no curso de água corrente. Assim, quanto mais a água infiltrar maior a inércia hídrica da bacia, e vice-versa.

A inércia hídrica está associada com o ciclo hidrológico e este conseqüentemente tem relação direta com as práticas de conservação do solo. Quando aumenta-se as práticas de conservação de água e solo aumenta-se também a inércia hídrica, devido a diminuição do escoamento superficial favorecendo a infiltração de água no solo.

2.5. Vazões máximas, médias, mínimas e de referências

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos de forma otimizada são fundamentais para a garantia de sustentabilidade para as futuras gerações. Considerando o fato da água ser um bem de disponibilidade limitada e com alta taxa de crescimento de uso, atualmente evidenciada em sua demanda, o conhecimento do comportamento das vazões nos cursos de água é fundamental para o adequado planejamento da sua utilização (Bof et al., 2009).

Segundo Tucci (2001), a vazão máxima de um rio é entendida como sendo o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado a ser utilizado na previsão de enchentes e em projetos de obras hidráulicas, tais como bueiros, canais, condutos, entre outras. Vazão máxima, vazão crítica de enchente ou vazão de projeto são sinônimos que representam a vazão associada à ocorrência de uma chuva intensa ou uma seqüência de chuvas. A estimativa da vazão máxima torna-se importante para o controle de inundações e dimensionamento das referidas obras hidráulicas (Pruski et. al, 2006) e tem importância decisiva nos custos e na segurança dos projetos de engenharia, por ser resultado de precipitações ocorridas ou com possibilidade de ocorrer (Tucci, 2001).

A vazão média permite caracterizar a disponibilidade hídrica de uma bacia e o seu potencial energético, dentre outros usos. A vazão média de longo período consiste na média das vazões médias anuais, sendo a maior vazão possível de ser regularizada no curso de água, abstraindo-se as perdas por evaporação e infiltração (Pruski et. al, 2006).

A vazão média é adotada quando se deseja simular as condições médias prevaletentes, quer durante o ano, durante os meses chuvosos ou durante os meses secos (Tucci, 2000).

As vazões mínimas são definidas através de valores numéricos que representam a quantidade de água que permanece no leito do rio em épocas de estiagem ou de baixa precipitação (Benetti et al., 2003). De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2014) vazão mínima é definida como a vazão que assegura a qualidade e quantidade de água, no tempo e no espaço, necessárias para manter os componentes, as funções e os processos dos ecossistemas aquáticos.

Pruski et al, (2006) afirmam que disponibilidade de água em uma bacia hidrográfica pode ser avaliada pela análise das vazões mínimas observadas nos períodos de estiagem, também designados de períodos críticos, refletindo o potencial disponível para o abastecimento de água para populações e indústrias, irrigação, navegação, geração de energia elétrica, lançamento de poluentes e regularização de vazão em cursos de água.

A vazão de referência é o estabelecimento de um valor de vazão que passa a representar o limite superior de utilização da água em um curso de água, se tornando um dos principais entraves à implementação de um sistema de outorga (Ribeiro, 2000; Câmara, 2003). A aplicação do critério de vazão de referência constitui-se em um procedimento adequado para a proteção dos rios, pois as alocações para derivações são feitas, geralmente, a partir de uma vazão de base de pequeno risco (Harris et al., 2000).

Como vazões de referência muito utilizadas têm-se as vazões Q95, Q90 e Q7,10. A vazão Q7,10 é a vazão mínima de 7 dias de duração e com 10 anos de tempo de retorno, ou seja, assume-se um risco de 10% de ocorrência de valores de vazão menores ou iguais a Q7,10 em qualquer ano. A vazão Q95% indica que as vazões serão maiores ou iguais a esta vazão durante 95% do tempo (Tucci, 2009), logo a vazão Q90 indica que as vazões serão maiores ou iguais a esta vazão durante 90% do tempo.

Fioreze et al., (2008) também afirma que a vazão Q95 é obtida a partir da curva de permanência de vazões e representa a vazão mínima com 95% de permanência no tempo. Para Von Sperling, (2007) devido à facilidade de sua determinação e melhor compreensão do que a Q7,10, a Q95 é utilizada por algumas unidades federativas brasileiras como critério para decisões de concessão de outorga.

A gestão sobre os recursos hídricos no país realmente se efetivou com a promulgação da Lei 9.433/97, que instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, onde um dos instrumentos de controle previstos na lei é a outorga, que assegura e regulamenta a utilização da água. Necessitam de outorga os usos relacionados à derivação ou captação da parcela da água de corpos hídricos superficiais ou aquíferos destinada ao abastecimento público; processos produtivos industriais ou agrícolas; lançamento em

corpo de água, de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não; transporte ou disposição final de resíduos; aproveitamento para os potenciais hidrelétricos e, outros usos que alterem o regime na quantidade ou na qualidade de água existente em um corpo de água (Garcia et. al, 2007).

2.6. Aplicações dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no manejo de Bacias Hidrográficas

Diante da realidade atual da ocupação desordenada e, devido principalmente ao descumprimento da atual legislação ambiental, os problemas existentes nas microbacias hidrográficas fazem com que seja necessária a elaboração de diagnósticos, visando o correto uso/prognóstico de forma a melhorar o entendimento dos fatores naturais e artificiais que venham contribuir com a minimização dos problemas (Rocha, 1991).

Para que a visualização de uma bacia hidrográfica fique clara no contexto da percepção ambiental e conseqüentemente no manejo, torna-se interessante o emprego de mapas temáticos para representar os dados relacionados à área de interesse (Bertazi et al., 2011).

A elaboração desses mapas é obtida por programas computacionais denominados SIG (Sistemas de Informações Geográficas), que são um “conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuário), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação” (Filho e Iochpe, 1996).

Devido as grandes extensões territoriais e da complexidade do manejo das bacias hidrográficas, os SIG apresentam-se como grande ferramenta para gerenciar e planejar o manejo das bacias. Assim, os SIG vêm sendo amplamente usados, informações associadas à hidrologia de uma região podem ser preparadas e analisadas no processo de modelagem. Os SIG's constituem conjuntos interativos de subsistemas orientados à organização da informação espacial com o objetivo de subministrar elementos de apoio à tomada de decisões (Santos, 2001). Filho e Iochpe (1996) também afirmam que a utilização da ferramenta SIG torna-se relevante em diversas áreas de aplicação podendo se relacionar aos diferentes usos do solo na agricultura, no gerenciamento de bacias hidrográficas, gerenciamento florestal de desmatamento e reflorestamento, etc.

Os SIG se apresentam como uma adequada ferramenta visando a determinação da capacidade de uso das terras, facilitando e agilizando o cruzamento dos dados digitais,

além de permitir o armazenamento dos dados que poderão ser utilizados para outras análises em futuros planejamentos geoambientais (Campos et al., 2006). Dessa forma, Santos e Klamt (2004) verificaram que as ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto podem ser utilizadas para auxiliar na gestão agroecológica, uma vez ser possível a sobreposição de planos de informação definindo e delineando áreas indicadas aos diferentes usos, subsidiando o planejamento de áreas rurais.

2.7. Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é definido como a aquisição de informações sobre um objeto a partir de medidas feitas por um sensor que não se encontra em contato físico com ele (Novo, 1999). É definido também como a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta terra em suas mais diversas manifestações (Novo, 1992)

Dessa forma o sensoriamento remoto constitui uma técnica de grande utilidade, pois permite, em curto espaço de tempo, a obtenção de uma grande quantidade de informações a respeito de registros de uso da terra (Latuf, 2007). A aplicação sistemática dessa técnica permite o estudo da evolução ambiental de uma região desde o início da intensificação dos processos antrópicos por meio de análises multitemporais (Grigio, 2003).

As técnicas de sensoriamento remoto fazem uso da energia do sol, da radiação eletromagnética (REM), para as suas inferências. As ondas do espectro eletromagnético mais importante para sensoriamento remoto são as ondas do visível (azul, verde e vermelho), que vão de 0,4 μm até 0,7 μm , a do infravermelho próximo (0,7 a 1,1 μm) e a do infravermelho médio (1,1 a 3,0 μm) (Jensen, 2005).

O conhecimento da interação da REM com os alvos da superfície terrestre é muito importante e sendo que estas podem variar suas repostas espectrais de acordo com sua interação, quer seja absorvendo determinado comprimento de onda, quer seja refletindo em diferentes níveis de intensidade, ou mesmo transmitindo (Bandeira et al., 2010). Dessa forma, o conhecimento da interação entre a REM e a vegetação é fundamental para a identificação de áreas de expansão agrícola e desmatamento. O comportamento espectral da vegetação se dá mediante a interação com a REM em termos de três fenômenos físicos:

reflectância, transmitância e absorvância, sendo a reflectância o de maior importância (Meneses e Madeira Netto, 2001).

2.8. Processamento digital de imagens

A aquisição de imagens por sensoriamento remoto está sujeita a erros de variadas fontes, como erros devido aos defeitos que os sensores possam apresentar ao longo de sua vida útil, e por perdas de estabilidade da plataforma que acopla o sensor. Há também erros originários de fatores externos que formam um conjunto composto por deformações de escala, incorreções nas posições espaciais dos pixels, perda de contraste entre os alvos ou registros incorretos dos valores digitais dos pixels (Meneses e Almeida, 2012).

As correções destas distorções fazem parte do conjunto de funções de processamento que se denomina pré-processamento. O processamento digital tem como objetivo fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. O resultado desse processo é a produção de outras imagens, estas já contendo informações específicas, extraídas e realçadas a partir das imagens brutas (Crosta, 1999).

Os três principais tipos de pré-processamento utilizados são a Correção Radiométrica, Correção atmosférica e Correção Geométrica. A Correção Radiométrica destina-se, a reduzir as degradações radiométricas decorrentes dos desajustes na calibração dos detectores e erros esporádicos na transmissão dos dados. Na Correção atmosférica a interferência atmosférica é um dos principais fatores de degradação nas imagens, muitas vezes comprometendo a análise e interpretação das mesmas. A correção da imagem pode ser feita por meio de modelos matemáticos baseados em parâmetros atmosféricos que normalmente são desconhecidos, dificultando a aplicação dos modelos (Figueiredo, 2005). A Correção Geométrica as distorções que diminuem a precisão espacial das informações. A função da correção geométrica é reorganizar os “pixels” da imagem em relação a determinado sistema de projeção cartográfica (Novo, 1992). Esta correção pode ser entendida como a transformação dos dados de sensoriamento remoto, de tal modo que eles adquiram as características de escala e projeção próprias de mapas (Moreira, 2001).

2.9. Classificação de imagens

A classificação de imagens digitais tem como objetivo categorizar automaticamente todos os pixels de uma imagem a uma determinada classe ou tema de

cobertura da terra (Lillesand e Kiefer, 2000). Esse processo se baseia na distinção e identificação de diferentes alvos que possuem comportamentos espectrais diferenciados, os quais permitem a sua classificação. Essa classificação associa cada pixel da imagem a um determinado rótulo, obtendo-se como resultado um determinado tema (Motta et al., 2001).

A classificação de imagens multiespectrais se divide em: classificação supervisionada e não-supervisionada (Crosta, 1992). Na classificação supervisionada o usuário procura identificar pontos na imagem pertencentes às classes desejadas, deixando ao programa de classificação a identificação de todos os demais pixels pertencentes àquelas classes. Nesta classificação o analista está em constante interação com o sistema de análises de imagens digitais e dispõe de informações sobre a cena que servem de treinamento para o sistema, sendo que estas devem ser homogêneas e representativas da classe de interesse (Novo, 1992).

A classificação não-supervisionada baseia-se no princípio de que o algoritmo computacional é capaz de identificar por si só as classes dentro de um conjunto de dados (Gonçalves et al., 2008). Na classificação não-supervisionada atribui-se a cada pixel de uma imagem um grupo de classe (Motta et al., 2001). Essa atribuição é feita com base em observações do pixel e sua vizinhança, bem como numa série de regras (Pereira, 1992). Já nesta classificação o analista tem pouco controle entre as separações das classes e ele não precisa preocupar-se com a homogeneidade das amostras (Novo, 1992).

Em geral, comparando os dois métodos de classificação, a supervisionada resulta na identificação mais precisa e com menores erros, ou confusão, dos elementos que a compõem (Lillesand e Kiefer, 2000).

Dentre os métodos de classificação supervisionada estão os classificadores Paralelepípedo, Mínima Distância e Máxima Verossimilhança. O método do Paralelepípedo é um método rápido e normalmente bastante eficiente (Lillesand e Kiefer, 2000). Este método considera uma área no espaço de atributos ao redor do conjunto de treinamento. Essa área tem a forma de um quadrado ou paralelepípedo, definido pelo contador digital máximo e mínimo do conjunto de treinamento. Todos os pixels situados dentro do paralelepípedo serão classificados como pertencentes à mesma classe (Beluco, 2002).

O método da distância mínima atribui cada pixel desconhecido à classe cuja média é mais próxima a ele. Este método considera a questão da proximidade entre classes com base em dados estatísticos (Beluco, 2002). É um método simples e eficiente, mas que não

deve ser usado quando as classes são espectralmente muito próximas (Lillesand e Kiefer, 2000).

O método Máxima Verossimilhança considera a ponderação das distâncias das médias e utiliza parâmetros estatísticos para efetuar a classificação, partindo do princípio que o usuário já conhece o bastante da imagem a ser classificada, para poder definir as classes representativas (Crosta, 1992). No sensoriamento remoto o algoritmo de classificação da máxima verossimilhança é o mais utilizado (Blaschke e Kux, 2007).

Quanto a classificação não-supervisionada há dois principais algoritmos de amplo uso em sensoriamento remoto: Isodata e *K-médias*. Ambos se baseiam no agrupamento de pixels por suas similaridades, usando técnicas de distância mínima. O classificador Isodata fundamenta-se no princípio de que todos os agrupamentos encontrados na imagem devem ser compactos, com todos os pixels agrupados em volta da média, ocupando uma região esférica no espaço. A diferença da classificação *K-médias* com o classificador Isodata é que o *K-médias* assume que um número de agrupamento é conhecido a priori. Ele fixa um número de agrupamento, enquanto o Isodata não mantém fixo um número. O objetivo do *K-médias* é minimizar a variabilidade interna do agrupamento que é dimensionada pela função soma das distâncias ao quadrado (erros) entre cada pixel e o centro ao qual é alocado (Meneses e Almeida, 2012).

As imagens digitais como ferramenta para o monitoramento ambiental mostram-se então como uma alternativa viável e de custo relativamente baixo (Silva e Vieira, 2007). Fernandes (2010) também afirma que o incremento do uso de imagens orbitais é consequência, principalmente, do baixo custo de seus produtos, fato comprovado quando comparados aos tradicionais métodos fotogramétricos e topográficos, como a utilização de fotografias aéreas.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. Q. **Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES.** 2007. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santos, Vitória.
- ARAÚJO, A. P.; ROCHA, P. C. Regime de fluxo e alterações hidrológicas no rio Tibagi-bacia do rio Paranapanema / Alto Paraná. **Revista de Geografia.** Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3. 2010.
- ARAÚJO, A.R. **Levantamento de solos na Bacia do Alto Rio Grande: base para estudos hidrológicos e aptidão agrícola das terras.** 2006. 190f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- BANDEIRA, E. L.; ALVES, C. M. D.; MELO, L. F. S. Análise Temporal por Imagens Landsat da Expansão da Fronteira Agrícola no Município Bom Jesus-PI. **Anais... III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.** Recife - PE, Recife - PE 2010, p. 1-6.
- BELUCO, A. **Classificação de imagens de sensoriamento remoto baseada em textura por redes neurais.** 2002. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto- UFRS. Porto Alegre, RS, 2002.
- BENETTI, A. D.; LANNA, A. E.; COBALCHINI, M. S. Metodologias para Determinação de Vazões Ecológicas em Rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** Volume 8, n.2, p. 149–160. 2003
- BERTAZI, M. H.; ASSAF, E. M.; SANTOS, S. A. M. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) como Instrumento de Percepção Ambiental e a construção de material didático de apoio ao estudo das Bacias Hidrográficas. **Revista Eletrônica de Ciências,** São Carlos, n. 49, Junho. 2011.
- BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores.** 2ª ed. Atualizada. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- BOF, L. H. N.; SOUZA, H. T.; PRUSKI, F. F.; SOUZA, J. F. Sistema Computacional para Regionalização de Vazões. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande. **Anais..** Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009.

BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, v. 55, n. 1-4 p. 3-23, 1982.

BROOKS, K.N.; P.F. FOLLIOU; H.M. GREGERSEN; J.L. THAMES, 1991.**Hydrology and the Management of Watersheds**. Iowa State University Press. 391p.

CAMARA, A. C. F. C. **Análise da vazão máxima outorgável e da introdução simplificada da qualidade da água no processo de outorga da bacia do Rio Gramame (PB)**. 2003. 219p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre

CAMPOS, S., NARDINI, R. C., BARROS, Z. X., CARDOSO, L. G.; Sistema de Informações Geográficas Aplicado na espacialização da capacidade de uso da terra. **Pesquisa. Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 2, p. 174-179, 2010.

CARVALHO, D.F; SILVA, L.D.B. **Hidrologia**. 2006. Cap.5, p.60-80. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/>. Acesso: 09 de ago de 2015.

CECÍLIO, R. A.; GARCIA, G. O.; MOREIRA, M. C. **A importância do setor agropecuário para a proteção e conservação dos recursos hídricos**. In: JESUS JUNIOR, W. C. et al. (Eds.) *Novas tecnologias em Ciências Agrárias*. Alegre: Suprema Gráfica e Editora, 2007. 264p.

CECÍLIO, R.A.; REIS, E. F. Apostila didática: Manejo de Bacias Hidrográficas. UFES .Alegre (ES) 2006. 10p.

COLMAN, E.A. **Vegetation and watershed management**: an appraisal of vegetation management in relation to water supply, flood control, and soil erosion. New York: The Ronald Press Company, 1953. 412p.

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**, 2003.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP.1992. 170p.

CROSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, IG/UNICAMP, 170p,1999.

DOUROJEANNI, A; JOURAVLEV, A; CHÁVEZ, G. **Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica**. Série Recursos Naturales e infraestructura. ONU-CEPALDRNI. Santiago de Chile. 2002. 83p.

FERNANDES, M. M. **Utilização de Sensoriamento Remoto e SIG na Determinação da Susceptibilidade do Solo à Erosão, Associado ao Índice de Vegetação**. Relatório Técnico de Pós doutorado ao CNPq. UFRRJ. Instituto de Tecnologia-Departamento de Engenharia- Seropédica. Jan, 2010.

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

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Brasília – DF, 2005. Disponível em http://72.14.205.104/search?q=cache:r9r3jyI5bKsJ:www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf+divino+figueiredo,+conceitod+basicos+sensoriamento+remoto&hl=pt-BR&ct=clnk&cd=1&gl=br. Acesso em 10 jul.2015.

FILHO, J. L.; IOCHPE, C. **Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados**. 10ª Escuela de Ciencias Informáticas, Departamento de Computación, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 1996.

FIGUEIREDO, A. P.; OLIVEIRA, L. F. C.; FRANCO, A. P. B. Avaliação do desempenho de equações de regionalização de vazões na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. **Revista Água e Meio Ambiente**, Taubaté, v. 3, n. 2, p. 62 -76, 2008.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, SP. 1988.

GARCIA, A. V.; OLIVEIRA, E. C. A.; SILVA, G. P.; COSTA, P. P.; OLIVEIRA, L. A. Disponibilidade hídrica e volume de água outorgado na micro-bacia do Ribeirão Abóbora, município de Rio Verde, estado de Goiás. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia v. 8, n. 22, p. 97 – 106, 2007.

- GERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 337-339. 1996.
- GONÇALVES, M. L.; NETTO, M. L. A.; ZULLO JUNIOR, J.; COSTA, J. A. F. Classificação não-supervisionada de imagens de sensores remotos utilizando redes neurais auto-organizáveis e métodos de agrupamentos hierárquicos. **Revista Brasileira de Cartografia** v.1, n. 60. p. 1-13, 2008.
- GRIGIO, A. M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. 222 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2003.
- HARRIS, N. M.; GURNELL, A. M.; HANNAH, D. M.; PETTS, G. E. Classification of river regimes: a context for hydroecology. In: John Wiley & Sons, Hardcover: **Hydrological Processes**., v.14,n. 16-17, p.2831-2848, 2000.
- JENSEN, J.R. **Introductory Digital Image Processing – A Remote Sensing Perspective**: Prentice Hall Series in Geographic Information Science; third edition, 526p. 2005.
- LATUF, M.O. **Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do rio Preto e Ribeirão entre Ribeiros**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), UFV, Viçosa, MG 103p. 2007.
- LILLESAND, T. M., KIEFER, R. W. “**Remote Sensing and Image Interpretation**”. New York: John Wileyand Sons, 724p. 2000.
- LIMA, W. P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ/USP. 143p. 1976.
- LIMA, W.P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba; ESALQ/USP, 1986, 242p.
- LINHARES, C. A. **Influência do desflorestamento na dinâmica da resposta hidrológica na baica do Rio Ji-Paraná/RO**. São José dos Campos. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto), 217 p. 2005.

MAKI, A.; KENJI, T.; KIYOKAZU, K.; TERUO, H. Morphological and physico-chemical characteristics of soils in a steppe region of the Kherlen River Basin, Mongolia. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.333, n.1, p.100-108, 2007.

MEDEIROS, R. M.; SOUSA, F.A. S.; GOMES FILHO, M. F.; FRANCISCO, P. R. M.. Variabilidade da umidade relativa do ar e da temperatura máxima na Bacia Hidrográfica do Rio Uruçuí Preto. **Revista Educação Agrícola Superior** - v.28, n.1, p.44-50, 2013.

MELLO, C.R. de; OLIVEIRA, G.C.; FERREIRA, D.F.; LIMA, J.M. Predição da porosidade drenável e da disponibilidade total de água para Cambissolos da região Campo das Vertentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.9, p.1319- 1324, 2002.

MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO. J. S. **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília, DF: Ed. UNB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

MENESES, P.R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília-DF: UnB, 2012. 276 p.

MMA – **Ministério do Meio Ambiente**. (2014). Disponível em: <[HTTP://www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)>. Acesso em 20 de julho de 2015.

MOREIRA, F. R. S. **Uso e avaliação de técnicas de integração e análise espacial de dados em pesquisa mineral aplicadas ao planalto de Poços de Caldas. 2001**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

MOTTA, J. L. G.; FONTANA, D.C.; WEBER, E. Verificação da acurácia da estimativa de área cultivada com soja através de classificação digital em imagens Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. **Anais... X SBSR**, Foz do Iguaçu/PR. INPE. 2001. p. 123-129.

NOVAES, L. F. (2005). **Modelo para a quantificação da disponibilidade hídrica na bacia do Paracatu**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 104 p.

NOVO, E. M. L. M.; **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2ª edição, São Paulo: Edgard Blücher, 398p. 1992.

NOVO, E.M.L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações** . São Paulo: Edgar Blücher, 3ª ed., 308p., 1999.

PEREIRA, R. S. Interpretação automática de imagens aplicada ao planejamento rural. **Anais... CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL**, 7, Nova Prata, RS. v. 2, p. 1191-1199. 1992.

PRUSKI, F.F.; SILVA, D. D.; KOETZ, M. Estudo da vazão em cursos d'água. Viçosa: **Engenharia na Agricultura**. Caderno didático: 43. Associação Mineira de Engenheiros Agrícolas, UFV, 2006.151p.

RIBEIRO, M. M. R. **Alternativas para outorga e a cobrança pelo uso da água: Simulação de um caso**. 2000. 200p. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROCHA, J. S. M. **Manejo Integrado de Bacias hidrográficas**. Santa Maria: UFSM.1991. Editora UFSM.

SANTOS, A.R. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, Viçosa, MG**. Viçosa. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos), Universidade Federal de Viçosa, 141p. 2001.

SANTOS, F.J. DOS & KLAMT, E. Gestão agroecológica de microbacias hidrografias através de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto – caso Fazenda Pantanoso: **Revista Ciência Rural**, Santa Maria - RS, v. 34, n. 6, p. 1785-1792. 2004.

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

SILVA, D.D.; RAMOS, M.M. **Planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos**. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV/DEA, 2001. 89p. (Curso de Uso Racional dos Recursos Naturais e seus Reflexos no Meio Ambiente. Módulo 10).

SILVA, W. S; VIEIRA, V. C. B. Evolução Multitemporal do Uso e Cobertura do Solo no Município de Uruçuí – PI . **Anais... CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA**, 2, 2007, João Pessoa.

II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, João Pessoa, 2007. p.1-9.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1977.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS), ABRH: EDUSP. v. 4. 1993.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre, RG: UFRGS, 2001. 943 p.

TUCCI, C. E.M. **Regionalização de Vazões, Porto Alegre**: ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica- Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. Instituto de pesquisas hidráulicas/ UFRGS. 168p, 2000.

TUCCI, C.E.M. **Vazão de referência**. 2009. Disponível em <http://rhama.net/wordpress/?p=113>. Acesso em 30 de julho de 2015.

VIEIRA, C.P. Alterações na cobertura vegetal: interferência nos recursos hídricos. **Silvicultura**, v. 20, n.82, p. 26-27, 2000.

VON SPERLING, M. N. Características hidrológicas de rios . In: VON SPERLING, M. N. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Departamento de engenharia sanitária e ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2007, cap.2, p.59 -100.

WARD, R.C. **Principles of Hydrology**. New York: McGraw-Hill, 1967.

CAPÍTULO 2

MUDANÇA NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUCUÍ-PRETO

RESUMO

SOUZA, Kaíse Barbosa. **Mudança no uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do rio Uruçuí-Preto**. 2015, Cap. 2, p. 22-40. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

A ocupação dos ecossistemas para o desenvolvimento da agropecuária vem se intensificando, tornando assim um motivo de grande preocupação no que se refere ao desmatamento e ocupação das regiões de Cerrado. Assim, objetivou-se com este trabalho identificar a alteração do uso e ocupação do solo entre os anos 1984 a 2007 na bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, Piauí. A bacia do rio Uruçuí-Preto apresenta área de 15.777 km². Foram utilizadas imagens do Satélite Landsat 5 sensor TM (Thematic Mapper) no período de 1984 a 2007. Inicialmente fez-se o pré-processamento das imagens, correção geométrica e de contraste das imagens. Após correção fez-se a classificação das imagens, a análise foi realizada por meio da classificação automática supervisionada utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança. As classes atribuídas as fisionomias de interesse foram Cerrado, Solo Exposto/Talhão Agrícola, Queimada e Mata Ciliar. Com base nos resultados apresentados houve variações em todas as classes de uso e ocupação do solo ao decorrer do período analisado. Ao se comparar os anos de 1984 e 2007, a classe Cerrado apresentou redução de 20,9% (3.332,96 km²), a classe Solo Exposto/Talhão Agrícola apresentou aumento de 13,48% (2.149,17 km²), a classe Mata Ciliar apresenta grande oscilação durante o período analisado, devido a dinâmica da vegetação, apresentando redução de 2,4% (383,46 km²) e a classe Queimada apresentou dois anos com grandes áreas, 1990 (2.280,47 km²) e 2007 (1.567,24 km²). Percebe-se então a substituição da cobertura de vegetação nativa por áreas destinadas as atividades agrícolas.

Palavras-chaves: Sensoriamento Remoto, desmatamento, classificação de imagens digitais.

¹Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva – UFSB/Paulo Freire, Teixeira de Freitas-BA.

ABSTRACT

SOUZA, Kaíse Barbosa. **Change on land use in the watershed of Uruçuí-Preto river.** 2015, Chap. 2, p. 24-42. Dissertation (Masters in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí State, Brazil².

The occupation of ecosystems for the development of agriculture has intensified, thus becoming a major cause the deforestation and occupation of Brazilian Savannah regions. Thus, the aim of this study was to identify the change of land use and occupation between 1984 to 2007 in the watershed of Uruçuí-Preto river, Brazil. The basin of the Uruçuí-Preto river area has 15,777 km². It was used Landsat 5 satellite images from TM sensor (Thematic Mapper) at 1984 to 2007. Initially was made the pre-processing of images with geometric correction and contrast of images. After correction, it was made image classification, the analysis was performed through automatic supervised classification using the maximum likelihood algorithm. Classes assigned were Brazilian Savannah, Exposed Soil /Crop Field, Burnt areas and Riparian Forest. Based on the results all classes of use and occupation presented variations at the period. When comparing the years 1984 and 2007, the Brazilian Savannah class decreased by 20.9% (3,332.96 km²), Exposed Soil /Crop Field class increased by 13.48% (2,149.17 km²) the Riparian Forest class has great sway over the period analyzed due to vegetation dynamics, a reduction of 2.4% (383.46 km²) and Burnt Areas class presented two years with large areas, 1990 (2,280.47 km²) and 2007 (1,567.24 km²). It can be seen then the replacement of native vegetation coverage areas for crop fields.

Keywords: Remote sensing, deforestation, digital image classification.

²Adviser: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva – UFSP/Paulo Freire, Teixeira de Freitas-BA.

1. INTRODUÇÃO

A ocupação dos ecossistemas para o desenvolvimento da agropecuária vem se intensificando, tornando assim um motivo de grande preocupação no que se refere ao desmatamento e ocupação do Cerrado Brasileiro. Esta ocupação se intensificou devido à expansão da fronteira agrícola para produção de grãos destinados à exportação, predominando, a cultura da soja (Aguiar e Monteiro, 2005). Desde então, os cerrados do Piauí passaram a se caracterizar como áreas de elevado potencial para expansão agrícola, devido também as suas características para a produção em larga escala. Fatores como grandes extensões de terras e topografia plana, conjugados aos discursos do vazio demográfico, cultural e econômico o designaram pela categoria de “nova fronteira agrícola” (Moraes, 2000).

O Cerrado piauiense ocupa toda a região sudoeste e parte do extremo-sul do Estado e, desse total, estima-se que cerca de 4 milhões de hectares sejam adequadas para o uso agrícola (Olimpio e Monteiro, 2010). Dessa forma, áreas com cobertura vegetação nativa foram abertas e deram lugar ao cultivo de grandes áreas de monoculturas, o que contribuiu para uma mudança no aspecto socioeconômico da região. Alguns estudos comprovam esta substituição de áreas do Cerrado piauiense para fins agrícolas. Silva et al. (2015) ao analisar evolução temporal do desmatamento na bacia do riacho da Estiva, afluente do rio Uruçuí-Preto, verificou que, aproximadamente, 680 km² de Cerrado foram desmatados entre 1984 a 2010 para implantação de áreas agrícolas.

Segundo Ross (2013) estas atividades antrópicas têm sido então grandes responsáveis por mudanças no uso e ocupação do solo, em que a exploração dos recursos naturais avança em paralelo ao desenvolvimento tecnológico, científico e econômico. Assim, devido ao processo de desmatamento para fins de exploração agrícola estas regiões estão sujeitas à devastação e consequentes mudanças ambientais.

Para evitar grandes impactos negativos no ambiente, o conhecimento do uso e ocupação do solo possibilita adquirir informações para conservação, preservação e exploração de determinada área. Neste sentido, a análise temporal do uso e ocupação do solo é considerada um importante instrumento de suporte e orientação ao gerenciamento dos recursos naturais, possibilitando o monitoramento desta dinâmica (Nascimento e Carvalho, 2002).

O controle, a fiscalização e o gerenciamento do uso e ocupação do solo dependem do conhecimento espacial da área em questão. O sensoriamento remoto é uma técnica que

permite em curto espaço de tempo a obtenção de uma grande quantidade de informações espaciais, espectrais e temporais (Pacheco, 2000), que são obtidas por meio de sensores, a bordo de satélites ou aeronaves na forma de imagens digitais (Rudorff et al., 2004). Essas informações podem ser de extrema importância para subsidiar medidas de sustentabilidade como a preservação das áreas de Cerrado que sofrem com o processo acelerado de degradação pelo uso inadequado do solo.

Reis et al. (2012) também afirmam que os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o Sensoriamento Remoto têm sido amplamente empregados no mapeamento e monitoramento dos recursos naturais terrestres, onde estas técnicas têm sido aplicadas em estudos espaço-temporais relacionados ao uso e à ocupação da terra com variadas finalidades, dentre elas o subsídio a ações de recuperação de áreas degradadas, ordenação espacial e identificação de usos irregulares perante a legislação ambiental vigente. Áreas desmatadas assim como áreas destinadas ao uso agrícola e áreas com incidência de queimadas podem ser identificadas e quantificadas com base em técnicas de processamento digital de imagens, e em imagens digitais que são obtidas em grande frequência no tempo e espaço.

Entre as áreas que sofreram maiores substituições da cobertura vegetal nativa por cultura agrícolas está a bacia do rio Uruçuí-Preto, que entre 1984 e 2011, algumas sub-bacias da bacia perderam aproximadamente entre 20 à 50% da vegetação nativa (Ferraz et al., 2013; França et al., 2013; Martins et al., 2013; Sousa et al., 2013). Embora a cobertura vegetal nativa vêm sendo substituída, a bacia hidrográfica do Uruçuí-Preto, é uma região que se destaca pela expansão agrícola. Devido a sua importância econômica para o estado do Piauí percebe-se a necessidade de conhecer as alterações no uso e ocupação do solo desta região a fim de que se possa monitorar, direcionar políticas de sustentabilidade e consequentemente garantir a produtividade, mas sem agredir adversamente os recursos naturais da bacia.

Diante do contexto, objetivou-se com este trabalho realizar a análise temporal na mudança no uso e ocupação do solo entre os anos 1984 a 2007 na bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, Piauí.

Segundo a Embrapa (2006), as classes mais frequentes de solos identificadas na bacia do rio Uruçuí-Preto são Latossolos Amarelos (predominantes na bacia), Neossolos, Neossolos Quartzarêncios e Hidromórficos.

De acordo com a Comdepi (2002) a identificação e descrição da vegetação na região da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto encontram-se: a partir do topo das chapadas, com a comunidade vegetal típica das savanas constituída de um estrato descontínuo composto de elementos arbustivos e arbóreos caracterizados por troncos tortuosos, casca espessa, folhas coriáceas e dossel quase sempre assimétrico. Entre as espécies mais frequentes estão o barbatimão (*Stryphnodendron barbatiman* Mart), o pau terra de folha larga (*Qualea Grandiflora* Mart.) e a simbaíba (*Curatella americana* Linn), e a superfície do solo é recoberta por um estrato gramíneo de capim agreste. Nas vertentes entre o topo das chapadas e o trecho plano por onde corre o rio Uruçuí-Preto, o cerrado se desenvolve de forma mais fechada, composto por espécies de maior porte.

Quanto à pluviometria entre os meses de novembro a março os volumes pluviométricos são elevados e nos meses de abril a outubro a bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto sofre com a escassez de água, sendo que estas características climáticas causam uma alta variabilidade na vazão dos mananciais, causando assim, em períodos de seca, a redução da quantidade e qualidade da água dos reservatórios à medida que os nutrientes são concentrados com a perda do volume de água pela evaporação e evapotranspiração (Medeiros et al., 2013).

2.2. Imagens utilizadas

Para identificação na mudança no uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto utilizaram-se imagens do Satélite Landsat 5 sensor TM (Thematic Mapper) entre o período de 1984 a 2007, com exceção para o ano de 2002 devido a erros provenientes na captura da imagem. A escolha do ano de 1984 decorre das características do tipo de sensor, onde a partir deste período o sensor Landsat 5 TM entrou em operação continuando até janeiro de 2013, e para a escolha do ano de 2007 deveu-se ao fato que os dados consistidos de vazão apresentam até somente 2007, último ano da série da estação fluviométrica Fazenda Bandeira (código 34090000) que está localizada na foz da bacia e o qual delimita a extensão da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto.

As imagens do Landsat 5TM foram obtidas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), referentes aos meses de maio à setembro (Tabela 1), conforme

a disponibilidade de datas e qualidade das imagens. As mesmas possuem resolução espacial de 30 m e temporal de 16 dias.

Tabela 1. Data das imagens utilizadas do satélite Landsat 5 Sensor TM, órbita 220, pontos 065, 066 e 067 utilizadas na análise temporal do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto.

Ano	Data Imagem 220/065	Data Imagem 220/066	Data Imagem 220/067
1984	20/06/1984	20/06/1984	20/06/1984
1985	09/07/1985	09/07/1985	22/05/1985
1986	26/06/1986	26/06/1986	26/06/1986
1987	28/05/1987	28/05/1987	28/05/1987
1988	02/08/1988	02/08/1988	02/08/1988
1989	17/05/1989	17/05/1989	17/05/1989
1990	24/08/1990	24/08/1990	24/08/1990
1991	10/07/1991	10/07/1991	10/07/1991
1992	25/05/1992	25/05/1992	23/04/1992
1993	12/05/1993	12/05/1993	12/05/1993
1994	03/08/1994	03/08/1994	03/08/1994
1995	03/06/1995	03/06/1995	03/06/1995
1996	21/06/1996	21/06/1996	21/06/1996
1997	24/06/1997	24/06/1997	24/06/1997
1998	11/06/1998	11/06/1998	11/06/1998
1999	29/05/1999	29/05/1999	29/05/1999
2000	20/09/2000	20/09/2000	20/09/2000
2001	19/06/2001	19/06/2001	19/06/2001
2003	11/07/2003	11/07/2003	11/07/2003
2004	13/07/2004	13/07/2004	13/07/2004
2005	30/06/2005	14/06/2005	14/06/2005
2006	19/07/2006	19/07/2006	19/07/2006
2007	24/07/2007	24/07/2007	24/07/2007

Para a composição colorida RGB foram utilizadas as bandas verde (banda 2: 0,52-0,60 μm), vermelho (banda 3: 0,63-0,69 μm) e infravermelho próximo (banda 4: 0,76-0,90) com a composição R (banda 3), G (banda 4) e B (banda 2), buscando realçar a vegetação em relação às demais classes. Nesta composição a vegetação tem assinatura

espectral destacada no infravermelho próximo, refletindo a cor verde, obtendo assim melhor visualização destas áreas e as áreas com solo exposto refletirá a radiação com tonalidade mais clara, variando de magenta ao roxo escuro, facilitando a visualização das fisionomias de interesse.

2.3. Mosaico e Georreferenciamento das imagens

Foi feito o mosaico dos três pontos, de cada ano, formando assim uma única imagem e logo após realizou-se a composição das mesmas. As imagens disponibilizadas pelo INPE já estavam georreferenciadas, contudo, por ser um georreferenciamento “grosseiro”, existem pequenos deslocamentos entre cenas. Para o ano de 1984 o georreferenciamento foi realizado com base na hidrografia da bacia gerada pelo Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) da base SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission). Após o georreferenciamento da imagem de 1984, esta serviu de base para o georreferenciamento das imagens dos demais anos. O georreferenciamento foi realizado seguindo os seguintes passos: i) em cada par de imagens foram coletados os pontos de controle homólogos, bem distribuídos na área bacia; ii) fez-se a calibração da equação de primeiro grau de mapeamento, que relacionou a coordenadas antigas com as novas; iii) reinterpolação dos pixels da imagem utilizando o interpolador do vizinho mais próximo, por ter a propriedade de não alterar os valores originais. Todas as etapas foram realizadas no software de Sistemas de Informações Geográficas ArcGIS 10.0, com auxílio da extensão Georeferencing e Spatial Analyst.

Realizada a correção geométrica das imagens, fez-se a extração da área de interesse, no caso a bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto. Para a extração utilizou-se a área da bacia delimitada pelo MDEHC. Para chegar ao MDEHC foram utilizados os dados altimétricos da bacia que foram obtidos por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE) da base SRTM (USGS, 2005). Para que o MDE representa-se de forma ideal os processos superficiais do escoamento superficial fez a remoção de imperfeições e depressões espúrias. Todas as etapas foram realizadas no *software* de Sistemas de Informações Geográficas ArcGIS 10.0, com auxílio da extensão Spatial Analyst.

2.4. Classificação de imagens

Após o pré-processamento das imagens, fez-se a análise e classificação das imagens. Foi utilizada a classificação automática supervisionada pelo o algoritmo de Máxima Verossimilhança. A rotulação dos pixels foi composta por 4 classes que levou

em consideração o impacto ambiental, o avanço da agricultura e a semelhança de resposta espectral entre as diferentes superfícies (Tabela 2).

Tabela 2. Classes utilizadas na classificação das imagens

Classes	Descrição
Cerrado	Áreas com vegetação nativa do Bioma Cerrado
Mata Ciliar	Áreas com vegetação nativa adjacente aos cursos de água
Queimada	Áreas sem vegetação, que foram destruídas pelo fogo
Solo Exposto/Talhão Agrícola	Áreas de solo exposto e/ou com cultivo agrícola

Em seguida foi realizado o refinamento da classificação para remoção de ruídos e regiões isoladas, para melhorar o resultado final e proporcionar um melhor aspecto visual das imagens. Após interação das classes e classificação das imagens foi realizado o cálculo de área para cada classe em cada ano analisado. Todas as etapas foram realizadas no *software* de Sistemas de Informações Geográficas ArcGIS 10.0, com auxílio da extensão Spatial Analyst.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados encontrados à partir da classificação das imagens do satélite Landsat 5, houve variação em todas as classes de cobertura de solo no decorrer do período analisado. A Tabela 3 mostra os resultados da classificação supervisionada das imagens referentes ao período de 1984 a 2007 para as classes Cerrado, Solo exposto/Talhão Agrícola, Mata ciliar e Queimadas, sendo a área em km² e em porcentagem.

Tabela 3. Quantificação nas classes de uso e ocupação do solo (em km² e em porcentagem) da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, durante o período de 1984 a 2007 a partir da classificação supervisionada

ANO	Cerrado		Solo exposto/Talhão Agrícola		Mata ciliar		Queimadas	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
1984	9.719,74	60,95	5.468,29	34,29	759,89	4,76	0,00	0,00
1985	8.697,64	54,54	5.614,94	35,21	1.556,80	9,76	78,54	0,49
1986	8.131,37	50,99	6.656,26	41,74	1.077,51	6,76	82,78	0,52
1987	9.855,02	61,80	4.362,19	27,35	1.548,03	9,71	182,67	1,15
1988	8.217,86	51,53	6.104,79	38,28	1.512,37	9,48	112,91	0,71
1989	8.578,25	53,79	6.478,87	40,63	890,80	5,59	0,00	0,00
1990	6.151,58	38,57	6.285,10	39,41	1.230,76	7,72	2.280,47	14,30
1991	10.239,04	64,20	4.376,13	27,44	1.251,50	7,85	81,25	0,51
1992	10.175,59	63,81	4.798,01	30,09	914,58	5,73	59,73	0,37
1993	6.677,78	41,87	8.062,81	50,56	1.207,33	7,57	0,00	0,00
1994	5.528,97	34,67	9.025,12	56,59	1.246,59	7,82	147,23	0,92
1995	10.047,03	63,00	4.660,43	29,22	1.240,46	7,78	0,00	0,00
1996	8.977,67	56,29	5.566,72	34,91	1.374,74	8,62	28,80	0,18
1997	8.701,45	54,56	5.348,09	33,53	1.493,06	9,36	405,32	2,54
1998	7.835,11	49,13	6.280,39	39,38	1.630,18	10,22	202,25	1,27
1999	6.750,47	42,33	7.661,64	48,04	1.282,87	8,04	252,94	1,59
2000	7.031,60	44,09	6.935,80	43,49	1.264,53	7,93	715,99	4,49
2001	7.453,84	46,74	7.008,06	43,94	1.304,51	8,18	181,51	1,14
2003	7.117,52	44,63	6.993,91	43,85	1.753,90	11,00	82,59	0,52
2004	6.800,88	42,64	8.129,53	50,98	1.017,51	6,38	0,00	0,00
2005	6.055,60	37,97	7.933,53	49,75	1.958,80	12,28	0,00	0,00
2006	5.987,35	37,54	7.011,32	43,96	2.949,25	18,49	0,00	0,00
2007	6.386,78	40,05	7.617,46	47,76	376,43	2,36	1.567,24	9,83

A classe Cerrado sofreu redução das áreas no período analisado. Comparando os anos 1984 e 2007 houve uma redução relevante de 3.332,95 km² de área de vegetação,

ou seja, 20,9%, com exceção para o ano de 1987, 1989, 1991 e 1995 onde houve aumento das áreas de Cerrado (Tabela 3 e figuras 2, 3 e 4). A redução das áreas de Cerrado ocorreu devido ao desmatamento para fins agrícolas na região, ocorrendo uma inversão entre 1984 e 2007 com as áreas de Solo Exposto/Talhão Agrícola. No município de Uruçuí, ocorreu a exploração moderna da agropecuária desde a década de 70 e foi intensificada na década de 90, com a produção graneleira, alicerçada no monocultivo de soja. Esse município sedia a maior produção de grãos do Estado (Aguiar e Monteiro, 2005). Reis (2010) também menciona que somente a partir da segunda metade da década de 80 tem início uma ocupação do cerrado piauiense, que gradativamente se acelera e se intensificou nos anos 90, com a instalação de grandes projetos agropecuários voltados para a produção de grãos, em especial da soja para exportação. Silva et al., (2015) também afirmam que a redução da vegetação nativa bacia do rio Uruçuí-Preto é caracterizada pela abertura de novas áreas, considerada também como uma das últimas fronteiras agrícola do Brasil.

Nos anos de 1987, 1989, 1991 e 1995 ocorreu aumento da vegetação nativa, o que pode ser explicado devido à dinâmica da vegetação durante as estações chuvosas e secas as quais apresentam refletância espectral variada nestes períodos, e também com culturas agrícolas emergentes sendo confundidas com vegetação de Cerrado, sendo incluída em uma classe diferente.

O período de 1992 à 1993 foi o que sofreu desmatamento mais acentuado, representando uma redução 3.497,81 km² na classe Cerrado, o que corresponde a uma redução de 21,93%. Os dados anteriores (Tabela 3 e figuras 2, 3 e 4) confirmam que essa diminuição poderia ser resultante devido ao elevado aumento de áreas de solo exposto no mesmo período, substituindo assim a cobertura vegetal.

Este desmatamento acentuado está associado as crescentes atividades agrícolas na região. Segundo Aguiar e Monteiro (2005) no município de Uruçuí, ocorre a exploração moderna da agropecuária desde a década de 70 e foi intensificada na década de 90, com a produção granífera, alicerçada no monocultivo de soja, sendo que esta região sedia a maior produção de grãos do Estado.

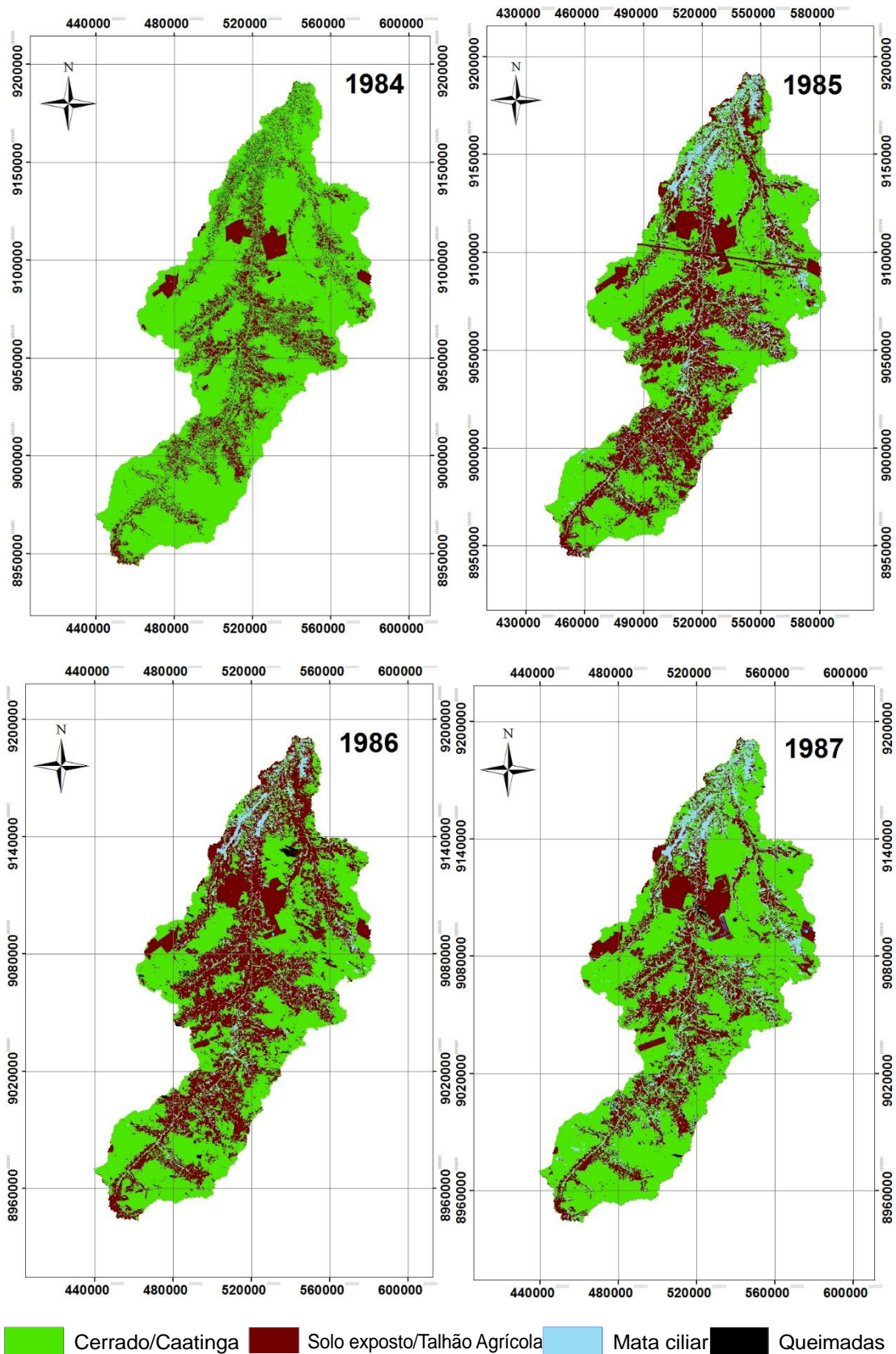


Figura 2. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 1984 a 1987.

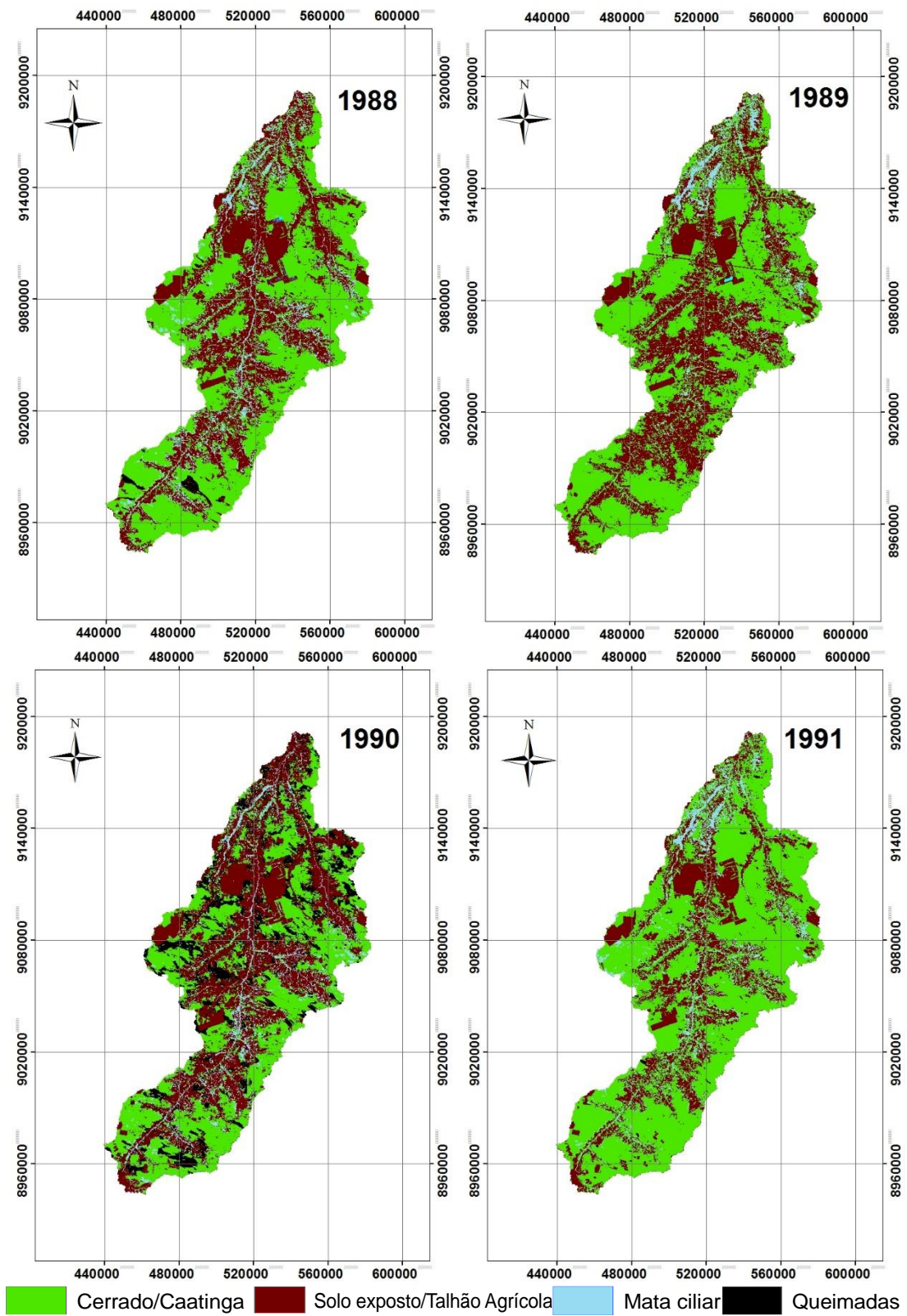


Figura 3. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 1988 a 1991.

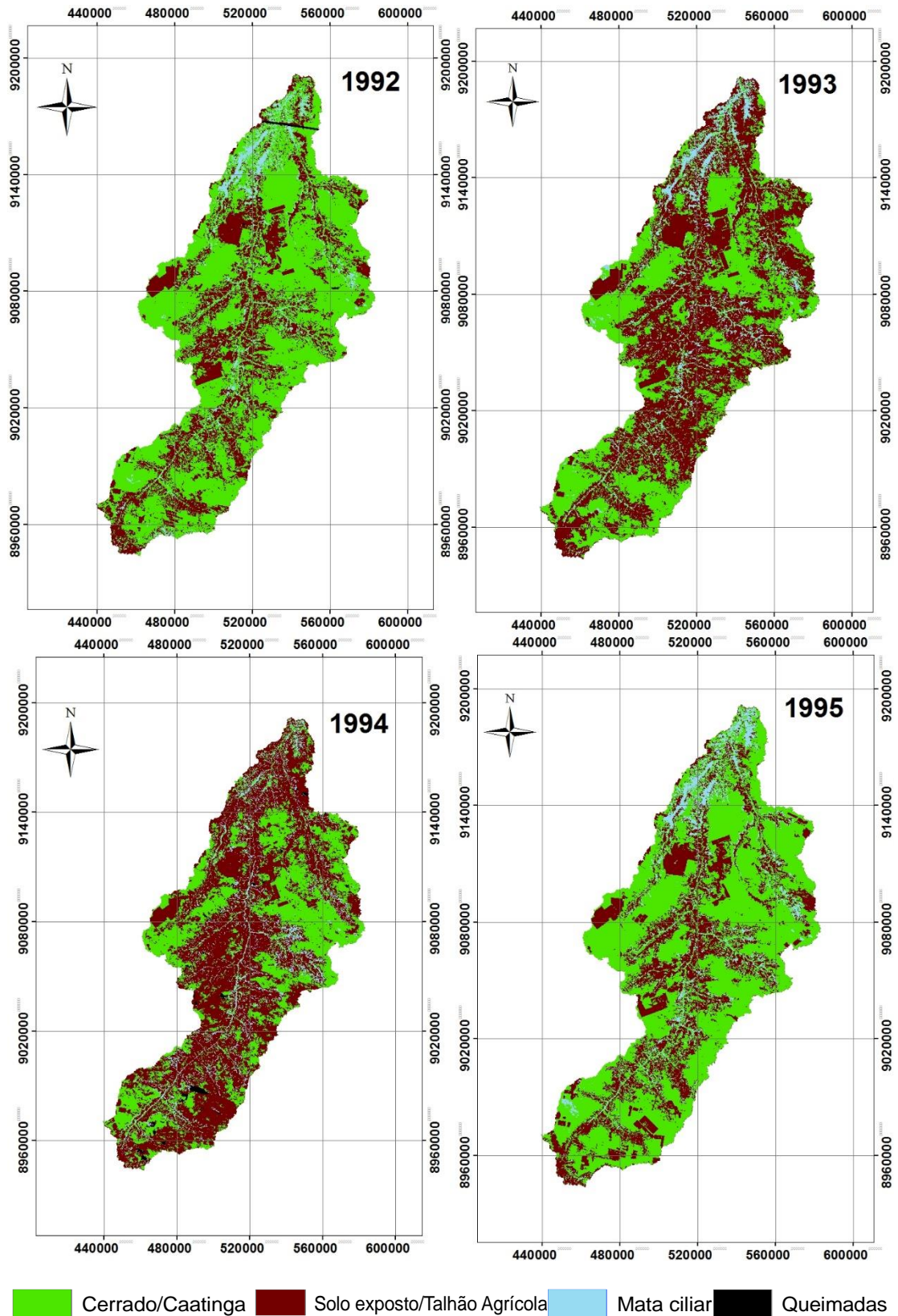


Figura 4. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 1992 a 1995.

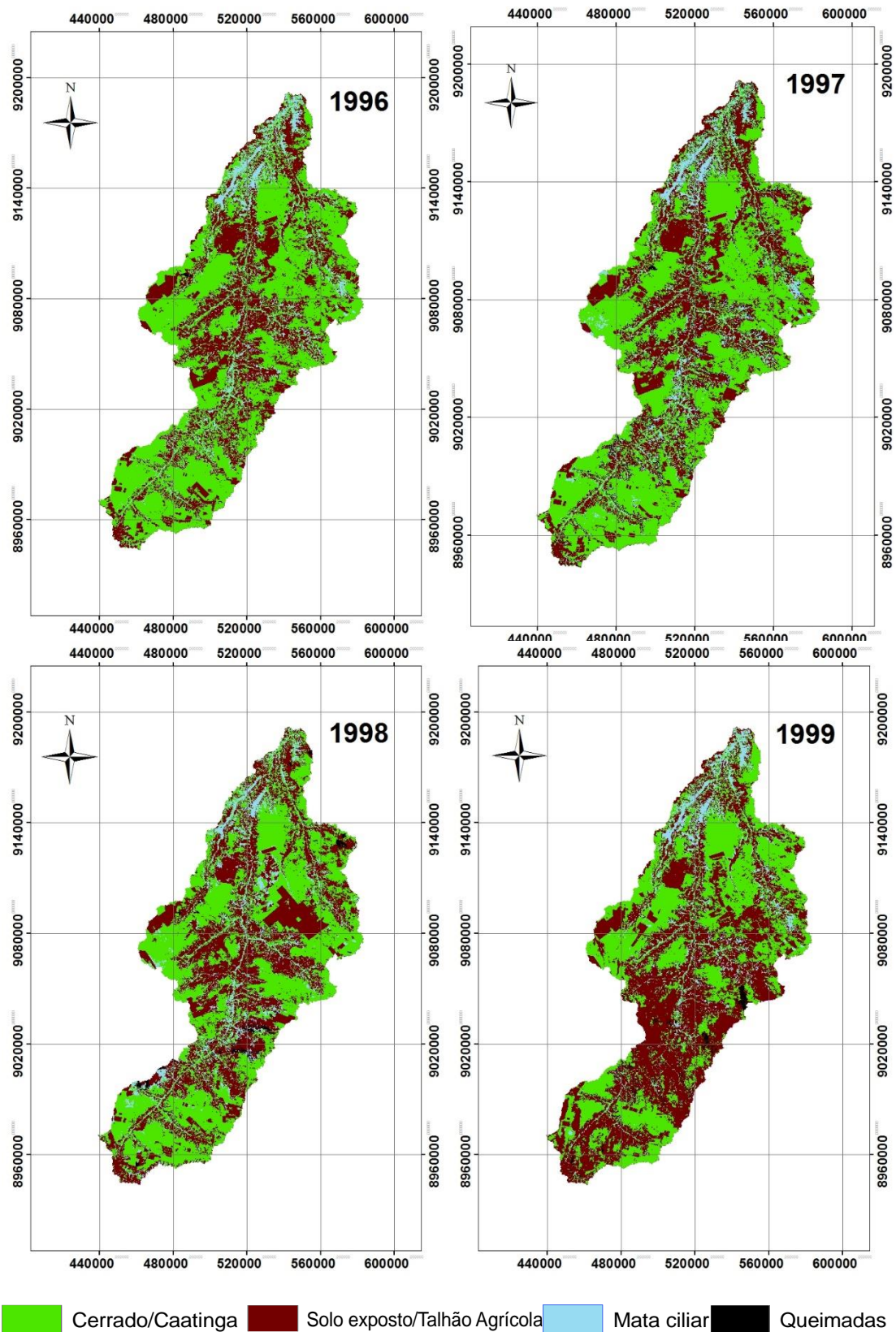


Figura 5. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 1996 a 1999.

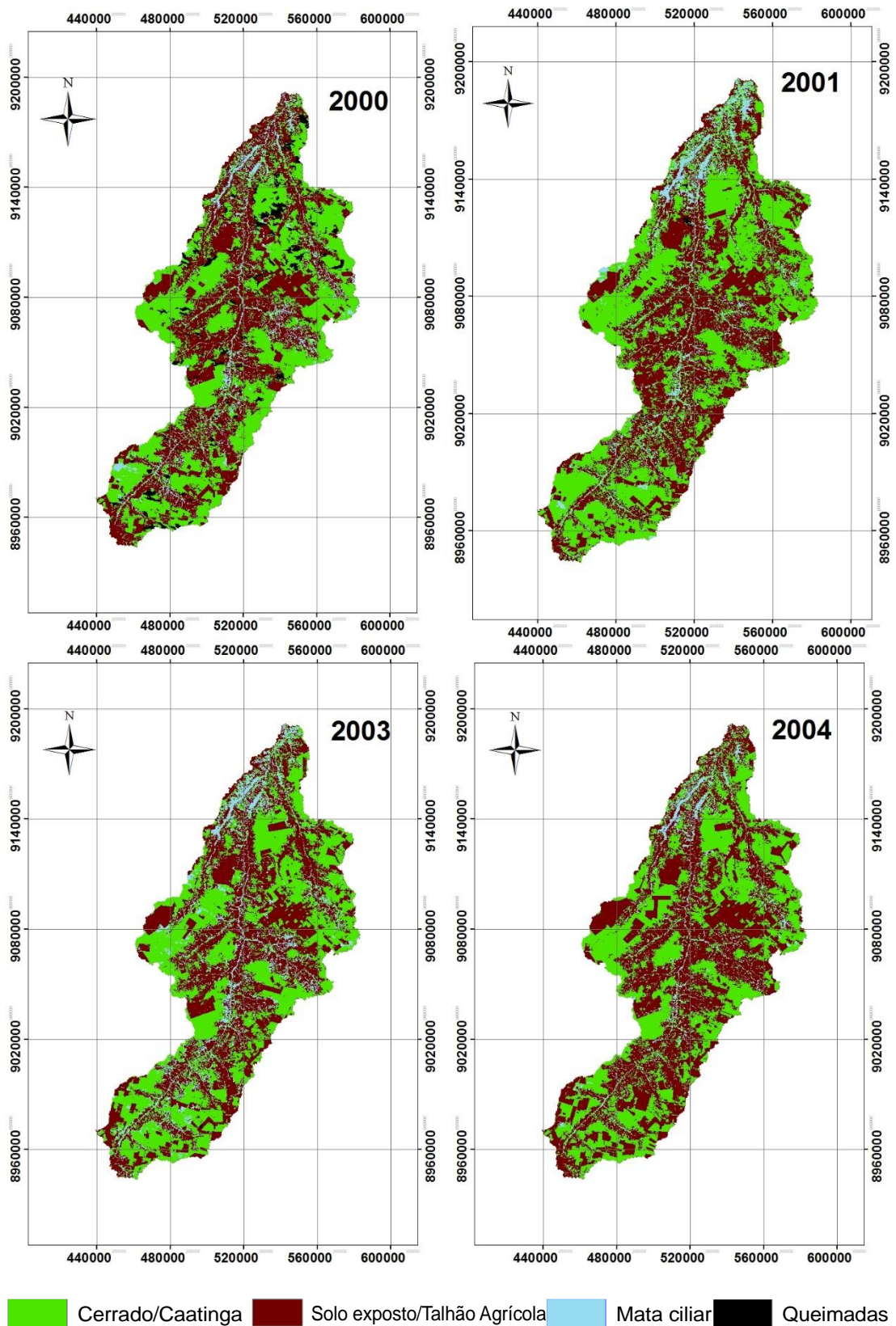


Figura 6. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 2000 a 2004.

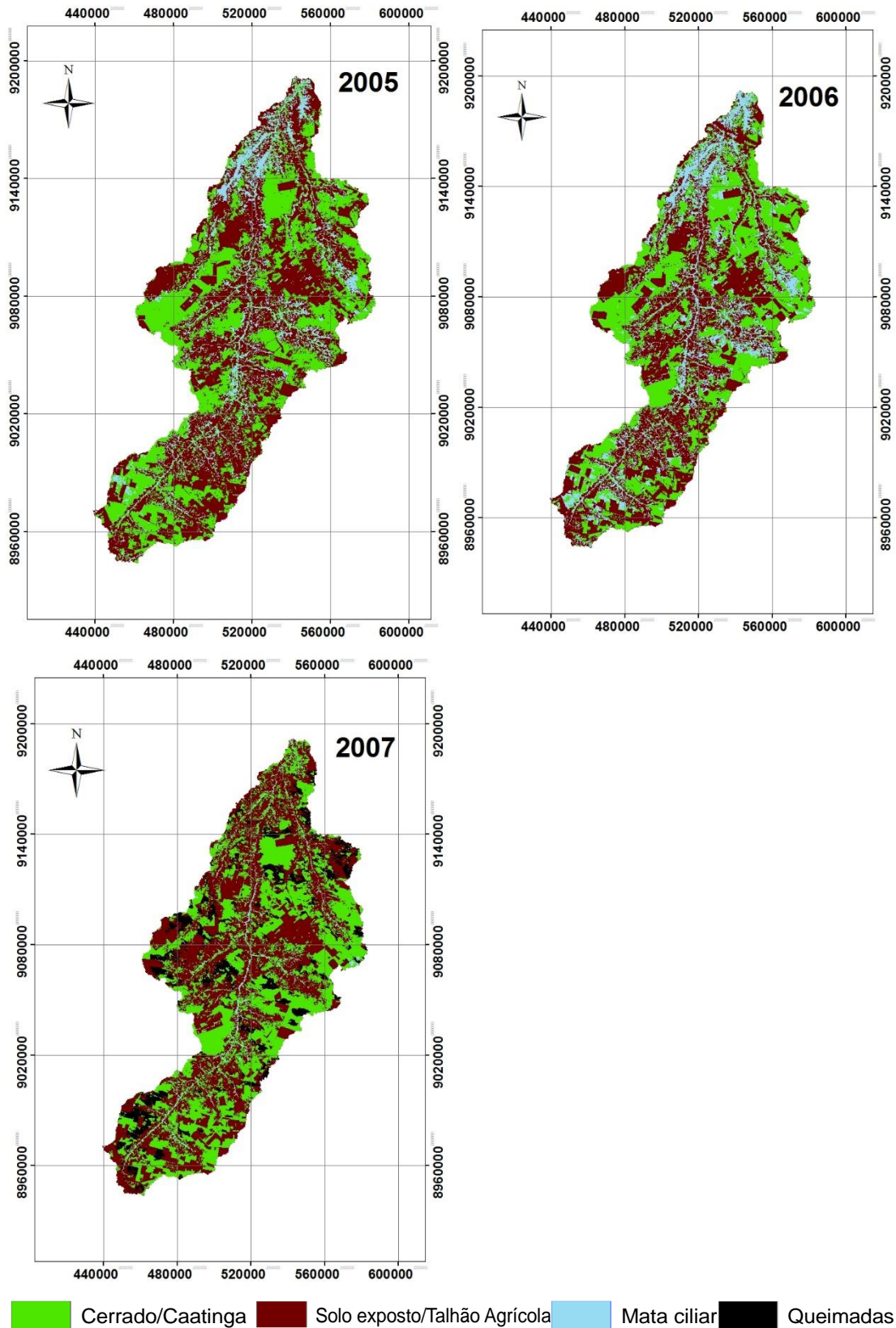


Figura 7. Classificação do uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos de 2005 a 2007.

As áreas de solo exposto/talhão agrícola aumentaram ao se comparar os anos de 1984 e 2007, ocorrendo um aumento estimado em 2.149,17 km² (13,48%) (Tabela 3 e figuras 2 a 7). É importante salientar que muitas áreas de solo exposto são áreas agrícolas (talhão agrícola), logo este aumento do solo exposto podem ser atribuídas devido ao aumento das áreas agrícolas e redução da vegetação natural. Pereira e Gonçalves (2008), ao analisarem a antropização e a relação entre agropecuária intensiva e topografia no Cerrado da região Sul do Estado do Piauí, cuja área de estudo abrange vários municípios como Uruçuí, constataram também que as atividades agrícolas cresceram, diminuindo, assim, a cobertura vegetal de Cerrado, sendo que as áreas destinadas à agricultura ocupavam aproximadamente 1/5 das áreas de planalto em 2006, ou seja, 4.350,76 km² de áreas foram desmatados. Souza (2012) ao analisar a evolução da variação do dossel de parte do sul do Cerrado Piauiense, onde área de estudo abrange vários municípios como Uruçuí, verificou que no período de 1984 a 2008 também houve aumento das áreas de solo exposto.

Para os anos de 1987, 1990, 1991, 1995, 1997, 2000, 2003 e 2005 houve pequenas reduções das áreas de solo exposto/talhão agrícola, onde as maiores reduções foram para os 1993 e 1995 (Tabela 3 e figuras 2 a 7). As reduções destas áreas se justificam devido ao concomitante aumento das áreas de Cerrado, devido a dinâmica da vegetação e também a possíveis confusões na classificação supervisionada.

A classe Mata Ciliar apresentou intensa variação no decorrer dos anos, onde ocorreu alternância de aumento e redução em praticamente todos os anos. Esta ocorrência poderia se justificar pelo fato que em alguns anos o aumento destas áreas ocorreu devido a dinâmica da vegetação e, também a áreas Cerrado com alta densidade arbórea terem sido classificadas como Mata Ciliar, aumentando assim os valores das áreas enquanto que a redução está associada ao aumento de áreas de solo exposto da região. Comparando o ano de 1984 e 2007, houve uma diminuição de 383,46 km², ou seja, 2,4%. O período de 2006 a 2007 apresentou a maior taxa de redução de áreas de mata ciliar estimado em 16,13%, pois em 2006 apresentavam 2.949,25 km² e foram reduzidas para 376,43 km² (Tabela 3 e figuras 2 a 7).

Em relação à classe Queimadas, no decorrer dos anos houve variação das áreas, com exceção para o período de 1984 onde este não apresentava vestígios de incêndios e o maior focos de queimadas ocorreu em 1990, estimado em 2.280,47 (14, 30%) (Tabela 3 e figuras 2 a 7). Silva et al. (2015) também constatou resultados semelhantes a este trabalho, ao analisar a evolução temporal do desmatamento na bacia do riacho da Estiva,

afluente do rio Uruçuí-Preto, onde os resultados comprovam também que em 1984 não há indícios de queimadas e 1990 apresentou também o maior foco de queimadas. No período de 1984 a 1990 houve o maior aumento das áreas de queimadas, com exceção dos anos de 1988 e 1989, onde ocorreram poucas queimadas (Tabela 3 e figuras 2 e 3). Silva et al. (2014) ao analisar a evolução temporal do desmatamento e expansão agrícola entre 1984 a 2010 na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto, Piauí, também constataram que entre os anos de 1984 e 1990, houve aumento das áreas afetadas por queimadas (Tabela 3 e figuras 2 a 7). O aumento destes focos de queimadas neste período coincide com a ocupação agrícola nas áreas de Cerrado, o que poderia justificar o aumento das áreas de incêndios.

A ocorrência de incêndios no Cerrado é comum e alguns autores citam, inclusive, o fogo como fator natural de formação do Cerrado. Ramos-Neto (2000) e Fiedler e Medeiros (2002) afirmam que as queimadas naturais provocadas por raios nesse bioma são relativamente frequentes, ocorrendo principalmente na transição seca-chuva. Após o ano de 1990 houve acréscimos e decréscimo nas áreas de queimadas, mas estes acréscimos foram inferior ao período de 1990. Esta diminuição coincide com a criação da brigada de combate a incêndios florestais no estado do Piauí, o que poderia, com a fiscalização ter contribuído para diminuição a ocorrência de incêndios.

O ano de 2007 também apresentou grandes áreas de queimadas, correspondente a 1.567,24 km² (9,83%) (Tabela 3 e Figuras 2 a 7). Mas este aumento pode estar vinculado não só a ocorrência de incêndio de forma natural no Cerrado mas também devido ao aumento das áreas de solo exposto que está associada as intensas atividades agrícolas na região.

4. CONCLUSÃO

Ao se comparar os anos de 1984 e 2007, a classe Cerrado apresentou redução de 20,9% (3.332,96 km²), a classe Solo Exposto/Talhão Agrícola apresentou aumento de 13,48% (2.149,17 km²), a classe Mata Ciliar apresenta grande oscilação durante o período analisado, devido a dinâmica da vegetação, apresentando redução de 2,4% (383,46 km²) e a classe Queimada apresentou dois anos com grandes áreas, 1990 com 14,3% (2.280,47 km²) e 2007 com 9,83% (1.567,24 km²). Percebe-se então a substituição da cobertura de vegetação nativa por áreas destinadas as atividades agrícolas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, T. J. A.; MONTEIRO, M. S. L. Modelo Agrícola e Desenvolvimento Sustentável: A Ocupação do Cerrado Piauiense. **Ambiente & Sociedade**. v. 8, n. 2., p. 161-178. 2005.

COMDEPI. Companhia de desenvolvimento do Piauí. **Estudo de viabilidade para aproveitamento hidroagrícola do vale do rio Uruçuí Preto**. Teresina, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERRAZ, F. T.; SILVA, J. B. L.; FRANÇA, L. C. J.; LIMA, T. P.; FERREIRA, W. L. Evolução do desmatamento e expansão agrícola na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto entre os anos 1984 e 2010. **Anais... IV Congresso Nordestino de Engenharia Florestal**, Universidade Estadual do Sudoeste Baiano, Vitória da Conquista, Bahia, 2013.

FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. Plano de prevenção e combate aos incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra. In: **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra**. IBAMA. Brasília. 67 p. 2002.

FRANÇA, L. C. J.; SILVA, J. B. L.; SOUSA, P. A.; FERRAZ, F. T.; LIMA, T. P. Uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG's) na Avaliação do Desmatamento na Bacia do riacho da Estiva entre 1984 e 2010, Piauí. **Anais... IV Congresso Nordestino de Engenharia Florestal**, Universidade Estadual do Sudoeste Baiano, Vitória da Conquista, Bahia, 2013.

MARTINS, M. A.; SANTOS, S. R. L.; SILVA, J. B. L. Uso e ocupação do solo entre 1984 e 2010 em uma sub-bacia do rio Uruçuí-Preto. **Anais... IV Congresso Nordestino de Engenharia Florestal**, Universidade Estadual do Sudoeste Baiano, Vitória da Conquista, Bahia, 2013.

MEDEIROS, R. M.; SILVA, V.P. R.; FILHO, M. F. G. ANÁLISE HIDROCLIMÁTICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUI. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. v. 5, n. 4, p. 151-163. 2013.

MORAES, M. D. C. **Memórias de um sertão desencantado: modernização agrícola, narrativas e atores sociais nos cerrados do sudoeste piauiense**. 2000. 475f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Universidade Estadual de Campinas, 2000.

MOREIRA, Mauricio Alves. **Fundamentos do sensoriamento remoto em metodologias de aplicação**. 3. ed. atual. ampl. 1ª reimpressão – Viçosa: Ed. UFV, 2007.

NASCIMENTO, F. R.; CARVALHO, O. Ocupação, uso da terra e economia sustentável na bacia metropolitana do Pacoti, Nordeste do Brasil – Ceará. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, v.4, n. 1, p. 101-114, 2002. Disponível em: <<http://www.uvanet.br/rcgs/index.php/RCGS/article/view/82/79>>. Acesso em: 16 mai. 2013.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 3ª edição revista e ampliada - São Paulo : Ed. EDGARD BLÜCHER LTDA, 2008.

OLIMPIO J. A.; MONTEIRO, M. S. L. **Impacto ambiental da produção de grãos no cerrado piauiense**. Disponível em: <http://www.emater.pi.gov.br>. Acesso em: 8 de novembro de 2010.

PACHECO, A. P. Aplicação multitemporal de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento à Mata do Zumbi. **Anais... Cobrac 2000 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**, Florianópolis, SC. 2000.

PEREIRA, A.; GONÇALVES, E.S. Antropização e relação entre agropecuária intensiva e topografia no Cerrado da região sul do estado do Piauí, Brasil. **Anais... Simpósio Selper**, 8, 2008, Havana, Cuba. On-line. Disponível em: <<http://www.selpercuba.unaicc.cu/>>. Acesso em: 13 nov. 2012.

RAMOS-NETO, M. B. **O Parque Nacional das Emas (GO) e o fogo: implicações para a conservação biológica**. 2000. 159 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

REIS, A. A. et al. Land use and occupation analysis of Permanent Preservation Areas in Lavras County, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 3, mai./jun. 2012.

REIS, T. B. **Meio ambiente de trabalho rural (condições ambientais de trabalho agrícola nos cerrados piauienses)**. 2010. 178p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal do Piauí. Teresina.

ROSS, J.L.S. Análise empírica da fragilidade dos ambientais naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo. 8, p. 63-74, 1994. Disponível em: <<http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/view/225/204>>. Acesso em: 16 mai. 2013.

RUDORFF, B. F. T.; BERKA, L. M. S.; MOREIRA, M. A.; DUARTE, V.; ROSA, V. G. C. **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2004/2005**. INPE, São José dos Campos. p. 7. 2004.

SILVA, J. B.L.; FERREIRA, W. L.; ALMEIDA, K. N. S.; SOUZA, K. B.; NOBREGA, J. C. A. Evolução temporal do desmatamento e expansão agrícola entre 1984 a 2010 na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto, Piauí. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, v.22 n.3, p. 254-261, 2014.

SILVA, J. B.L.; SOUSA, P. A.; SOUZA, K. B.; ALMEIDA, K. N. S.; PIRES, L. C. Evolução temporal do desmatamento na Bacia do Riacho da Estiva, Piauí. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, v.23, n. 4, p. 363-370 2015.

SOUSA, E.S.; ALMEIDA, K. N. S.; SOUZA, K. B.; SILVA, J. B. L. Uso de Índice de Vegetação para determinar a evolução do desmatamento numa sub-bacia do Uruçuí-Preto. **Anais IV Congresso Nordestino de Engenharia Florestal**, Universidade Estadual do Sudoeste Baiano, Vitória da Conquista, Bahia, 2013.

SOUZA, K.B. **Análise temporal da variação do dossel de parte do sul do cerrado piauiense**. Monografia de Conclusão de Curso, Bom Jesus, p. 36. 2012.

USGS – United States Geological Survey. **Seamless data distribution system, Earth Resources Observation and Science**. 2005. Disponível em: www.usgs.gov. Acesso em: 22 de janeiro de 2011.

CAPÍTULO 3

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ-PRETO

RESUMO

SOUZA, Kaíse Barbosa. **Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Uruçuí-Preto**. 2015, Cap. 3, p. 41-60. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Piauí, PI¹.

Objetivou-se com este trabalho verificar a influência das mudanças no uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, Piauí, no período de 1984 à 2007. Para a avaliação do uso do solo foram utilizadas imagens do Satélite Landsat 5 sensor TM (Thematic Mapper) no período de 1984 a 2007. Inicialmente fez-se o pré-processamento das imagens, correção geométrica e de contraste das imagens. Após correção fez-se a classificação das imagens, a análise foi realizada por meio da classificação automática supervisionada utilizando o algoritmo de máxima verossimilhança. Para a análise do comportamento hidrológico foram utilizados dados da estação fluviométrica da Fazenda Bandeira onde foi possível obter a vazão média anual (Q_{med}), a vazão máxima anual (Q_{max}), a vazão mínima anual (Q_{min}), a vazão mínima com sete dias de duração anual (Q_7), e as vazões associadas às permanências de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}) do ano. A associação entre vazões e uso do solo foi realizada por meio de análise qualitativa e quantitativa, relacionando as vazões com as alterações no uso e ocupação do solo. Para analisar esta relação, inicialmente fez-se a análise exploratória dos dados e depois a correlação simples entre as variáveis, testando seu nível de significância a 5% ($p < 0,05$) de probabilidade. Os resultados demonstraram que ao se comparar os anos de 1984 e 2007, a classe Cerrado apresentou redução de 20,9% (3.332,96 km²), a classe Solo Exposto/Talhão Agrícola apresentou aumento de 13,48% (2.149,17 km²), a classe Mata Ciliar apresenta grande oscilação durante o período analisado, apresentando redução de 2,4% (383,46 km²) e a classe Queimada apresentou dois anos com grandes áreas, 1990 com 14,3% (2.280,47 km²) e 2007 com 9,83% (1.567,24 km²). Percebe-se então a substituição da cobertura de vegetação nativa por áreas destinadas as atividades agrícolas. Não ocorreram correlações significativas entre as variáveis de classes de mudanças no uso e ocupação dos solos e as vazões, porém não pode-se afirmar que a mudança no uso e ocupação do solo não afeta a disponibilidade hídrica da bacia do rio Uruçuí-Preto.

Palavras-chaves: Vazões, desmatamento, sensoriamento remoto.

¹Orientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva – UFSP/Campus Paulo Freire, Teixeira de Freitas-BA.

ABSTRACT

SOUZA, Kaíse Barbosa. **Influence of the use and occupation of land in water availability in the Uruçuí-Preto river basin.** 2015, Chap. 3, p. 41-60. Dissertation (Masters in Soil and Plant Nutrition) – Federal University of Piauí State, Brazil².

The objective of this work was to verify the influence of changes in land use and occupation in water availability in the river basin Uruçuí-Preto, Brazil, in the period 1984 to 2007. For the evaluation of land use were used satellite images Landsat 5 TM sensor (Thematic Mapper) from 1984 to 2007. Initially was made the pre-processing of images with geometric correction and contrast of images. After correction, it was made image classification, the analysis was performed through automatic supervised classification using the maximum likelihood algorithm. Classes assigned were Brazilian Savannah, Solo Exposed/Crop Field, Burnt areas and Riparian Forest. For the analysis of the hydrological behavior we used data of fluvioimetric season of Finance Flag where it was possible to obtain the average annual flow (Qmed), the annual maximum flow rate (Qmax), the annual minimum flow (Qmin), the minimum flow seven days annual duration (Q7), and flows associated with stays of 90% (Q90) and 95% (Q95) of the year. The association between flow and land use was performed by means of qualitative and quantitative analysis, the flows relating to changes in land use and occupation. To analyze this relationship, initially made to exploratory data analysis and then the simple correlation between the variables, testing its significance level of 5% ($p < 0,05$) probability. Based on the results all classes of use and occupation presented variations at the period. When comparing the years 1984 and 2007, the Brazilian Savannah class decreased by 20.9% (3,332.96 km²), Solo Exposed/Crop Field class increased by 13.48% (2,149.17 km²) the Riparian Forest class has great sway over the period analyzed due to vegetation dynamics, a reduction of 2.4% (383.46 km²) and Burnt Areas class presented two years with large areas, 1990 (2,280.47 km²) and 2007 (1,567.24 km²). It can be seen then the replacement of native vegetation coverage areas for crop fields. There were no significant correlations between changes of class variables in the use and occupation of land and the flows, but one can not say that the change in land use and occupation does not affect water availability of Uruçuí-Preto river basin.

Keywords: Flows, deforestation, Remote Sensing.

²Adviser: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva – UFSB/Campus Paulo Freire, Teixeira de Freitas-BA.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural, considerado essencial à vida e apresenta os mais variados usos. A manutenção em padrões de quantidade e qualidade deste recurso finito representa um desafio para as sociedades, que têm como objetivo o atendimento aos seus múltiplos usos. Assim discutir e propor soluções para os problemas relativos às bacias hidrográficas, visando a sustentabilidade do uso da água, são objetivos que o planejamento e a gestão dos recursos hídricos deverão assegurar às futuras gerações.

O ciclo hidrológico de uma bacia pode ser compreendido então pela análise da variabilidade de vazões mínimas, médias, máximas e pelos níveis de água (Araújo e Rocha, 2010). As vazões mínimas são definidas através de valores numéricos que representam a quantidade de água que permanece no leito do rio em épocas de estiagem ou de baixa precipitação (Benetti et al., 2003). A vazão média expressa a máxima disponibilidade hídrica de uma bacia, porque esta é a maior vazão que pode ser regularizada em um curso de água (Tucci, 2000) e a vazão máxima é entendida como sendo o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado a ser utilizado na previsão de enchentes e em projetos de obras hidráulicas (Tucci, 2001). Enquanto, vazões de referência são o estabelecimento de um valor de vazão que passa a representar o limite superior de utilização da água em um curso de água, se tornando um dos principais entraves à implementação de um sistema de outorga (Câmara, 2003).

O regime hidrológico de um rio é afetado por diversos fatores, como o uso do solo, variabilidade climática, captações de água, barragens e mudanças climáticas, entre outros. A interferência da vegetação sobre o ciclo hidrológico ocorre pela transpiração, interceptação, capacidade de infiltração de água no solo e profundidade do sistema radicular (Zhang et al., 2001) e, desta forma então, modificações no uso e ocupação do solo praticadas na bacia hidrográfica tendem a promover modificações no seu regime hidrológico (Santos et al., 2010). Esta relação entre uso e ocupação do solo e a disponibilidade hídrica é de suma importância para o estabelecimento de medidas visando o desenvolvimento sustentável, subsidiando as ações dos órgãos responsáveis pela gestão de recursos hídricos (Farley et al., 2005), pois estas ações antrópicas, como a agricultura, têm gerado grandes impactos nas paisagens através do intenso processo de substituição das áreas naturais por diversos tipos de uso do solo e da fragmentação das áreas com cobertura florestal (Matsushita et al., 2006).

Assim a análise do comportamento hidrológico resultantes de alterações no uso dos solos ou modificações destes é de grande importância para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, sobretudo para a determinação de disponibilidade hídricas atuais e futuras (Latuf, 2007). Segundo Lopes et al. (2010) a melhor maneira de monitorar estas mudanças ocorridas no solo é através da utilização de produtos multi-temporais de sensoriamento remoto, que fornecem dados importantes sobre as características ambientais. Quando utilizadas concomitantemente com Sistemas de Informações Geográficas (SIG), proporcionam informações valiosas sobre os mecanismos de degradação (Ghosh, 1993) e auxiliam no diagnóstico dos tipos de uso e cobertura do solo.

Várias bacias hidrográficas no Brasil sofreram mudanças no uso do solo com redução da vegetação nativa para plantios agrícolas. Santos et al., (2010), por exemplo, ao analisar a relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite constatou o uso do solo foi marcado pelo desmatamento de 17,8% da vegetação nativa e expansão da agricultura em 15,2%. Coelho et al., (2014) ao estudar a dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro verificou que junto com o rápido crescimento da classe pastagem/agricultura, a paisagem predominante de vegetação nativa foi sendo substituída por uma paisagem cada vez mais devastada.

No sudoeste do estado do Piauí, a partir da década de 80, grandes mudanças também ocorreram no uso e ocupação do solo, com a supressão da vegetação para implantação. Entre as áreas que sofreram maiores substituições da cobertura vegetal nativa por cultura agrícolas está a bacia do rio Uruçuí-Preto, que entre 1984 e 2011, algumas sub-bacias da bacia perderam aproximadamente entre 20 à 50% da vegetação nativa (Ferraz et al., 2013; França et al., 2013; Martins et al., 2013; Sousa et al., 2013).

A bacia do rio Uruçuí-Preto é uma região que se destaca pela expansão agrícola e devido a sua importância econômica para o estado do Piauí percebe-se a necessidade de conhecer as alterações no uso do solo e sua influência no comportamento hidrológico. Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho verificar a influência das mudanças no uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, Piauí, no período de 1984 à 2007.

Preto: o Aw, tropical quente e úmido, com chuvas no verão e seca no inverno; BSh, semiárido quente, com chuvas de verão e inverno seco (Medeiros et al., 2013).

Segundo a Embrapa (2006), as classes mais frequentes de solos identificadas na bacia do rio Uruçuí-Preto são Latossolos Amarelos (predominantes na bacia), Neossolos, Neossolos Quartzarêncios e Hidromórficos.

De acordo com a Comdepi (2002) a identificação e descrição da vegetação na região da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto encontram-se: a partir do topo das chapadas, com a comunidade vegetal típica das savanas constituída de um estrato descontínuo composto de elementos arbustivos e arbóreos caracterizados por troncos tortuosos, casca espessa, folhas coriáceas e dossel quase sempre assimétrico. Entre as espécies mais frequentes estão o barbatimão (*Stryphnodendron barbatiman* Mart), o pau terra de folha larga (*Qualea Grandiflora* Mart.) e a simbaíba (*Curatella americana* Linn), e a superfície do solo é recoberta por um estrato gramíneo de capim agreste. Nas vertentes entre o topo das chapadas e o trecho plano por onde corre o rio Uruçuí-Preto, o cerrado se desenvolve de forma mais fechada, composto por espécies de maior porte.

Quanto à pluviometria entre os meses de novembro a março os volumes pluviométricos são elevados e nos meses de abril a outubro a bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto sofre com a escassez de água, sendo que estas características climáticas causam uma alta variabilidade na vazão dos mananciais, causando assim, em períodos de seca, a redução da quantidade e qualidade da água dos reservatórios à medida que os nutrientes são concentrados com a perda do volume de água pela evaporação e evapotranspiração (Medeiros et al., 2013).

2.2. Processamento digital das imagens

2.2.1. Imagens utilizadas

Para identificação na mudança no uso e ocupação do solo na bacia do rio Uruçuí-Preto utilizaram-se imagens do Satélite Landsat 5 sensor TM (Thematic Mapper) entre o período de 1984 a 2007, com exceção para o ano de 2002 devido a erros provenientes na captura da imagem. A escolha do ano de 1984 decorre das características do tipo de sensor, onde a partir deste período o sensor Landsat 5 TM entrou em operação continuando até janeiro de 2013, e para a escolha do ano de 2007 deveu-se ao fato que os dados consistidos de vazão apresentam até somente 2007, último ano da série da estação fluviométrica Fazenda Bandeira (código 34090000) a qual delimita a extensão da bacia

hidrográfica do rio Uruçuí-Preto. Neste estudo foram utilizadas as imagens da órbita 220 em três pontos (065, 066 e 067), sendo o período analisado anualmente.

As imagens do Landsat 5TM foram obtidas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), referentes aos meses de maio à agosto e possuem resolução espacial de 30 m e temporal de 16 dias. Para a composição colorida RGB foram utilizadas as bandas verde (banda 2: 0,53-0,61 μm), vermelho (banda 3: 0,62-0,69 μm) e infravermelho próximo (banda 4: 0,78-0,90) com a composição R (banda 3), G (banda 4) e B (banda 2), buscando realçar a vegetação em relação às demais classes. Nesta configuração a vegetação tem assinatura espectral destacada no infravermelho próximo, refletindo a cor verde, obtendo assim uma melhor visualização destas áreas e as áreas com solo exposto refletirá a radiação com uma tonalidade mais clara, variando de magenta ao roxo escuro, facilitando a visualização das fisionomias de interesse.

2.2.2. Mosaico e Georreferenciamento das imagens

Após realizar a composição das imagens, foi feito o mosaico dos três pontos, de cada ano, formando assim uma única imagem. As imagens disponibilizadas pelo INPE já estavam georreferenciadas, contudo, por ser um georreferenciamento “grosseiro”, existem pequenos deslocamentos entre cenas. Para o ano de 1984 o georreferenciamento foi realizado com base na hidrografia da bacia gerada pelo Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Consistente (MDEHC) da base SRTM. Após o georreferenciamento da imagem de 1984, esta serviu de base para o georreferenciamento das imagens dos demais anos. O georreferenciamento foi realizado seguindo os seguintes passos: i) em cada par de imagens foram coletados os pontos de controle homólogos, bem distribuídos na área bacia; ii) fez-se a calibração da equação de primeiro grau de mapeamento, que relacionou a coordenadas antigas com as novas; iii) reinterpolação dos pixels da imagem utilizando o interpolador do vizinho mais próximo, por ter a propriedade de não alterar os valores originais. Todas as etapas foram realizadas no software de Sistemas de Informações Geográficas ArcGIS 10.0, com auxílio da extensão Georeferencing e Spatial Analyst.

Realizada a correção geométrica das imagens, fez-se a extração da área de interesse, no caso a bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto. Para a extração utilizou-se a área da bacia delimitada pelo MDEHC. Para chegar ao MDEHC foram utilizados os dados altimétricos da bacia que foram obtidos por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE) da base SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission (USGS, 2005). Para que o

MDE representa-se de forma ideal os processos superficiais do escoamento superficial fez a remoção de imperfeições e depressões espúrias. Todas as etapas foram realizadas no software de Sistemas de Informações Geográficas ArcGIS 10.0, com auxílio da extensão Spatial Analyst.

2.2.3. Classificação de imagens

Após o pré-processamento das imagens, fez-se a análise e classificação das imagens. Foi utilizada a classificação automática supervisionada pelo o algoritmo de Máxima Verossimilhança. A rotulação dos pixels foi composta por 4 classes que levou em consideração o impacto ambiental, o avanço da agricultura e a semelhança de resposta espectral entre as diferentes superfícies (Tabela 1).

Tabela 1. Classes utilizadas na classificação das imagens

Classes	Descrição
Cerrado	Áreas com vegetação nativa do Bioma Cerrado
Mata Ciliar	Áreas com vegetação nativa adjacente aos cursos de água
Queimada	Áreas sem vegetação, que foram destruídas pelo fogo
Solo Exposto/Talhão Agrícola	Áreas de solo exposto e/ou com cultivo agrícola

Em seguida foi realizado o refinamento da classificação para remoção de ruídos e regiões isoladas, a fim de melhorar o resultado final e proporcionar um melhor aspecto visual das imagens. Após interação das classes e classificação das imagens foi realizado o cálculo de área para cada classe em cada ano analisado. Todas as etapas foram realizadas no software de Sistemas de Informações Geográficas ArcGIS 10.0, com auxílio da extensão Spatial Analyst.

2.3. Análise do comportamento hidrológico na bacia do rio Uruçuí-Preto

2.3.1. Dados hidrológicos

A série de dados de vazões foi proveniente da estação fluviométrica Fazenda Bandeira (código 34090000). Estas informações hidrológicas foram adquiridas do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da Agência Nacional de Águas (ANA) e todos os dados foram processados no *software* SisCAH 1.0 (GPRH, 2009).

2.3.2. Dados morfológicos da bacia

A avaliação da forma de uma bacia é efetuada a partir do cálculo de índices que procuram relações com formas geométricas conhecidas. Dentre os métodos destaca-se fator de forma o índice de compacidade.

Segundo Villela e Mattos (1975) Fator de Forma (Kf) corresponde a razão entre a área de bacia e o quadrado de seu comprimento axial medido ao longo do curso de água principal do exutório a cabeceira mais distante conforme a equação a seguir.

$$Kf = \frac{A}{L^2} \quad (1)$$

Em que,

A: área da bacia em km²; e

L: comprimento do rio principal em km.

Em relação ao Coeficiente de forma ou compacidade (Kc) é a relação entre o perímetro da bacia hidrográfica e a circunferência de um círculo com a mesma área da bacia. É um número adimensional que varia de acordo com a forma da bacia; quanto maior o coeficiente, mais longa é a bacia. Quanto mais próximo de 1, mais circular é a bacia e maior é a sua tendência a gerar enchentes rápidas e acentuadas (Villela e Mattos, 1975). É definido pela seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Em que,

P: perímetro da bacia em km; e

A: área da bacia em km².

2.3.3. Vazões máximas, médias e mínimas

Para a realização deste estudo foi analisado os dados da estação fluviométrica da Fazenda Bandeira, com a análise da série temporal no período 1984 a 2007. A partir da série histórica foi possível obter a vazão média anual (Qmed), a vazão máxima anual (Qmax), a vazão mínima anual (Qmin), a vazão mínima com sete dias de duração anual (Q7), e as vazões associadas às permanências de 90% (Q90) e 95% (Q95) do ano. Desta forma, obteve-se a série anual com as vazões Qmax, Qmed, Qmin, Q7, Q90 e Q95.

As vazões associadas à permanência de 90% e 95% foram obtidas pelas curvas de permanência da estação fluviométrica com base em dados diários, retratando a parcela de tempo que determinada vazão é igualada ou superada durante o período analisado.

2.4. Associação entre vazões e uso e ocupação do solo.

A associação entre vazões e uso do solo foi realizada por meio de análise qualitativa e quantitativa a partir dos dados da estação fluviométrica. A análise qualitativa tem como finalidade associar a influência existente do uso do solo no comportamento das vazões, por meio da observação da variação dos comportamentos das variáveis de vazões e classes de uso do solo nos gráficos resultantes. Nesta etapa foram utilizadas séries temporais das vazões e uso e ocupação do solo, em que a partir desta relação foram gerados gráficos das séries temporais no período de 1984 a 2007 relacionando as vazões com as alterações no uso e ocupação do solo. As vazões utilizadas foram as vazões máximas (Qmax), médias (Qmed) e mínimas (Q7, Q90, Q95).

Para analisar a relação entre as vazões e classes de solo, inicialmente fez-se a análise exploratória dos dados constituída de valores mínimos e máximos seguidos da média, desvio padrão, coeficiente de variação e erro padrão da média conforme as equações 3, 4, 5 e 6 respectivamente. Logo após realizou-se a correlação simples entre as variáveis, de acordo com a equação 7, testando seu nível de significância a 95% ($p < 5\%$) de probabilidade no software SAS 9.0 pelo procedimento estatístico PROC CORR.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (3)$$

Em que,

\bar{x} : média aritmética amostral;

x_i : valores que a variável x assume; e

n: número de valores.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (4)$$

Em que,

s: desvio padrão;

x_i : valores que a variável x assume;

\bar{x} : média aritmética amostral; e

n: número de valores.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \quad (5)$$

Em que,

CV: coeficiente de variação em porcentagem;

s: desvio padrão amostral; e

\bar{x} : média aritmética amostral.

$$S\bar{X} = \pm \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

Em que,

$S\bar{X}$ = erro-padrão da média;

s: desvio padrão amostral; e

n: número de valores.

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2)(\sum(y_i - \bar{y})^2)}} \quad (7)$$

Em que,

r: coeficiente de correlação simples;

x e y: valores das variáveis; e

\bar{x} e \bar{y} : médias dos valores x e y.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise exploratória de todo os dados

Pela análise exploratória dos dados, observou-se que a variável queimada apresentou o maior coeficiente de variação, isto devido ao comportamento da variável que em anos apresentou áreas queimadas e outros anos não (Tabela 2). De modo geral, as variáveis de uso e ocupação do solo apresentaram os maiores coeficientes de variação, isto principalmente a dinâmica que a vegetação tem na região em razão do regime de precipitação, com exceção da vazão máxima (Qmax) que possui natureza de valores discrepantes.

Tabela 2. Análise exploratória de todas as classes e vazões

Variáveis	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV(%)	EPM
Solo Exposto/Talhão Agrícola	23	4.362,00	9.025,00	6.451,00	1.292,00	20,03	269,35
Queimada	23	0,00	2.280,00	280,97	554,10	197,21	115,54
Mata Ciliar	23	376,43	2.949,00	1.341,00	488,95	36,46	101,95
Cerrado	23	5.529,00	10.239,00	7.875,00	1.493,00	18,96	311,36
Qmax	23	53,66	116,81	76,32	18,38	24,08	3,83
Qmin	23	19,19	27,01	23,39	1,83	7,82	0,38
Qmed	23	28,81	42,17	35,64	3,45	9,69	0,72
Q95	23	22,06	28,23	24,26	1,72	7,07	0,36
Q90	23	22,45	29,23	24,89	1,78	7,16	0,37
Q7	23	19,23	27,77	23,62	1,90	8,06	0,40

em que: N – número de observações, anos; CV – coeficiente de variação; e EPM – erro padrão da média.

3.2. Análise morfométrica da bacia

O coeficiente de compacidade (Kc) calculado para a bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto foi de 2,26. Um coeficiente igual à unidade 1,0 corresponde a uma bacia circular e como a tendência à enchente de uma bacia será tanto maior quanto mais próximo da unidade for este coeficiente, constata-se que em relação ao Kc a bacia demonstra ser susceptível ao escoamento por ser mais alongada. Garcez et al.(1988) afirma que desde que outros fatores não interfiram, valores menores do índice de compacidade indicam maior potencialidade de produção de picos de enchentes elevados.

Com relação ao fator de forma (Kf) a bacia apresentou valor igual a 0,16. Numa bacia estreita e longa, com fator de forma baixo, há menos possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda a extensão da bacia. Segundo Villela e Mattos (1975), as bacias alongadas possuem menor concentração do deflúvio.

Tabela 3. Características físicas da bacia do rio Uruçuí-Preto

Características físicas	Resultados
Perímetro total (P)	1.022,08
Comprimento do rio principal (L)	312,82
Área (A)	15.907,64
Fator de forma (Kf)	0,16
Coefficiente de compacidade (Kc)	2,26

3.3. Classificação e variabilidade das classes de uso e ocupação do solo

A classe Cerrado sofreu redução das áreas no período analisado. Comparando os anos 1984 e 2007 houve uma redução relevante de 3.332,95 km² de área de vegetação, ou seja, 20,9%, com exceção para o ano de 1987, 1989, 1991 e 1995 onde houve aumento das áreas de Cerrado (Tabela 4). O período de 1992 à 1993 foi o que sofreu desmatamento mais acentuado, representando uma redução 3.497,81 km² no Cerrado, o que corresponde a uma redução de 21,93%. A redução das áreas de Cerrado ocorreu devido ao desmatamento para fins agrícolas na região, ocorrendo uma inversão entre 1984 e 2007 com as áreas de Solo Exposto/Talhão Agrícola (Tabela 4). No município de Uruçuí, ocorreu a exploração moderna da agropecuária desde a década de 70 e foi intensificada na década de 90, com a produção graneleira, alicerçada no monocultivo de soja. Esse município sedia a maior produção de grãos do Estado (Aguilar e Monteiro, 2005).

As áreas de solo exposto/talhão agrícola aumentaram ao se comparar os anos de 1984 e 2007, ocorrendo um aumento estimado em 2.149,17 km² (13,48%) (Tabela 4). É importante salientar que muitas áreas de solo exposto são áreas agrícolas, logo este aumento do solo exposto podem ser atribuídas devido ao aumento das áreas agrícolas e redução da vegetação natural. Souza (2012) ao analisar a evolução da variação do dossel de parte do sul do cerrado piauiense, onde área de estudo abrange vários municípios como Uruçuí, verificou que no período de 1984 a 2008 também houve aumento das áreas de solo exposto/talhão agrícola.

Tabela 4. Quantificação nas classes de uso e ocupação do solo (em km² e em porcentagem) da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto, durante o período de 1984 a 2007 a partir da classificação supervisionada

ANO	Cerrado		Solo exposto/Talhão Agrícola		Mata ciliar		Queimadas	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
1984	9.719,74	60,95	5.468,29	34,29	759,89	4,76	0,00	0,00
1985	8.697,64	54,54	5.614,94	35,21	1.556,80	9,76	78,54	0,49
1986	8.131,37	50,99	6.656,26	41,74	1.077,51	6,76	82,78	0,52
1987	9.855,02	61,80	4.362,19	27,35	1.548,03	9,71	182,67	1,15
1988	8.217,86	51,53	6.104,79	38,28	1.512,37	9,48	112,91	0,71
1989	8.578,25	53,79	6.478,87	40,63	890,80	5,59	0,00	0,00
1990	6.151,58	38,57	6.285,10	39,41	1.230,76	7,72	2.280,47	14,30
1991	10.239,04	64,20	4.376,13	27,44	1.251,50	7,85	81,25	0,51
1992	10.175,59	63,81	4.798,01	30,09	914,58	5,73	59,73	0,37
1993	6.677,78	41,87	8.062,81	50,56	1.207,33	7,57	0,00	0,00
1994	5.528,97	34,67	9.025,12	56,59	1.246,59	7,82	147,23	0,92
1995	10.047,03	63,00	4.660,43	29,22	1.240,46	7,78	0,00	0,00
1996	8.977,67	56,29	5.566,72	34,91	1.374,74	8,62	28,80	0,18
1997	8.701,45	54,56	5.348,09	33,53	1.493,06	9,36	405,32	2,54
1998	7.835,11	49,13	6.280,39	39,38	1.630,18	10,22	202,25	1,27
1999	6.750,47	42,33	7.661,64	48,04	1.282,87	8,04	252,94	1,59
2000	7.031,60	44,09	6.935,80	43,49	1.264,53	7,93	715,99	4,49
2001	7.453,84	46,74	7.008,06	43,94	1.304,51	8,18	181,51	1,14
2003	7.117,52	44,63	6.993,91	43,85	1.753,90	11,00	82,59	0,52
2004	6.800,88	42,64	8.129,53	50,98	1.017,51	6,38	0,00	0,00
2005	6.055,60	37,97	7.933,53	49,75	1.958,80	12,28	0,00	0,00
2006	5.987,35	37,54	7.011,32	43,96	2.949,25	18,49	0,00	0,00
2007	6.386,78	40,05	7.617,46	47,76	376,43	2,36	1.567,24	9,83

A classe Mata Ciliar apresentou intensa variação no decorrer dos anos, onde ocorreu alternância de aumento e redução em praticamente todos os anos, fato que pode ser observado pelo alto coeficiente de variação (197,2%) (Tabela 2). Esta ocorrência poderia se justificar pelo fato que em alguns anos o aumento destas áreas ocorreu devido a dinâmica da vegetação e, também a áreas Cerrado com alta densidade arbórea terem sido classificadas como Mata Ciliar, aumentando assim os valores das áreas enquanto que a redução está associada ao aumento áreas de solo exposto da região. Comparando o ano de 1984 e 2007, houve uma diminuição de 383,46 km², ou seja, 2,4%. O período de 2006 a 2007 apresentou a maior taxa de redução de áreas de mata ciliar estimado em 16,13%, pois em 2006 apresentavam 2.949,25 km² e foram reduzidas para 376,43 km² (Tabela 4).

Em relação à classe Queimadas, no decorrer dos anos houve variação das áreas como pode ser observado pelo alto coeficiente de variação (Tabela 2), com exceção para o período de 1984 em que não se apresentou vestígios de incêndios e o maior foco de queimadas ocorreu em 1990, estimado em 2.280,47 (14,30%) (Tabela 4). Silva et al. (2015) também constatou resultados semelhantes a este trabalho, ao analisar a evolução temporal do desmatamento na bacia do riacho da Estiva, afluente do rio Uruçuí-Preto, onde os resultados comprovam também que em 1984 não há indícios de queimadas e 1990 apresentou também o maior foco de queimadas. No período de 1984 a 1990 houve o maior aumento das áreas de queimadas, com exceção dos anos de 1988 e 1989, onde ocorreram poucas queimadas. Silva et al. (2014) ao analisar a evolução temporal do desmatamento e expansão agrícola entre 1984 a 2010 na sub-bacia do rio Uruçuí-Preto, Piauí, também constataram que entre os anos de 1984 e 1990, houve aumento das áreas afetadas por queimadas.

3.4. Comportamento das variáveis hidrológicas

As vazões máximas apresentaram maior variação no decorrer do período analisado (Tabela 5), apresentando valores extremos, sendo os maiores valores para os anos de 1985, 1990, 1992 e 2004, variando entre 100,51 a 116,81 m^3s^{-1} e os menores valores ocorreram nos períodos de 1987, 1993, 1996, 1998 e 2001, variando entre 53,66 a 58,74 m^3s^{-1} (Tabela 5). As vazões mínimas anuais, estas sofreram pequenas variações onde o maior valor registrado foi em 1989 representando 27,01 m^3s^{-1} e o menor valor foi registrado no ano de 2007, 19,19 m^3s^{-1} . Já as vazões médias também apresentaram variações, onde o ano de 2007 apresentou o menor valor registrado, 19,19 m^3s^{-1} e o maior valor foi no ano de 1985, 42,17 m^3s^{-1} . Quanto às vazões mínimas de referência, na Q95 houve variações onde o ano de 1984 apresentou menor valor correspondente a 22,06 m^3s^{-1} e o ano de 1989 apresentou maior valor, 28,23 m^3s^{-1} . Para a vazão mínima Q90 o maior valor ocorreu em 1989, 29,23 m^3s^{-1} e o menor valor em 2007, 22,87 m^3s^{-1} . Em relação a vazão mínima Q7 o ano de 1989 também apresentou o maior valor, 27,77 m^3s^{-1} , mas o menor valor foi referente ao ano de 2005, 21,70 m^3s^{-1} .

Tabela 5. Quantificação das vazões em (m³s⁻¹) para o período de 1984 a 2007

ANO	Vazões (m ³ s ⁻¹)					
	Máxima (Qmax)	Mínima (Qmin)	Média (Qmed)	Q95	Q90	Q7
1984	66,04	21,70	31,07	22,06	22,45	22,03
1985	101,67	24,07	42,17	25,39	26,34	24,38
1986	72,89	24,79	37,08	25,79	26,46	25,18
1987	58,44	22,40	32,63	23,47	24,13	22,70
1988	68,75	24,79	36,88	25,52	26,26	25,04
1989	97,04	27,01	41,79	28,23	29,23	27,77
1990	100,51	26,76	37,74	27,31	27,85	26,76
1991	65,03	24,31	36,81	25,25	26,10	24,51
1992	116,81	23,83	36,88	24,53	25,08	24,07
1993	56,19	23,11	31,84	23,87	24,34	23,18
1994	64,03	22,40	33,55	23,30	23,70	22,64
1995	63,69	23,35	36,74	23,76	24,53	23,42
1996	58,77	21,70	35,85	23,56	24,58	22,23
1997	87,25	25,52	38,90	26,29	26,59	25,88
1998	53,66	22,40	32,29	23,05	23,35	22,74
1999	81,40	23,11	36,90	23,84	24,41	23,28
2000	86,15	25,28	40,88	25,92	26,78	25,59
2001	54,29	24,31	33,95	24,72	25,03	24,34
2003	70,12	21,70	32,85	22,47	23,22	21,73
2004	107,17	22,64	36,82	23,10	23,54	22,84
2005	79,60	21,70	34,92	22,17	22,87	21,70
2006	83,58	21,93	32,36	22,20	22,87	22,03
2007	62,37	19,19	28,81	22,20	22,87	22,87

3.5. Associação entre as classes de uso e ocupação do solo e variáveis hidrológicas

Pelas correlações simples (r) calculadas entre todas as variáveis analisadas, ocorreu correlação negativa e significativa entre as classes de uso e ocupação do solo: Solo Exposto/Talhão Agrícola e Cerrado (Tabela 6). A correlação negativa e significativa entre Solo Exposto/Talhão Agrícola e Cerrado reforça os dados apresentados anteriormente, onde as áreas de Cerrado foram substituídas por áreas agrícolas, Solo Exposto/Talhão agrícola (Tabela 4).

As vazões somente apresentaram correlações positivas e significativas com outras vazões estudadas, o que era previsto, pois quando o volume precipitado aumenta todas as vazões aumentam também, incluindo as vazões mínimas, o mesmo ocorre quando o volume precipitado diminui, reduzindo todas as vazões (Tabela 6).

Não ocorreram correlações significativas entre as variáveis de classes de mudanças no uso e ocupação dos solos e as vazões (Tabela 6), porém não se pode afirmar que a mudança no uso e ocupação do solo não afeta a disponibilidade hídrica da bacia do rio Uruçuí-Preto. A falta de correlação significativa, ou a baixa correlação, também foi observada por Vanzela et al. (2010), no qual ocorreu correlação baixa, porém significativa, somente com algumas classes de uso e ocupação do solo, diferentes das

classes deste trabalho. Almeida (2007) também não associou o aumento do desflorestamento a aumentos nos valores de vazão ao analisar a influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, Espírito Santo. O mesmo autor afirma que com relação a vazão, a não correlação com o desmatamento pode ser explicada por vários fatores, como o tamanho da bacia. Bosch e Hewlett (1982) afirma que os trabalhos que associam o aumento do desflorestamento a aumentos nos valores de vazão são resultantes de trabalhos realizados em bacias menores que 1 km² e Costa et al. (2003) também afirmam que nestes trabalhos havia controle das condições que exercem influência no processo, o que não ocorre na realidade. Hewlett (1982) afirma que em relação a não correlação da resposta hidrológica com o desmatamento também ocorre pelo fato de que a mesma é em geral controlada principalmente pela geologia e menos pelo uso da terra, em especial em bacias grandes.

Tabela 6. Correlação simples (r) entre as variáveis analisadas

	SoloExp	Queim	Mata	Cerrado	Qmax	Qmin	Qmed	Q95	Q90	Q7
SoloExp	1.0000	0.0878	0.0332	-0.9085***	-0.0252	-0.2510	-0.2389	-0.2624	-0.2853	-0.2691
Queim		1.0000	-0.2816	-0.3548	0.1505	0.1399	-0.0391	0.2614	0.2409	0.1039
Mata			1.0000	-0.2517	-0.0348	-0.0670	-0.0352	-0.2237	-0.2071	-0.0848
Cerrado				1.0000	-0.0226	0.1872	0.2327	0.2032	0.2253	0.2220
Qmax					1.0000	0.4341*	0.6313**	0.4045	0.4065	0.4307*
Qmin						1.0000	0.7867***	0.9469***	0.9247***	0.9959***
Qmed							1.0000	0.7882***	0.8140***	0.8015***
Q95								1.0000	0.9929***	0.9541***
Q90									1.0000	0.9351***
Q7										1.0000

em que: SoloExp - classe Solo Exposto/Talhão Agrícola; Queim – classe Queimadas; Mata – classe Mata Ciliar; Cerrado – classe Cerrado; Qmax – vazão máxima; Qmin – vazão mínima; Qmed – vazão média; Q95 – vazão associada a 95% do tempo de ocorrência; Q90 – vazão associada a 90% do tempo de ocorrência; Q7 – vazão mínima média observada em sete dias consecutivos; * – significativo a 5% de probabilidade; ** – significativo a 1% de probabilidade; *** – significativo a 0,1% de probabilidade.

As vazões máximas não apresentaram correlação significativa com as áreas de Cerrado, pois as vazões máximas variaram bastante mas não aumentaram com a redução da vegetação nativa. Em relação a classe solo exposto este também não apresentou correlação visto que as vazões máximas deveriam aumentar concomitante ao aumento das áreas de solo exposto. Tucci (2002) afirma que experimentos que obtiveram aumento ou diminuição das vazões mínimas após o desmatamento da bacia hidrográfica, estão relacionados com as alterações na superfície do solo após o desmatamento. Quando as condições de infiltração após o desmatamento são mantidas e, por consequência, a taxa

de infiltração, ocorre aumento da recarga em detrimento da redução da evapotranspiração, aumentando as vazões mínimas; por outro lado, se as condições de infiltração são prejudicadas, o escoamento superficial aumenta, reduzindo a recarga do aquífero e, por consequência, ocorre o aumento das vazões máximas. Porém, estas afirmativas não foram observadas neste trabalho, possivelmente em razão do tamanho da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto.

A classe Mata Ciliar no ano de 1992 apresentou considerável redução, enquanto a vazão máxima apresentou o maior valor, $116,81 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Já no ano de 1998 apresentou a vazão máxima apresentou o menor valor, $53,66 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, enquanto que no mesmo ano ocorreu um aumento da classe Mata Ciliar. A Mata ciliar representa um obstáculo para o escoamento superficial no solo, aumentando a infiltração da água no solo e diminuindo consequentemente as vazões máximas.

Entre a classe Cerrado e vazão média, deveria ocorrer uma correlação negativa, com a diminuição ao longo do tempo destas variáveis, de acordo com Collischonn et al. (2001). Latuf (2007) considera a correlação entre vazão média e cerrado também como negativa, pois com o aumento de cerrado espera-se uma redução nos valores da vazão média, devido ao aumento do consumo de água por evapotranspiração. Assim, como Santos (2010) que constatou ao avaliar a relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite que a expansão da área de agricultura indica tendência de aumento das vazões médias.

De forma geral em as classes de uso e ocupação do solo não apresentaram correlação com as vazões e consequentemente com a inercia hídrica da bacia. Segundo Almeida (2007) o volume de água e de energia que circula em bacias de larga escala é muito grande, provavelmente amenizando os efeitos hidrológicos das mudanças de uso e de cobertura da terra. Como a bacia do rio Uruçuí-Preto possui uma extensa área, sendo caracterizada como uma bacia de grande porte, esse fato pode justificar a falta de correlação entre as variáveis estudadas.

4. CONCLUSÃO

Entre 1984 e 2007 ocorreu a substituição das áreas de cerrado por áreas agrícolas. Não ocorreram correlações significativas entre as variáveis de classes de mudanças no uso e ocupação dos solos e as vazões, porém não pode-se afirmar que a mudança no uso e ocupação do solo não afeta a disponibilidade hídrica da bacia do rio Uruçuí-Preto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, T. J. A.; MONTEIRO, M. S. L. Modelo Agrícola e Desenvolvimento Sustentável: A Ocupação do Cerrado Piauiense. **Ambiente & Sociedade**. v. 8, n. 2., p.161-178. 2005.
- ALMEIDA, A. Q. **Influência do desmatamento na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Córrego do Galo, Domingos Martins, ES**. 2007. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Espírito Santos, Vitória.
- BENETTI, A. D.; LANNA, A. E.; COBALCHINI, M. S. Metodologias para Determinação de Vazões Ecológicas em Rios. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n.2, p.149–160. 2003.
- BOSCH, J.M.; HEWLETT, J.D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, v. 55, p. 3-23, 1982.
- CAMARA, A. C. F. C. **Análise da vazão máxima outorgável e da introdução simplificada da qualidade da água no processo de outorga da bacia do Rio Gramame (PB)**. 2003. 219p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.
- COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; NETO, A. R.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.18, n.1, p.64-72, 2014.
- COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay: Part of a wider phenomenon of climate change? **Journal of Hydrology**, v.245, n. 1-4, p.218-238, 2001.
- COMDEPI. Companhia de desenvolvimento do Piauí. **Estudo de viabilidade para aproveitamento hidroagrícola do vale do rio Uruçuí Preto**. Teresina, 2002.
- 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**, v. 283, n. 1-4, p. 206–217, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FARLEY, K. A.; JOBBAGY, E. G.; JACKSON, R. B. Effects of afforestation on water yield: A global synthesis with implications for policy. **Global Change Biology**, v.11, n.10, p.1565-1576, 2005.

GARCEZ, L. N. & ALVAREZ, G. A., Hidrologia, 2ª edição Revista e Atualizada, Editora Edgard Blucher, 1988.

GHOSH, T. K. Environmental impacts analysis of desertification through remote sensing and land based information system. **Journal of Arid Environments**, v.25, n. 1, p.141-150, 1993.

LATUF, M.O. **Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do rio Preto e Ribeirão entre Ribeiros**. 2007. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

LOPES, F.; MIELNICZUK, J.; OLIVEIRA, E. S.; TORNQUIST, C. G. Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n. 10, p.1038-1044, 2010.

MATSUSHITA, B.; XU, M.; FUKUSHIMA, T. Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura, Japan using a high-quality GIS dataset. **Landscape and Urban Planning**, v.78, n. 3, p.241-250, 2006.

MEDEIROS, R. M.; SILVA, V.P. R.; FILHO, M. F. G. ANÁLISE HIDROCLIMÁTICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUÇUÍ PRETO – PIAUI. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. n. 5, n. 4, p. 151-163. 2013.

OLIVEIRA, P.H.S., FRANCISCO, C.N., 2010. Cobertura florestal e disponibilidade hídrica na bacia do ribeirão Espírito Santo em Juiz de Fora-MG. **Anais... XVI ENCONTRO NACIONAL DOS GEOGRÁFOS**, 16, Porto Alegre, 2010. Porto Alegre: Associação dos Geógrafos Brasileiros, pp. 1-9., 2010.

SANTOS, E. H. M.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.8, p.826–834, 2010.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S.P.; SOUZA, C. A. M. Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal. 2.ed. Santa Maria, RS. UFSM. 2009. 294p.

SILVA, J. B.L.; SOUSA, P. A.; SOUZA, K. B.; ALMEIDA, K. N. S.; PIRES, L. C. Evolução temporal do desmatamento na Bacia do Riacho da Estiva, Piauí. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, v.23, n.4, p.363-370. 2015.

SOUZA, K.B. **Análise temporal da variação do dossel de parte do sul do cerrado piauiense**. Monografia de Conclusão de Curso, Bom Jesus, p. 36. 2012.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre, RG: UFRGS, 2001. 943 p.

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos**. Brasília: Agencia Nacional de Águas, 2002. 150p.

TUCCI, C. E.M. **Regionalização de Vazões, Porto Alegre**: ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica- Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. Instituto de pesquisas hidráulicas/ UFRGS. 168p, 2000.

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

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

ZHANG, L.; DAWES, W. R.; WALKER, G. R. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. **Water Resources Research**, v.37, n.3, p.701-708, 2001.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do mapeamento do uso e cobertura do solo, foi possível identificar os padrões de ocupação na bacia onde houve variações em todas as classes de uso ao decorrer do período analisado com consequente substituição da cobertura de vegetação nativa por áreas destinadas as atividades agrícolas.

Percebe-se a necessidade de medidas de controle e fiscalização destas áreas afim oferecer subsídios a ações de planejamento e ordenamento territorial, assim como preservar o bioma existente, visto que esta região estar sendo constantemente modificada.

Através destas imagens foi possível realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Uruçuí-Preto onde aponta que a bacia apresenta um forte controle estrutural da drenagem, sendo este comprovado pelo fator de forma e pelo coeficiente de compacidade demonstrando a forma alongada da bacia.

As modificações no uso e ocupação do solo não tiveram influência significativa na inercia hídrica e disponibilidade hídrica, no entanto, outros fatores inerentes ao processo devem ser considerados principalmente o tamanho da bacia, o qual apresenta uma área significativa dificultando o controle de todos os agentes como a geologia, uso do solo, relevo e parâmetros climáticos os quais interferem na sua dinâmica hidrológica.