



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**COBERTURA VEGETAL E EVOLUÇÃO DO USO AGRÍCOLA DO SOLO DA
REGIÃO DE CHAPADINHA - MA**

RAIMUNDO NONATO MORAES COSTA

**AREIA, PB
MAIO - 2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

RAIMUNDO NONATO MORAES COSTA

**COBERTURA VEGETAL E EVOLUÇÃO DO USO AGRÍCOLA DO SOLO DA
REGIÃO DE CHAPADINHA - MA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de “Mestre em Agronomia”. Área de Concentração: Ecologia Vegetal e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade
Co-orientadora: Dra. Kallianna Dantas Araujo

AREIA, PB
MAIO - 2010

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.

C837c Costa, Raimundo Nonato Moraes.

Cobertura vegetal e evolução do uso do solo da região de Chapadinha-MA.
/ Raimundo Nonato Moraes. - Areia: UFPB/CCA, 2010.

56 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências
Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

Bibliografia.

Orientador: Alberício Pereira de Andrade.

Co-orientadora: Kallianna Dantas Araujo.

1. Ecologia vegetal 2. Solo – Exploração agrícola 3. Cerrado
Chapadinha-MA 4. Geoprocessamento I. Andrade, Alberício

RAIMUNDO NONATO MORAES COSTA

COBERTURA VEGETAL E EVOLUÇÃO DO USO AGRÍCOLA DO SOLO DA
REGIÃO DE CHAPADINHA - MA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de “Mestre em Agronomia”. Área de concentração: Ecologia Vegetal e Meio Ambiente

Aprovada em: 14/05/2010

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade
INSA/MCT
Orientador

Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes
INSA/MCT
Examinador

Prof. Dr. Jacob Silva Souto
CSTR/UFCG
Examinador

À minha esposa Meire e às minhas filhas Thaís e Talita, minha família que tanto amo, onde mesmo distante do convívio familiar, sofrendo com a ausência, acúmulo das atividades rotineiras, dispensaram todo o apoio, carinho, proporcionando força e encorajamento desde o início desta caminhada empreendida até a sua conclusão.

Dedico.

O sábio sempre acha que pouco sabe. Descontente, está sempre ávido em busca do saber, por isso é sábio.

O idiota sempre acha que muito sabe. Convencido, nada busca. Por isso é o que é, um idiota.

Contudo, o tempo é gestor da razão. A verdade é o pêndulo que equilibra a balança da vida. A vida é uma escola. O mundo é um professor. Nós, os eternos discípulos. Deus, o Senhor de tudo.

Ferreira de Assaré.

Agradecimentos

Ao Senhor Jesus Cristo por iluminar meu caminho e dar forças para seguir em frente na busca deste objetivo.

À CAPES pela concessão de bolsa durante o período de estudo para conclusão do mestrado.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFET), pela licença concedida nesse período.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), por proporcionar tão valiosa capacitação.

Aos professores da banca examinadora, pelas valiosas contribuições a este trabalho.

Ao Professor Doutor Albericio Pereira de Andrade por gentilmente ter aceitado ser meu orientador, se constituindo em um amigo, incentivando-me na conquista deste ideal, por todo apoio, confiança e pelas valiosas contribuições que enriqueceram a dissertação e o meu aprendizado.

À Doutora Kallianna Dantas Araujo, pela orientação, acompanhamento, apoio, enfim, o baluarte que foi na conclusão deste trabalho.

Ao Professor Doutor Ivandro de França da Silva, não só pela orientação e acompanhamento no Estágio Docência, mas pela amizade constituída.

À Mestre Maria José Vicente de Barros, do laboratório de geoprocessamento da UFPB, Campus I, João Pessoa, a qual com toda boa vontade ajudou no processamento da imagem e confecção dos mapas.

Ao Doutor Diogo Neder, do Instituto Nacional do Semiárido pelas idéias que ajudaram no enriquecimento deste trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal da Paraíba (PPGA/UFPB), por suas aulas, orientações, experiência e amizade, que serviram para o meu amadurecimento.

À Professora da Universidade Estadual do Maranhão Juliane Borrvalho de Andrade, pelo trabalho de formação de banco de imagens de satélite, georeferenciamento, classificação, segmentação e interpretação das imagens, a sua ajuda foi primordial para a realização deste trabalho.

À minha maravilhosa turma do Mestrado, pelo convívio, troca de experiências, momentos de prazer e brincadeiras neste período que só me fizeram crescer, vou lembrar sempre.

A todos amigo(as). Foi muito bom ter conhecido vocês, melhor ainda foi ter convivido com vocês, em especial aos companheiros de moradia: Marcos e Fabrício, amigos que muito me ajudaram, valeu!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Caracterização da vegetação e edafoclimática da região de Chapadinha - MA.....	3
2.2. Uso agrícola do solo.....	7
2.3. Uso de imagem como ferramenta para interpretação agrícola.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1. Caracterização geral da área de estudo.....	17
3.2. Parâmetros avaliados.....	19
3.2.1. Levantamento de informações (em campo).....	19
3.2.2 Tratamento dos dados (em laboratório).....	19
3.2.3. Análise, a partir dos dados do IBGE, do tipo de ocupação agrícola da região de Chapadinha - MA.....	20
3.2.4. Processamento de dados e confecção de mapas referentes à distribuição das tipologias vegetais do município de Chapadinha - MA.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1. Análise da distribuição espacial do uso do solo e da tipologia vegetal de Chapadinha - MA.....	23
4.2. Distribuição das classes de solos da região de Chapadinha - MA e seu uso agrícola.....	42
5. CONCLUSÕES.....	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Faixa de valores relativos aos elementos de importância para a fertilidade e adubação de alguns solos brasileiros.....	9
TABELA 2. Distribuição espacial da vegetação, uso da terra, em 2009, em Chapadinha - MA.....	26
TABELA 3. Culturas agrícolas do município de Chapadinha - MA, referentes ao período de 1990 a 2007.....	29
TABELA 4. Média e desvio padrão das culturas agrícolas em termos de área plantada (ha) do município de Chapadinha - MA, referentes ao período de 1990 a 2007.....	30
TABELA 5. Tipos de rebanhos e número de animais (cabeças) encontrados em Chapadinha - MA, nos anos de 1996 e 2006.....	35

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Distribuição espacial do bioma Cerrado no território brasileiro.....	4
FIGURA 2. Principais fisionomias encontradas no bioma Cerrado.....	6
FIGURA 3. Mapa de localização do Município de Chapadinha - MA, ano 2009.....	17
FIGURA 4. Carta-Imagem, município de Chapadinha – MA, ano 2009, composição colorida RGB – Bandas 3, 4 e 5, Pontos/Órbita: 220/62 e 220/63.....	23
FIGURA 5. Carta-Imagem, município de Chapadinha – MA, ano 2009, composição colorida RGB – Bandas 3, 4 e 5, Pontos/Órbita: 220/62 e 220/63.....	24
FIGURA 6. Mapa de uso e classes de vegetação, município de Chapadinha – MA, ano 2009, composição colorida RGB – Bandas 3, 4 e 5, Pontos/Órbita: 220/62 e 220/63.....	25
FIGURA 7. Uso da queimada para limpeza do terreno e posterior plantio de mandioca, arroz, feijão e milho, em Chapadinha - MA.....	33
FIGURA 8. Vegetação típica do Cerrado, em Chapadinha - MA.....	36
FIGURA 9. Área de Campo Cerrado, em Chapadinha - MA.....	38
FIGURA 10. Área de Palmácea <i>Orbignya speciosa</i> Mart. (Babaçu) em fase de regeneração, em Chapadinha – MA.....	40
FIGURA 11. Mapa exploratório-reconhecimento de solos de Chapadinha - MA.....	43
FIGURA 12. Áreas utilizadas para o preparo do plantio de soja, arroz e milho, em Chapadinha - MA.....	44
FIGURA 13. Semeadores de soja (B) e colheitadeira utilizada para ceifar e ensacar soja (A), em Chapadinha - MA.....	45

RESUMO

COSTA, R. N. M. **Cobertura vegetal e evolução do uso agrícola do solo da região de Chapadinha - MA.** Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, maio de 2010. 56 p.il. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Orientador: Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade

Objetivou-se com esta pesquisa analisar a evolução do uso agrícola do solo e a atual distribuição espacial da vegetação nativa, e suas conseqüências sobre o Cerrado na área de abrangência do município de Chapadinha, região leste do Estado do Maranhão. Para tanto, realizou-se visitas de reconhecimento em áreas agrícolas, as quais foram georeferenciadas. As informações obtidas no campo foram inseridas em banco de dados em Sistema de Informações Geográficas (SIG). O SIG utilizado foi o SPRING, *software* livre, versão 4.3.2 desenvolvido pelo INPE (2007). Também, fez-se um levantamento dos dados do IBGE das culturas agrícolas exploradas no município no período de 1990 a 2007, considerando as dimensões das áreas plantadas e tipologia, bem como os referentes à pecuária dos anos de 1996 e 2006. Utilizou-se, ainda, Imagem LANDSAT 5 do ano de 2009 visando identificar as classes de vegetação e uso do solo. Constatou-se que a vegetação natural vem sendo alterada pela ação antrópica, notadamente em relação às classes de vegetação com predomínio de Palmáceas; A acelerada ocupação das áreas de vegetação nativa em decorrência do avanço da produção agrícola é mais evidente após a introdução do cultivo da soja, indicando que em pouco tempo alcançará uma área de grandes dimensões do município; As áreas ocupadas com culturas consideradas estratégicas para alimentação da população local, como arroz, milho, feijão e mandioca, vem perdendo espaço para o cultivo da soja; A diversidade da vegetação nativa, com predominância de Palmáceas, vem progressivamente dando lugar a uma vegetação secundária, sem expressão econômica, em decorrência da pressão antrópica; Os cultivos agrícolas de soja, arroz e milho se dão, predominantemente, nas classes de solos LATOSSOLOS, ARGISSOLOS, PLINTOSSOLOS.

Palavras-chave: exploração agrícola, uso do solo, Cerrado, geoprocessamento

ABSTRACT

COAST, R. N. M. Evolution of vegetation cover and agricultural use in the region of Chapadinha - MA.. Areia - PB, Center of Agrarian Sciences, UFPB, April, 2010. 56 p.il. Essay. Master Degree Program Guider: Prof. Dr. Albericio Pereira de Andrade.

The objective of this research was to analyze the evolution of agricultural use of the soil and the actual distribution of native vegetation, and their consequences on the Cerrado in the area of the municipality of Chapadinha, eastern region of Maranhão state. For this purpose, there was recognition visits to agricultural areas. Information obtained in the field were entered into the database in a Geographic Information System (GIS). The GIS used SPRING, free software, Version 4.3.2 developed by INPE (2007). Also, a survey was made of data from the IBGE agricultural crops in the municipality in the period 1990 to 2007, considering the size of areas planted and typology, as well as those relating to the livestock of the years 1996 and 2006. It was used also LANDSAT 5 image of 2009 to identify the classes of vegetation and land use. It was found that natural vegetation has been altered by human action, notably in relation to vegetation classes with a predominance of Palmaceae; The accelerated occupation of areas of native vegetation due to the advancement of agricultural production is more evident after the introduction of soybean cultivation indicating that soon reach a large area of the city, areas planted with crops that are considered strategic for feeding the local population, such as rice, maize, beans and cassava, has been losing ground for the cultivation of soybeans; The diversity of native vegetation, with a predominance of Palmaceae, is gradually giving way to a secondary vegetation without economic expression, due to human pressure; The crops of soybeans, rice and corn occur predominantly in the classes of soil LATOSSOLOS, ARGISSOLOS, PLINTOSSOLOS.

Key-words: agriculture, land use, Cerrado, GIS

1. INTRODUÇÃO

A degradação ambiental proporcionada pelo uso abusivo dos recursos naturais, principalmente no Cerrado, decorrente da exploração agropecuária, tem proporcionado grandes impactos resultando, entre outros, em excesso de desmatamento, compactação do solo, erosão, assoreamento de rios, contaminação da água subterrânea pelo uso de agrotóxicos e insumos, além da extinção de espécies vegetais exploradas sob regime extrativista, comprometendo assim a biodiversidade de todo o ecossistema.

Assim, extensas áreas originalmente cobertas por Cerrado vêm sendo substituídas por pastagens e diferentes tipos de cultivo. A prática da agropecuária é o maior contribuinte para o desflorestamento da vegetação. No modelo de exploração agrícola que tem se instalado na região dos Cerrados, cujo intuito é de aumentar a produtividade, utilizando-se mecanização pesada, o solo tem sido usado à exaustão, haja vista que na agricultura moderna existe a preocupação da escala de produção, tudo para que a produção e produtividade possam responder economicamente ao capital aplicado, aumentando cada vez mais o índice de degradação, que representa fator de risco tanto à economia quanto para a cadeia alimentar.

Assim, esse modelo de crescimento econômico centrado no uso abusivo dos recursos naturais tem proporcionado grande impacto na flora e na fauna da região, comprometendo a biodiversidade do Cerrado. De acordo com Drew (2005) os sistemas naturais possuem um elo fraco na cadeia de causa e efeito. Assim, um ponto em que ocorre o mínimo de acréscimo de tensão (ímpeto de mudar) traz consigo alterações do conjunto no sistema.

Na região do Baixo Parnaíba e parte da Bacia do Rio Munim, localizada no estado do Maranhão, cujo predomínio de vegetação é Cerrado, tem-se observado a diminuição progressiva e acelerada dessa vegetação para em seu lugar, serem cultivadas culturas agrícolas daquela região e especialmente a implantação da Soja.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que mostram e analisam a territorialidade dos fenômenos neles representados, são de uso crescente para a representação de ambientes devido à capacidade que possuem de considerar, de forma integrada, a variabilidade taxonômica, a expressão territorial no estudo das modificações do uso do solo e no estado da vegetação, nas mudanças climáticas globais verificáveis em uma base de dados georreferenciada, no sentido de combater e prevenir os impactos ambientais causados pela ação predatória do homem na superfície terrestre (Maldonado, 2001). Além disso, essas novas tecnologias utilizadas nas chamadas agriculturas de

precisão, aliam a aplicação de defensivos e insumos necessários com alta tecnologia de sensoriamento remoto e uso de SIG.

A partir dessas proposições surge o questionamento: quais as consequências da exploração do Cerrado notadamente na fronteira agrícola do município de Chapadinha, região leste do Estado do Maranhão?

1.1. Objetivos

- **Geral**

O objetivo da pesquisa foi analisar a evolução do uso agrícola do solo e a atual distribuição espacial da vegetação nativa, e suas consequências sobre o Cerrado na área de abrangência do município de Chapadinha, região leste do Estado do Maranhão.

- **Objetivos específicos**

1. Analisar a partir dos dados do IBGE e visitas locais a evolução do uso agrícola do solo do município de Chapadinha - MA;
2. Contextualizar por meio de georreferenciamento a distribuição das tipologias vegetais e ocupação espacial e temporal da atividade agrícola do município;
3. Caracterizar o uso agrícola das diferentes classes do solo da região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização da vegetação e edafoclimática da região de Chapadinha - MA

O ambiente savânico no Brasil, conhecido como Cerrado é a vegetação típica do município de Chapadinha. É um bioma extenso e complexo, podendo ser descrito como um mosaico de tipos vegetacionais, verticalmente estruturado por espécies herbáceas, arbustivas, com poucas árvores, espaçadas entre si. Mittermeier et al. (2004) consideram o Cerrado, uma savana biodiversa, um dos biomas mais ricos dada a sua grande variedade de espécies de plantas, animais e outros seres vivos. É um complexo vegetacional que possui relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América Tropical, da África e da Austrália. O termo “savana” é adotado pelo IBGE como “Cerrado”, para designar tal bioma, o qual pode englobar significados fisionômicos, florísticos ou ecológicos (Ribeiro e Walter, 1998). É também utilizado para designar o conjunto de ecossistemas (savanas, matas, campos e matas de galeria) que ocorrem no Brasil Central (Eiten, 1977; Ribeiro et al., 1981).

O Cerrado estende-se pelos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins, Bahia, Piauí, Maranhão e Distrito Federal, além de alguns fragmentos espalhados por Roraima, Pará, Amazonas, Rondônia, Amapá, São Paulo e Paraná (Figura 1) (Cavalcanti e Joly, 2002). A superfície ocupada por este bioma, aproximadamente 2.000.000 km² (Ribeiro e Walter, 2001), representa uma área mais extensa que a do Pantanal, qualificando o Cerrado como o segundo maior bioma brasileiro, menor apenas que a Floresta Amazônica.

No Maranhão o Cerrado situa-se principalmente no planalto da região sudeste, ocupa cerca 10 milhões de hectares, cerca de 30% da área total do Estado, abrangendo 33 municípios, 23 dos quais possuem a quase totalidade de suas áreas cobertas por este tipo de vegetação (Heringer et al., 1977). De acordo com o autor, o Cerrado do meio-norte (Piauí e Maranhão) é semelhante ao do Brasil Central no que tange as características fisionômicas e estruturais. Contudo estas regiões apresentam uma divergência quanto à composição florística. Apesar de ser enquadrado na região Nordeste, caracterizada pelo clima semiárido, o Estado em parte, é dominado pela vegetação de floresta, refletindo uma transição entre o nordeste semiárido e a Amazônia úmida. Esta localização transicional contribui para a geração de condições ambientais e socioeconômicas peculiares, atualmente em fase de transformação em decorrência do desenvolvimento implantado na região que vem gerando impactos ambientais e sociais (Costa, 1997).

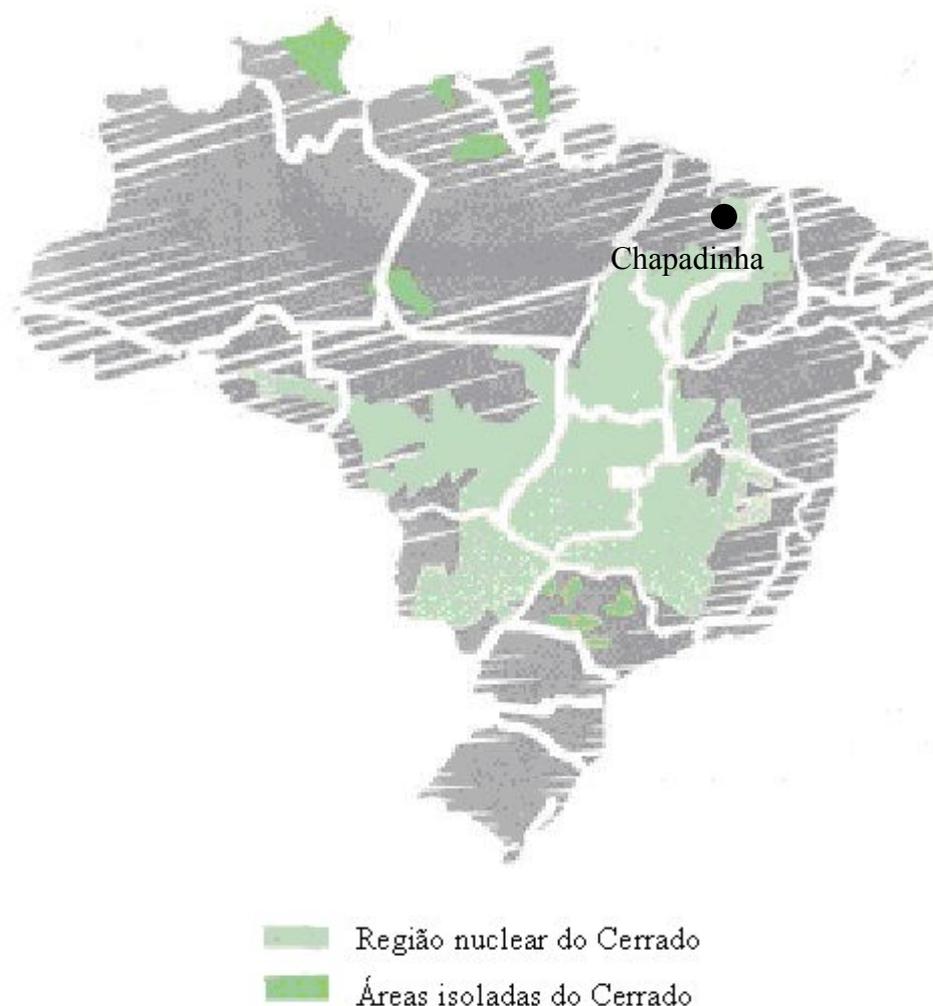


Figura 1. Distribuição espacial do bioma Cerrado no território brasileiro.

Fonte: EMBRAPA/CPAC Apud Ferreira (2003).

De acordo com Ab'Sáber (1962; 1983) o domínio dos Cerrados, em sua região nuclear, ocupa predominantemente maciços planaltos de estrutura complexa, dotados de superfícies aplainadas de cimeira e um conjunto significativo de planaltos sedimentares compartimentados, situados em níveis que variam entre 300 e 1.700 m de altitude. Este bioma desempenha um grande papel nos balanços de energia, água e carbono da região onde se encontra, atuando como um sumidouro de gases de efeito estufa, tal como o CO, CO₂ e CH₄ (Dias, 1992; Monteiro, 1995; Cavalcanti e Joly, 2002).

De acordo com Caruso (1997) o clima do Cerrado é diversificado, entretanto, predomina o tropical com duas estações do ano bem definidas, uma seca e outra úmida. A região de Chapadinha caracteriza-se por apresentar um clima tropical úmido, com estação chuvosa diversificada entre os meses de novembro e maio e possui temperatura média de 29 °C. Na época chuvosa os estratos subarbustivos e herbáceos tornam-se vigorosos e o seu crescimento é rápido (Ribeiro e Walter, 1998).

A formação dos diversos tipos de solos depende fundamentalmente do clima e de outros fatores relacionados como rocha, relevo, tempo e organismos. As espécies do Cerrado se desenvolvem bem sobre solos antigos, intemperizados, ácidos, depauperados de nutrientes, com concentrações elevadas de alumínio, apresentando baixa fertilidade e pouca capacidade para reter umidade (Haridasan, 1982). Caruso (1997) citam que no Cerrado o solo é antigo e profundo, de baixa fertilidade, baixa capacidade de retenção de água, ácido e com elevado nível de ferro e alumínio, associado a baixos níveis de fósforo, cálcio e magnésio. Para viabilizar sua exploração com agricultura exige uma adubação fosfatada e a prévia correção da acidez nociva do solo, elevando o pH para valores entre 5,5 e 6,0. Os solos mais representativos são os LATOSSOLOS, PLINTOSSOLOS, PLANOSSOLOS e NEOSSOLOS.

Segundo Oliveira-Filho e Ratter (2002), reconhecem-se cinco tipos estruturais de Cerrado: Cerradão - vegetação arbórea variando entre 8 a 12 m de altura, com percentagem de cobertura entre 50 e 90%. Esta formação possui características esclerofilas (grande ocorrência de órgãos vegetais rijos, principalmente folhas) e xeromórficas (com características como folhas reduzidas, suculência, pilosidade densa ou com cutícula grossa que permitem conservar água e suportar condições de seca). A altura média proporciona condições de luminosidade que favorecem a formação de camadas de arbustivas e herbáceas diferenciadas; Cerrado - árvores e arbustos que vão de 3 a 8 m de altura, cobertura superior a 30%. Esta vegetação é estruturada em apenas dois estratos: um nível arbóreo/arbustivo, com árvores esparsas e retorcidas e um estrato herbáceo/gramíneo. É a paisagem mais difundida do bioma Cerrado, considerada como paisagem única, é a que ocupa maior área dentro do Bioma e, por isto, é aquela que se considera como a mais característica; Campo Cerrado - árvores dispersas e arbustos, com elevada densidade de vegetação herbácea; Campo sujo - vegetação herbácea, com arbustos e pequenas árvores dispersas, geralmente em áreas aplainadas, com solos pobres, cascalentos; Campo Limpo - distinguindo-se do anterior por não possuir arbustos ou árvores (Figura 2).

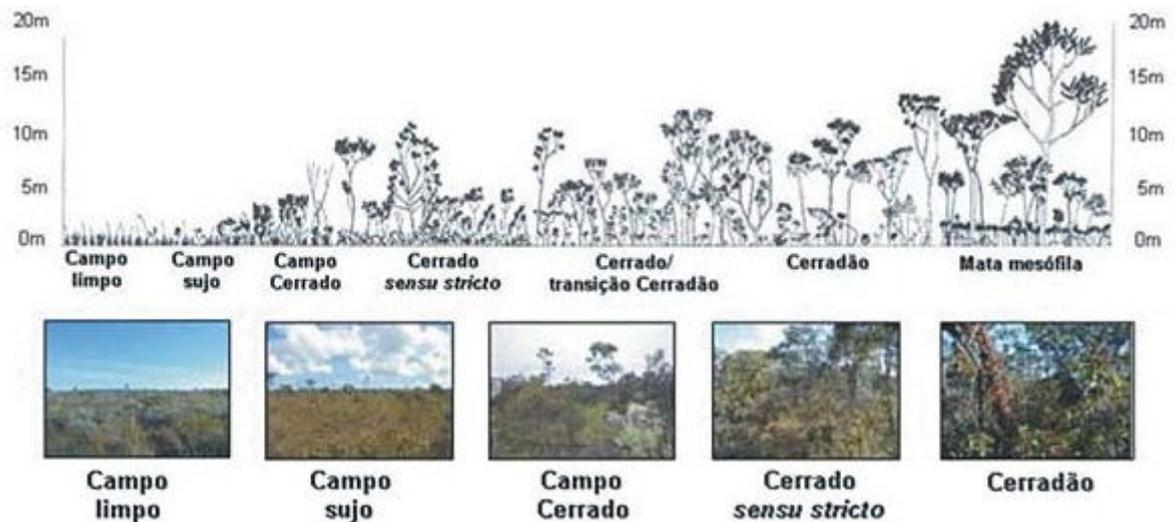


Figura 2. Principais fisionomias encontradas no bioma Cerrado. Modificada de Bitencourt et al. (1997) Apud Ferreira et al. (2005).

O Cerrado apresenta grande diversidade de espécies de animais e plantas que estão associadas com a grande diversidade de ambientes ali existentes. Segundo Ratter et al. (2003), estudos revelam que 914 espécies de árvores e arbustos foram registradas em 315 localidades de Cerrado, sendo que destas, 614 espécies foram encontradas em uma só localidade e 300 espécies ocorrem em mais de oito localidades e a fauna é variada e representada por animais de médio e pequeno porte (Peters, 1996).

No Cerrado são encontrados grandes quantidades de frutos comestíveis, castanhas, sementes oleaginosas (Peters, 1996), além de outros recursos vegetais de caráter medicinal, madeireiro e venífero. Muitos estudos têm sido conduzidos no sentido de difundir a importância das riquezas de espécies existentes no Cerrado, evidenciando a utilização dos frutos como alimento, destacando o seu valor nutricional como: *Caryocar brasiliense* (Pequi), *Eugenia dysenterica* (Cagaíta), *Annona crassiflora* (Araticum), *Dipteryx alata* (Baru) e *Hymenaea stignocarpa* (Jatobá) (Oliveira, 2006; Silva, 2001; Almeida et al., 1990). Em Chapadinha - MA, são exploradas plantas aromáticas destacando-se *Pilocarpus jaborandi* Holmes. (Jaborandi), além de plantas medicinais, tóxicas e corantes (IBGE, 2007). A vegetação é ainda explorada como madeira na fabricação de carvão, lenha e toras. O babaçu é explorado como oleaginosa, com destaque no passado, como um dos maiores produtores do Estado do Maranhão (Dourado e Boclin, 2008).

2.2. Uso agrícola do solo

O solo é um recurso natural importante pelas múltiplas funções que desempenham nos ciclos dos nutrientes e água, imprescindível na produção de alimentos. A organização dos conhecimentos sobre os solos é necessária para que se possa determinar qual o seu melhor uso ou manejo agrícola, fazendo-se necessária a delimitação de áreas onde essa atividade será desenvolvida de forma correta e sustentável.

As técnicas de conservação e/ou práticas conservacionistas diminuem o esgotamento do solo, podendo ser vegetativas, edáficas e mecânicas. As práticas vegetativas utilizam a vegetação para proteger o solo contra a ação direta das chuvas, minimizando o processo erosivo, destacando-se o florestamento e reflorestamento, pastagem, plantas de cobertura, cordões de vegetação permanente, capinas alternadas, cordões em contorno ou terraços de base estreita, rotação de culturas, cobertura morta e plantio direto. As de caráter edáficos são as que apresentam modificações no sistema de cultivo, além do controle da erosão, mantêm ou melhoram a fertilidade do solo, dentre eles controle do fogo, adubação verde, química e orgânica. As mecânicas envolvem o terraceamento, canais escoadouros e bacias de captação de águas pluviais (Bertoni e Lombardi Neto, 1985).

No estudo de capacidade de uso da terra, classificação técnico-interpretativa, representando um grupo quantitativo de classes de solo, são utilizados dados de levantamento do solo, que servirão de base para o planejamento adotando critérios, onde se deve conhecer a vulnerabilidade do solo (declividade e erodibilidade), produtividade do solo (fertilidade, falta ou excesso de umidade, acidez, alcalinidade, dentre outros), das obstruções ao emprego de máquinas (pedregosidade e profundidade efetiva, dos sulcos de erosão existentes, do encharcamento e outros) e do ambiente ecológico (condições climáticas, notadamente o regime pluviométrico) (Ramalho Filho e Beek, 1995; Lepsch et al., 1991). O sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras prioriza a classificação, segundo diferentes níveis de manejo, num contexto técnico, social e econômico, podendo ser utilizado para avaliar pequenas e grandes extensões de terras (Bertoni e Lombardi Neto, 1991).

A declividade do solo influencia o escoamento das águas de chuva em diferentes trajetórias sobre o terreno, destacando-se como um dos principais responsáveis pelas perdas de solo, onde o volume e a velocidade das enxurradas estão diretamente relacionados ao grau de declividade do terreno (Bertoni e Lombardi Neto, 1993). A Equação Universal de Perda de Solo utiliza o fator declividade como uma das variáveis

topográficas, adimensional baseada nos valores obtidos em percentagem, cujas distinções são empregadas para prover informações sobre praticabilidade de emprego de equipamentos agrícolas e facilidade de inferências sobre susceptibilidade dos solos à erosão (Lepsch et al., 1991). Já o relevo é classificado de acordo com o grau de declividade que ele apresenta. Quanto maior o declive há menos resistência para interceptar a descida da água, resultando em menos tempo disponível para sua infiltração no solo, já que aumenta o escoamento superficial. Deste modo, destacam-se terrenos Planos (declividade de 0 a 3%); Ondulado suave (desnivelamentos muito pequenos, de 3 a 8%); Ondulado (de 8 a 20%), com declives moderados, encontram-se nesta categoria os outeiros com moderação na declividade; Forte ondulado (de 20 a 45%), são os outeiros ou morros; Montanhoso (de 45 a 75%) são montanhas, morros, apresentando grandes desnivelamento e Escarpado ($> 75\%$), apresentam superfícies muito íngremes (EMBRAPA, 1999).

As diferenças relacionadas às propriedades do solo permitem que alguns solos sejam mais erodidos que outros, ainda que variáveis como: chuva, declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo sejam as mesmas. As propriedades do solo que influenciam na erodibilidade, definida como a sua capacidade de resistir à erosão ou é a quantidade de material que é removido por unidade de área quando os demais fatores determinantes da erosão permanecem constantes, são aqueles que afetam a infiltração, permeabilidade, capacidade total de armazenamento de água e que resistem às forças de dispersão, salpico, abrasão e transporte pelo escoamento. A erodibilidade do solo tem seu valor quantitativo determinado experimentalmente em parcelas e é expresso como a perda de solo por unidade de índice de erosão da chuva (Bertoni e Lombardi Neto, 1993). Leprun (1981) classifica os solos brasileiros segundo sua susceptibilidade erosiva, variando de Fraca a Nula (quando o valor de K - da equação universal de perdas de solo, fator que determina a erodibilidade do solo for $< 0,1$); Fraca a média (quando $0,1 < K < 0,3$); Média a Forte (Se $0,3 < K < 0,5$); Forte (se $0,5 < K$), sendo que os valores de K medidos sobre parcelas experimentais variam em função de vários fatores. Jimenez-Rueda et al. (1993) caracteriza a erodibilidade como Baixa ou Fraca quando a (pedogênese $>$ morfogênese), são solos de grande significado agrícola, muito profundos, porosos, bem permeáveis, mesmo quando argilosos situados em relevo plano, com declividades de 3%; Ligeira (pedogênese \geq morfogênese), ocorrem em áreas formadas por solos bem drenados, profundos e em relevo com declividade entre 3 a 8%; Moderada/alta (pedogênese $>$ morfogênese), ocorre em áreas formadas por solos variando entre profundos a pouco profundos, com forte intemperismo, presença de argilominerais (caulinita, gibbsita e esmectita), com circulação de água média a alta e com oxidação, em relevos com 8 a 20% de declive; Forte/alta

(pedogênese > morfogênese), a maioria dos solos dessa classe são pouco profundos, possuem poucos agentes agregadores e uma estrutura maciça, sem coesão no horizonte superficial (A), com intemperismo moderado a forte, presença de argilominerais (caulinita e esmectita), com circulação de água baixa e direcionada, ocorrendo geralmente em relevo com declives de 20 a 45%; Muito forte/Muito alta (pedogênese < morfogênese), ocorre em áreas formadas por solos rasos e muito rasos, com presença de afloramentos de rochas, com fraco intemperismo, presença de argilominerais de esmectita, com circulação de água alta e direcionada, o relevo predominante vai do montanhoso até o escarpado, com declives $\geq 45\%$.

Dos fatores que influenciam na produtividade do solo, a fertilidade é um dos mais importantes. A fertilidade do solo é a capacidade do solo em suprir as plantas em nutrientes, representando a suficiência deste em sustentar a produção agrícola, influenciando na produtividade das culturas agrícolas, seja por suas propriedades químicas, morfológicas ou físicas, onde a capacidade e limitação de uso vai de terras que possuem elevadas reservas de nutrientes para as plantas, sem apresentar toxidez por sais solúveis, sódio trocável ou outros elementos prejudiciais às plantas até terras mal providas de nutrientes, com remotas possibilidades de serem exploradas com qualquer tipo de utilização agrícola (Ramalho Filho, 1995). Lepsch et al. (1991) classificam o solo quanto a fertilidade em Muito alta, Alta, Média, Baixa e Muito baixa levando em consideração a capacidade do solo em manter a produtividade durante algum tempo. Vale citar o levantamento feito pela Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais, realizado por Ribeiro et al. (1999), que estabeleceram uma faixa de valores relativos aos elementos de importância para a fertilidade e adubação de alguns solos brasileiros, com ênfase para os estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Minas Gerais, em que mostram variações dos teores conforme cada localidade, podendo ser baixo, médio e alto (Tabela 1).

Tabela 1. Faixa de valores relativos aos elementos de importância para a fertilidade e adubação de alguns solos brasileiros

Teores no solo	Bahia			Ceará			Minas Gerais			Paraíba		Pernambuco			
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
P (mg dm ⁻³)	<10	11-20	>20	<10	11-20	>20	-	-	-	<10	11-30	>30	<11	11-20	>20
K (mg dm ⁻³)	<30	31-60	>60	45	46-90	>90	<45	46-80	>80	<45	46-150	>150	<46	47-90	>90
Ca ²⁺ +Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	<2	2-4	>4	-	-	-	-	-	-	<2	2,1-5	>5	-	-	-
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	-	-	-	<1,5	1,6-4	>4	<1,5	1,6-4	>4	-	-	-	-	-	-
M ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	<0,5	5-10	>1	<0,5	0,5-1	>1	<0,5	0,6-1	>1	-	-	-	-	-	-
Al ³⁺ +H ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	-	-	-	-	-	-	<2,5	2,5-5	>5	-	-	-	-	-	-
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	<0,4	0,4-1	>1	<0,5	0,6-1	>1	<0,3	0,4-1	>1	-	<0,3->0,3	-	-	-	-
M.O. (g dm ⁻³)	<15	15-30	>30	<15	15-30	>30	<15	16-30	>30	<15	15-25	>25	-	-	-
pH em água	≤5	5,1-6	>7	<5	5,1-5,9	6-6,9	<5	5-5,9	6-6,9	<4,3	5,4-6,3	>7	-	-	-

Fonte: Ribeiro et al. (1999).

Outro fator que influencia na produtividade do solo é a drenagem. A drenagem (interna) está relacionada com a falta ou excesso de umidade, podendo ser Excessivamente drenado (água absorvida pelo solo muito rapidamente), Drenado (água removida rapidamente com menos facilidade), Imperfeitamente drenado (água removida moderadamente), Mal drenado (água escoada lentamente) e Muito mal drenado (quando removida do solo muito lentamente), pois o lençol freático permanece na superfície ou próximo dela durante a maior parte do ano (EMBRAPA, 1999). Já a drenagem (externa) trata da intensidade e velocidade das águas. Segundo Lepsch (1983) está correlacionada aos atributos da chuva (quantidade, intensidade, distribuição e duração), declividade e extensão do terreno e aos atributos do solo, especialmente a permeabilidade. Lemos e Santos (1996) referindo-se a solo fortemente drenado ou excessivamente drenado afirmam que o equivalente de umidade média do perfil do solo, de maneira geral, é inferior a 18 g de água/100 g de solo, neste caso a maioria dos perfis apresenta pequena diferenciação de horizonte, sendo solos muito porosos, de textura média e arenosa e bem permeável.

Com relação às obstruções ao emprego de máquinas a pedregosidade do solo é a de maior influência e se refere ao tamanho dos fragmentos rochosos e determina a maior ou menor facilidade para o trabalho das máquinas. Os Fragmentos grosseiros (diâmetro médio entre 2 e 200 mm); Matações (diâmetro > 200 mm), existentes sobre e/ou dentro do perfil do solo; Afloramento rochoso (rochas fixas aflorando na superfície) (Lepsch et al., 1983). Lemos e Santos (1996) definem as classes de pedregosidade como Não pedregosa, (quando não há ocorrência de matações na superfície e/ou na massa do solo, ou quando há, não interfere na aração do solo, ou pode ser removido com facilidade); Ligeiramente pedregosa (há ocorrência de matações esparsos, ocupando de 0,01 a 0,1% da massa do solo e/ou da superfície); Moderadamente pedregosa (matações ocupando de 0,1 a 3% da massa do solo e/ou da superfície do terreno); Pedregosa (ocorrência de matações de 3 a 15% da massa do solo e/ou da superfície do terreno); Muito pedregosa (matações ocupando de 15 a 50% da massa do solo e/ou da superfície do terreno); Extremamente pedregosa (matações ocupando de 50 a 90% da superfície do terreno).

Dependendo do tipo de sistema radicular, as plantas cultivadas apresentam diferentes exigências no tocante à profundidade efetiva do solo, termo empregado para designar condições de solos nas quais um contato lítico ou um nível de lençol de água permanentemente ocorra, conforme limites especificados. É a profundidade máxima do solo favorável ao desenvolvimento do sistema radicular, armazenamento de água e absorção de nutrientes pelas plantas. Como referência é considerada o cultivo do cafeeiro, cuja exigência de profundidade efetiva do solo é 1,20 m, em regiões de clima que

apresentam boa distribuição de chuvas durante o ano, mas que em períodos de seca exigem maior profundidade do solo (Guimarães e Lopes, 1986). São considerados Solos rasos aqueles cuja (profundidade é ≤ 50 cm), Pouco profundo (quando > 50 cm), Profundo (de 100 a 200 cm), Muito profundo (> 200 cm) (EMBRAPA, 1999).

A degradação das terras agrícolas ocorre em decorrência de alguns fatores como desmatamento, erosão, salinização e compactação, levando ao declínio da agricultura. O desmatamento é responsável pela perda da biodiversidade, ameaça à integridade dos recursos hídricos, riscos de degradação e perda de solos férteis, redução do habitat dos animais silvestres, das plantas e dos microorganismos, além de expor o solo ao efeito da erosão provocada pela chuva e vento (Buschbacher, 2000). Uma das mudanças biofísicas dos solos provocadas pela retirada da cobertura vegetal e posterior instalação de campos de cultivos ou pastoreio é a compactação do solo, que é a compressão do solo não-saturado, provocando uma reorganização estrutural das partículas e de seus agregados, resultando em aumento da densidade do solo e redução na macroporosidade e, conseqüentemente, na porosidade total. Isso afeta o crescimento da planta em função da restrição do crescimento da raiz, e conseqüentemente, a produção de biomassa (Stone et al., 2002). Goedert et al. (2002) citam que principais efeitos negativos da compactação do solo na biomassa da raiz da planta dizem respeito à redução de matéria orgânica, ao aumento da resistência mecânica, redução da infiltração, redução da aeração e da disponibilidade de água e nutrientes, aumento do escoamento superficial, erosão e, conseqüentemente, o decréscimo da produtividade.

A erosão constitui-se na principal causa da degradação de terras agrícolas e consiste no processo de desprendimento e arraste das partículas do solo causado pela ação da água e do vento (Pruski et al., 2001; Ferreira, 1981). O processo tende a se acelerar, à medida que mais áreas são desmatadas para a exploração da madeira e/ou produção agrícola, já que os solos ficam desprotegidos da cobertura vegetal e, conseqüentemente, as chuvas incidem diretamente sobre a superfície do terreno (Guerra et al., 1999).

A salinização é considerada uma das causas de degradação de terras agrícolas, cujos problemas envolvem redução do potencial osmótico da solução do solo, diminuindo a disponibilidade de água e acentuando a toxicidade de certos íons às plantas, afetando os rendimentos das culturas (Bernardo, 1996). A acumulação de sais na rizosfera prejudica o crescimento e desenvolvimento das culturas, acréscimo de produtividade e em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola, pois altera as condições físicas e químicas do solo (Lima, 1998). Solos salinos apresentam condutividade elétrica > 4 mmhos/cm a 25 °C, equivalente a quantidade de sais solúveis $> 15\%$, cujo fator limitante

poder ser representado por índices que variam entre presente a forte. Quando Presente (há existência de salinidade, mas em grau não identificado); Ligeira (sais solúveis entre 0,1 e 0,3% e/ou a condutividade elétrica variando entre 2 e 4 mmho/cm, a 25 °C); Moderada (sais solúveis com concentrações variando entre 0,3 e 1,0%, e/ou condutividade elétrica entre 4 e 15 mmho/cm, a 25 °C); Forte (sais solúveis com concentrações > 1,0%, e/ou com a condutividade elétrica > 15 mmho/cm, a 25 °C) (Lepsch et al., 1983).

A alta saturação com alumínio ou caráter álico refere-se a altas concentrações de alumínio trocável na camada subsuperficial, apresentam problemas de toxidade para as plantas cultivadas e redução de nutrientes, identificado na análise de solo com valor > 50%, ocorrendo, quando os valores de pH determinados em água são < 5,0 e de saturação de bases < 10%. Outro fator limitante é a sodificação (alcalinidade negra), com excessiva quantidade de sódio trocável. É nocivo e prejudicial às plantas, causando problemas quando representa > 15% da capacidade de troca do solo (determinada a pH 7,0), onde os níveis de sodificação podem ser classificados como Presença (sem identificação do grau), Moderada (6 a 7%), Forte (15 a 20%) e Muito forte > 20% (Lepsch et al., 1983).

Com relação ao ambiente ecológico as limitações climáticas da região são dadas pela análise de seus elementos meteorológicos, com um período mínimo de observação de 30 anos, considerando principalmente, a média mensal da temperatura e a média anual da precipitação, para se obter a evapotranspiração e o balanço hídrico. É importante na análise verificar o período de deficiência hídrica no local considerado, que possibilita a escolha de vários tipos de cultivo, ao indicar o comprimento da estação seca que, quando prolongada, é fator limitante para muitas culturas, notadamente às perenes e semiperenes, bem como a quantidade de excedente hídrico, que dá idéia da quantidade de deflúvio superficial (Lepsch, 1991).

O conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos padrões ou atributos do solo pode melhorar o sistema de produção de culturas (Souza, 2004). Pela própria natureza dos fatores responsáveis pela sua formação, o solo apresenta heterogeneidade, tanto vertical como horizontalmente. Este fato ocorre porque o próprio material de origem não é uniforme em toda a sua extensão, ou seja, o material de origem não é submetido ao processo de intemperização de forma homogênea e contínua (Buol et al., 1997). Os atributos químicos do solo, após serem submetidos a sucessivas alterações provocadas pelas atividades agrícolas e, conseqüentemente, pelos processos erosivos, comportam-se de forma diferenciada ao longo da paisagem. Considerando essas variações e a dependência espacial, a utilização de amostragem aleatória seria insuficiente para representar toda uma classe de solo (Prevedello, 1987). Wang et al. (2002) afirmam que pequenas variações, no

gradiente do declive, são suficientes para adicionar variabilidade. Para mostrar a distribuição e/ou a variabilidade dos padrões e/ou classes de solo são utilizados mapas de solo ou pedológico. Para sua confecção é necessário identificar os solos existentes e delimitar as diversas classes de solo. As manchas que aparecem nos mapas de solos raramente têm limites rígidos. É frequente que um tipo de solo passe gradualmente para outro, sendo comum haver uma faixa do que a linha de transição. Em alguns casos não é possível a delimitação nos mapas de manchas de um único tipo de solo, já que os mesmos ocorrem em um padrão tão complexo, que se torna praticamente impossível separá-los nos mapas (Lepsch, 1993), sendo necessário quantificar a variabilidade espacial em escalas de centenas de metros até quilômetros (Berg e Klamt, 1997). Os mapas pedológicos podem ter diferentes graus de detalhe, o qual depende da intensidade dos trabalhos de campo e da escala de publicação, podendo ser detalhado, de reconhecimento, exploratório, generalizado e esquemático (Lepsch, 1993). A geoestatística, é uma ferramenta utilizada para estudar a variabilidade espacial, possibilita a interpretação dos resultados com base na estrutura da variabilidade natural dos atributos avaliados, considerando a dependência espacial dentro do intervalo de amostragem. O estudo da variabilidade espacial pode ser feito em grandes e pequenas áreas, abrangendo diversos tipos de solos (Silva et al., 2003).

2.3. Uso de imagem como ferramenta para interpretação agrícola

Uma das ferramentas mais importantes para o monitoramento das mudanças de cobertura e uso do solo é oriunda das imagens de satélite e uma das técnicas mais apuradas refere-se à Análise por Componentes Principais, pois permite avaliar o grau de modificação, provocado pela ação do homem, na paisagem de domínio do Cerrado (Maldonado, 2001). Para Rodrigues (1990) o conjunto de estratégias metodológicas de aquisição e processamento de informações geográficas, de aplicação e desenvolvimento de sistemas que usufruem de tais informações, é denominado geoprocessamento.

Barbosa (1997) cita que para monitorar a terra e os efeitos dos impactos, tecnologias como sensoriamento remoto, geoprocessamento, tem alcançado considerável progresso na integração de dados geográficos e se tornado a maneira mais eficaz de monitoramento dos fenômenos em países de grande extensão territorial como o Brasil, incluindo a proposição e implementação de modelos matemáticos aplicados a processos ambientais. Os produtos desta tecnologia, sistemas baseados em computador capazes de cruzar informações de diversas procedências como dados demográficos, de uso do solo, morfologia, capturar, modelar, manipular, recuperar, analisar e apresentar dados

referenciados geograficamente, facilitando a realização de análises e operações em relação aos meios convencionais, são denominados de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (Worboys, 1995). O SIG é destinado à manipulação de dados referenciados a partir de coordenadas espaciais ou geográficas (Star e Estes, 1990) e apresentam um grande potencial no que se refere ao desenvolvimento de atividades relacionadas com a aquisição, armazenamento, processamento, análise e apresentação de dados georreferenciados. Barros (1998) menciona que uma informação georreferenciada constitui um conjunto de dados físicos, atributivos ou socioeconômicos e cronológicos referentes a uma determinada porção do espaço.

De forma complementar, Rosa (1992) considera o levantamento de utilização da terra em uma dada região, fator fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço, bem como a necessidade de atualização constante dos registros de ocupação do solo para que suas tendências possam ser analisadas, tendo no sensoriamento remoto, uma ferramenta muito importante na obtenção de informações e no diagnóstico das mudanças ocorridas em curto espaço de tempo, sem que haja contato físico. De acordo com Steffen et al. (1996) os sensores remotos, são sensores ópticos eletrônicos capazes de detectar e registrar, sob a forma de imagens, a intensidade de radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos objetos terrestres, em diferentes comprimentos de ondas. Moura (2001) observa que, ao serem aplicados softwares exclusivamente para o tratamento de imagens, geram imagens com diferentes composições de cores condicionadas às diferentes bandas e resoluções espectrais, ampliações de partes das imagens e classificações temáticas dos objetos nelas identificados, obtendo-se assim, cartas e mapas temáticos, usados para estudos de geologia, vegetação, uso do solo, relevo, agricultura, entre outros, constituindo-se em importante ferramenta para diagnosticar eficientemente as mudanças aceleradas nos recursos naturais.

Para Moraes Novo (1998) o sensoriamento remoto utiliza-se, conjuntamente, de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronave, entre outros, a fim de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e os componentes existentes na terra em suas mais diversas manifestações. O campo do sensoriamento remoto está ligado à aerofotogrametria, fotointerpretação, pesquisas espaciais e avanços tecnológicos, onde, utilizando-se de técnicas computacionais, dados da radiação de uma cena são transformados em informações sobre os objetos que a compõem, bem como análise de dados e processamento de imagens, cujo sinal elétrico do sensor é transformado em dados numéricos, que podem ser processados através dos sistemas de análise de

imagens digitais. É uma ferramenta importante para análise multitemporal, pois, permite a manipulação de imagens de satélite de uma mesma área em datas diferentes, sendo útil para retratar o espaço terrestre e identificar as transformações ocorridas nessa área no decorrer do tempo (Moraes Novo, 1998). Do mesmo modo, Silva (2002) menciona que a disponibilização em formato digital de informações contidas em mapas e outros produtos (fotografias aéreas, imagens de satélite, representações gráficas e tabulares, cadastros, dentre outros) possibilitam a manipulação e apresentação do conhecimento geográfico humano segundo formas novas, práticas e atrativas.

O uso do sensoriamento remoto é uma ferramenta importante para análise multitemporal, pois, permite a manipulação de imagens de satélite de uma mesma área em datas diferentes, sendo útil para retratar o espaço terrestre e identificar as transformações ocorridas nessa área no decorrer do tempo (Moraes Novo, 1998). Várias pesquisas no Brasil são realizadas utilizando-se imagens de satélite para estudar a evolução do uso da terra ou ainda para o levantamento de recursos naturais com determinação de diferentes aptidões para cada trecho do espaço territorial, como apontam Borges et al. (1993) e Trevett (1986).

Para Figueiredo (2005) o sensoriamento remoto e o geoprocessamento são ferramentas importantes que possibilitam aplicações em inúmeras áreas da pesquisa seja na agricultura, meio ambiente, geologia, recursos hídricos, estudo de solos, florestas, e outros, sendo importantes a sua aplicação nas extensões territoriais.

Borges et al. (1993) com o objetivo de caracterizar os padrões das imagens a fim de aprimorar o emprego da análise visual de produtos de sensoriamento remoto constataram que das imagens orbitais, a banda 3 e a composição colorida 3/4/5 (escala 1:100.000) do TM/LANDSAT-5, foram as que melhor se apresentaram para o mapeamento do uso da terra e as fotografias aéreas (1:35.000) proporcionaram um maior nível de detalhamento na identificação do uso da terra.

O sensoriamento remoto pode ser utilizado na agricultura para previsão de safras (dimensionamento das áreas de plantio e estimativa do rendimento), mapeamento de culturas, definição de áreas de aptidão agrícola, zoneamento agroecológico, monitoramento de incêndios em lavouras e pastagens, e outros, além de diagnosticar áreas de difícil acesso e realizar monitoramento efetivo desses locais (Figueiredo, 2005).

Menke et al. (2009) utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto, avaliaram as modificações espaciais de uso e ocupação do solo transcorrido no período de 1987 a 2008, no município de Luís Eduardo Magalhães - BA. Na avaliação, consideraram que a análise multitemporal mostrou-se eficiente na descrição da evolução do uso da terra. Além

de identificar e quantificar a área ocupada pela vegetação nativa, pela atividade agropecuária e ocupação urbana, observou crescimento acentuado da agricultura na década de 90 com declínio a partir de 2003. Borges et al. (1993) em Santa Bárbara D'Oeste - SP, também constataram por meio de imagens de satélite pequena alteração na área cultivada com a cultura de cana-de-açúcar, em dois períodos analisados (1978 e 1991) e observaram diminuição da vegetação natural, aumento da floresta implantada, decréscimo da área de pastagem e acréscimo da área urbana.

Diante deste contexto no que se refere à ciência geográfica, há uma contribuição relevante dos SIGs no âmbito do planejamento e gerenciamento urbanos e/ou rural. A principal vantagem do SIG é a capacidade de visualizar feições e relações espaciais. O conhecimento da localização e de características de entidades e suas relações com as demais entidades de um contexto de estudo constituem uma vantagem crucial para o gerenciamento efetivo, planejamento e tomada de decisões (GEODATA, 1996).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização geral da área de estudo

O local de estudo está situado na região Nordeste do Brasil, no município de Chapadinha, microrregião Chapadinha, na porção Leste do estado do Maranhão, distando 252 km da capital São Luís (Figura 3). O município integra a microrregião do Alto Munim, dentro do limite da região do Baixo Parnaíba, entre as coordenadas geográficas: 03° 19' 02" e 04° 14' 01" de latitude Sul e 43° 11' 21" e 43° 44' 12" de longitude Oeste, com altitude de 105 m.

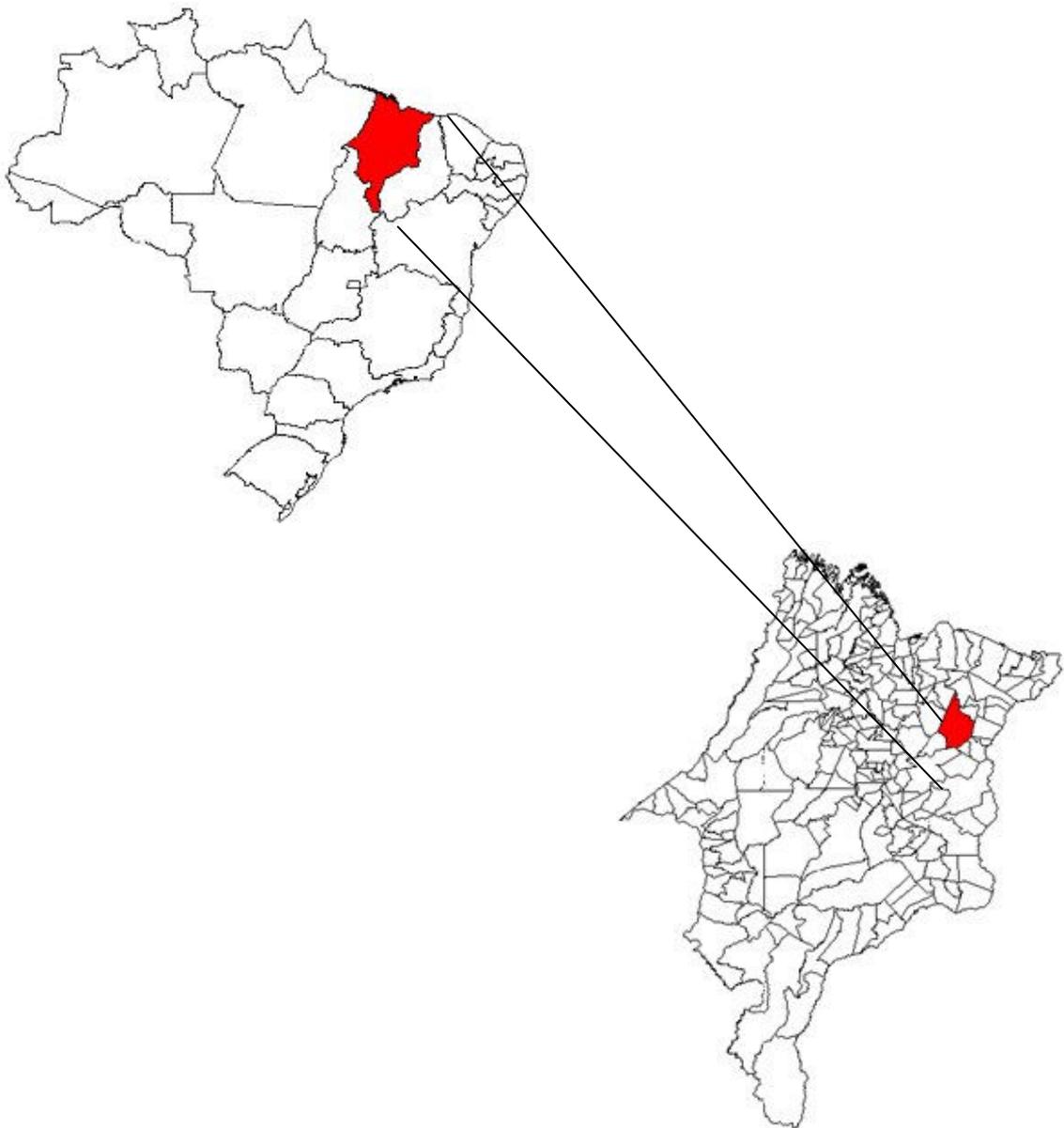


Figura 3. Mapa de localização do Município de Chapadinha – MA.

O município de Chapadinha abrange uma área de 3.248 km². Limita-se ao Norte com o município de São Benedito do Rio Preto e Urbano Santos; ao Sul com Afonso Cunha e Codó; a Oeste com Timbiras e Vargem Grande; e ao Leste com Mata Roma e Buriti (IBGE, 1992).

A geologia do município é composta pela Formação Itapecuru. Do ponto de vista geomorfológico o município de Chapadinha está inserido na Superfície Maranhense com Testemunhos (GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO, 2002).

A vegetação predominante da área de estudo é do tipo Cerrado, com uma composição florística diversificada. Dentre as espécies mais comuns encontra-se o *Orbignya speciosa* Mart. (Babaçu), *Copernicia cerífera* (Carnaúba) e *Mauritia vinífera* (Buriti) (Selbach e Leite, 2008), apresentando dois tipos de vegetação: Floresta Estacional Decidual e Floresta Estacional (GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO, 2002).

Do ponto de vista hidrográfico os rios principais são: rio Munim, rio Iguará e rio Preto.

O tipo de clima de Chapadinha é tropical úmido. A época chuvosa vai de dezembro a maio enquanto o período de estiagem estende-se de julho a novembro (Selbach e Leite, 2008). A temperatura média anual é superior a 27 °C (GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO, 2002), com máximas de 37 °C e mínimas de 21 °C e precipitação anual média de 1.200 a 1.400 mm (Selbach e Leite, 2008).

Os tipos de solos predominantes de acordo com a EMBRAPA (1999) são: **LATOSSOLOS** que compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto H hístico. Apresentam avançado estágio de intemperização, pois são destituídos de minerais primários e secundários e normalmente são muito profundos; **ARGISSOLOS** compreende solos constituídos por material mineral, que tem como características diferenciais argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico. Caracterizam-se pela baixa atividade da argila; são considerados de forte a moderadamente ácidos; **PLINTOSSOLOS** compreendem solos minerais formados sob condições de restrição à percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, de maneira geral imperfeitamente ou mal drenados, que se caracterizam fundamentalmente por apresentar expressiva plintização com ou sem petroplintita ou horizonte litoplíntico. São solos que apresentam horizonte B textural sobre ou coincidente com horizonte plíntico, ocorrendo, também solos com horizonte B incipiente, B latossólico, horizonte glei e solos sem horizonte B. São solos fortemente ácidos, com saturação por bases baixa e

PLANOSSOLOS solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico. Compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela detenção de lençol d'água sobreposto (suspenso), e existência periódica e presença variável durante o ano.

3.2. Parâmetros avaliados

Foram feitas visitas de reconhecimento e destinadas à coleta de dados geoespaciais na área de abrangência do município de Chapadinha - MA, além de registros fotográficos de ações antrópicas e entrevistas com os moradores rurais, possibilitando avaliar os parâmetros conforme segue.

3.2.1. Levantamento de informações (em campo)

No período de 15 a 21 de dezembro de 2009, foram feitas visitas a campo para confirmação do tipo de uso do solo, vegetação e tipo de cultura existente na área a partir da imagem LANDSAT 5 e seguidamente, demarcação dos pontos com GPS. Nessas áreas foram feitas visitação *in loco* junto aos produtores rurais na localidade objeto de estudo para confirmação das informações obtidas através da imagem. A etapa seguinte baseou-se em informações descritas nos relatórios de campo, nos tipos de uso georreferenciados através de pontos marcados com GPS e por outras fontes de dados estatísticos e textuais como o IBGE.

3.2.2. Tratamento dos dados (em laboratório)

As informações obtidas no campo foram inseridas em banco de dados do Sistema de Informações Geográficas (SIG). O SIG utilizado foi o SPRING, *software* livre, versão 4.3.2 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2007).

Realizou-se um levantamento de dados com base no IBGE do ano de 2007 referentes à área cultivada considerando as culturas agrícolas: arroz, feijão, milho, soja, mandioca, melancia, cana-de-açúcar, banana, manga, laranja, coco-da-baía e caju, durante o período de 1990 a 2007 (IBGE, 2007).

3.2.3. Análise, a partir dos dados do IBGE, do tipo de ocupação agrícola da região de Chapadinha - MA

No levantamento da evolução de ocupação agrícola do município de Chapadinha - MA, foi utilizado dados do (IBGE) do período de 1990 a 2007. Nesse levantamento foram priorizados os dados relativos ao cultivo agrícola do município, considerando a tipologia das culturas. Foram considerados os dados referentes às áreas plantadas em hectare.

Utilizou-se, também, Imagem LANDSAT 5 do ano de 2009 objetivando identificar as classes de vegetação e uso do solo.

3.2.4. Processamento de dados e confecção de mapas referentes à distribuição das tipologias vegetais do município de Chapadinha - MA

A confecção do mapa foi dividida em cinco etapas: aquisição e conversão das imagens, criação do banco de dados, georreferenciamento e mosaico de imagens, segmentação e interpretação visual.

Para o levantamento de uso e classes de vegetação do município de Chapadinha - MA, foi utilizada imagem de satélite LANDSAT 5, com resolução espacial de 30 m, ponto e órbita 220/62 e 220/63, na composição (Blue, Green e Red - BGR), nas bandas 3, 4 e 5, de 29.09.2009, disponibilizadas pelo INPE.

O processamento dos dados iniciou-se com a aquisição e conversão das imagens TM/LANDSAT através do software IMPIMA (subproduto do SPRING) do formato “Tiff” para o formato “Grib” que é lido e identificado pelo software SPRING. Em seguida, procedeu-se com a criação do banco de dados do município, onde foram inseridas todas as informações geográficas necessárias e criado o Plano de Informação (PI) de interesse, utilizando o aplicativo SPRING, para posterior importação das imagens.

Na etapa seguinte, as imagens TM/LANDSAT foram georreferenciadas a partir da seleção de no mínimo 6 pontos de controle para cada imagem a partir de um banco de dados previamente georreferenciado, a fim de corrigir o erro das coordenadas geográficas contido na imagem a ser utilizada. Esse processo foi realizado para duas imagens de ponto e órbita diferentes para Chapadinha - MA, já que a cobertura total da área do município não se deu em uma única imagem. Assim, as imagens foram mosaicadas devido à divisão municipal ser separada em duas imagens do satélite LANDSAT, num processo que consiste em somar imagens já georreferenciadas a fim de compor uma nova imagem que abranja o município por completo. Posteriormente, as imagens foram exportadas para o

banco de dados onde foi efetuado o corte referente à área do município para serem interpretadas.

O tratamento das imagens consistiu inicialmente na aplicação de contrastes nas bandas azul, verde e vermelho na combinação B, G e R de modo a facilitar a interpretação, com a criação de imagens sintéticas que foram utilizadas como referência para auxiliar na interpretação visual das imagens. Antes de iniciar a interpretação visual, optou-se pelo uso da segmentação automática, ferramenta do programa SPRING, onde é escolhido o grau de similaridade (entre 10 e 25) e área em pixels (150) que são mais adequados, delimitando-se regiões de diferentes padrões espectrais.

Depois de feita a segmentação, elaborou-se um mosaico onde o produto foi enviado para um PI temático denominado “Usoecobertura”, a fim de ser corrigido de acordo com o interesse do trabalho, sendo em seguida recortado em conjunto com a área externa ao município, utilizando-se uma máscara municipal escolhida em tela auxiliar. Foram testadas várias combinações para a segmentação, tendo como melhor resultado a combinação 10:150 (área x similaridade). Em virtude dos resultados não terem sido tão satisfatórios, decidiu-se por fazer uma interpretação visual onde procedeu-se a eliminação e criação de pontos, exclusão e delimitação de áreas desconsideradas pela classificação digital e manipulação de linhas e nós, utilizando nesse processo de edição vetorial o modo “Passo”, com topologia automática, fator digit. 0,15 mm e tolerância de 0,25 mm.

As imagens foram poligonalizadas e classificadas de acordo com a análise visual associando-se os polígonos delimitados a cores referentes a cada classe, onde se destacou o uso agrícola, uso urbano, áreas degradadas e principais classes de vegetação (Geist e Lambin, 2001). As imagens passaram por um rigoroso processo de seleção, onde os principais critérios foram à cobertura de nuvens das imagens, que devem ser de no máximo 10% dentro dos quadrantes. Outro fator que influenciou o processo de seleção da imagem foi à estação do ano, cuja escolha ocorreu na época seca, no momento de queda da cobertura da vegetação.

Para a confecção do mapa de uso e classes de vegetação do município de Chapadinha - MA, foram identificadas sete classes de uso do solo e vegetação, são elas: mata ciliar em processo de degradação, Palmáceas em processo de degradação, uso urbano, Campo Cerrado, Cerrado, mata ciliar e uso agrícola. Para facilitar a discussão dos dados foram elaborados três padrões de uso da terra os quais englobam as classes de uso do solo e vegetação. Como seguem: 1. Área não agrícola (área urbana – Sede do município), 2. Área agrícolas (área de uso para agricultura) e 3. Áreas de vegetação natural (mata ciliar, Palmáceas, Campo Cerrado e Cerrado).

Neste estudo Vegetação antropizada são áreas onde a vegetação nativa está sendo suprimida; Palmáceas são áreas cuja vegetação natural (Palmáceas) constituída por palmeiras *Orbignya speciosa* Mart. (Babaçu), foi sendo retirada e no seu estado de uso atual encontra-se em fase de regeneração; Uso urbano são as construções que formam a Sede do município de Chapadinha - MA; Campo Cerrado é a vegetação constituída por árvores dispersas e arbustos, com elevada densidade de vegetação herbácea; Cerrado constituída por árvores e arbustos que vão de 3 a 8 m de altura, cobertura superior a 30%. Esta vegetação é estruturada em dois estratos: um nível arbóreo/arbustivo, com árvores esparsas e retorcidas e um estrato herbáceo/gramíneo; Mata Ciliar é considerada a vegetação existente nas margens dos rios, córregos, riachos; Uso agrícola são áreas preparadas para o plantio de soja, arroz e milho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise da distribuição espacial do uso do solo e da tipologia vegetal de Chapadinha - MA

Com base na Carta - Imagem do município de Chapadinha - MA, foi feita a análise da distribuição espacial do uso do solo e vegetação do município. Por meio da imagem foi possível observar a presença de pontos de verificação (clareiras) (Figura 4).

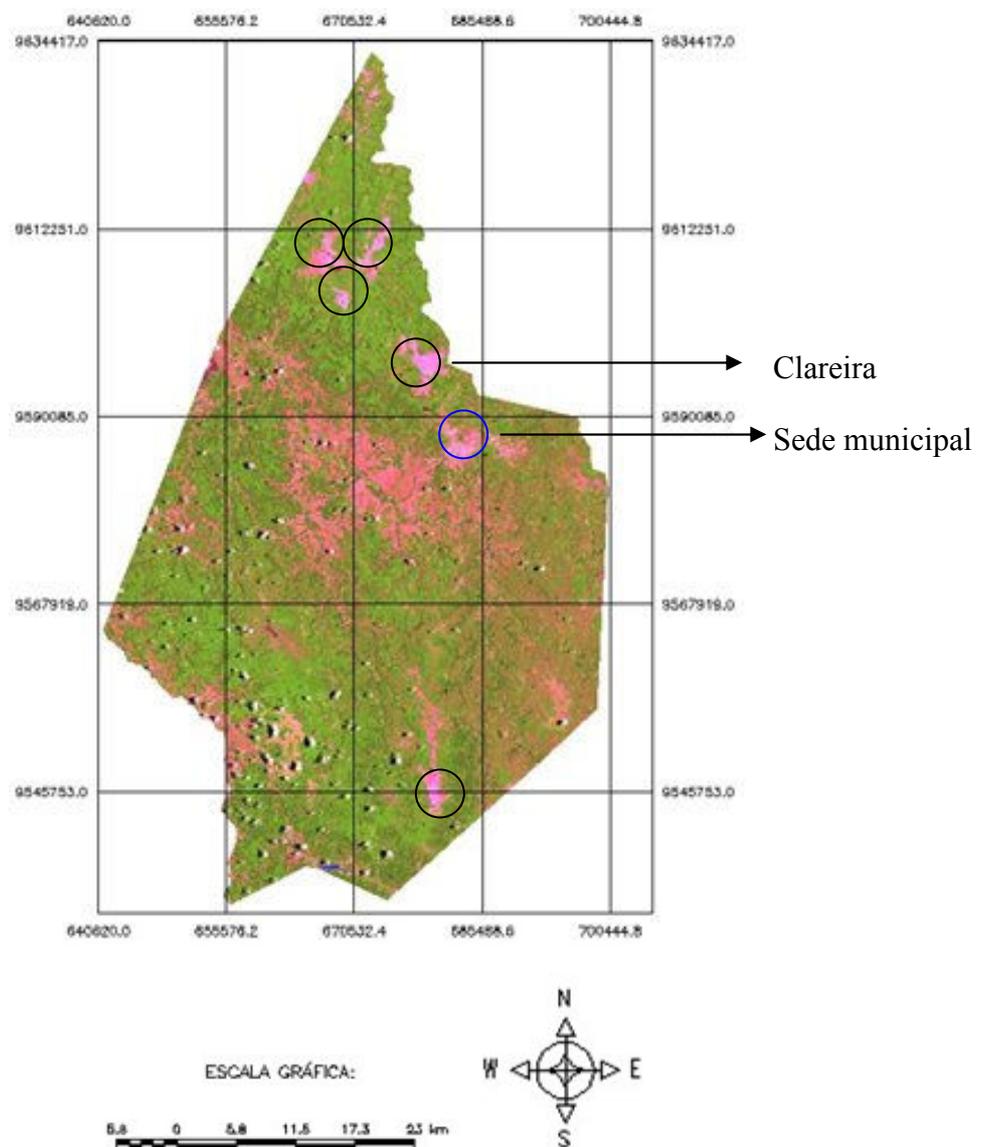


Figura 4. Carta-Imagem, município de Chapadinha - MA, ano 2009, composição colorida RGB – Bandas 3, 4 e 5, Pontos/Órbita: 220/62 e 220/63.

A partir dos dados levantados em campo observou-se que as clareiras são provenientes da substituição da vegetação nativa para implantação de agricultura de larga escala onde se observou a preparação das áreas para o cultivo de soja, arroz e milho. Foram ainda detectados pontos abertos (pequenas clareiras) onde se pressupõe ser cultivados alguns tipos de culturas subsistência como mandioca, milho, arroz e feijão o que intensificou as modificações na paisagem local, favorecendo o surgimento de novas espécies sucessionais (Figura 5), já que após um distúrbio resultante da retirada da vegetação original, geralmente ocorre o fenômeno da sucessão, que é o padrão de mudanças na composição específica de uma comunidade após um distúrbio ou após a abertura de fragmentos em meio à vegetação (Horn, 1974).

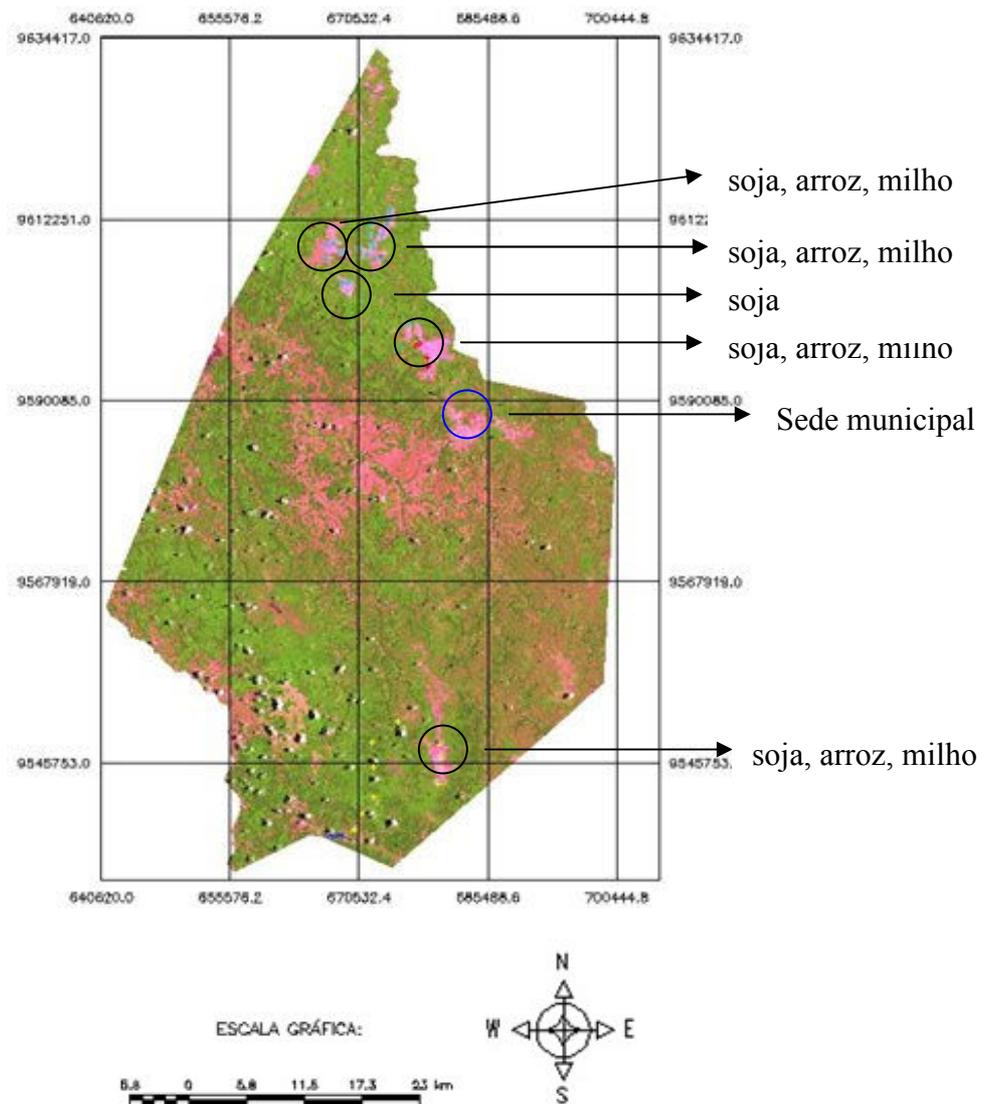


Figura 5. Carta-Imagem, município de Chapadinha - MA, ano 2009, composição colorida RGB – Bandas 3, 4 e 5, Pontos/Órbita: 220/62 e 220/63.

Para a análise do uso atual do solo e da tipologia vegetal do município de Chapadinha - MA, foi feito um levantamento por meio de classificação automática com a utilização de imagens do satélite LANDSAT 5 de 2009, onde foi gerado um mapa temático a partir dos dados obtidos nas observações de campo e informações fornecidas pelos produtores, bem como a interpretação da imagem, sendo identificadas 07 (sete) classes de cobertura vegetal e uso da terra (Figura 6).

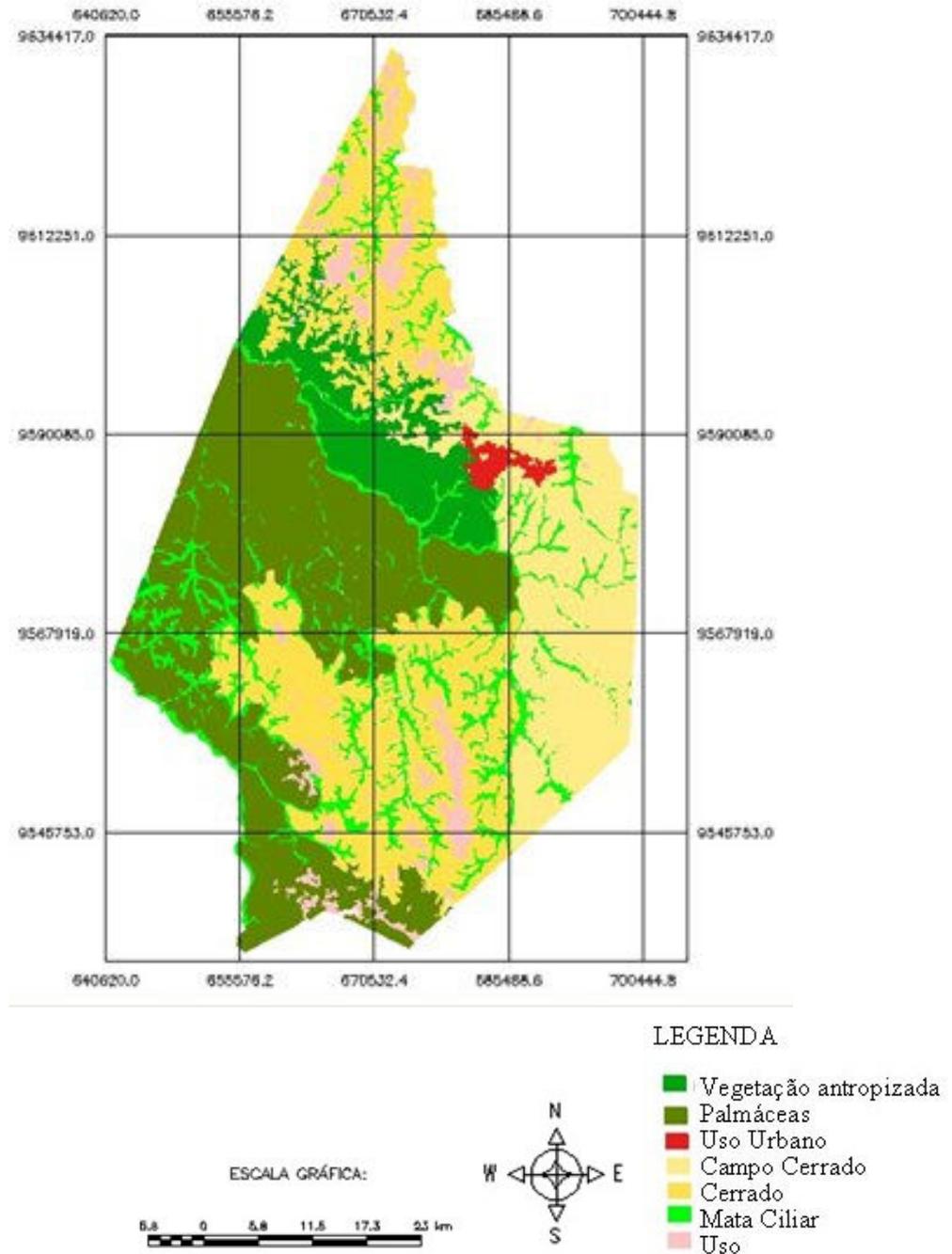


Figura 6. Mapa de uso e classes de vegetação, município de Chapadinha - MA, ano 2009, composição colorida RGB – Bandas 3, 4 e 5, Pontos/Órbita: 220/62 e 220/63.

No sentido de facilitar a discussão dos dados foram elaborados três padrões de uso da terra os quais englobam as classes de uso do solo e vegetação: Área não agrícola (área urbana - Sede do município), Área agrícola (área de uso para agricultura) e área de Vegetação natural (Mata Ciliar, Palmáceas, Campo Cerrado e Cerrado). Foram ainda obtidos resultados quantitativos com relação à área de abrangência dispostas de cada uso e classe de vegetação referente ao município de Chapadinha - MA (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição espacial da vegetação, uso da terra em 2009, em Chapadinha - MA

Padrões	Uso do solo	Sub-área (ha)	Sub-área (km ²)	Sub-área (%)
Não agrícola	Área urbana (Sede do município)	2.611	26,11	0,80
Agricultura	Área de uso para agricultura	13.511	135,11	4,16
	Mata ciliar	42.879	428,79	13,20
Vegetação natural	Vegetação antropizada	27.730	277,30	8,54
	Palmáceas	92.782	927,82	28,57
	Campo Cerrado	53.772	537,72	16,56
	Cerrado	91.519	915,19	28,18
Área Total		324.804	3.248	100

Com relação ao padrão Área urbana - Sede do município de Chapadinha - MA, ocupa uma área de 2.611 ha, representando 0,80% do município. Dentro de um universo com mais de 320.000 ha, sua área de ocupação é considerada pequena, mas tem sua parcela de contribuição no diz respeito aos problemas causados ao meio natural, já que os impactos se estendem às proximidades da cidade, como: desmatamento próximo as margens do riacho localizado na circunvizinhança da zona urbana, estando fora dos padrões de conservação, já que essas áreas ocupadas deveriam ser florestadas com mata ciliar, sem nenhum tipo de ocupação urbana e o que se observou foi pouca vegetação arbórea, com predomínio de espécies arbustivas e muitas gramíneas, este recobrimento vegetal pouco influencia na manutenção das condições fluviais do rio. Constataram-se ainda alguns problemas relacionados à deposição inadequada do lixo, falta de esgoto sanitário, casas construídas nas áreas de riscos, próximas as encostas, dentre outros.

De acordo com Andrade e Felchak (2009) estes são fatores onde se propõe um maior envolvimento do poder político nas questões ambientais, na elaboração de políticas públicas voltadas para a conservação dos recursos naturais, saneamento básico, na contratação de profissionais capacitados para trabalhar na área de planejamento urbano e elaboração de um plano diretor consistente, bem como, a construção de um programa de educação ambiental a longo prazo, buscando sensibilizar a população quanto à importância da conservação do ambiente.

Xavier (1992) menciona que o processo de urbanização em Chapadinha - MA e em outras localidades, não deve ser encarado somente como uma forma de destruição da natureza, mas como um ecossistema urbano, como a forma de transformação que o homem opera no meio para construir seu habitat, pois essa concepção é transmitida erroneamente pelos meios de comunicação, quando mostram o meio ambiente associado apenas à natureza, sinônimo de mata, água e animais, sendo rara a explicação de que temas como preservação cultural e qualidade de vida nas cidades, também denotam preocupação de cunho ambiental.

Com relação ao padrão definido como Área agrícola (área de uso para agricultura) abrange uma área de 13.511 ha, atingindo 4,16% do município (Tabela 2). Vale mencionar que esta área agrícola pode ser maior do que a quantificada na imagem, uma vez que a escala geográfica da imagem dificulta a representação de cultivos em pequenas áreas descontínuas. Nesse sentido, o valor encontrado para padrão Vegetação natural (Mata Ciliar, Palmáceas, Campo Cerrado, Cerrado e Vegetação antropizada) pode estar incluindo valores pertencentes ao padrão Área agrícola.

Nestas áreas vêm sendo desenvolvidas atividades agrícolas como plantio de arroz, feijão, milho, soja, banana, caju, coco-da-baía, cana-de-açúcar, laranja, manga, mandioca e melancia, conforme levantamento realizado pelo IBGE (2007), sobre a evolução da ocupação agrícola da região de Chapadinha - MA, de 1990 a 2007. Assim, com base nesses dados observou-se um aumento na ocupação do município no que se refere à área utilizada para a produção agrônômica. Considerando os aspectos do crescimento no período de dezoito anos, observou-se que as culturas apresentaram alterações no que diz respeito às áreas usadas para plantio (Tabelas 3 e 4).

Avaliando-se as culturas tradicionais arroz, feijão e milho no período de 1990 a 2007 observaram-se algumas variações. Em 1990 essas culturas ocupavam uma área de 9.730 ha, sendo que o arroz ocupava a maior parte da área com 6.400 ha, superior ao feijão com 180 ha e o milho com 3.150 ha. Dados do IBGE de 2006 destacam o arroz como o principal produto agrícola do município de Chapadinha - MA desde a década de 1990, tanto do ponto de vista econômico quanto social, pois, além de ocupar a maior área plantada, o arroz constitui a principal fonte de alimentação e de renda para os pequenos agricultores daquele município. O arroz como sendo a principal cultura cultivada nesse período, diminuiu sucessivamente a sua área plantada nos anos de 1991, 1992 e 1993, sendo este último ano o de menor área cultivada (Tabela 3). A partir desse ano, houve variações nos anos subsequentes, sendo que de 2002 em diante houve crescimento ascendente até o ano de 2007. Tendo sido verificado que o ano de 2006 foi o que

apresentou maior expansão em área cultivada chegando a 7.800 ha (Tabela 3), com uma média no período 5.892,50 ha de área plantada e desvio padrão de 1.137,86 ha (Tabela 4). Notadamente a redução da área plantada verificada nos anos de 1991 a 1993 e de 1996 a 2001 é decorrente, possivelmente, da oscilação do mercado, refletindo conseqüentemente na produção de grãos.

A mesma tendência foi constatada para o cultivo de feijão que apresentou picos de crescimento de área plantada de 2002 a 2007, atingindo o maior valor em 2006 com 1.250 ha de área plantada. Tendo sido observado ainda oscilações no período de 1990 até o ano de 1999 e crescimento ascendente nos anos de 1994, 1995 e 1998 e a partir de 2000. A média no período avaliado foi de 815,28 ha com desvio padrão de 291,29 ha (Tabelas 3 e 4).

No que diz respeito ao cultivo de milho foi constatado que este teve seu ponto de menor expressão em área cultivada no ano de 1999 quando atingiu 2.640 ha. No entanto, se destacou nos anos de 1992, 1994, 1995 e de 2004 a 2007, atingindo o maior valor no ano de 1995 com 5.200 ha de área plantada. No período de 18 anos constatou-se uma média de 3.698,11 ha de área plantada apresentando um desvio padrão de 708,39 ha (Tabelas 3 e 4). Possivelmente as culturas alimentares de milho e feijão produzidos em pequena escala em Chapadinha - MA, destinam-se à subsistência dos pequenos produtores, que comercializam o excedente da produção no mercado interno, especialmente nas feiras livres. Fato muito comum no estado do Maranhão e que foi observado *in loco*, referem-se ao desmatamento de pequenas áreas, seguido de queima e cultivo de culturas consorciadas como arroz, feijão, milho e mandioca, atividades estas que são repetidas pelos pequenos agricultores no ano seguinte, em outra área.

Com relação à soja, sua introdução em Chapadinha - MA, se deu a partir de 2003 e sua área cultivada foi crescente no decorrer dos anos, atingindo maior crescimento em 2007 com 1.500 ha de área plantada, significando um aumento 1.193% em relação ao ano de 2003, atingindo uma média 767,20 ha e desvio padrão de 640,80 ha (Tabelas 3 e 4), coincidindo com a queda na área de ocupação do cajueiro e cana de açúcar. De acordo com Mueller (1992) fatores edafoclimáticos favoráveis à sojicultura e o apoio governamental brasileiro a essa cultura foram fundamentais para sua rápida expansão no país. Barreto (2001) menciona que entre 1984 e 1997 houve um incremento da ordem de 121.740 ha de área cultivada, implicando na produção de 264.600 t de soja em 1997 e consumo de cerca de 50% de defensivos agrícolas do total utilizado na atividade agrícola do Estado.

Tabela 3. Culturas agrícolas do município de Chapadinha - MA, referentes ao período de 1990 a 2007

Culturas agrícolas		Área plantada (ha)																	
		Ano																	
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Oryza sativa</i>	Arroz	6.400	5.064	5.012	3.624	6.090	6.500	4.817	4.860	4.800	5.375	5.575	5.600	6.048	6.500	6.700	7.700	7.800	7.600
<i>Musa spp.</i>	Bananeira	30	30	30	30	30	25	66	66	62	62	65	65	65	65	65	70	70	70
<i>Saccharum officinarum</i> L.	Cana-de-açúcar	250	250	250	250	250	250	10	15	13	20	35	35	35	40	40	40	45	50
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajueiro	240	240	240	240	240	240	21	23	28	28	35	35	35	60	60	90	90	90
<i>Cocos nucifera</i>	Coqueiro	4	5	5	5	5	5	1	3	2	6	8	8	8	8	10	15	15	15
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Feijão	180	490	366	490	820	900	725	734	870	790	800	850	930	1.000	1.100	1.180	1.250	1.200
<i>Citrus sinensis</i> L.	Laranja	25	30	30	30	30	25	19	22	24	18	20	20	20	20	25	30	30	30
<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4
<i>Maniot esculenta</i> Crantz.	Mandioca	4.500	5.040	5.200	2.800	1.500	4.500	2.030	2.150	2.940	2.100	3.940	4.000	4.200	4.500	5.000	5.500	6.000	5.000
<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad.	Melancia	-	12	9	12	15	18	46	40	40	35	32	35	40	40	42	-	48	50
<i>Zea mays</i>	Milho	3.150	3.805	3.920	2.800	4.840	5.200	3.072	3.759	3.100	2.640	3.100	3.200	3.520	3.600	3.860	4.200	4.500	4.300
<i>Glycine max</i> L.	Soja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	240	600	1.380	1.500
Total		14.480	14.661	14.757	9.976	13.515	17.368	10.700	11.558	11.763	10.960	13.482	13.720	14.773	15.796	16.982	19.220	21.023	19.700

Fonte: (IBGE, 2007).

Tabela 4. Média e desvio padrão das culturas agrícolas em termos de área plantada (ha) do município de Chapadinha - MA, referentes ao período de 1990 a 2007

Culturas agrícolas		\bar{X}	DesvPad
<i>Oryza sativa</i>	Arroz	5.892,50	1.137,86
<i>Musa spp.</i>	Bananeira	53,67	18,00
<i>Saccharum officinarum</i> L.	Cana-de-açúcar	104,33	106,54
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajueiro	113,06	94,94
<i>Cocus nucifera</i>	Coqueiro	7,11	4,28
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Feijão	815,28	291,29
<i>Citrus sinensis</i> L.	Laranjeira	24,89	4,66
<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	4,00	0,00
<i>Maniot esculenta</i> Crantz.	Mandioca	3.938,89	1.355,27
<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad.	Melanciaira	32,13	14,06
<i>Zea mays</i>	Milho	3.698,11	708,39
<i>Glycine max</i> L.	Soja	767,20	640,80

Fonte: (IBGE, 2007).

Rodrigues (2010) menciona que a soja avançou, alargando a fronteira agrícola, especialmente na década de 70. Depois de surgir no Rio Grande do Sul, na década de 60, como rotação ideal para o trigo, foi implantada no Sudeste e atualmente tem sido cultivado no Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Rondônia e no Pará. A área de soja plantada no Brasil em 2008 corresponde a mais de 45% de toda a área plantada com grãos.

Em Chapadinha - MA, desde sua implantação, o cultivo é crescente sendo ampliadas as áreas conforme a liberação de licenciamento pelos órgãos ambientais. Características do relevo da região com topografia plana e condições climáticas adequadas enquadram aquela localidade como uma região em condições para o desenvolvimento de culturas anuais, principalmente a soja que, produzida em larga escala e com a proximidade do porto de Itaqui, facilita a sua exportação. Nessas áreas que são liberadas pelos órgãos ambientais percebe-se que a introdução da soja pode mudar em pouco tempo a realidade local. Desde o ano de 2003, quando começou a ser cultivada em Chapadinha - MA, a área plantada de soja tem aumentado em uma proporção acentuada. Em 2007, a área ocupada por essa cultura já tinha multiplicado por mais de 12 vezes a área original e essa atividade encontra-se em franca expansão. De modo contrário, culturas tradicionais como caju, cana-de-açúcar, associadas a pequenas propriedades, tem decaído ao longo do tempo (Tabela 3).

A sojicultura vem substituindo espécies vegetais adaptadas naturalmente ao Cerrado, algumas potencialmente conhecidas, tanto frutíferas quanto medicinais. O crescimento acelerado dessa cultura significa supressão de áreas deste bioma importante e ameaçado. Anderson et al. (2003), em estudo realizado nos municípios de Nova Ubiratã,

Sorriso e Vera, no Estado do Mato Grosso, utilizando-se de imagens LANDSAT 5 dos anos de 1986 e 2001, sobre a expansão do cultivo da soja, constataram que no período observado houve um aumento significativo na área de cultivo. No município de Sorriso, o crescimento em área de cultivo foi de aproximadamente 500% em quinze anos, passando de 20.000 ha em 1986 para quase 120.000 ha de área plantada em 2001. Constatou-se neste estudo, uma aceleração maior do plantio da soja no município de Chapadinha - MA, cuja área cultivada cresceu em apenas quatro anos, aproximadamente, 1.200%, passando de 116 ha em 2003 para 1.500 ha em 2007. Isso equivale a uma média de mais 300% a cada ano. Com isso, observa-se que dentre as culturas avaliadas a soja foi a que mais contribuiu para redução do Cerrado nesse período analisado.

Dias (1993) alerta para o fato de que 90% das áreas de Cerrado estão em propriedades particulares, sendo que destas, apenas 1,2% são declaradas como áreas de proteção ambiental, isto se faz crer que o Código Florestal n. 4.771/65 não esteja sendo respeitado, o qual determina preservação do Cerrado em 20% da propriedade.

Em relação à evolução das frutíferas no município de Chapadinha - MA, observou-se que em 1990 a área ocupada foi de 59 ha com o plantio de bananeira, coqueiro e laranjeira (Tabela 3). No que diz respeito ao cultivo da bananeira esta apresentou a mesma tendência verificada para as culturas tradicionais, com picos de crescimento de área plantada a partir de 1996 até 2007, com maior valor em 2007 atingindo 70 ha, destacando-se como a cultura predominante entre as frutíferas, ocupando a maior área. Foi observado que de 1990 a 1994 houve uma regularidade em termos de área plantada atingindo um valor máximo de 30 ha. O menor valor foi constatado em 1995 com 25 ha. Ao longo da evolução foi obtida uma média de 53,67 ha, apresentando desvio padrão de 18,00 ha (Tabelas 3 e 4). O coqueiro manteve uma regularidade na ordem de 5 ha de área cultivada até o ano de 1995. Decresceu em 1996 atingindo a menor área cultivada no período, onde foi registrado apenas 1 ha. Os maiores valores foram obtidos de 2000 a 2007 com pico de crescimento nos três últimos anos, chegando a atingir 15 ha de área plantada com uma média de 7,11 ha e desvio padrão de 4,28 ha (Tabelas 3 e 4). A ocupação do solo em relação à laranjeira variou menos quando comparada às demais frutíferas ao longo dos anos avaliados, atingindo 30 ha de área plantada nos anos de 1991 a 1994 e no período de 2005 a 2007. Ao longo da evolução atingiu o valor médio de 24,89 ha de cultivo e desvio padrão de 4,66 ha. Possivelmente estas pequenas variações ocorridas no período analisado com decréscimos entre os anos de 1995 a 2004 foram decorrentes de oscilações no mercado, com redução da área plantada (Tabelas 3 e 4). Em relação ao plantio da mangueira, observou-se que o seu cultivo se deu nos dois últimos anos do período

avaliado, 2006 e 2007, atingindo 4 ha, cuja média foi de 4 ha (Tabelas 3 e 4). Já a melancia, observou-se uma tendência de crescimento de área cultivada, entre os anos 1992 a 1995, havendo picos superiores a média entre 1996 a 2007, sendo que o maior valor ocorreu em 2007, onde atingiu 50 ha. A média observada no período avaliado foi de 32,13 ha de área cultivada e desvio padrão de 14,06 ha (Tabelas 3 e 4).

Com relação à evolução das culturas de caju, cana-de-açúcar e mandioca, observou-se que a cana-de-açúcar apresentou regularidade na área plantada entre os anos de 1990 a 1995 com uma área plantada de 250 ha. Em 1996 a área cultivada diminuiu para 10 ha, uma queda de 96%, ano que houve a maior redução no período de 18 anos. Esta redução manteve-se até o ano de 2007. Durante o período de avaliação verificou-se um valor médio de 104,33 ha de área cultivada, apresentando um desvio padrão de 106,54 ha (Tabelas 3 e 4). O cultivo de mandioca apresentou dois momentos de elevação dos valores de área plantada, no período de 1990 a 1992 e de 2000 a 2007, mantendo-se pouco variável nestes períodos. Inicialmente ocupando uma área de 4.500 ha no ano de 1990 e nos dois anos subsequentes atingiram 5.040 e 5.200 ha, em 1991 e 1992, respectivamente. No entanto, o cultivo da mandioca apresentou maior valor de crescimento em 2006 com 6.000 ha de área plantada. Os decréscimos observados nos anos de 1993, 1994 e no período de 1996 a 1999 podem ter sido influenciados pela tendência de mercado, uma vez que a área plantada está mais relacionada com a exploração do mercado do que pela queda da produção. Obteve-se um valor médio de 3.938,89 ha e desvio padrão de 1.355,27 ha (Tabelas 2 e 3). O cajueiro, por sua vez, iniciou o ano de 1990 com uma área de cultivo de 240 ha, mantendo essa regularidade até 1995, sendo esses anos os de maior valor de área plantada. No ano seguinte a área ocupada caiu para 21 ha, oscilando nos anos subsequentes, chegando a 90 ha/ano nos três últimos anos do período, 2005 a 2007. De modo que a média verificada no período analisado foi de 113,06 ha e desvio padrão de 94,94 ha (Tabelas 3 e 4).

Embora o valor para área agrícola seja reduzido 4,16%, as práticas utilizadas para preparação das terras são inadequadas, uma vez que se observou o uso de queimadas para o preparo da terra para o plantio, mesmo que detectadas em pequenas áreas (Figura 7). Tansey et al. (2004) corrobora com esta assertiva quando menciona que nas transformações observadas no Cerrado, é uma constante o uso de queimadas para limpeza dos terrenos sob o pretexto de estimular a rebrota das pastagens e para abrir novas áreas agrícolas. No entanto, Sinátorá (1996) menciona que na maioria das queimadas, o fogo sempre atinge a vegetação ciliar que margeiam os ambientes fluviais, trazendo sérias consequências para os ecossistemas aquáticos e para as áreas próximas ao local queimado.



Figura 7. Uso da queimada para limpeza do terreno e posterior plantio de mandioca, arroz, feijão e milho, em Chapadinha - MA.

De acordo com Tansey et al. (2004) cerca de 67% da área queimada no Brasil em 2000 ocorreram no Cerrado, afetando negativamente o estabelecimento de árvores e arbustos, provocando perda de nutrientes, compactação e erosão dos solos, fragmentação de habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas, degradação de ecossistemas, desequilíbrios no ciclo do carbono e possivelmente modificações climáticas regionais, um problema grave que atinge grandes áreas.

Além disso, Delattre (2004) afirma que a fumaça produzida causam graves danos ao ambiente, aceleram o aumento da temperatura na Terra, já que os principais gases originados de atividades antropogênicas são contribuintes do efeito estufa como dióxido de carbono (CO_2) e monóxido de carbono (CO). A ação desses gases sob ação ultravioleta pode produzir grande quantidade de ozônio (O_3) troposférico, ocasionando sérios danos aos ecossistemas. Os poluentes derivados da combustão e queima de lixo, incluem as partículas de fumaça, SO_2 , CO, CO_2 , O_3 , hidrocarbonos e vários óxidos de nitrogênio. O CO_2 liberado pela queima de biomassa (material vegetal) tem contribuído significativamente para o aumento da temperatura global.

Outra prática utilizada pelos produtores rurais observadas *in loco* foi à utilização do desmatamento para, em substituição, cultivarem soja, arroz, milho, mandioca, cana-de-açúcar, laranja e banana. Machado et al. (2004) citam que 55% do Cerrado já foram desmatados ou transformados pela ação humana, dentre elas pode-se citar extensas áreas de pastagens e grandes monoculturas, principalmente soja e eucalipto e desmatamento para a produção de carvão.

Brito et al. (2007) estudando a degradação das matas ciliares em área de Cerrado em Aragoínas - TO, também constatou a substituição da vegetação em diversos pontos

do córrego Zé Mineiro pelo cultivo de cana-de-açúcar, utilizada pelos pecuaristas na produção de ração para a pecuária, principalmente leiteira, além de cultivo de banana e hortaliças.

Machado et al. (2004) observam que 55% do Cerrado já foram desmatados ou transformados pela ação humana, como exemplo pode-se citar extensas áreas de pastagens e grandes monoculturas, principalmente soja e eucalipto, além de desmatamento para a produção de carvão. A extração vegetal em 2007 no município estudado, segundo o IBGE (2007), foi de 1.580 m³ de madeiras em toras, as madeiras utilizadas no fornecimento de energia, na forma de lenha, foi de 268.000 m³ e as madeiras utilizadas na fabricação de carvão em um quantitativo de 3.750 toneladas do produto. Esse percentual de 55% de supressão da vegetação do Cerrado, observado pelo autor, representa uma área de 880.000 km², ou seja, quase três vezes a área desmatada na Amazônia brasileira. Essas disparidades, segundo o mesmo autor, estão relacionadas ao fato de que o Código Florestal dá tratamento diferenciado aos biomas brasileiros. Exemplo disto pode ser observado quanto à exigência de preservação da vegetação nos estabelecimentos agrícolas no Cerrado. Neste, o que é exigido em área preservada como reserva legal alcança apenas 20% da sua área, enquanto que na floresta amazônica o percentual exigido é de 80%. É notório que as políticas públicas voltadas para a preservação e conservação dos biomas são negligentes quando se referem ao Cerrado. Embora seja um dos ecossistemas mais importantes, a Constituição Federal não o menciona, excluindo-o da proteção constitucional referida no artigo 225.

De acordo com Assad (1996) a destruição dos ecossistemas que constituem o Cerrado continua de forma acelerada. Essas atividades antrópicas exercidas atualmente na região do Cerrado exercem um efeito perturbador, em que a capacidade de transformação do homem é muito maior do que a capacidade de recuperação do meio.

Vale mencionar que a partir de informações obtidas diretamente com os produtores rurais, estes afirmam que a água e o solo são elementos restritivos para as atividades agrícolas, pois a água, proveniente da chuva e córregos alimentados por nascentes, tem apresentado, nos últimos anos, menor disponibilidade e maior nível de poluição. E os solos, em função de suas características e uso intensivo, têm exigido crescentes aplicações de adubos químicos. Isto, somado aos elevados custos de produção e ao elevado preço da terra, favorece a venda das terras aos grandes produtores, os quais dispõem de maiores recursos para aplicarem na produção. Além da poluição das águas que afeta a produção agrícola, há a retirada da cobertura vegetal, que faz aumentar a incidência de pragas e doenças, fatos que forçam os agricultores para a venda ou abandono das terras.

Observou-se que a pecuária extensiva é também outra prática econômica desenvolvida no Cerrado, conforme informações obtidas no levantamento realizado pelo IBGE (2006) (Tabela 5) nos anos de 1996 e 2006, onde se constatou que em 15 anos de observação, houve a ocupação do solo para sustentar rebanhos bovinos, caprinos e ovinos com animais se alimentando da vegetação do ambiente contribuindo para o quadro de degradação da vegetação verificado no lugar.

Comparando-se os dois anos, foi possível observar redução no número de cabeças, com destaque para o rebanho caprino, que teve maior queda. O rebanho bovino que em 1996 possuía um quantitativo de 16.815 cabeças sofreu uma pequena redução de 0,95% passando para 16.655 em 2006. Em relação ao rebanho caprino a redução foi de 34,10%, passando de 17.366 em 1996 para 11.444 em 2006. No que se refere ao rebanho ovino observou-se que a redução foi de 8,93%, quando em 1996 possuía 2.396 cabeças e em 2006 passou para 2.182 (Tabela 5).

Tabela 5. Tipos de rebanhos e número de animais (cabeças) encontrados em Chapadinha - MA, nos anos de 1996 e 2006

Tipos de rebanhos	1996	2006
Bovinos	16.815	16.655
Caprinos	17.366	11.444
Ovinos	2.396	2.182

Fonte: IBGE (2006).

Mesmo havendo redução no quantitativo de animais, no período de quinze anos, possivelmente a diminuição dos problemas causados ao espaço pela ocupação é mínimo, haja vista que o decréscimo dos rebanhos foi considerado pequeno. Em se tratando de estimativas, Macedo et al. (2000) estimam que 80% das pastagens cultivadas no Brasil Central, responsáveis por mais de 55% da produção de carne nacional, encontram-se em degradação, já que a derrubada da vegetação original, a intensificação dos processos erosivos, o aparecimento de voçorocas no solo, são constantes. De forma complementar, Marris (2005) afirma que a expansão agropecuária se encarregou de transformar aproximadamente metade dos 2 milhões de km² originais do Cerrado em forma de pastagens, culturas anuais e outros tipos de uso.

Moreira e Assad (2000) atribuem a grande expansão da produção pecuária extensiva nos campos nativos de Cerrado ao baixo valor das terras e às ofertas de crédito. Outro fator importante foi o surgimento de espécies forrageiras com alta capacidade de

adaptação ao clima e à baixa fertilidade dos solos, realidades que levaram a atividade de pecuária bovina da atualidade a ser responsável por mais de 44% do rebanho bovino nacional e esse rebanho tem nas pastagens cultivadas sua principal fonte alimentar. De forma complementar, Haridasan (1982) menciona que em decorrência da reduzida fertilidade do solo, muitas das atividades estão ligadas à mineração e à criação extensiva de gado em suas pastagens naturais, sobretudo bovinos. E a atividade responsável pela degradação do Cerrado é a retirada da vegetação nativa e sua substituição pelo plantio de capins exóticos e de soja em larga escala, sendo que a maior parte da produção desta se transforma em ração animal (SEMA, 2006).

Outra atividade responsável pela degradação do Cerrado é gerada pela atividade pecuária, decorrente do pisoteio do rebanho, podendo compactar o solo e conseqüentemente reduzir a infiltração de água do solo e aumentar a erosão do solo, o que pode contribuir para o assoreamento dos cursos d'água.

A classe denominada Cerrado apresenta uma fisionomia constituída por árvores e arbustos com altura variando de 3 a 8 m (Figura 8). Esta vegetação é estruturada em dois estratos: um nível arbóreo/arbustivo, com árvores esparsas e retorcidas e um estrato herbáceo/gramíneo, sendo mais denso que o Campo Cerrado. Os troncos das espécies lenhosas em geral possuem cascas com cortiça grossa, fendida ou sulcada, e as gemas apicais de muitas espécies são protegidas por densa pilosidade (Ribeiro e Walter, 1998).

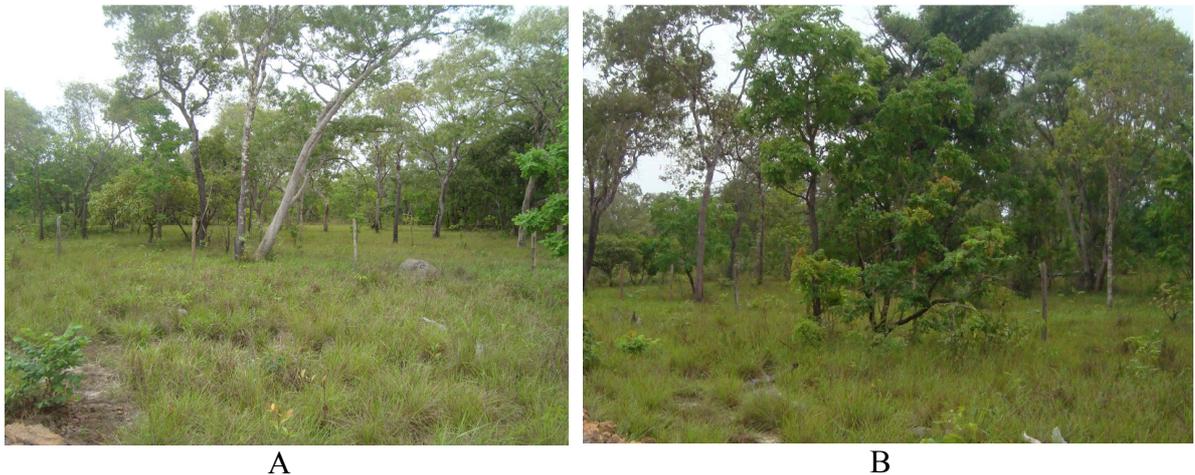


Figura 8. Vegetação típica do Cerrado, em Chapadinha - MA.

Ribeiro e Walter (1998) comparando vários trabalhos sobre a vegetação do Cerrado listaram as espécies arbóreas que mais caracterizam esse ambiente no Brasil, dentre elas encontram-se exemplares como *Annona crassiflora* (Araticum), *Brosimum gaidichaudii*, *Bowdichia virgilioides* (Sucupira Preta), *Byrsonima coccolobifolia* (Murici),

Byrsonima verbascifolia (Murici), *Caryocar brasiliense* (Pequi), *Dimorphandra mollis* (Faveira), *Hymenaea stigocarpa* (Jatobá-do-Cerrado), *Tabeluia áurea* (Ipê), *Tabeluia ochracea* (Ipê amarelo), *Tocyena formosa* (Jenipapo-do-Cerrado), *Syagrus flexuosa* (Coco-do-Campo), *Campomanesia pubescens* (Gabirola), *Cochlospermum regium* (Algodão-do-Campo), dentre outras.

Constatou-se que no município de Chapadinha - MA, o Cerrado ocupa uma área de abrangência de 91.519 ha, correspondendo a 28,18% da área do município (Tabela 1), corroborando com os dados de Oliveira-Filho e Ratter (2002) ao afirmarem que o Cerrado é a paisagem que ocupa maior área dentro do bioma. Nesse sentido, no Cerrado, por haver maior abundância de plantas, há maior concentração de biomassa vegetal, isso melhora a ciclagem de nutrientes pela absorção desses elementos pelas raízes das árvores nas camadas mais profundas do solo, depositando, posteriormente, na camada superficial, por meio da decomposição das folhas, raízes e galhos (Wadt, 2003).

No entanto, estudos recentes, com base em dados de Sensoriamento Remoto, apontam um estágio de conversão deste bioma na ordem de 50%, degradação esta normalmente relacionada às atividades de pastoreio, agricultura, mineração, hidroelétricas e carvoarias (Carvalho et al., 2008). Marris (2005) cita que, nos últimos 35 anos, o Cerrado além de perder metade de sua área original, em consequência de exploração inadequada, cerca de 137 espécies de sua biodiversidade estão ameaçadas de extinção.

A vegetação é considerada indicadora do nível de instabilidade dos ambientes e a sua retirada permite uma maior susceptibilidade aos efeitos de aquecimento pela diminuição da proteção do solo contra os raios solares com grandes variações diárias de temperatura, acelerando a atividade microbiana e as perdas de dióxido de carbono (CO₂) do solo, além de propiciar elevada lixiviação, erosão superficial e alterações da atividade da macro e mesofauna do solo. Essas ações tendem a diminuir a fertilidade do solo, gerando áreas degradadas de difícil e lenta recuperação. A presença de animais (bovino, caprino, ovino) sem manejo adequado pode contribuir para a degradação da vegetação, pois a herbivoria pode provocar danos ao ecossistema dependendo do número de animais, da densidade, da sua movimentação e da intensidade de pisoteio que, além de compactar o solo, pode afetar as espécies vegetais que germinam logo após as chuvas e as que formam o estrato herbáceo podem não completar seu ciclo de vida (Araujo, 2010).

A classe definida Campo Cerrado apresenta uma fisionomia constituída por árvores dispersas e arbustos, com elevada densidade de vegetação herbácea (Figura 9), ocupando 53.772 ha, correspondendo a 16,55% da área do município (Tabela 1). Corroborando com as informações de Ferreira (2003) que apontam que a classe Campo

Cerrado apresenta um tipo fisionômico de vegetação herbáceo-arbustivo, com arbustos e subarbustos esparsos cujas plantas, são constituídas por indivíduos menos desenvolvidos quando comparadas as espécies da classe Cerrado. Ferreira (2003) cita que a vegetação que ocorre com mais frequência no Campo Cerrado, pertence à família Poaceae (Gramineae), destacando-se os gêneros *Aristida*, *Axonopus*, *Echinolaena*, *Ichnanthus*, *Laudetiopsis*, *Panicum*, *Paspalum*, *Trachypogon* e *Tristachya*. Outros gêneros como *Bulbostylis* e *Rhyncophora*, da família Cyperaceae, e outras famílias como *Alstroemeria* spp., *Gomphrena officinalis*, *Griffinia* spp., *Hippeastrum* spp., dentre outras.



Figura 9. Área de Campo Cerrado, em Chapadinha - MA.

Comparando-se estas duas classes *in loco* observou-se que no Campo Cerrado as plantas encontram-se afastadas entre si. No entanto, o solo fica protegido, tendo em vista a grande ocorrência de espécies herbáceas em estado de conservação natural que fornece ao solo a proteção necessária contra a incidência solar direta, o impacto das gotas das chuvas e enxurradas que normalmente geram áreas susceptíveis aos processos erosivos e, conseqüentemente, à perda de nutrientes. Mendonça et al. (1998) observam que a quantidade de plantas herbáceas, arbóreas, arbustivas e cipós somam mais de 7.000 espécies, isto significa um número superior ao encontrado na maioria das regiões do mundo, além do que, 40% da flora é endêmica. Segundo Filgueiras (2002) em alguns grupos, como as plantas herbáceas, o nível de endemismo pode chegar a mais de 70%, como é o caso das espécies da família Velloziaceae, associadas aos campos rupestres, dando ao Cerrado a capacidade de ser a savana tropical mais diversificada do mundo.

Considerando a vegetação herbácea existente no Cerrado, há ocorrência de uma variedade de espécies, inclusive invasoras, conforme citado por Felfili et al. (1994), dentre elas pode-se observar *Axonopus babigerus*, *Echinolaena inflexa* (Capim-Flexinha),

Schizachirium tenerum, *Brachiaria decumbens* (Capim-brachiaria), *Elephantopus mollis* (Capim-elefante).

As características físicas e químicas do solo podem também ser fatores que aumentam a diferença quanto ao porte e fisionomia vegetal entre as categorias. Ferreira (2003) menciona que a composição florística e a importância fitossociológica das espécies do Campo Cerrado podem diferir se o solo for bem ou mal drenado, caracterizando a fisionomia da vegetação. Fatores como pH, condições edáficas, alumínio, fertilidade, condições hídricas, profundidade, queimadas e ações antrópicas podem influenciar na densidade arbórea do Cerrado, refletindo na sua composição florística e estrutura. Em decorrência dessas complexidades, podem-se perceber subdivisões fisionômicas distintas no Cerrado e Campo Cerrado. Vale mencionar que a área de cobertura vegetal representada por essas duas classes totalizam 44,43% do município, ocupando a maior área quando comparada com as demais classes descritas, sendo relevante na paisagem como referência, haja vista a sua importante inserção na dinâmica da paisagem do território brasileiro.

O resultado da classificação indica que em termos de abrangência, a área de Vegetação natural que diz respeito à área de Palmáceas predomina no município com 28,57%, cobrindo uma área de 92.782 ha.

As Palmáceas verificadas em Chapadinha - MA, são *Copernicia prunifera* Mill. (Carnaúba), *Mauritia flexuosa* L. (Buriti) e *Orbignya speciosa* Mart. (Babaçu), sendo que esta última espécie é predominante, ocupando grande parte do município, com altura de 3 a 15 m e diâmetro oscilando entre 25 e 41 cm. De acordo com Henderson et al. (1995) as maiores extensões de matas onde predominam os babaçus, formam espontaneamente agrupamentos homogêneos, densos e escuros, tal a proximidade entre as palmeiras. Já a maior ocorrência da espécie *Mauritia flexuosa* L. (Buriti) encontra-se em locais alagadiços, ou em regiões de baixada. Esta espécie tem importância ornamental, na culinária e preservação da fauna, já que fornece frutos para a alimentação de aves e mamíferos presentes em locais alagados no Norte e Nordeste brasileiro (Lorenzi et al., 1996; Almeida e Silva, 1994). A espécie *Copernicia prunifera* Mill. (Carnaúba) atinge entre 10 e 15 m de altura e de 15 a 25 cm de diâmetro. Sua maior concentração ocorre nos vales dos rios formando planícies inundáveis (Lorenzi et al., 1996), sua madeira é usada em cercas, cera utilizada em indústria, celulose na fabricação de papel e suas folhas na confecção artesanal de chapéus, esteiras, cadeiras, bolsas e outros (Henderson et al., 1995).

Em observação *in loco* constatou-se que, embora as Palmáceas estejam inseridas na classe de maior representatividade, foi possível verificar que em alguns pontos de verificação há incidência da espécie *Orbignya speciosa* Mart. (Babaçu) em processo de

regeneração, significando que esta área de Palmáceas embora definida como em processo de degradação, há locais em que estão menos degradadas (Figura 10).



Figura 10. Área de Palmácea *Orbignya speciosa* Mart. (Babaçu) em fase de regeneração, em Chapadinha - MA.

Observando-se a imagem “uso e classes de vegetação” (Figura 6) foi possível identificar que a área definida como Mata Ciliar (vegetação existente nas margens de rios, córregos, riachos), apresenta uma abrangência de 13,20% totalizando 42.879 ha. Essas áreas encontram-se atualmente em bom estado de conservação, não tendo sido verificado problemas relacionados a assoreamento dos rios, córregos e riachos e nem problemas de erosão nas encostas. Situação diferente da encontrada em outras regiões de Cerrado como verificadas por Brito et al. (2007) que estudando as Matas Ciliares em Aragoínas - TO, constatou que as principais causas da degradação dessas matas, é a intensa utilização das margens dos rios para fins de agricultura, o mau uso do solo, desmatamento, queimadas, dentre outros.

Com essas alterações as funções de grande importância desempenhada pela Mata Ciliar, deixam de acontecer, cedendo espaço a problemas diversos como erosão, assoreamento de rios e lagos, desequilíbrio ecológico e a perda da diversidade da fauna aquática, haja vista que as margens sombreadas são locais habitados por microorganismos, peixes e outros organismos aquáticos (Andrade et al., 2005). De forma complementar, Krupek e Felski (2006) mencionam que com a supressão da Mata Ciliar, aumenta o índice de luminosidade sobre a água, e com isso a composição química e a temperatura são alteradas, isto interfere sobre a vida das espécies existentes naquele ambiente. Assim, quanto maior a concentração da vegetação, bem como a sua diversificação, maior será a contribuição para o meio ambiente.

A destruição das matas ciliares é fato preocupante, pois permite a ocorrência da erosão progressiva e conseqüentemente assoreamento do leito dos rios, já que as principais bacias hidrográficas brasileiras Amazônica, Platina e São Francisco, nascem em área de Cerrado e impactos como a perda de grandes volumes de água por meio da irrigação e substituição da vegetação natural por culturas agrícolas com remoção da vegetação ciliar podem causar a essas bacias o assoreamento e a contaminação por agrotóxicos e fertilizantes (Henriques, 2003).

Brito (2006) em estudo realizado nos córregos Lages, Zé Mineiro e Gavião em área de Cerrado, no município de Aragominas - TO constatou em alguns pontos um acentuado processo de degradação das Matas Ciliares, para a formação de pastagens, visando à criação de rebanhos, principalmente bovinos, assim como para facilitar o acesso direto desses animais à aguada. Constatou também um grande assoreamento do córrego Lages, devido à ausência da cobertura vegetal ao longo de toda a sua margem. E em entrevista aos pecuaristas e produtores rurais estes afirmaram ter constatado casos de córregos em suas propriedades rurais, antigamente perenes passando a intermitentes nos anos de forte estiagens, nos locais intensamente desmatados.

Em Chapadinha - MA a área de Mata Ciliar concede inúmeros benefícios ao meio ambiente, como corredores ecológicos, ligando fragmentos florestais e facilitando o movimento da fauna ao longo da paisagem entre as populações de espécies tanto animais quanto vegetais, tornando-se as áreas mais dinâmicas da paisagem, em termos hidrológicos, ecológicos e geomorfológicos (Lima e Zakia, 2001). Além de melhoria da qualidade da água ao reter grande quantidade de sedimentos e nutrientes, principalmente fósforo (P), nitrogênio (N) e produtos tóxicos oriundos das atividades agrícolas. Por meio da malha de raízes da vegetação, há estabilização do solo às margens dos rios, fornecem alimento e abrigo a muitas espécies de pássaros e animais de pequeno porte (Oliveira-Filho, 1994).

Observando-se a imagem “uso e classes de vegetação” (Figura 6) foi possível identificar que a área definida como Vegetação antropizada apresenta uma abrangência de 8,54% totalizando 27.730 ha. Possivelmente essas alterações sejam decorrentes da supressão da vegetação em substituição as atividades agrícolas, conforme informações obtidas do IBGE (2006) sobre a produção pecuária da região, com criação de rebanhos bovinos, caprinos e ovinos, bem como a extração de madeiras para fornecimento de energia em forma de lenha, fabricação de carvão e em toras.

Este processo de eliminação da vegetação nativa resulta num conjunto de problemas ambientais, como a extinção de várias espécies da fauna e flora, mudanças

climáticas locais, erosão dos solos, assoreamento dos cursos d'água, dentre outros. A conversão de vegetação natural em pastagens e/ou agricultura é considerada a principal causa da aceleração da lixiviação de nutrientes e metais acumulados nos solos. Estudos das consequências da instalação de pastagens em locais de floresta tropical mostraram que, em geral, ocorre um acréscimo das concentrações de elementos químicos do solo, diminuição do conteúdo de matéria orgânica e aumento do pH (Herpin et al., 2002).

É importante salientar que ao se analisar os dados do IBGE referentes às culturas exploradas em relação a área agricultável do município de Chapadinha, pode-se constatar a possibilidade de que esses dados não represente a verdadeira dimensão agrícola deste município, ou seja, embora possa indicar relativamente bem a evolução do uso agrícola, subestima a área de ocupação. Esta constatação, no entanto, não invalida a análise da evolução quanto à forma de ocupação e indicação da tendência do aumento das áreas de cultivo da soja em detrimento daquelas destinadas as culturas tradicionais como o arroz, milho, feijão e mandioca.

4.2. Distribuição das classes de solos da região de Chapadinha - MA e seu uso agrícola

Analisando a imagem de satélite LANDSAT 5 (Figura 5), observa-se que a área estudada apresenta locais com solos expostos, que a partir das visitas em campo foram identificadas como sendo áreas utilizadas para o preparo e/ou cultivo de culturas anuais, como soja, arroz e milho.

Comparando-se esta imagem com o mapa de solos do município de Chapadinha - MA (Figura 11) foi possível fazer uma estimativa da ocorrência dos tipos de solos onde são cultivados soja, arroz e milho. Assim, foi observado que esses tipos de culturas agrícolas são desenvolvidos nas áreas com predomínio dos solos LATOSSOLOS caracterizados por possuírem horizonte B latossólico e ARGISSOLOS grupamento de solos com horizonte B textural, com argila de atividade baixa ou argila de atividade alta desde que conjugada ao caráter alumínico e/ou à saturação por bases < 50%, além de PLINTOSSOLOS, solos com plintita, conhecidos como Laterita Hidromórfica.

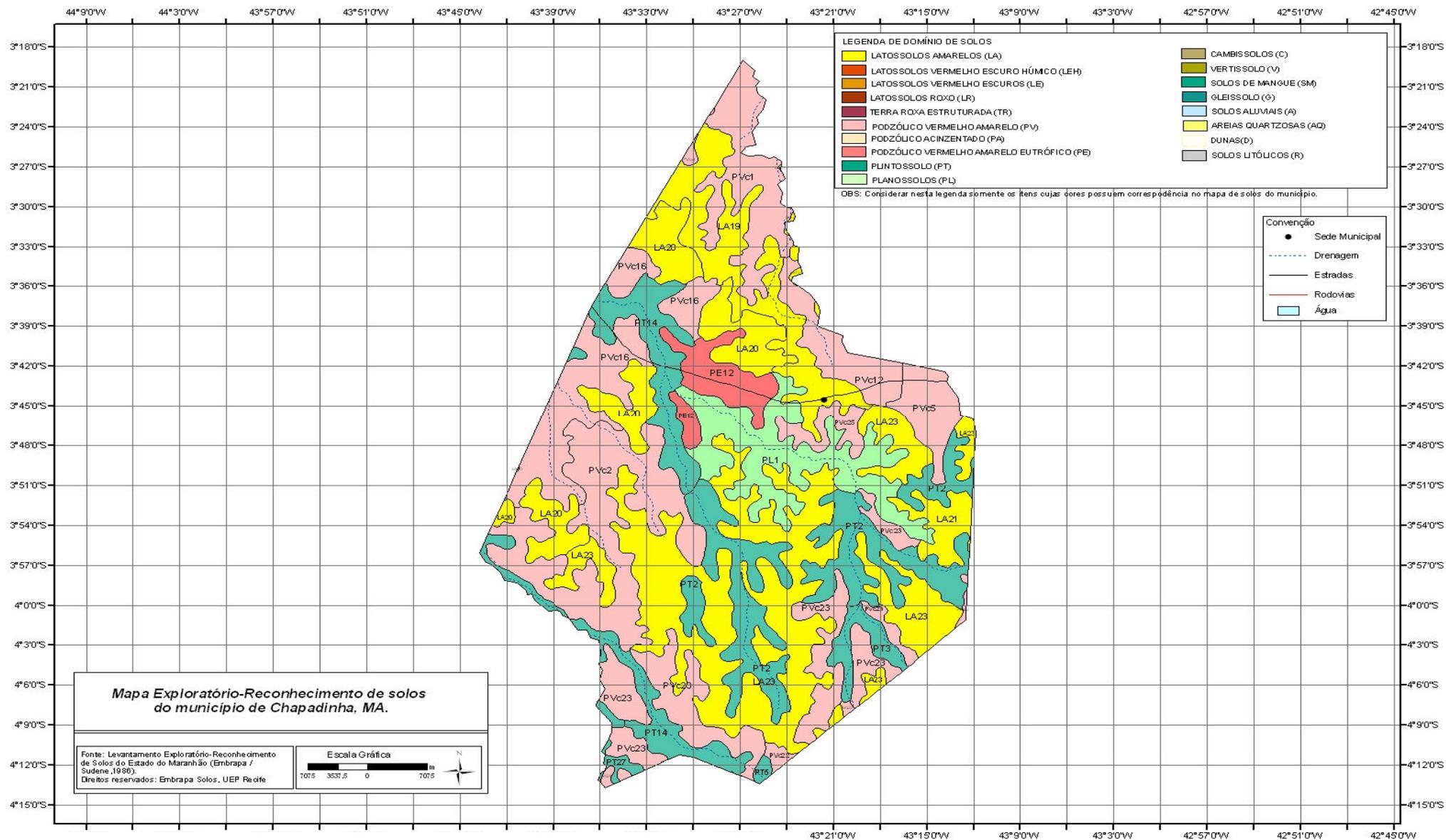


Figura 11. Mapa exploratório-reconhecimento de solos de Chapadinha - MA.

Fonte: EMBRAPA (1986).

Foi possível observar *in loco* que na implantação das culturas esses solos foram submetidos a processos convencionais, com retirada da vegetação, deixando o solo exposto antes de iniciar o plantio da soja, arroz e milho (Figura 12), coincidindo com o período que antecede o período chuvoso o que acaba por afetar a fertilidade do solo.



Figura 12. Áreas utilizadas para o preparo do plantio de soja, arroz e milho, em Chapadinha - MA.

As estatísticas sobre perdas físicas de solo em todo o mundo revelam que, a cada ano, bilhões de toneladas de terra fértil são erodidas e transportadas para os rios. Segundo o Programa de Qualidade Ambiental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no Brasil as perdas já atingem 840 milhões de toneladas anuais (t/ano) e estão aumentando, com a abertura de novas frentes agropecuárias no Centro-Oeste e na Amazônia. No Rio Grande do Sul, tais perdas podem alcançar 20,1 toneladas por hectare (t/ha) nas culturas de soja. O total estadual é de 250 milhões de toneladas por ano (Bley Jr., 1999).

De acordo com Novaes (2000) a perda de solo por quilo de grão de soja produzido pode chegar a 10 quilos. De forma complementar, Primavesi (1997) observa que a cada ano são abandonados 0,6 milhão de hectares nos países do terceiro mundo, isto corresponde à sexta parte de um país como a Holanda. Bley Jr. (1999) menciona que no estado de São Paulo foram estimados perdas de 10 kg de solo fértil por quilograma de grão produzido ou duzentos milhões de toneladas por ano.

Barreto (2001) afirma que em todo o Estado do Maranhão, quase todos os empreendimentos de natureza agrícola implantados desde 1980, tem utilizado tecnologias avançadas, com o objetivo de aumentar os índices de produtividade e minimizar os custos de produção. Esta realidade se defronta em parte com os benefícios de uma agricultura moderna e dinâmica, mas por outro lado com os impactos ambientais.

Grande parte do processo deve-se ao desmatamento de áreas suscetíveis, ao emprego de métodos inadequados de mecanização intensiva (como aração e uso de grade pesada, destruindo o solo) e à exposição intensa à erosão hídrica, à erosão eólica e aos raios solares, entre outros fatores (Bley Jr., 1999).

Constatou-se *in loco* que o desmatamento efetuado pelos produtores rurais na região de Chapadinha - MA, para implantação dos cultivos de mandioca, arroz, feijão e milho nas pequenas propriedades rurais é feita pelo uso da queima (Figura 7) enquanto que a produção de culturas como soja, arroz e milho em larga escala é geralmente efetuado com a utilização de máquinas agrícolas (Figura 13). De acordo com Bley Jr. (1999) um dos erros mais frequentes e mais graves está nas técnicas de aração. Como o oxigênio é consumido junto com a matéria orgânica, quanto mais oxigênio se dá ao solo, mais rápido é o consumo dessa matéria. Portanto, as técnicas de arar e gradear a terra, assimiladas dos colonizadores europeus e destinadas, no "velho continente", a acelerar o descongelamento do solo após rigorosos invernos aceleram a atividade microbiana nos solos tropicais, o que aumenta o consumo da matéria orgânica. Além disso, torna o solo mais denso, o que facilita o escoamento superficial da água das chuvas, causa da erosão hídrica.



Figura 13. Semeadores de soja (B) e colheitadeira utilizada para ceifar e ensacar soja (A), em Chapadinha - MA.

No entanto, o uso constante desse tipo de mecanização pode promover em longo prazo problemas de compactação do solo, que pode afetar a fauna edáfica e comprometer a infiltração de água do solo. Primavesi (1997) menciona que a agricultura convencional é a principal responsável por essas transformações que com a utilização da mecanização agrícola e agroquímicos, já produziu efeitos devastadores, destruindo florestas, solos e rios, fazendo avançar o processo de degradação em locais anteriormente cultivados.

Em trabalho realizado por Cunha et al. (2008) com o objetivo de medir a

intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação dos Cerrados em 73 microrregiões nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Tocantins, Piauí e Maranhão, constataram que o maior índice de degradação do solo ocorreu em Mato Grosso, em decorrência da substituição do Cerrado por grandes áreas de plantio de grãos (Soja, Milho e Arroz), sendo que a maior concentração fundiária foi verificada no cultivo da soja e em áreas acima de 500 ha, além do uso intensivo das tecnologias mecânica e bioquímica.

Os impactos causados por longos períodos de exploração agrícola pesada, mecanizada e tecnologicamente inadequada nos ecossistemas do extremo Sul, da região dos pinheirais e dos Cerrados são apontados no estudo realizado pelo Ministério do Meio Ambiente, como: desmatamento e degradação dos solos e quadro crítico quanto à disponibilidade de recursos hídricos devido à irrigação (BRASIL, 1995).

Comparando-se o mapa de uso e classes de vegetação com o mapa de solos do município de Chapadinha - MA (Figuras 6 e 11) respectivamente, observou-se que a Sede do município objeto do estudo, foi construída em área com solo do tipo LATOSSOLOS.

Já as áreas com predominância de Palmáceas e Vegetação antropizada, bem como as áreas de Matas Ciliares, estão inseridas sobre solos do tipo: PLINTOSSOLOS, PLANOSSOLOS, que se caracterizam por solos com grande contraste textural, estrutura prismática, presença de sódio, ARGISSOLOS, LATOSSOLOS e LUVISSOLOS que se caracterizam por serem solos ricos em bases, B textural. Constatou-se ainda que a menor incidência de Mata ciliar foi verificada nos solos do tipo PLANOSSOLOS.

No que diz respeito às áreas de Cerrado, estas estão inseridas sobre LATOSSOLOS, PLINTOSSOLOS e ARGISSOLOS, enquanto que o Campo Cerrado encontra-se em locais onde predominam LATOSSOLOS, PLINTOSSOLOS, ARGISSOLOS e PLANOSSOLOS.

5. CONCLUSÕES

- No município de Chapadinha a vegetação natural vem sendo alterada pela ação antrópica, notadamente em relação às classes de vegetação com predomínio de Palmáceas;
- A acelerada ocupação das áreas de vegetação nativa em decorrência do avanço da produção agrícola é mais evidente após a introdução do cultivo da soja, indicando que em pouco tempo alcançará uma área de grandes dimensões do município;
- As áreas ocupadas com culturas consideradas estratégicas para alimentação da população local, como arroz, milho, feijão e mandioca, vem perdendo espaço para o cultivo da soja;
- A diversidade da vegetação nativa, com predominância de Palmáceas, vem progressivamente dando lugar a uma vegetação secundária, sem expressão econômica, em decorrência da pressão antrópica;
- Os cultivos agrícolas de soja, arroz e milho se dão, predominantemente, nas classes de solos LATOSSOLOS, ARGISSOLOS, PLINTOSSOLOS.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. O domínio dos Cerrados: introdução ao conhecimento. **Revista do Serviço Público**, 1983. 41p.

AB'SÁBER, A. N. Contribuição à geomorfologia da área dos Cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE CERRADO, 1962, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EDUSP, p.117-124. 1962.

ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. **Piqui e buriti**: importância alimentar para a população dos Cerrados. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1994. 38p.

ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A.; RIBEIRO J. F. **Aproveitamento alimentar de frutos nativos do Cerrado**: araticum, baru, cagaita e jatobá. Brasília: EMBRAPA/CPAC, 1990 (EMBRAPA-CPAC, Documentos, 26). 83p.

ANDERSON, L. O.; ROJAS, E. H. M.; SHIMABUKURO, Y. E. Avanço da soja sobre os ecossistemas Cerrado e Floresta no Estado do Mato Grosso. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2003, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003, p.19-25.

ANDRADE, A. R. de; FELCHAK, I. M. A poluição urbana e o impacto na qualidade da água do Rio das Antas - Irati/PR. **Revista Geoambiente On-line**, n.12, p.108-132, 2009.

ANDRADE, J. de.; SANQUETTA, C. R.; UGAYA, C. Identificação de áreas prioritárias para recuperação da mata ciliar na UHE Salto Caxias. 3 ed. Curitiba: **Espaço Energia**, n.3, 2005. 8p.

ARAÚJO, K. D. **Análise da vegetação e organismos edáficos em áreas de caatinga sob pastejo e aspectos socioeconômicos e ambientais de São João do Cariri - PB**. 2010. 151f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ASSAD, M. L. R. C. L. Recursos biológicos: ocorrência e variabilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., 1996, Brasília, Planaltina. **Anais...** Brasília, Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p.20-24.

BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 1997. 126f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

BARRETO L. **Mapeamento das potencialidades da biodiversidade do Cerrado maranhense, região geral de Balsas**. Departamento de Oceanografia e Limnologia/UFMA. 2001. Disponível em: <<http://www.funaguas.org.br/t2.htm>>. Acesso em: outubro de 2008.

BARROS, M. A. de. **Módulo 7**: sistemas de informações geográficas. Módulo de estudo do programa de suporte técnico à gestão de recursos hídricos. Curso de Especialização em Sensoriamento Remoto e SIG. Campina Grande, 1998. p.1-5.

BERG, M. V. D.; KLAMT, E. Variabilidade espacial de características de solos na região do Planalto Médio, RS: II. Análise da semivariância e da variância. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.401-408, 1997.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6 ed. Viçosa: UFV, 1996. 596p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 2 ed. São Paulo: Editora Ícone, 1993. 352p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1991. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; **Conservação do solo**. Piracicaba, São Paulo: Livrocere, 1985. 392p.

BLEY JR., C. Erosão solar: riscos para a agricultura nos trópicos. **Ciência Hoje**, v.25, n.148, p.24-29, 1999.

BORGES, M. H.; PFEIFER, R. M.; DEMATTÊ, J. A. M. Evolução e mapeamento do uso da terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em Santa Bárbara D'oeste (SP). **Scientia Agrícola**, v.50, n.3, p.365-371, 1993.

BRASIL. **Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento - subsídios ao planejamento da gestão ambiental**. Brasília: MMA/PNMA, 1995. 108p.

BRITO, R. M.; SILVA, M. C. da; ARAUJO, K. D. Degradação das matas ciliares em Aragominas - TO. **Revista Geoambiente On-line**, n.7, p.50-62, 2007.

BRITO, R. M. **Degradação das matas ciliares dos córregos Lages, Zé Mineiro e Gavião no município de Aragominas - TO**. 2006. 34f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) - Campus de Araguaína, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.

BUOL, S. W.; HOLE, F. D.; MCCRACKEN, R. J.; SOUTHARD, R. J. **Soil genesis and classification**. Iowa: Iowa State University Press, 1997. 527p.

BUSCHBACHER, R. **Expansão agrícola e perda da biodiversidade no Cerrado: origens históricas e o papel do comércio internacional**. Brasília: WWF, 2000. 98p.

CARUSO, R. **Cerrado brasileiro: desenvolvimento, preservação e sustentabilidade**. Campinas: Fundação Cargil, 1997. 112p.

CAVALCANTI, R. B.; JOLY, C. A. Biodiversity and conservation priorities in the Cerrado region. In Oliveira, P. S.; Marquis R. J. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. New York: Columbia University Press, 2002, p.351-367.

CARVALHO, T. M. de; FERREIRA, M. E.; BAYER, M. Análise integrada do uso da terra e geomorfologia do bioma Cerrado: um estudo de caso para Goiás. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.1, n.1, p.62-72, 2008.

- COSTA, R. C. R. **Zoneamento geoambiental do Estado do Maranhão**: diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador: IBGE/Diretoria de Geociências da Bahia, 1997. 44p.
- CUNHA, N. R. da S.; LIMA, J. E.; GOMES, M. F. M.; BRAGA, M. J. A Intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.46, n.2, p.291-323, 2008.
- DELATTRE, E. Queimadas urbanas: problema de saúde pública. Uma ação voluntária. In: XIX REUNIÃO ANUAL DA FESBE. Águas de Lindóia. **Resumo**. Águas de Lindóia, 2004.
- DIAS, B. F. S. A conservação da natureza. In: PINTO, M. N. **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993, p.607-663.
- DIAS, B. F. S. **Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados**: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis. Brasília: IBAMA/FUNATURA, 1992. 97p.
- DOURADO, J. R.; BOCLIN, R. G. **A indústria do Maranhão**: um novo ciclo. Brasília: FIEMA/CNI, 2008, 196p.
- DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. 6 ed., Rio de Janeiro: Bertrand, 2005. 224p.
- EITEN, G. **Delimitação do conceito de Cerrado**. Rio de Janeiro: Arquivos do Jardim Botânico, v.21, p.125-134, 1977.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 421p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão**. Recife: EMBRAPA/SUDENE, 1986. EMBRAPA Solos/UEP, 1986.
- FELFILI, J. M.; FILGUEIRAS, T. S.; HARIDASAN, M.; SILVA JUNIOR, M. C. MENDONÇA, R. C.; REZENDE, A. V. Projeto biogeografia do bioma Cerrado: vegetação e solos. **Cadernos de Geociência**, v.12, n.4, p.75-166, 1994.
- FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Brasília: CONAB, 2005, 30p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf>. Acesso em abril de 2009.
- FERREIRA, I. M. Paisagens do Cerrado: um estudo do subsistema de veredas. In: GOMES, H. **O livro do Cerrado**. Goiânia: UCG, 2005. p.1-49.

FERREIRA, I. M. **O afogar das veredas**: uma análise comparativa espacial e temporal das veredas do Chapadão de Catalão (GO). 2003. 242f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Rio Claro.

FILGUEIRAS, T. S. Herbaceous plant communities. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, T. **The Cerrados of Brazil**: ecology and natural history of a neotropical Savanna, RJ. Columbia University Press, New York, p.122-139, 2002.

FERREIRA, P. H. de M. **Princípios de manejo e conservação do solo**. 2 ed. São Paulo: Nobel, 1981. 135p.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. **What drives tropical deforestation?** a meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational case study evidence LUCC. Louvain-la-Neuve, Bélgica: LUCC, 2001, 116p. (Report Series, 4)

GEODATA INSTITUTE. **What is GIS? 2006**. Disponível em: <<http://www.geodata.soton.ac.uk/Booklet.html>>. Acesso em: julho de 2009.

GOEDERT, W. J.; SCHERMACK, M. J.; DE FREITAS, F. C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.2, p.223-227, 2002.

GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. Universidade Estadual do Maranhão. **Atlas do Maranhão**. São Luís: GEPLAN, 2002. 39p.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.; **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

GUIMARÃES, P. T. G.; LOPES, A. S. Solos para o cafeeiro: características, propriedades e manejo. In: **Cultura do cafeeiro**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafós, p.115-156, 1986.

HARIDASAN, M. Aluminum accumulation by some Cerrado native species in Central Brazil. **Plant and Soil**, v.65, n.2, p.265-273, 1982.

HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guid to the palms of the Americas**. Princeton: Princeton University Press, 1995. 352p.

HENRIQUES, R. P. B. O futuro ameaçado do Cerrado brasileiro. **Ciência Hoje**, São Paulo, v.33, n.125, p.34-39, 2003.

HERINGER, E. P.; BARROSO, G. M.; RIZZO, J. A.; RIZZI, C. T. A flora do Cerrado. In: FERRI, M. G. (coord.). IV Simpósio sobre o Cerrado, 4., 1977, São Paulo. **Anais...** São Paulo e Belo Horizonte: EDUSP/São Paulo e Belo Horizonte, 1977. p.211-232.

HERPIN, U.; CERRI, C. C.; CARVALHO, M. C. S.; MARKERT, B.; ENZWEILER, J.; FRIESE, K.; BREULMANN, G. Biogeochemical dynamics following land use change from forest to pasture in a humid tropical area (Rondônia, Brazil): a multi-element approach by means of XRF-spectroscopy. **The Science of the Total Environment**, v.286, p.97-109, 2002.

- HORN, H. S. The ecology of secondary succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.5, p.25-37, 1974.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Extração vegetal e silvicultura 2007**. 2007. Disponível em: <[HTTP://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1)>. Acesso em janeiro de 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. 2006. Cidades@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: janeiro de 2009.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1992: 92p.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tutorial do SPRING. São José dos Campos: Departamento de Processamento de Imagens. Disponível em: <[HTTP://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html](http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html)>. Acesso em: julho de 2007.
- JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; NUNES, E.; MATTOS, J. T. Caracterização fisiográfica e morfoestrutural da Folha São José de Mipibu, RN. **Geociências**, São Paulo, v.12, n.2, p.481-491, 1993.
- KRUPEK, R. A.; FELSKI, G. Avaliação da cobertura ripária de rios e riachos da bacia hidrográfica do rio das Pedras, região Centro-Sul do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.8, n.2, p.179-188, 2006.
- LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3 ed., Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.
- LEPRUN, J. C. **A erosão, a conservação e o manejo do solo no Nordeste brasileiro: balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisa**. Recife: SUDENE/ORSTOM, 1981. 107p.
- LEPSCH, I. F. **Solos: formação e conservação**. 5 ed. São Paulo: Melhoramentos, 1993. 157p.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR., R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991. 175p.
- LEPSCH, I. L.; BELLINAZZI JR, R.; BERTONI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. de F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2001, p.33-44.
- LIMA, V. L. A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. 1998. 87f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; MEDEIROS-COSTA, J. T.; CERQUEIRA, L. S. C.; BEHR, N. **Palmeiras do Brasil: exóticas e nativas**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1996. p.1-20.

MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, n.62, 2000. p.1-4. (Comunicado Técnico, 62).

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P.; CALDAS, E.; GONÇALVES, D.; SANTOS, N.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservação Internacional do Brasil, 2004. 23p.

MALDONADO, F. D. Rotação Espectral Controlada como alternativa em Análise por Componentes Principais para detecção de mudanças em regiões do semi-árido. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, p.627-630.

MARRIS, E. The forgotten ecosystem. **Nature**, v.437, n.13, p.944-945, 2005.

MENDONÇA, R.; FELFILI, J.; WALTER, B.; SILVA JR. J. C.; REZENDE A.; FILGUEIRAS T.; NOGUEIRA, P. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. **Cerrado: ambiente e flora**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA - Cerrados, Planaltina, Brasil, p.288-556, 1998.

MENKE, A. B.; CARVALHO JR. O. A.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, S. N. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Luis Eduardo Magalhães, BA - Brasil. **Sociedade & Natureza**, v.21, n.3, p.315-326, 2009.

MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, J.; MIITERMEIER, C. G.; LAMOURUX, J.; FONSECA, G. A. B. **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most Endangered Terrestrial Ecoregions**. Cemex, Washington, 2004, 392p.

MONTEIRO J. M. G. **Fluxo de CO₂ em um Cerrado *sensu stricto***. 1995. 61f. Dissertação (Mestrado em Ecologia), Universidade de Brasília, Brasília.

MORAES NOVO, E. M. L. de. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 308p.

MOREIRA, L.; ASSAD, E. D. Segmentação e classificação supervisionada para identificar pastagens degradadas. Workshop Brasileiro de Geoinformática, 2, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBC, 2000. 15p.

MOURA, A. C. M.; ROCHA, C. H. B. **Desmistificando os aplicativos do MicroStation: guia prático para usuários de geoprocessamento**. Petrópolis: Os autores, v.1, 2001, 355p.

MUELLER, C. C. **Dinâmica, condicionantes e impactos sócio-ambientais da evolução da fronteira agrícola no Brasil**. Brasília: Instituto SPN, 1992. 23p. (Documento de Trabalho n.7).

- NOVAES, W. **Agenda 21 brasileira**: bases para discussão. Brasília: MMA-PNUD, 2000. 196p.
- OLIVEIRA, E. de. **Exploração de espécies nativas como uma estratégia de sustentabilidade socioambiental** - o caso do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) em Goiás. 2006. 281f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Centro de desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the Cerrado biome. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Nova York: Columbia University Press, p.91-120, 2002.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p.64-72, 1994.
- PETERS, C. M. The ecology and management of non-timber forest resources. **World Bank technical paper**, v.1, n.1, p.1-157, 1996.
- PREVEDELLO, B. M. S. **Variabilidade espacial de parâmetros de solo e planta**. 1987. 166f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PRIMAVESI, A. **Agroecologia**: ecosfera, tecnosfera e agricultura. São Paulo: Nobel, 1997. 199p.
- PRUSKI, F. F.; GRIEBELER, N. P.; SILVA, D. D. Comparação entre métodos para a determinação do volume de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.2, p.403-410, 2001.
- RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1995. 65p.
- RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation. III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v.60, n.1, p.57-109, 2003.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As matas de galeria no contexto do bioma Cerrado. In: RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SOUSA-SILVA, J. C. **Cerrado**: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina: EMBRAPA CERRADOS, p.29-47, 2001.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5 aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M. **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina, EMBRAPA, 1998. 556p.
- RIBEIRO, J. F., SANO, S. M.; SILVA, J. A. da. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado. In: XXXII CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. 1981, Teresina. **Anais...** Teresina: SBB, 1981. p.124-133.

RODRIGUES, R. **A soja, o coringa da agricultura brasileira**. 2010. Disponível em: <<http://agriculturanomaranhao.blogspot.com/2008/03/soja-o-coringa-da-agricultura.html>> Acesso em: fevereiro de 2010.

RODRIGUES, M. Introdução ao Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1990, p.1-26.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 2 ed. Uberlândia: EDUFU/UFU, 1992. 109p.

SELBACH, J. F.; LEITE, J. R. S. A. **Meio ambiente no Baixo Parnaíba: olhos no mundo, pés na região**. São Luis: EDUFMA, 2008, 216p.

SEMA. Secretaria de Meio Ambiente. **Relatório Técnico: proposta para implantação do comitê da bacia hidrográfica do Rio Munim**. Programa de Desenvolvimento Sustentável de Recursos Hídricos para o Semi-Árido Brasileiro (PRO-ÁGUA)/Serviços de Consultoria em Meio Ambiente (CEPEMAR). São Luís, 2006.

SILVA, V. R.; REICHERT, J. M.; STORCK, L.; FEIJÓ, S. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1013-1020, 2003.

SILVA, M. C. da. **Geoprocessamento aplicado à análise ambiental na reserva ecológica estadual da mata do pau ferro Areia - PB**. 2002. 36f. Monografia (Graduação em Geografia) - Centro de Educação, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

SILVA, E. L. da **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3 ed. Florianópolis: UFSC, 2001. 121p.

SINÁTORA, H. **Impactos de queimadas em áreas de Cerrados e restinga**. Brasília: UnB, 1996. 187p.

SOUZA, Z. M. de; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar, **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1763-1771, 2004.

STAR, J.; ESTES, J. **Geographic information systems: an introduction**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990. 303p.

STEFFEN, C. A.; MORAES, E. C.; GAMA, F. F. Radiometria óptica espectral: tutorial. In: VIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. CD-ROM.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.207-212, 2002.

TANSEY, K.; GRE'GOIRE, J. M.; STROPPIANA, D.; SOUSA, A.; SILVA, J.; PEREIRA, J. M. C.; BOSCHETTI, L.; MAGGI, M.; BRIVIO, P. A.; FRASER, R.; FLASSE, S.; ERSHOV, D.; BINAGHI, E.; GRAETZ, D.; PEDUZZI, P. Vegetation burning in the year 2000: Global burned area estimates from SPOT VEGETATION data. **Journal of Geophysical Research**, v.109, p.1-22, 2004.

TREVETT, J. W. **Imaging radar for resources surveys**. New York: Chapman and Hall, 1986. 313p.

XAVIER, H. N. **Cidade e a visão integrada de meio ambiente**. In: ENCONTRO PREPARATÓRIO - Saneamento e Meio Ambiente - Jornalismo na Rio-92. Rio de Janeiro: ABES, 1992.

WADT, P. G. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco: Embrapa, 2003. 29p. (Embrapa Acre. Documentos, 90).

WANG, G.; GERTNER, G.; PARYSOW, P.; ANDERSON, A. B. Spatial uncertainty prediction of the topographical factor for the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). **Transaction of the ASAE**, v.45, n.1, p.109-118, 2002.

WORBOYS, M. F. **GIS: a computing perspective**. Londres: Taylor and Francis, 1995. 376p.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)