



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**CHUVA, ERODIBILIDADE, USO DAS TERRAS E EROSÃO HÍDRICA NA
ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA**

Mestranda: Neiva Maria Pio de Santana

Orientadora: Dra. Selma Simões de Castro

Co-orientador: Dr. Luís Fernando Stone

Goiânia, Março de 2007.

NEIVA MARIA PIO DE SANTANA

**CHUVA, ERODIBILIDADE, USO DAS TERRAS E EROSÃO HÍDRICA NA
ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Ambiente e Apropriação do Cerrado

Orientadora: Dra. Selma Simões de Castro

Co-orientador: Dr. Luís Fernando Stone

Goiânia, Março de 2007.

NEIVA MARIA PIO DE SANTANA

**CHUVA, ERODIBILIDADE, USO DAS TERRAS E EROSÃO HÍDRICA NA
ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre, aprovada em _____ de _____ de _____, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes doutores:

BANCA EXAMINADORA

ORIENTADORA: PROF^a. DRA. SELMA SIMÕES DE CASTRO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-
AMBIENTAIS

CO-ORIENTADOR: DR. LUÍS FERNANDO STONE
CENTRO NACIONAL DE PESQUISAS ARROZ E FEIJÃO

TITULAR: PROFESSOR DR. IRACI SCOPEL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS - CAMPUS DE JATAÍ
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

TITULAR: PROFESSOR DR. MARCOS NOBERTO BOIN
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

SUPLENTE: PROFESSOR DR. HILDEU FERREIRA DE ASSUNÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS – CAMPUS DE JATAÍ
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Goiânia, Março de 2007.

**Aos meus pais José (*in memoriam*)
e Joaquina, pelo carinho,
dedicação e confiança.**

AGRADECIMENTOS

Em especial a minha mãe Joaquina Ferreira de Souza, mulher guerreira, que mesmo sozinha conseguiu erguer uma família de sete filhos, sem nunca lhes deixar faltar o essencial, sempre valorizando e incentivando aos estudos. A ela todo o meu carinho e admiração!

A toda a minha família, em especial aos meus irmãos, que pacientemente sempre me incentivaram aos estudos, e como forma de compensação de momentos em que deixei de ficar com eles para concluir mais essa tarefa.

A família do meu tio Catarino Ferreira de Souza que me adotou sem nenhuma restrição e sempre supriu minhas carências familiares com muito carinho, amor, paciência nos meus momentos mais críticos de nervosismo, além de muito apoio e incentivo em tudo que me proponho a realizar.

A minha madrinha Eloisa Pio de Santana pelo auxílio e incentivo na minha busca pelo conhecimento quando tudo ainda parecia um sonho. A você, também, todo meu carinho e admiração.

A professora Dra. Selma Simões de Castro, pelo carinho e cordialidade com que conduziu essa pesquisa, contribuindo de forma incisiva para a sua realização, além da confiança e credibilidade a mim dedicada desde o começo.

A CAPES, pela concessão da bolsa de pesquisa, que financeiramente supriu as necessidades dessa pesquisa.

Ao Centro Nacional de Pesquisas Arroz e Feijão, nas pessoas do Dr. Luís Fernando Stone e M. Sc. Silvano Carlos da Silva pelas discussões e co-orientações, sempre de forma simples e descontraída. E a todos desse centro de pesquisas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

Ao Dr. Marcos Correntino, da CPRM, pelo auxílio inestimável que prestou a este trabalho, com importantes contribuições a respeito do desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas de turma do mestrado pelas discussões descontraídas.

Aos meus professores e todos os docentes não só do Programa, mas de toda a instituição que de forma direta ou indireta contribuíram na minha formação científica.

Aos funcionários do IESA e do Programa de Mestrado em Geografia que sempre atenderam com presteza e dedicação as minhas solicitações.

A minha priminha Michelly pelos filmes, pelas brincadeiras e por todos os momentos de descontração.

A Clarisse e a Mônica, grandes amigas que sempre me socorreram quando tudo parecia perdido.

A amiga Karla, companheira de área de estudo e de muitas discussões sobre o trabalho, contribuindo significativamente para a realização da pesquisa.

A Victória, pelas significativas contribuições.

As amigas, Lorena, Luiza, Edneya, Aline, Leonildes, Aline, Vandinha, e aos amigos Eliney, Wildes e Ronaldo que muito mais que colegas sempre me apoiaram na realização desse trabalho.

As minhas amigas de cinema pelas descontrações. Ver filme é muito mais do que ir ao cinema, é uma fuga maravilhosa.

Ao Raphael e Rosane por terem se disponibilizado em auxiliar na preparação e execução do trabalho de campo e sempre que solicitados mostraram-se prontamente a ajudar.

A Deus, esse cara que sempre esteve muito do meu lado.

E por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma, por menor que tenha sido, contribuíram para a conclusão de mais esta etapa de minha carreira acadêmica.

**“A NATUREZA É EXATAMENTE
SIMPLES, SE CONSEGUIRMOS
ENCARÁ-LA DE MODO
APROPRIADO”.**

EINSTEIN

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da alta bacia do rio Araguaia e seus respectivos municípios.....	24
Figura 2 - Divisão das sub-bacias da alta bacia do rio Araguaia.....	27
Figura 3 - Geologia da alta bacia do rio Araguaia.....	29
Figura 4 - Unidades Geomorfológicas da alta bacia do rio Araguaia	32
Figura 5 - Hipsometria da alta bacia do rio Araguaia	34
Figura 6 - Clinografia da alta bacia do rio Araguaia	35
Figura 7 - Solos da alta bacia do rio Araguaia	37
Figura 8 - Crescimento da população total, urbana e rural, para a alta bacia do rio Araguaia.....	44
Figura 9 - Evolução da bovinocultura e de pastagens (hectare) na alta bacia do rio Araguaia.....	45
Figura 10 – Distribuição das classes de uso e ocupação na alta bacia do rio Araguaia para o ano de 1981.	46
Figura 11 - Uso e ocupação das terras na alta bacia do rio Araguaia para o ano de 1981	47
Figura 12 - Uso e ocupação das terras da alta bacia do rio Araguaia em 2003.....	49
Figura 13 - Distribuição das classes de uso da terra da alta bacia do rio Araguaia para o ano de 2003	50
Figura 14 - Massas de ar que atuam no Brasil.....	75
Figura 15 - Sistema de circulação atmosférica perturbada na Região Centro-Oeste, onde as flechas indicam a direção preferencial do deslocamento das massas de ar.....	77
Figura 16 - Distribuição das estações pluviométricas na alta bacia do rio Araguaia	87
Figura 17 - Distribuição da pluviosidade média mensal para a alta bacia do rio Araguaia	96
Figura 18 - Distribuição da pluviosidade sazonal média para a alta bacia do rio Araguaia.....	98
Figura 19 - Distribuição da pluviosidade média anual para a alta bacia do rio Araguaia	100
Figura 20 – Totais pluviométricos anuais na alta bacia do rio Araguaia	101
Figura 21 - Totais pluviométricos anuais na estação da cidade de Goiás	102
Figura 22 – Gráfico de distribuição da média mensal dos dias de chuva para a alta bacia do rio Araguaia.....	104
Figura 23 – Gráfico de distribuição da média sazonal dos dias de chuva para a alta bacia do rio Araguaia.....	104
Figura 24 - Distribuição da média dos dias de chuva na alta bacia do rio Araguaia.....	106

Figura 25 – Gráfico da distribuição da precipitação máxima em 24 horas (média mensal) para a alta bacia do rio Araguaia.....	107
Figura 26 - Distribuição da precipitação máxima em 24 horas (média sazonal) para a alta bacia do rio Araguaia.....	108
Figura 27 - Distribuição da média da máxima em 24 horas na alta bacia do rio Araguaia.....	109
Figura 28 - Intensidade da chuva em mm/h (T: 1 ano e t = 5 minutos) na alta bacia do rio Araguaia.....	111
Figura 29 - Intensidade da chuva em mm/h (T: 3 anos e t = 5 minutos) na alta bacia do rio Araguaia.....	111
Figura 30 - Intensidade da chuva em mm/h (T: 5 anos e t = 5 minutos) na alta bacia do rio Araguaia.....	112
Figura 31 - Intensidade da chuva em mm/h (T: 1 ano e t = 15 minutos) na alta bacia do rio Araguaia.....	112
Figura 32 - Intensidade da chuva em mm/h (T: 3 anos e t = 15 minutos) na alta bacia do rio Araguaia.....	113
Figura 33 - Intensidade da chuva em mm/h (T: 5 anos e t = 15 minutos) na alta bacia do rio Araguaia.....	113
Figura 34 - Intensidade da chuva em mm/h (T: 1 ano e t = 30 minutos) na alta bacia do rio Araguaia.....	114
Figura 35 - Intensidade da chuva em mm/h (T: 3 anos e t = 30 minutos) na alta bacia do rio Araguaia.....	114
Figura 36 - Intensidade da chuva em mm/h (T: 5 anos e t = 30 minutos) na alta bacia do rio Araguaia.....	115
Figura 37 - Curva de intensidade máxima instantânea.....	117
Figura 38 - Distribuição mensal da erosividade na alta bacia do rio Araguaia.....	120
Figura 39 – Erosividade média da chuva na alta bacia do rio Araguaia – Verão.....	121
Figura 40 - Erosividade média da chuva na alta bacia do rio Araguaia - Primavera	121
Figura 41 - Erosividade média da chuva na alta bacia do rio Araguaia – Outono	122
Figura 42 - Erosividade média da chuva na alta bacia do rio Araguaia - Inverno	122
Figura 43 - Erosividade média anual da chuva na alta bacia do rio Araguaia	123
Figura 44 - Mapa de erodibilidade dos solos na alta bacia do rio Araguaia.....	128
Figura 45 - Porcentagem de erodibilidade na alta bacia do rio Araguaia.....	129
Figura 46 – Ocorrências erosivas na alta bacia do rio Araguaia	131

Figura 47 – Pontos visitados em trabalho de campo	133
Figura 48 – Estimativas Kernel de densidade de focos erosivos.....	134
Figura 49 - Suscetibilidade erosiva por erosividade e erodibilidade.....	136
Figura 50 – Ravina seguida de voçoroca encontrada a leste da área de estudo..	137
Figura 51 – Voçoroca em pasto degradado..	138
Figura 52 – Voçoroca encontrada na Fazenda Reunidas com represamento a montante.....	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características dos postos ou estações pluviométricas da alta bacia do rio Araguaia	86
Quadro 2 - Locais, coordenadas geográficas e parâmetros para equações de chuva para a alta bacia do rio Araguaia.....	91
Quadro 3 - Classificação do índice de erosividade da chuva	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Posto: C1753000/ Alto Araguaia - Período 1964-2004...Valores em mm.....	95
Tabela 2 - Comportamento médio mensal e anual, desvios e variação da precipitação pluvial para a alta bacia do rio Araguaia	97
Tabela 3 - Intensidades Máximas Instantâneas (mm/h) para a Fazenda Paraíso em Mineiros/01 ago./01 a jun./03	116
Tabela 4 – Estações, localização, total de anos de registro de dados e coeficiente de correlação (r ²) com a estação de Presidente prudente.	118
Tabela 5 - Valores da erosividade obtidos através da pluviosidade média mensal e média anual do posto Alto Araguaia.....	119
Tabela 6 - Comportamento médio mensal e anual, desvios e variação da erosividade para a alta bacia do rio Araguaia.....	125
Tabela 7 - Valores de erodibilidade dos solos para a alta bacia do rio Araguaia.....	126

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	viii
LISTA DE QUADROS	x
LISTA DE TABELAS	x
SUMÁRIO	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA	23
1.1 Localização da área de estudo.....	23
1.2 Hidrografia	25
1.3 Principais características geológicas	26
1.4 Principais características geomorfológicas	31
1.5 Principais tipos de solos	36
1.6 Principais características climáticas.....	39
1.7 Vegetação.....	40
1.8 Ocupação e uso da terra na alta bacia do rio Araguaia	42
CAPÍTULO II - FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DA PESQUISA	53
2.1 A bacia hidrográfica como categoria espacial de referência e a abordagem sistêmica como método.....	53
2.2 Entendendo a erosão hídrica: conceitos, tipos e condicionantes.....	58
2.3 Entendendo o clima da região Centro-Oeste e a alta bacia do rio Araguaia.....	70
CAPÍTULO III – OPERACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA: BUSCANDO A RELAÇÃO ENTRE CHUVA E OS FENÔMENOS EROSIVOS	79
3.1 A compilação e elaboração de produtos cartográficos temáticos	79
CAPÍTULO IV – CHUVAS, EROSIVIDADE, ERODIBILIDADE, USO DAS TERRAS E A EROSÃO NA ALTA BACIA DO RIO ARAGUAIA	95
4.1 A distribuição pluviométrica da precipitação mensal, sazonal e anual e suas tendências ...	95

4.2 O número médio de dias com chuva	103
4.3 A média da pluviosidade máxima em 24 horas.....	107
4.4 Intensidade, duração e frequência da chuva para a alta bacia do rio Araguaia.....	110
4.5 Erosividade média anual das chuvas	117
4.6 A erodibilidade dos solos	126
4.7 Os focos erosivos lineares e suas relações espaciais com a erosividade, a erodibilidade e o uso das terras	130
CONCLUSÕES.....	141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
ANEXOS	152

RESUMO

O intenso processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro nas últimas décadas vem impactando, significativamente, os recursos naturais, sendo a erosão hídrica uma das conseqüências mais graves. A alta bacia do Rio Araguaia é representativa desse processo, devido a uma convergência de fatores, tais como: a existência de solos arenosos altamente suscetíveis à erosão, usos e manejos inadequados, elevado índice pluviométrico anual, concentrado em alguns meses e alta erosividade. Essa pesquisa objetiva identificar e caracterizar as relações possíveis entre a dinâmica pluvial e espacialização da erosividade, erodibilidade, uso dos solos e os focos erosivos (ravinas e voçorocas) visando fornecer subsídios para a avaliação da suscetibilidade e risco à erosão para fins de planejamento ambiental. A abordagem adotada neste estudo apoiou-se no princípio da análise integrada de cunho geoambiental, baseada na correlação e integração de dados, na climatologia geográfica, considerando-se as chuvas e sua influência nas paisagens e vice-versa e no contexto de bacia hidrográfica como categoria de análise espacial de referência. Os resultados revelaram: concentração de chuvas no tempo (primavera-verão) e no espaço (setores das nascentes dos tributários do rio Araguaia, além dele próprio); concentração dos focos erosivos a leste, numa faixa central e sul, onde se encontram também os maiores índices de erosividade e erodibilidade (solos suscetíveis) e maiores áreas de conversão do Cerrado nativo em agricultura e pastagem, não raro, degradada. Revelaram paralelamente que áreas preservadas (a oeste), apesar da erosividade e erodibilidade elevadas não apresentaram fenômeno erosivo e finalmente que os índices pluviométricos anuais podem estar diminuindo desde 1970.

Palavras-chave: precipitação pluvial; erodibilidade; uso e ocupação do solo; erosão hídrica.

ABSTRACT

With intensive occupation of Central-West region of Brazil in the last decades having significant impact on natural resources and water erosion is one of the most serious problema. Higher catchment area of Araguaia river is representative of this process due to several factors such as: existence of sandy soils highly susceptible, inadequate use and management, higher annual rainfall which is concentrated in some months and higher erodibility. The objective of this study was to identify and characterize possible relations between precipitation dynamic and erosion, erodibility, soil use and incidence of erosion (gullies) with the point of view to furnish help to evaluate susceptibility and risk of erosion for environmental planing. Approach adopted in this study will help in principal analysis systematic or integrated geoenvironmental nature, based on correlation of integrated data, dynamic climatology and geographic, with emphasis on rainfall, considering influence on landscape and vice-versa and in the context of catchment hydrographic with special analyses reference. The results revealed that rainfall concentration in time (autumn-summer) and in space (sectors of emerging tributaries of Araguaia river and river itself), concentration of erosion in the east, central part and South, where also found higher incidence of erosion and erodibility (susceptible soils) and large area of native Cerrado converted to agriculture and pasture are degraded. It is also revealed that conserved areas (in the West0, inspite of higher erosivity and erodibility do not present erosion phenomenon and finally annual rainfall indices may be decreased since 1970.

Keywords: Rainfall, erodibility, use and occupation of soil, erosion.