



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA AMBIENTAL

JACQUELINE BAILÃO DA SILVA LOPES

CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO
RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES –
TOCANTINS.

PALMAS-TO

2014

JACQUELINE BAILÃO DA SILVA LOPES

**CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA
DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE
MAGALHÃES – TOCANTINS.**

ORIENTADOR: DR. RICARDO RIBEIRO DIAS

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Tocantins
como parte dos requisitos para
obtenção do Título de Mestre em
Engenharia Ambiental, área de
concentração Recursos Hídricos.

PALMAS-TO

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca da Universidade Federal do Tocantins

Campus Universitário de Palmas

L864c Lopes, Jaqueline Bailão da Silva

Contribuição para a implantação de PSA na Sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, município de Couto Magalhães - Tocantins / Jacqueline Bailão da Silva Lopes. - Palmas, 2014.

96f.

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, 2014.

Linha de pesquisa: Gestão dos Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Dias.

1. Serviços ambientais. 2. Zoneamento. 3. Recursos hídricos. 4. Geoprocessamento I. Dias, Ricardo Ribeiro. II. Universidade Federal do Tocantins. III. Título.

CDD 21.ed.333.91

Bibliotecária: Roseane da Silva Pires
CRB-2 / 1.211

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizada desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

FOLHA DE APROVAÇÃO

JACQUELINE BAILÃO DA SILVA

CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO
RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES –
TOCANTINS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental,
Nível Mestrado Profissional, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre
em Engenharia Ambiental. A presente dissertação foi aprovada pela Banca
Examinadora composta pelos membros abaixo relacionados:

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Dias
Universidade Federal do Tocantins (Presidente)



Prof. Dr. Fernán Enrique Vergara Figueroa
Universidade Federal do Tocantins



Prof. Dr. Erich Collicchio
Universidade Federal do Tocantins

Aprovada em: 07 de abril de 2014

Local de defesa: Sala 30 - Bloco II

Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Palmas.

Àqueles que estiveram ao meu lado, sempre me apoiando e estimulando, em especial, Charles e Luiza: minha família amada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela saúde e proteção para conduzir este trabalho.

Ao profº Ricardo Ribeiro Dias pela possibilidade e disposição em me orientar nesse estudo. Além de tudo, agradeço pelos conhecimentos repassados, pelas exigências que me fizeram enriquecer enquanto pesquisadora e pelo exemplo de profissionalismo.

Aos professores do mestrado em Engenharia Ambiental pela contribuição nesse novo aprendizado, e pelo esforço em manter esse programa de pós-graduação mais sólido.

Aos colegas de turma, em especial a Rachel de Moura Nunes que incondicionalmente me auxiliou com informações e materiais de estudo.

Às colegas de trabalho, Iane, Fabiana e Simone pela força, e à coordenação do curso de Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA, por me atender em algumas de minhas solicitações referentes às atividades do mestrado.

Aos parentes e amigos que viram nessa minha conquista, uma conquista deles também, pois torceram, se preocuparam e acima de tudo sempre acreditaram que tudo iria dar certo. Obrigada Cliseuda da Silva e Liciane Cerqueira!

E especialmente, agradeço ao meu marido Charles Lopes pelo apoio, paciência e companheirismo, tanto nos momentos bons quanto naqueles mais difíceis em que uma palavra de força dava-me tranquilidade e confiança.

E por tudo que tento ser de melhor, agradeço ao pedaço de mim mais precioso, minha filha, Luiza Lopes Bailão.

“Tudo que é dito é dito por um observador...”

Humberto Maturana, cientista chileno.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE QUADROS	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo geral.....	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Serviços Ambientais.....	4
3.2. Usos de instrumentos de compensação econômica aos serviços ambientais	6
3.3. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)	10
3.4. Critérios adotados para aplicação de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).....	13
3.5. Geotecnologias aplicadas ao Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)	17
4. MATERIAL E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS.....	19
4.1. Material.....	19
4.1.1. Estruturação da Base de Dados	19
4.2. Procedimentos operacionais	20
4.2.1. Pesquisa e obtenção de dados.....	20
4.2.2. Escolha da área de estudo	23
4.2.3. Delimitação da área da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria	23

4.2.4.	Determinação das propriedades rurais na área da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.....	24
4.2.5.	Identificação e seleção dos critérios para PSA.....	25
4.2.6.	Inserção de dados e estruturação da base de dados	26
4.2.7.	Elaboração de mapas temáticos para PSA	28
4.2.8.	Elaboração do zoneamento para PSA	31
4.2.9.	Mapa de subsídio ao PSA e identificação das propriedades potenciais fornecedoras de serviços ambientais para PSA	33
5.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
5.1.	Localização.....	34
5.2.	Climatologia	35
5.3.	Hidrografia.....	39
5.4.	Geologia.....	42
5.5.	Geomorfologia.....	44
5.6.	Pedologia	47
5.7.	Susceptibilidade à erosão.....	50
5.8.	Flora	52
5.9.	Cobertura e Uso da Terra.....	54
5.10.	Situação Demográfica e Fundiária	60
6.	RESULTADOS.....	64
6.1.	Zoneamento para PSA na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.....	64
6.2.	Propriedades potenciais fornecedoras de serviços ambientais	70
7.	CONCLUSÕES	76
	REFERÊNCIAS	77
	APÊNDICE A.....	88
	APÊNDICE B.....	91
	APÊNDICE C.....	94

RESUMO

A demanda pelos Recursos Hídricos tem impulsionado a criação e difusão de instrumentos com o intuito de diminuir a degradação dos mananciais e garantir maior oferta de serviços ambientais. Com isso, vem aumentando a nível mundial e também nacional programas e projetos de Pagamento por Serviços Ambientais – PSA que procuram compensar financeiramente os produtores de serviços ambientais. Muitas dessas iniciativas de PSA já realizadas procuram adotar critérios que auxiliam na estimativa dos valores a serem pagos, por isso, há uma preocupação na criação, adaptação e inovação de metodologias e técnicas que deem suporte para levantar os produtores potenciais de SA e compensá-los. Neste trabalho, o objetivo foi identificar as propriedades rurais com maior potencial para fornecimento de serviços ambientais na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, em Couto de Magalhães, Tocantins, a partir com o suporte de sistema de informações geográficas para geração de base de dados, mapas e análise espacial. Foi possível caracterizar a sub-bacia de estudo e elaborar um mapa de subsídio a implantação de PSA, fundamentado nos dados de: hidrografia, hipsométrico, declividade, geologia, solos, fundiário, cobertura e uso da terra, susceptibilidade à erosão e zoneamento de áreas potenciais para serviços ambientais. Os mapas foram elaborados a partir da definição de critérios já utilizados em PSAs, conforme experiências de outros autores. Na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria foram identificadas quatro zonas potenciais para serviços ambientais, sendo que a mais e a menos favoráveis aos serviços respondem, respectivamente, por cerca de 44 e 33% do total das propriedades. Um dos fatores analisados que mais contribuíram para a constatação dessas situações foi a cobertura vegetal.

Palavras-chave: Serviços Ambientais; Zoneamento, Recursos Hídricos; Geoprocessamento.

ABSTRACT

The demand for water resources has driven the creation and diffusion of instruments in order to decrease the degradation of watersheds and ensure greater supply of environmental services. With that, is increasing worldwide and national programs and projects also payment for environmental services – PSA who seek financially compensate producers of environmental services. Many of these initiatives already carried out PSA seek to adopt criteria that assist in the estimation of amounts to be paid, so there's a concern in the creation, adaptation and innovation of methodologies and techniques that support to raise potential producers of SA and compensate them. In this work, the objective was to identify the farms with the highest potential for providing environmental services in the watershed of the Ribeirão Santa Maria in Couto de Magalhães, Tocantins, starting with the geographic information system support for database generation, maps and spatial analysis. It was possible to characterize the watershed of study and draw up a map of PSA deployment allowance, based on data from: Hydrography, hipsométrico, slope, geology, soils, land cover and land use, susceptibility to erosion and zoning of potential areas for environmental services. The maps were drawn from the definition of criteria already used in PSAs, as experiences of other authors. In the watershed of the Ribeirão Santa Maria were identified four potential areas for environmental services, being the most and the least favourable to services respond, respectively, for about 44 and 33% of the total properties. One of the factors analyzed that more contributed to the finding of these situations was the vegetation cover.

Key-words: Environmental Services; Zoning, Water Resources; Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas metodológicas.....	22
Figura 2 – Fluxograma das etapas de criação do BD da sub-bacia Ribeirão Santa Maria.....	27
Figura 3 – Fluxograma de elaboração do Mapa de Susceptibilidade à Erosão do Solo.....	31
Figura 4 – Localização da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, município de Couto de Magalhães – TO.....	34
Figura 5 – Gráfico de precipitação durante jan. a dez/1990 na região da sub-bacia ribeirão Santa Maria, município de Couto de Magalhães, TO.....	35
Figura 6 – Gráfico de precipitação durante jan. a dez/2000 na região da sub-bacia ribeirão Santa Maria, município de Couto de Magalhães, TO.....	36
Figura 7 – Gráfico de precipitação durante jan. a dez/2010 na região da sub-bacia ribeirão Santa Maria, município de Couto de Magalhães, TO.....	36
Figura 8 – Gráfico balanço hídrico normal mensal para a sub-bacia Ribeirão Santa Maria, TO.....	38
Figura 9 – Gráfico balanço hídrico normal mensal para a sub-bacia Ribeirão Santa Maria, TO.....	38
Figura 10 – Mapa de hidrografia e sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.....	41
Figura 11 – Mapa de Geologia.....	43
Figura 12 – Mapa de Hipsometria.....	45
Figura 13 – Mapa de Declividade.....	46
Figura 14 – Neossolo Quartzarênico.....	47
Figura 15 – (a) Neossolo Quartzarênico (b) Cambissolo Háplico (c) Argissolo Vermelho Amarelo (d) Gleissolo Háplico.....	48

Figura 16 – Mapa de solos.....	49
Figura 17 – Mapa de susceptibilidade à erosão do solo.....	51
Figura 18 – Gráfico das áreas de susceptibilidade à erosão do solo.....	52
Figura 19 – Margens do córrego Medrado.....	54
Figura 20 – Mapa de Cobertura e Uso da Terra.....	56
Figura 21 – (a) e (b) Mata ciliar presentes na sub-bacia do ribeirão Santa Maria.....	57
Figura 22 – (c) e (d) Áreas de cerrado sentido restrito presente na sub-bacia do ribeirão Santa Maria.....	57
Figura 23 – (e) e (f) Áreas de Campo presente na sub-bacia do ribeirão Santa Maria.....	58
Figura 24 – (g) Pastagem (h) Plantio de soja, sub-bacia do ribeirão Santa Maria.....	58
Figura 25 – (i) e (j) Área urbana do município de Couto de Magalhães, Tocantins.....	59
Figura 26 – (j) e (k) Atividades antrópicas, sub-bacia do ribeirão Santa Maria.....	59
Figura 27 – Mapa de distribuição das propriedades rurais na sub-bacia do ribeirão Santa Maria.....	61
Figura 28 – Classificação dos imóveis rurais em %, sub-bacia ribeirão Santa Maria, TO.....	62
Figura 29 – Quantitativo de áreas ocupadas pelos imóveis rurais, sub-bacia Ribeirão Santa Maria, TO.....	63
Figura 30 – Mapa de Zoneamento da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.....	65
Figura 31 – (a) e (b) Unidades representativas da Zona Muito Favorável ao PSA.....	66
Figura 32 – (c) e (d) Unidades representativas da Zona Favorável ao PSA.....	67

Figura 33 – (e) e (f) Unidades representativas da Zona Moderadamente Favorável ao PSA.....	68
Figura 34 – (g) e (h) Unidades representativas da Zona Pouco Favorável ao PSA.....	69
Figura 35 - Mapa de subsídio ao PSA e identificação das propriedades potenciais fornecedoras de serviços ambientais para PSA.....	71
Figura 36 – Gráfico de dispersão de áreas percentuais das propriedades em relação as zonas Muito Favorável ao PSA (Zona 1) e Pouco Favorável ao PSA (Zona 4).....	72
Figura 37 – Mapa de subsídio ao PSA: propriedades mais e menos favoráveis ao PSA..	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Balanço hídrico normal mensal (2012) para sub-bacia Ribeirão Santa Maria TO.....	37
Tabela 2 - Classificação da Cobertura e Uso da Terra da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.....	55
Tabela 3 – Classificação dos imóveis rurais, Couto de Magalhães – TO.....	62
Tabela 4 – Unidades de zoneamento definidas para a sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.	64
Tabela 5 – Listagem das 20 propriedades rurais com os maiores percentuais em termos de zonas.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Materiais, equipamentos e produtos utilizados na estruturação da base de dados.....	19
Quadro 2 – Critérios identificados para PSA na sub-bacia ribeirão Santa Maria, TO.....	26
Quadro 3 – Estrutura do BD da sub-bacia ribeirão Santa Maria no módulo ArcCATALOG/ ArcGIS 9.3.....	27
Quadro 4 – Atribuição de pesos, de acordo com as classes dos mapas temáticos, utilizados para o zoneamento da sub-bacia.....	32
Quadro 5 - Caracterização morfométrica da sub-bacia Ribeirão Santa Maria, TO.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- Adapec - Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins
- ANA - Agência Nacional de Águas
- APMRMSP - Área de Proteção aos Mananciais da Região Metropolitana de São Paulo
- APP - Áreas de Preservação Permanente
- BD - Bando de dados
- Capex - Periódicos e base de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- CRP - Conservation Reserve Program
- dwg - *Design Web Format*
- Emater - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- ES - Espírito Santo
- HRG - *High Resolution Geometric*
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
- ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
- IFPA - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
- Incra - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
- Inmet - Instituto Nacional de Meteorologia
- Itertins - Insituto de Terras do Estado do Tocantins
- MA - Avaliação do Milênio
- Maxver - Método da Máxima Verossimilhança
- MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário
- MDS - Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome
- MF - Minifúndio
- MG - Minas Gerais
- MMA - Ministério do Meio Ambiente
- MNT - Modelo Numérico de Terreno
- Naturatins - Instituto Natureza do Tocantins
- ONU - Organização das Nações Unidas

PA - Pará

PAE - Percentual de Abatimento da Erosão

PAs - Projetos de Assentamentos

PFNM - Produtos Florestais Não Madeireiros

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos -

PR - Paraná

Proambiente - Programa de Desenvolvimento Socioambiental da Produção Familiar Rural

PSA - Pagamento por Serviços Ambientais

PSE - Pagamentos por Serviços Ecológicos

RAS - Relação de Aporte de Sedimento

Resex - Reserva Extrativista Chico Mendes

RL - Reserva Legal

RS - Rio Grande do Sul

Rusle - *Revised Universal Soil Loss Equation*

SA - Serviços Ambientais

SAD-69 - *South American 1969*

SAFs - Sistemas Agroflorestais

SC - Santa Catarina

Semades - Secretaria do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável do Tocantins

Seplan - Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública

shp - *shapefile*

SiBCs - Sistema de Brasileiro de Classificação do Solos

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SP - São Paulo

SPOT – 5 - *Satellite Pour l'Observation de la Terre*

SR – 26 - Superintendência Regional 26

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*

TIN - *Triangular Irregular Network*

TO - Tocantins

UnB - Universidade de Brasília

Unesp - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

Unicamp - Universidades de Campinas

UPF - Unidade de Produção Familiar

UPs - Unidades de Paisagens

USLE - *Universal Soil Loss Equation*

USP - Universidade de São Paulo

UTM - Universal Transversa de Mercator

WGS-84 - *World Geographic System 1984*

1. INTRODUÇÃO

A constante demanda pelos recursos hídricos no Brasil e no mundo tem impulsionado a busca pela criação e difusão de instrumentos legais, de comando e controle, e de incentivos socioeconômicos ambientais, com o intuito de atingir objetivos que venham diminuir a degradação dos mananciais superficiais e subterrâneos, impelindo, com isso, o aumento da procura por serviços ambientais.

A exemplo do que vem acontecendo em países como a Costa Rica, Equador, Colômbia, Estados Unidos, Espanha, etc., surgem no cenário brasileiro programas voltados ao Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), em que, conceitualmente, a Agência Nacional de Águas (ANA) (BRASIL, 2009) considera como transferências financeiras aos fornecedores de serviços ambientais. Trata-se de uma política recente e inovadora que está atraindo muita atenção tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento.

No Brasil, entretanto, existem muitos entraves, *e.g.*, a falta de um marco legal, em plano nacional, que oriente esses programas, embora isso já esteja em pauta de discussão no Poder Legislativo. As iniciativas de implantação de PSAs ainda são incipientes, principalmente no que concerne à preservação dos recursos hídricos. O país é bastante promissor para a implantação de sistemas de PSAs, devido às demandas iminentes por esses serviços e à grande variedade de recursos naturais (ZOLIN, 2010).

Com a disseminação de programas de PSAs pelo país, surgem a criação e implantação de metodologias para identificação e compensação financeira de provedores desses serviços, cabendo, ainda, a apresentação de novos estudos para dinamizar a adoção desses pagamentos pelos Estados brasileiros.

Considerando as metodologias disponíveis para PSA, tem-se como desafio a elaboração de um mapa de subsídio à implantação de PSA, levando em conta os fatores essenciais do meio ambiente e as propriedades rurais para determinar os potenciais fornecedores e mantenedores de serviços ambientais e de geração hídrica na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, em Couto de Magalhães - TO. Foram adotados critérios já utilizados em PSA, que subsidiaram a confecção de mapas e a estruturação de um banco de dados geográficos, em que foram fundamentais as técnicas de geoprocessamento.

Para atingir o objetivo, o trabalho foi dotado de etapas como revisão bibliográfica, coleta de materiais cartográfico e de sensoriamento remoto, e geração e avaliação de mapas, com o intuito de contribuir para a geração de conhecimento sobre o tema PSA, em termos de

suporte à sua implantação em uma sub-bacia de interesse. Assim, a dissertação foi organizada em seções que tratam da revisão de literatura sobre o tema PSA; materiais e procedimentos operacionais; caracterização da área de estudo; resultados e conclusões.

A revisão de literatura traz um conjunto de conceitos e de algumas experiências sobre PSA. Cabe mencionar que a literatura sobre PSA ainda é escassa, em termos de artigos científicos publicados em periódicos, e que o assunto vem sendo tratado em cursos de pós-graduação, que detêm a maior parte das referências deste tema.

Contudo, foi possível retratar a parte conceitual dos serviços ambientais, mostrar quais são os instrumentos usados na compensação econômica aos serviços ambientais, o que corresponde ao pagamento por serviços ambientais, os critérios adotados para aplicação de PSA, e o emprego de geotecnologias nos estudos aplicados em PSA.

Na seção de material e procedimentos operacionais, objetivou-se explicitar o material usado para a realização do trabalho, a forma de estruturação da base de dados, os procedimentos operacionais, incluindo a pesquisa e obtenção de dados, a justificativa da escolha da área geográfica para o estudo, a forma de delimitação da área da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, a espacialização da situação fundiária na área da sub-bacia, e, em especial, a seleção e identificação dos critérios para PSA. Além desses procedimentos, adotou-se também, nessa seção, elucidar a maneira de inserção de dados e estruturação da base de dados geográficos, a forma de geração de mapas básicos para PSA e as concepções das elaborações do zoneamento para PSA, do mapa de subsídio ao PSA e da identificação das propriedades potenciais fornecedoras de serviços ambientais para PSA.

Optou-se por apresentar a caracterização da área de estudo como uma seção do trabalho, em virtude da geração de mapas que foram necessários para o atendimento deste estudo, que poderiam, inclusive, fazer parte dos resultados. A seção contempla a descrição da localização da área estudada e dos fatores climatologia, hidrografia, geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal, cobertura e uso da terra, e situação demográfica e fundiária.

Finalizando esse documento, apresentam-se os resultados do trabalho, quais sejam o zoneamento para PSA na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria e as propriedades potenciais fornecedoras de serviços ambientais. É interessante notar que o zoneamento mostra as áreas da sub-bacia mais e menos favoráveis à produção de água, enquanto as propriedades potenciais fornecedoras de serviços ambientais foram elencadas segundo um ranking, obtido a partir da relação entre a estrutura fundiária da sub-bacia e o zoneamento já mencionado. Por fim, chega-se à seção de conclusões, na qual são externadas as principais observações e constatações realizadas por este estudo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Contribuir para a implantação de PSA na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, utilizando critérios e procedimentos técnicos, baseados no uso de geoprocessamento, para identificar as propriedades rurais com maior potencial para fornecimento de serviços ambientais, em termos da manutenção e aumento de produção de água.

2.2. Objetivos específicos

- Exibir os procedimentos operacionais deste trabalho de modo que possam ser repetidos e replicados em outras sub-bacias, para a realização de zoneamento de áreas potenciais produtoras de águas.
- Verificar se os critérios usados para a delimitação de áreas produtoras de água são de fácil obtenção ou se são onerosos, em termos de custos e tempo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Serviços Ambientais

Em 2000, a Organização das Nações Unidas (ONU) considerou necessário avaliar a situação dos principais ecossistemas do planeta, criando a Avaliação do Milênio para o Ecossistema (MA). A MA considerou de fundamental expressão o papel das ações humanas como influenciadoras dos ecossistemas e suas recomendações deram origem a variadas metodologias utilitaristas que tentaram quantificar os benefícios de diferentes serviços ambientais, bem como a escolha de uma técnica de valoração desses benefícios.

O surgimento de uma nova abordagem de capital foi percebido por Mueller (2005). Essa abordagem era a de que a natureza também fornece à economia serviços essenciais, incluindo os estoques dos recursos naturais, bem como dos recursos energéticos. Esse autor ressaltou que toda a humanidade depende desses serviços, mais que a economia. É preciso incorporar cada vez mais em nossos sistemas econômicos a visão de que esses serviços não são apenas ofertados de forma gratuita e generosa pela natureza, mas que precisam de incentivos de conservação, posto que eles são essenciais para a estruturação e funcionamento dos sistemas econômicos.

Oliveira (2008) retratou que existem pelo menos três maneiras predominantes de identificar os serviços resultantes da interação entre os estoques de capital natural, capital construído e capital humano, são eles: serviços ambientais, serviços ecossistêmicos e serviços ecológicos. Além disso, o autor ainda afirmou que há uma enorme variedade de critérios de classificação desses serviços, que são adotados de acordo com o interesse de cada organização, país ou grupo de países envolvidos.

Villar (2009) definiu que os Serviços Ambientais (SAs) resultam das funções dos ecossistemas que beneficiam os seres humanos. E essas funções ecológicas constituem a capacidade dos processos naturais de prover bens e serviços que satisfaçam as necessidades humanas, direta e indiretamente. Dessa forma, a autora afirma que é conveniente agrupar as funções ecológicas em quatro categorias principais: (i) as funções de regulação, que naturalmente regulam os processos ecológicos e mantêm em equilíbrio os processos bióticos, por meio dos ciclos biogeoquímicos; (ii) as funções de *habitat*, que provêm *habitat* de reprodução a todas as espécies florísticas e faunísticas, de forma a contribuir para conservação biológica e a diversidade genética; (iii) as funções produtivas, responsáveis pelos processos de

fotossíntese e autótrofos que irão elevar a geração de biomassa; (iv) e as funções de informação, em que o ecossistema natural contribui para a saúde humana, por meio de princípios ativos e outras formas de conhecimentos e saberes adquiridos.

Para Seehusen e Prem (2011), os SAs englobam os serviços proporcionados ao ser humano por meio dos ecossistemas naturais, o que caracterizam como serviços ecossistêmicos, quanto aos serviços realizados por ecossistemas manejados ativamente pela ação antrópica, *e.g.*, a implantação de Sistemas Agroflorestais (SAFs)¹.

Os conceitos de SAs estão arraigados em torno do papel e das funções dos ecossistemas, por meio dos processos que envolvem os ciclos físicos e biológicos da natureza (GELUDA; MAY, 2005; VILLAR, 2009). Por outro lado, surgem abordagens conceituais que incorporam elementos antrópicos (SEEHUSEN; PREM, 2011) ou os serviços culturais (BRASIL, 2009) como originadores dos serviços ambientais.

Atrelada aos SAs, está outra questão: o que se entende por provedores e usuários dos serviços ambientais? O provedor seria aquele responsável por contribuir para a disponibilização desses serviços em quantidade e qualidade desejáveis, e o usuário aquele que explora ou utiliza esses serviços para o desenvolvimento das suas mais variadas atividades (WUNDER, 2007).

Por fim, informa-se que o Brasil não possui uma lei específica voltada aos SAs, porém está em discussão no Congresso Nacional um projeto de lei para instituir a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) e criar o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (BRASIL, 2009). Tal projeto (Projeto de Lei n° 5.487, de 2009) traz, em seu Art. 2°, a seguinte definição de serviços ambientais, distribuída em três modalidades:

- I - serviços ambientais: serviços desempenhados pelo meio ambiente, que resultam em condições adequadas à sadia qualidade de vida, constituindo as seguintes modalidades:
 - a) serviços de provisão: serviços que resultam em bens ou produtos ambientais com valor econômico, obtidos diretamente pelo uso e manejo sustentável dos ecossistemas;
 - b) serviços de suporte e regulação: serviços que mantêm os processos ecossistêmicos e as condições dos recursos ambientais naturais, de modo a garantir a integridade dos seus atributos para as presentes e futuras gerações;
 - c) serviços culturais: serviços associados aos valores e manifestações da cultura humana, derivados da preservação ou conservação dos recursos naturais. (BRASIL, 2009).

¹ Os SAs aparecem na Costa Rica, país pioneiro na promulgação e aplicação de instrumentos legais e técnicos voltados para os serviços ambientais, definido em Lei Florestal n° 7.575 de 1996, como sendo: "O prestado pelas florestas e plantações florestais e que afetam diretamente a proteção e melhoria do meio ambiente. São os seguintes: redução das emissões de gases de efeito estufa (fixação, redução, sequestro, armazenamento e absorção), proteção da água para fins urbanos, rural ou hidrelétricos, proteção da biodiversidade para uso conservacionista e sustentável, pesquisa científica e farmacêutica e criação de animais, proteção de ecossistemas, meios de vida e beleza cênica natural para fins turísticos e científicos. (COSTA RICA, 1996).

3.2. Usos de instrumentos de compensação econômica aos serviços ambientais

Para Cirino (2006), o Estado vem usando de estratégias e instrumentos que contribuem para a proteção do meio ambiente, por meio da aplicação de instrumentos econômicos e normativos. Os instrumentos normativos são aqueles que trazem um conjunto de normas e regras de permissão ou proibição do uso dos recursos naturais - instrumentos de comando e controle. Já os instrumentos econômicos são influenciados pela ação do Estado quanto à criação de instrumentos legais que fazem uso de tributação ambiental, para que sejam compensadas as externalidades, em geral negativas, por parte do desenvolvimento de alguma atividade econômica (CIRINO, 2006).

Bastos (2007) afirmou que há diferentes tipos de instrumentos econômicos utilizados para a proteção do meio ambiente. Dentre eles, estão: (i) os instrumentos fiscais, que, tomados pela administração, visam reduzir a degradação por meio da redistribuição dos custos empregados ou de benefícios econômicos ou fiscais e (ii) a ideia de mercados de serviços ambientais, que, por meio da criação de um mercado, permite aos contaminadores comprar, em quantidade e tempo limitados, direitos de contaminação.

Para o uso de instrumentos de compensação financeira, Bastos (2007) alegou que optar por uma perspectiva meramente economicista com relação à problemática ecológica implica relegar ao direito ambiental um papel puramente instrumental. Não basta que a política ambiental seja economicamente justa e adequada, ela precisa se apoiar em aspectos morais e éticos, ponderá-los e levar em consideração o interesse das pessoas afetadas. Entende-se que tais instrumentos são úteis à proteção do meio ambiente e não podem ser desconsiderados. No entanto, é necessário observar atentamente sua implementação, garantir que cumpram os princípios elencados na Constituição. Por isso, a atuação do Estado na proteção dos recursos naturais não pode ser isolada, dissociada de questões culturais, econômicas e de capacidade técnica. Ambos, Estado e coletividade, devem assumir o papel de ativos fiscalizadores, essa seria uma postura de vanguarda na proteção do meio ambiente (BASTOS, 2007).

Teixeira (2012) afirmou que, no modelo atual de gestão ambiental, para internalizar os custos ambientais oriundos de uma determinada atividade, busca-se aplicar os instrumentos econômicos. Aliado a isso, os instrumentos de comando-controle vêm representados pelo papel do Poder Público na aplicação da legislação ambiental (comando) e na fiscalização e monitoramento da qualidade ambiental (controle).

Somente os instrumentos de comando e controle não são suficientes para promover a proteção ao meio ambiente, é necessária, sim, uma racionalidade técnica e instrumental a ser seguida, em uma ordem direta e complementar, pelas esferas dos governos federal, estadual e municipal. Dessa maneira é que, pela ótica dos instrumentos econômicos, há uma maior possibilidade de apoio na realização de serviços ambientais (TEIXEIRA, 2012).

O mesmo autor ressaltou que os instrumentos de subsídios, ou seja, os instrumentos econômicos em compensação financeira já adotados, diferem da proposta de pagamentos por serviços ambientais. Esses instrumentos baseiam-se naqueles de comando-controle, em que há incentivos como subsídios ecológicos ou corte de tributos para ações ambientalmente corretas.

Young (2005) e Seehusen e Prem (2011) enumeraram os instrumentos econômicos usados no Brasil, dentre eles: o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) Ecológico, aplicado em vários estados brasileiros; a compensação ambiental, muito aplicada na criação das UCs; a cobrança pelo uso e descarte da água, tida como outorga; a cobrança de *royalties* pela extração de recursos naturais (minerais, petróleo, eletricidade); sistemas de concessões florestais e taxas de reposição florestal; servidão ambiental; créditos por reduções certificadas de emissões de gases de efeito estufa, entre outros. A aplicação desses instrumentos de compensação econômica ocorre de formas e modelos bem diversificados e cada vez mais difundidos pelo país.

Cabe ressaltar que consta previsto, na Lei nº 9.433/97, Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), o instrumento de cobrança pela utilização dos recursos hídricos. Este é um instrumento de estímulo econômico à gestão adequada dos recursos hídricos e descentralizado, que orienta os agentes a valorizarem os bens e serviços ambientais, de acordo com sua oferta e/ou escassez (PORTO; LOBATO, 2004).

O ICMS Ecológico, um mecanismo de compensação aos municípios, apesar de ter tido os artigos a ele dedicados na Lei nº 9.433/97 (PNRH) vetados, não foi eliminado como instrumento de gestão. Esse mecanismo é essencial, pois permite fazer a ligação entre os pontos críticos para a gestão das bacias hidrográficas, como dito anteriormente, que são a gestão dos recursos hídricos e a gestão territorial (PORTO; PORTO, 2008).

O ICMS Ecológico, segundo Assis (2008), trata da utilização de uma possibilidade aberta pelo Art. 158 da Constituição Federal brasileira, que permite aos estados definir, em legislação específica, parte dos critérios para o repasse de recursos do ICMS, a que os municípios têm direito. Nesse caso, a denominação ICMS Ecológico é correlacionável aos critérios que focam temas ambientais.

Em estudo realizado por Loureiro (2002), constatou-se que o primeiro modelo de ICMS Ecológico foi criado em 1991, pelo estado do Paraná. Posteriormente, essa nova proposta de compensação econômica repassada pela União aos estados brasileiros por meio de uma tabela de valores foi implementada em outros estados. Até o mês de fevereiro de 2013, segundo a *The Nature Conservancy* (2013), das 27 unidades federativas existentes no país, quase 50% ainda não aderiram ao ICMS Ecológico, sendo essas: os estados do Amazonas, Roraima, Pará, Maranhão, Goiás, Bahia, Espírito Santo, Santa Catarina, Sergipe, Alagoas, Paraíba, Rio Grande do Norte, bem como o Distrito Federal.

O Tocantins é o estado que atribui o maior percentual de repasse do ICMS aos municípios por meio do critério ambiental. Do ICMS total repassado aos municípios, ou seja, 25%, 13% desses compõem o ICMS Ecológico e representa um percentual bastante significativo para os municípios que atenderem aos critérios ambientais estabelecidos nesta legislação (ASSIS, 2008). Esse Estado aproveitou a oportunidade para inserir critérios ambientais na composição dos percentuais que integram o índice de repasse do ICMS aos municípios por meio da Lei Estadual nº. 1.323 de 2002 (TOCANTINS, 2002).

Portanto, no Tocantins, o ICMS Ecológico é bem mais ousado e moderno, possuindo um intuito inovador, dividindo o percentual conforme os critérios ambientais: (a) boa política municipal de meio ambiente - 2%; (b) conservação de áreas protegidas: Unidades de Conservação e Terras Indígenas - 3,5%; (c) controle de queimadas e combate a incêndios - 2%; (d) promoção à conservação dos solos - 2%; (e) atuação, de forma direta ou indireta, na distribuição de água potável, no tratamento do esgoto e na coleta e destinação final do lixo - 3,5%, trazendo, ainda, diretrizes importantes para implantação deste mecanismo (TOCANTINS, 2002a).

No Acre, foi criada a Lei nº 1.277, em 1999 - “Lei Chico Mendes”, que, desde então, recompensa os produtores de borracha como forma de subsídios aos serviços ambientais prestados com esse tipo de atividade e promove a conservação das florestas nativas existentes. Para isso, cada extrativista recebe, atualmente, R\$ 0,70 (setenta centavos) por quilo de borracha comercializada (MACIEL et al., 2010).

O Programa de Desenvolvimento Socioambiental da Produção Familiar Rural (Proambiente), que foi criado em função das dificuldades de implementação e monitoramento dos instrumentos de comando e controle adotados na Amazônia. Ele veio para suprir a demanda crescente por parte dos interessados do setor produtivo em receber algum tipo de compensação por estarem promovendo e adotando práticas ambientalmente corretas. O Proambiente passou a funcionar de maneira mais efetiva a partir de 2003, de modo a

compensar os agricultores pela mudança para usos da terra que produzam maiores níveis de serviços ambientais (COSTA, 2008).

No ano de 2006, a Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza lançou o Projeto Oásis - SP, cujo foco é a proteção de mananciais da grande São Paulo e sua consequente contribuição para a manutenção da qualidade da água que abastece cerca de quatro milhões de pessoas. O Projeto Oásis visou fortalecer a proteção de remanescentes de Mata Atlântica e ecossistemas associados na Área de Proteção aos Mananciais da Região Metropolitana de São Paulo (APMRMSP), especificamente na bacia hidrográfica da represa de Guarapiranga, e nas áreas de proteção ambiental municipais do Capivari-Monos e Bororé-Colônia (ZOLIN, 2010).

A mesma fundação implantou o citado projeto nas cidades de Apucarana (PR), São Bento do Sul (SC) e Brumadinho (MG), premiando os proprietários que historicamente preservaram suas florestas e promovendo incentivos àqueles que precisam recuperar suas matas. Além da proteção às florestas, os projetos Oásis buscam incentivar a proteção das nascentes, aumentar a cobertura vegetal, implantar ações de saneamento ambiental, promover a adoção de práticas conservacionistas de solo e recuperação de áreas degradadas. Todos esses projetos possuem um agente financiador (ZANICHELLI, 2011; FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO, 2012).

No Estado do Amazonas, criou-se a Bolsa Floresta, um benefício pago mensalmente às famílias que vivem nas UCs do estado, como uma forma de incentivar os produtores a protegerem os recursos florestais objetivando a redução de práticas predatórias ao meio ambiente (MACIEL et al., 2010).

Em Minas Gerais, muito semelhante ao Bolsa Floresta do Amazonas, criou-se o Bolsa Verde, com o objetivo de apoiar a conservação da cobertura vegetal nativa no estado, mediante o pagamento por serviços ambientais aos proprietários e posseiros que já preservam, ou que se comprometem a recuperar a vegetação de origem nativa em suas propriedades ou posses (MINAS GERAIS, 2008).

O governo federal, por meio do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), criou uma modalidade de crédito rural denominado de Crédito Ambiental - Portaria nº 169/2009 - que tem por finalidade financiar, durante dois anos, a implantação e o desenvolvimento de sistemas agroflorestais, para a recuperação de Área de Reserva Legal (ARL). O governo também instituiu o Programa de Apoio à Conservação Ambiental, o Bolsa Verde. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (BRASIL, 2012), o programa é

voltado para grupos sociais em situação de extrema pobreza, que vivem em áreas socioambientais prioritárias (BRASIL, 2012).

O Bolsa Verde destina-se às famílias que atuam em UCs e assentamentos da reforma agrária ambientalmente diferenciados, de acordo com o Incra. O MMA é responsável por coordenar o programa, com a participação direta do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) e Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), que fazem uma gestão compartilhada. O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e o Incra são os gestores das áreas selecionadas (BRASIL, 2012).

3.3. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)

Wunder (2005) definiu PSA como sendo:

Uma transação voluntária, na qual um serviço ambiental bem definido ou um uso da terra que possa assegurar este serviço é comprado por, pelo menos, um comprador de, pelo menos, um provedor, sob a condição de que o provedor garanta a provisão deste serviço.

O PSA opta por uma perspectiva econômica com relação ao direito e ao meio ambiente. Para Bastos (2007), o PSA enfatiza uma forma de intervenção direta em favor da proteção ao meio ambiente, baseada em modelos de compra e venda, nos quais os vendedores entregam os resultados da conservação em troca dos pagamentos negociados. Recentes debates discutem os pagamentos por serviços ambientais através da comparação entre os mecanismos diretos e indiretos.

Soma-se ao PSA, o princípio do Provedor-recebedor. Furlan (2008) constatou que esse princípio configurou como o oposto do poluidor-pagador, uma vez que passou a beneficiar aqueles que se empenhavam em promover a proteção e conservação dos recursos naturais.

Algumas experiências de PSA, em países como a França, México e Bolívia, foram relatadas por Villar (2009). A autora destaca também as regulamentações legais que ocorreram nos Estados Unidos, França, México, Bolívia e Costa Rica para adoção dos PSA e ressaltou o papel da Costa Rica como um país pioneiro na aplicação de programas de PSA e inovador, em termos de desenvolvimento de metodologias.

A Costa Rica teve, em 1996, sua política de programas de pagamento por serviços ambientais regulamentada pela Lei Federal nº 7.575. O público-alvo do programa de PSA da

Costa Rica envolve proprietários de terras, com o objetivo de integrar parâmetros ambientais em paisagens fora das áreas protegidas (VILLAR, 2009).

Wunder et al. (2009) apontou que a maioria de esquemas pioneiros de PSA implementados no mundo estava estabelecida em âmbito local, ou seja, restrita a uma área mais reduzida, embora experiências abrangendo dimensões em plano nacional estivessem sendo implementadas nos Estados Unidos (*Conservation Reserve Program - CRP*) e Costa Rica.

A área de abrangência da maioria dos esquemas de PSA existentes é relativamente pequena, especialmente quando se trata de esquemas em bacias hidrográficas, como no caso de Pimampiro (Equador), que abrange uma área menor do que 500 ha. Porém, experiências de PSA também existem em escala mais ampla. Os programas de PSA da Costa Rica e o CRP nos Estados Unidos, em escalas nacionais, abrangem 0,27 e 14,5 milhões de hectares, respectivamente (WUNDER et al., 2009).

Além da concepção do princípio do Provedor-recebedor como ponto de partida para caracterização de um PSA, pode-se destacar a ‘voluntariedade’ e a ‘condicionalidade’ como aspectos relevantes. A voluntariedade parte do princípio de que o ‘possível’ provedor dos serviços ambientais em potencial deve aderir, de livre e espontânea vontade, aos critérios que regerão um programa de PSA. Aliado a isso, está a condicionalidade, que atrela o pagamento ao cumprimento do provedor em garantir o provimento dos serviços em questão (WUNDER, 2007; SEEHUSEN; PREM, 2011).

Teixeira (2012) percebeu que o conceito de serviços ambientais traz vários questionamentos sobre o modelo usual de comando e controle. Assim, foi introduzida uma nova racionalidade na questão ambiental, a de que existem implicações econômicas, jurídicas e sociais no que tange aos benefícios oferecidos pela natureza ao ser humano.

Sendo assim, a aplicação de um PSA faz-se baseada em dois princípios bastante conhecido pelos instrumentos legais e teorias da economia do meio ambiente: o Princípio do Poluidor Pagador e o Princípio do Usuário Pagador. Além destes dois princípios, um terceiro vem complementar e dar mais efetividade aos sistemas de PSA, enunciado por Princípio do Provedor Recebedor ou Protetor Recebedor. Para Teixeira (2012), esses princípios têm sua origem na economia, onde o poluidor-pagador deve arcar com os custos da poluição (externalidade negativa) de seus processos produtivos por ele gerados.

Nesse novo mercado, o PSA ou pagamentos por serviços ecológicos (PSE) surge como uma proposta alternativa de auxiliar e melhorar a gestão, principalmente em bacias hidrográficas de diversos países, como a exemplo do Brasil. As bacias são unidades

primordiais de planejamento e análise ambiental, além disso, esses instrumentos são tidos como modelos de equidade e justiça social, pois vêm apoiar o provedor de serviços ambientais (BRASIL, 1986; TEIXEIRA, 2012).

No Brasil, experiências de PSA ocorrem por meio dos projetos: Proambiente; Projeto Oásis em São Paulo - SP (2006), Apucarana – PR (2009), São Bento do Sul – SC (2010) e Serra da Moeda - MG (2011). Além destes, há também o Projeto “Conservador das Águas” (2007), no município de Extrema (MG), baseado na metodologia do Programa Produtor de Águas da Agência Nacional de Águas (ANA).

O Programa Produtor de Águas veio fomentar o incentivo à compensação financeira aos agentes que realizem a proteção e recuperação de mananciais, gerando benefícios para a bacia e sua população, onde os incentivos devem prioritariamente ser dirigidos aos produtores rurais (BRASIL, 2009).

A adesão ao programa é voluntária, e os produtores rurais devem se propor a adotar práticas e manejos conservacionistas em suas terras, com vistas à conservação de solo e água. O objetivo principal é a redução da erosão e do assoreamento de mananciais no meio rural. O programa prevê a remuneração proporcional ao serviço ambiental prestado e depende de prévia inspeção na propriedade dos produtores participantes (MANFREDINI; GUANDINE, 2011).

Baseado no Programa Produtor de Água, o projeto “Conservador das Águas” foi apresentado como a primeira iniciativa municipal brasileira que implanta o conceito de PSA baseado na relação existente ente floresta e seus serviços prestados para a conservação do solo e a qualidade e quantidade de água. Ele caracteriza-se como uma ação pioneira desenvolvida pelo município de Extrema (MG), que tem como objetivo incentivar a preservação de nascentes e recuperação de mata nativa situadas em seu território, por meio do pagamento por serviços ambientais de produção de água (MANFREDINI; GUANDINE, 2011).

Em alguns municípios dos estados do Espírito Santo (2009), Santa Catarina (2009) e Rio de Janeiro (2011) já existem em andamento programas semelhantes ao projeto desenvolvido em Extrema (MG), todos eles amparados por legislação estadual criada para instituir o PSA, cuja execução e responsabilidades ficam a cargo dos órgãos estaduais de meio ambiente (TEIXEIRA, 2012). O município de Vera Cruz (RS) também tem um projeto piloto de PSA, denominado “Protetor das Águas” (MORAES, 2012).

No estado do Tocantins, existe um programa de PSA com proposta semelhante à desses estados citados anteriormente. O programa, instalado na sub-bacia do Ribeirão Taquarussu é de responsabilidade da empresa concessionária de saneamento e procurará

remunerar os provedores de serviços ambientais pelo fornecimento de água para o abastecimento público da cidade de Palmas. Um quadro-resumo de experiências de PSA e iniciativas de PSA para conservação dos recursos hídricos que estão em fase de desenvolvimento ou elaboração em alguns estados do Brasil estão apresentados nos Apêndices A e B (WUNDER et al. 2009; VEIGA; GAVALDÃO, 2011).

No Brasil, o PSA terá legislação própria por meio de lei (Projeto de Lei nº 5.487, de 2009). No entanto, ano passado, foi instituído o Novo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012), que trouxe concepções e conceitos inovadores, em que podemos destacar a atribuição do poder público em oferecer apoio técnico e incentivos financeiros por meio de várias iniciativas, dentre elas, pelo pagamento por serviços ambientais com objetivos de criar um mercado de serviços ambientais, onde o pagamento deverá prioritariamente ser destinado aos agricultores familiares (BRASIL, 2012).

3.4. Critérios adotados para aplicação de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)

De acordo com Wunder (2005), um sistema de PSA deve obedecer a cinco critérios: (i) ser uma transação voluntária; (ii) existência de um serviço ambiental definido; (iii) que o serviço ambiental seja comprado por no mínimo um comprador; (iv) existência de, no mínimo, um provedor de serviço ambiental; (v) garantia, por parte desse provedor, do cumprimento do serviço ambiental (condicionalidade).

O programa “Conservador das Águas” aplicou de forma prática a metodologia proposta por Chaves et al. (2004), trabalho que contém os aspectos teóricos da estimativa do abatimento da erosão e sedimentação relativos ao programa “Produtor de Água”. Além disso, de acordo Decreto municipal nº 1.703/06 (Extrema – MG), ficou estabelecido que o proprietário rural (i) somente poderá ser habilitado no projeto de PSA se tiver domicílio na propriedade rural inserida na sub-bacia hidrográfica trabalhada no projeto; (ii) deverá ter propriedade com área igual ou superior a dois hectares; (iii) terá que desenvolver atividade agrícola com finalidade econômica na propriedade rural; (iv) deverá estar com o uso da água na propriedade rural regularizado.

Na proposta de PSA adota pelo estado do Espírito Santo, é considerado para o cálculo de pagamento: (i) o valor custo de oportunidade; (ii) coeficiente de potencial erosivo referente ao estágio de desenvolvimento da floresta, baseado nos coeficientes já propostos pela ANA (2009) no manual operativo do programa “Produtor de águas”; (iii) coeficiente de ajuste

topográfico baseado na equação de Bertoni e Lombardi Neto (1993), considerando três classes de declividade (20-45%, 45-75% e acima de 75%). Com isso, o conjunto de critérios adotados para o PSA é de ordem técnica, econômica e orçamentária (ESPÍRITO SANTO, 2008).

Em uma pesquisa de Fasiaben et al. (2009) em torno da implementação de um esquema de PSA na Região Amazônica, em que este contribuiria para frear o desmatamento, além de auxiliar na redução da pobreza rural, aumentando o bem-estar dos povos da floresta. Foram considerados dois tipos de provedores dos serviços: aqueles inseridos nos municípios do Arco do Desmatamento e aqueles da Amazônia Legal, ambos com, respectivamente, 261 e 791 municípios.

Os critérios estabelecidos para delimitação dos diferentes grupos, tanto no Arco do Desmatamento quanto na Amazônia Legal, foram a renda percebida e a área dos estabelecimentos. Assim, nessas regiões, foram feitas as caracterizações dos estabelecimentos agropecuários estabelecidos em três grupos: i) estabelecimentos familiares das três categorias inferiores de renda (renda média, baixa e quase sem renda), cujas áreas fossem inferiores a 100 ha; ii) todos os estabelecimentos familiares, independentemente da renda, e menores que 100 ha; iii) estabelecimentos familiares e patronais cujas áreas não ultrapassassem os 100 ha. Tais critérios se justificam pelo fato de que o objetivo é o de oferecer uma alternativa socioambiental para os pequenos produtores (FASIABEN et al., 2009).

O Programa Produtor de Água/ANA (BRASIL, 2009), entre outros focos, procura reduzir a erosão, melhorar a qualidade da água e o aumento das vazões dos rios, utilizando-se de práticas mecânicas e vegetativas de conservação de solo e água, bem como, readequar as estradas vicinais e construir fossas sépticas nas propriedades rurais.

Entre as metas do programa, está a redução de 50% da erosão e sedimentação das bacias a serem selecionadas, e ainda a recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e recomposição de Áreas de Reserva Legal (ARL). Portanto, em seu manual operativo, o Programa Produtor de Água/ANA prevê a certificação pelo abatimento da erosão e sedimentação, além da conservação e recuperação de áreas florestadas onde o participante do programa deve atingir os critérios mínimos contratuais. No programa, a equação de percentual de abatimento da erosão (PAE) é utilizada por ser um método mais simples e robusto, uma vez que não é preciso conhecer e adotar todas as variáveis presentes na Equação Universal de Perda do Solo (*Universal Soil Loss Equation* - USLE) para que se obtenha a estimativa do abatimento da erosão e, dessa forma, vem facilitar sua aplicação por produtores e agentes de extensão rural (BRASIL, 2009).

E, nesse sentido, os critérios adotados que vão desde (i) a seleção da bacia hidrográfica a ser realizado o PSA, (ii) a prioridade dada aos agricultores familiares ou o pequeno produtor rural, há, ainda, (iii) o uso de equação para estimativa do percentual de abatimento da erosão (PAE) proporcionado por cada prática agrícola ou conservacionista adotada. Dessa forma, o percentual é obtido calculando-se o fator de risco de erosão antes e depois da adoção da prática conservacionista.

Chaves (2010) mostra que o programa de PSA que busca a redução da erosão implicará na redução proporcional na produção de sedimentos no exutório da bacia. A redução do aporte de sedimento, por sua vez, pode ser estimada pela relação de aporte de sedimento (RAS), largamente empregada em estudos sedimentológicos. No entanto, o autor afirma que, no Brasil, há muitos estudos de perda de solo em vertentes, mas poucas informações a respeito da produção de sedimento em bacias.

Com isso, ele aplica e analisa oito equações de cálculo da relação de aporte de sedimento (RAS) existentes na literatura, e conclui que houve uma variação considerável entre os resultados das equações, o que pode dificultar a estimativa do serviço ambiental relativo à redução da sedimentação nas bacias em programas conservacionistas. Para isso, o autor sugere que haja um esforço de monitoramento da erosão e do aporte de sedimento nas bacias, antes, durante e depois da implantação de programas conservacionistas (CHAVES, 2010).

Ainda é possível levantar o potencial de erodibilidade ou susceptibilidade erosiva do solo em programas de PSA. A erosão é fenômeno até então considerado natural, mas que se acelera em função do uso e manejo inadequado das terras e a falta de ações conservacionistas (intervenção antrópica), implicando em perdas significativas, de solo, matéria orgânica, nutrientes, biodiversidade, perdas com enchentes e, em especial, de água, prejudicando o equilíbrio dos sistemas hídricos em bacias hidrográficas, o que torna importante o estudo da susceptibilidade à erosão nesses ambientes (VAEZA et al., 2010; MAGALHÃES et al., 2012).

Em estudo de PSA realizado por Zolin (2010), procurou-se obter os valores absolutos de perda de solo e a redução relativa de perda do solo anual, fazendo uso da equação *Revised Universal Soil Loss Equation* (Rusle), uma vez que o serviço ambiental considerado no estudo foi a conservação do solo, em função do tamanho e localização da área de floresta na sub-bacia de estudo. A equação Rusle passou a ser uma versão melhorada pelos cientistas da equação Usle, devido à continuidade das pesquisas em planejamento ambiental, bem como do

surgimento de novos experimentos, novos dados e a disponibilidade de novos recursos computacionais e de geotecnologias.

Zolin (2010) pôde constatar que, depois do PSA implementado na sub-bacia por ele estudada, houve uma redução de 91% na perda do solo e que a conservação de pastagem atribuindo uma proteção ao solo reduziu em 57% a erosão, e ainda, que houve um aumento na redução relativa de perda do solo em que florestas alocadas estavam em áreas com declividade igual ou acima de 30% (forte ondulado).

Em um estudo, Maciel et al. (2010) analisaram famílias extrativistas que vivem da exploração dos produtos florestais não madeireiros (PFNM) na Reserva Extrativista Chico Mendes (Resex). Eles fizeram uma proposta de pagamento pelos serviços ambientais prestados pelas famílias trabalhadoras rurais, como incentivo à prática do uso sustentável dos recursos extraídos da floresta. Assim, autores adotaram que, em cada Unidade de Produção Familiar (UPF), o primeiro critério adotado foi o de que o tempo de residência do produtor fosse superior a dois anos; em seguida, realizou a avaliação socioeconômica da produção familiar rural na Resex Chico Mendes, objetivando medir o desempenho econômico do sistema de produção, por meio de indicadores/índices.

Em última instância, as propostas de PSA envolvendo os mais diversos critérios vão definir o valor da remuneração a partir do custo de oportunidade, evidenciado, na região de estudo (MACIEL et al., 2010), e.g., o valor perdido por não se optar por atividade econômica considerada lucrativa, em prol da conservação de florestas (WUNDER, et al. 2007).

A exemplo, Moraes (2012) em seu estudo considerou um método de cálculo de pagamento a proprietários rurais familiares inseridos na sub-bacia do arroio Andreas (Vera Cruz - RS), denominado de custo de oportunidade da terra pela não utilização desta para o cultivo agrícola ou pastoreio, onde os custos de oportunidades de áreas com potenciais para o cultivo de tabaco (tipo de cultivo bastante rentável e valorizado naquela região) foram bastante elevados se comparado às áreas a serem utilizadas no cultivo de milho ou arroz.

Portanto, num contexto amplo sobre a definição de critérios para um programa de PSA, encontram-se diversas abordagens que incluem a preocupação com a perda do solo, incluindo assim aspectos sobre a altitude, relevo e declividade da área, além disso, a quantificação de áreas vegetadas ou prioritárias à recuperação, como as APPs, em especial as nascentes, são relevantes em diversos programas criados.

3.5. Geotecnologias aplicadas ao Pagamento por Serviços Ambientais (PSA)

Zolin (2010) destaca um aspecto de grande relevância no contexto dos sistemas de PSA que diz respeito ao emprego de ferramentas que contribuam para o processo de avaliação e valoração dos serviços ambientais que são efetivamente gerados. Nesse sentido, o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Geoprocessamento estão cada vez mais presentes nos estudos ambientais, e conseqüentemente na avaliação dos sistemas de PSA em bacias hidrográficas, devido às enormes possibilidades de aplicação.

O mesmo autor, afirma também que as utilizações de SIG para otimização de projetos de PSA devam ser feitas de forma que as práticas conservacionistas a serem implementadas nas bacias ou sub-bacias hidrográficas possam ser realizadas de modo a permitir o maior benefício (provimento de serviços ambientais) em função das possibilidades de investimento de capital.

Num estudo feito por Atanazio (2011) na área do “Projeto Oásis Apucarana – PR”, utiliza-se de ferramentas e técnicas de geoprocessamento para construir uma base de dados como subsidio para o gerenciamento do projeto em questão. O autor pôde fazer o levantamento de toda base hidrográfica da área, bem como a identificação e diagnóstico das áreas destinadas a APP e de possíveis áreas para alocação da reserva das propriedades. Além disso, criou-se uma ferramenta modelo para padronização e automatização do processo de extração dos dados de uso da terra para pontuação das propriedades participantes do projeto.

Sendo assim, o uso de ferramentas por meio do geoprocessamento e SIG demonstrou que, dos 15 itens utilizados no cálculo para valoração e PSA aos proprietários rurais do projeto, apenas seis itens não necessitavam de aplicação de ferramentas voltadas para otimização da análise espacial (ATANAZIO, 2011).

Teixeira (2012) alegou serem poucos os trabalhos em torno da implementação de programas de PSA, tendo em vista que as discussões sobre essa temática começaram a se aprofundar ainda recentemente, é possível notar, também, que os projetos de PSA em andamento ou em fase de iniciação fazem uso da geotecnologia (SIG, geoprocessamento, sensoriamento remoto) mais comumente como uma ferramenta de apoio à realização de diagnósticos da área estudada.

Em um dos poucos trabalhos realizados que envolvem PSA e geotecnologias, Ditt e Pádua (2011), em seu trabalho no Sistema Cantareira na Mata Atlântica, puderam quantificar os serviços ecossistêmicos por meio da investigação de um conjunto de variáveis que incluíram: relevo, tipos de solo, usos do solo, estágios de desenvolvimento das florestas, entre

outras. E a partir da integração do SIG no levantamento e a mensuração dessas variáveis foi possível realizar análises de cenários de transformação de uso da terra, produzindo mapas de oferta e perda de serviços ecossistêmicos.

Numa abordagem prática, Turetta et al. (2012) realizaram um trabalho no qual o foco principal foi o uso de geotecnologias em estudos relacionados à temática de serviços ambientais e, assim, frisaram que há uma necessidade de se preencher um vazio, no que tange ao estabelecimento de metodologias e protocolos para o mapeamento desses serviços, pois, como identificado por estes autores, há uma gama de protocolos que basicamente utilizam indicadores relacionados à erosão, havendo, portanto, uma grande carência de indicações de parâmetros relacionados à integração de ações na paisagem e os fatores que a compõem, bem como o planejamento de uso das terras de forma mais ampla.

4. MATERIAL E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

4.1. Material

4.1.1. Estruturação da Base de Dados

A base de dados pôde ser estruturada com o auxílio de determinados materiais, equipamentos e produtos constantes no Quadro 1.

Quadro 1 - Materiais, equipamentos e produtos utilizados na estruturação da base de dados.

MATERIAL				
Descrição	Escala	Formato	Período	Disponibilidade
Carta topográfica IBGE Folha SC 22-X-B-I	1:100.000	Analógico (impresso)	1979	IBGE
Mapa Loteamento Pequizeiro/Gleba 04, Folhas 3 e 4	1:100.000	Analógico (impresso)	1992	ITERTINS
Imagem digital satélite/sensor SPOT – 5 HRG	Resoluções: Espacial - 2,5m; Radiométrica – 8 bits	*tif	21/06/2010	EMATER - PA
Imagem satélite SRTM (<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>)/CartaSC-22-X-B-I-4	Resoluções: Espacial - 90m; Radiométrica – 16 bits	*tif	30/03/2006	EMBRAPA/ NASA (MIRANDA, 2005)
Mapa territorial do Projeto de Assentamento Cocal II	1:20.000	*dwg	2007	INCRA/SR26
Bases Vetoriais/ Dados Geográficos: Folha MI 1343	1:100.000	*shp	2004/2007	SEPLAN – TO/DZEE
Bases Vetoriais/ Dados Geográficos: Folha MI 1343	1:250.00	*shp	2008	SEPLAN – TO/DZEE
Dados Geográficos de proprietários rurais do município de Couto de Magalhães	não definida	*gtm	2009	ADAPEC
Software ArcGIS 9.3 (módulos ArcMAP e ArcCATALOG)	-----	-----	2010	Licenciado/IFPA

<i>Software Google Earth:</i> Image DigitalGlobe	-----	*jpeg *kml	24/10/2013	GOOGLE
Aparelho receptor GPSmap 76Cx GARMIN	Precisão até 1m	-----	2009	Próprio
Notebook Intel Core i5 2.3 GHz, 6GB RAM, HD 700 GB	-----	-----	2011	Próprio
Câmera fotográfica 14 Megapixel	-----	-----	2010	Próprio

4.2. Procedimentos operacionais

Em resumo, os procedimentos metodológicos adotados neste estudo, estão descritos a seguir e podem ser visualizados pelo fluxograma (Figura 1).

4.2.1. Pesquisa e obtenção de dados

A pesquisa envolveu, inicialmente, uma vasta busca em base de dados de instituições que disponibilizam publicações científicas - Periódicos e base de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), bibliotecas virtuais da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Universidade de São Paulo (USP), Universidades de Campinas (Unicamp), Universidade de Brasília (UnB) - cuja temática principal foram estudos em torno de bacias hidrográficas interligados ao uso do geoprocessamento no processo.

Paralelo a essa etapa, foram realizadas visitas aos órgãos e instituições que estivessem envolvidos com a proposição deste trabalho, com isso, foi possível entrar em contato e colher informações e dados repassados por técnicos especializados do Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins), Secretaria do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável do Tocantins (Semades), Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública (Seplan), Instituto de Colonização e Reforma Agrária (Incra), Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará (Emater) – Pará, Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins (Adapec), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Terras do Estado do Tocantins (Itertins), Prefeitura municipal de Couto de Magalhães, além do cartório de Couto de Magalhães.

Com auxílio do *software* ArcGIS (ESRI, 2010), versão 9.3, licença cedida pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), foi realizado todo o procedimento computacional necessário nesse estudo.

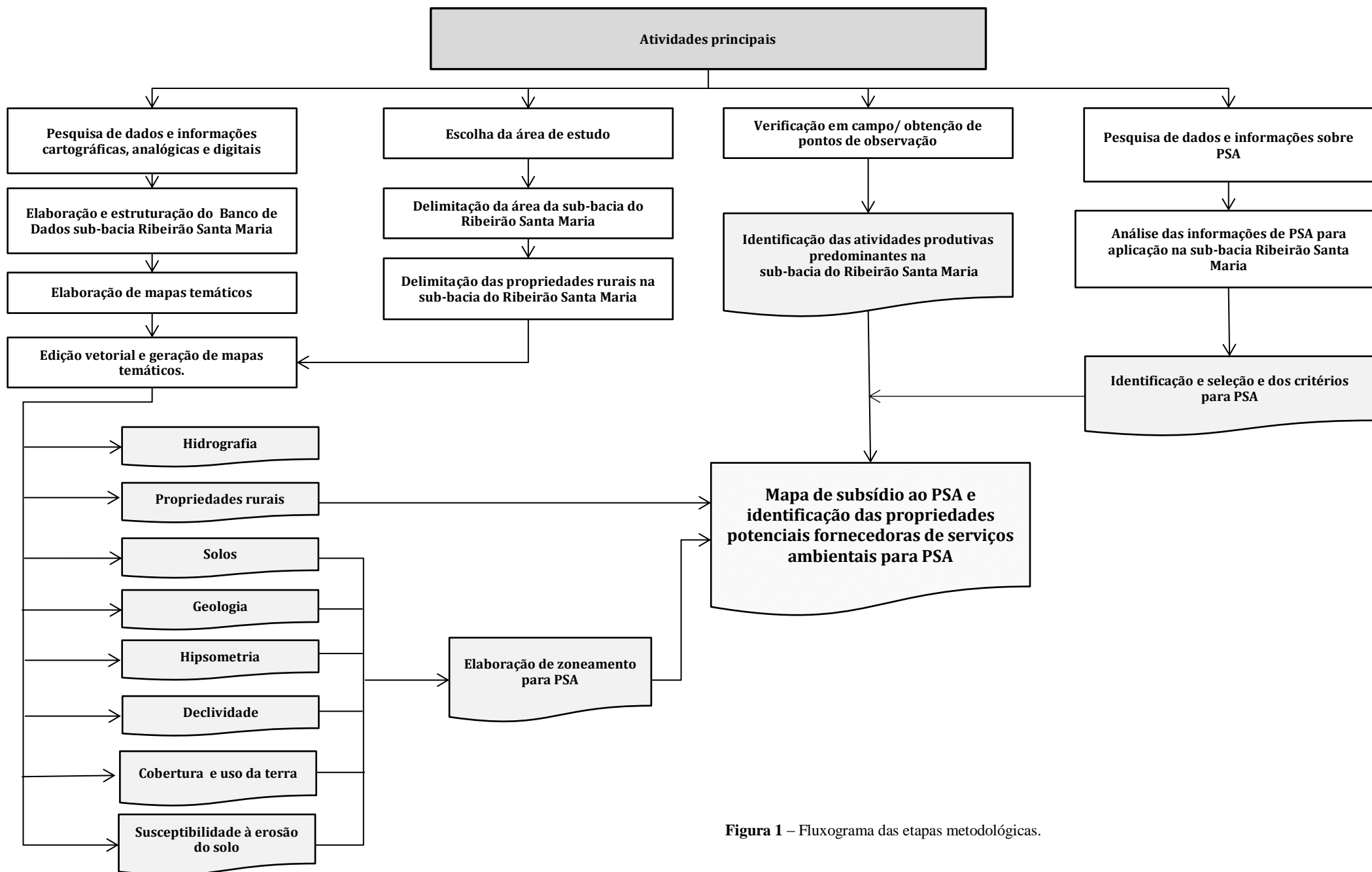


Figura 1 – Fluxograma das etapas metodológicas.

4.2.2. Escolha da área de estudo

Em princípio, para a escolha da sub-bacia hidrográfica de estudo, foram definidos 05 (cinco) critérios, a fim de identificar as propriedades rurais com maior potencial para fornecimento de serviços ambientais para a manutenção e aumento de produção de água:

- (i) em uma sub-bacia de 2ª ou 3ª ordem conforme Strahler (1957);
- (ii) sub-bacia com área entre 20 e 100 km²;
- (iii) bacia com mais de 80% das terras distribuídas em minifúndios e pequenas propriedades (área dos imóveis inferior a 320 hectares);
- (iv) sub-bacia localizada próximo de um centro urbano e cujo curso d'água tivesse a capacidade de fornecimento de água para abastecimento público;
- (v) sub-bacia com variação de paisagens, tanto em termos fisiográficos quanto de tipos de cobertura vegetal.

Dessa forma, optou-se pela sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, atendendo aos critérios pré-estabelecidos para subsidiar a proposta de implementação de Pagamento por Serviços Ambientais à população inserida na área escolhida. Destaca-se que esta sub-bacia tem sua importância para a população urbana do município de Couto de Magalhães, visto que este se insere em seus limites.

4.2.3. Delimitação da área da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria

De posse da carta topográfica IBGE Folha SC 22-X-B-I, foi dado início ao processo de delimitação da área da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria e seus afluentes, após esta ser previamente localizada.

Em seguida, utilizando o *ArcGIS 9.3*, adquiriu-se a imagem *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), articulação SC-22-X-B, no banco de dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa (MIRANDA, 2005) para delimitação da sub-bacia, criação de *Triangular Irregular Network* (TIN), a partir de curvas de nível e extração da rede de drenagem. A imagem SRTM em questão estava no *datum World Geographic System 1984 - WGS-84* e sistema de coordenadas geográficas, sendo assim, esta precisou ser reprojeta para o *datum South American 1969 - SAD-69* e sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM).

A imagem SRTM (*raster*) foi transformada no formato *grid* e depois para arquivo *fill* gerando uma imagem com a direção do fluxo. Esta é uma das etapas mais importantes para a extração da rede de drenagem e delimitação da bacia hidrográfica, uma vez que é onde são realizados os cálculos das áreas de maior declividade, por onde o fluxo de drenagem é direcionado naturalmente. A próxima etapa foi obter o fluxo acumulado sendo necessário gerar um *raster* das drenagens extraídas que então transformado para *shapefile* (*.shp). Com um ponto (arquivo *.shp) marcado no exutório da referida rede de drenagem, gerou-se um arquivo com a delimitação da sub-bacia hidrográfica em formato *raster* que foi transformado para *shapefile*, e, assim, como polígono puderam ser extraídos a área da bacia e perímetro.

Embora na delimitação da sub-bacia tenha sido possível obter a drenagem, ressalta-se que a rede hidrográfica adotada neste estudo foi extraída do arquivo *shapefile* Hidrografia (MI1343 – 1 : 100.000 – SAD69/UTM Fuso 22L), obtido junto à Seplan (2007).

Mesmo com a delimitação automática da sub-bacia pelos comandos relatados anteriormente através do *ArcGIS 9.3* e imagem SRTM, os dados extraídos da carta topográfica serviram para comparações e conferências dos atributos identificados e para a correção manual da área da sub-bacia levantada automaticamente, uma vez que as cotas apresentadas pela carta permitiram visualizar o limite e seus divisores.

4.2.4. Determinação das propriedades rurais na área da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria

A determinação das propriedades rurais inseridas na da sub-bacia iniciou-se com a obtenção de arquivo no formato *.gtm junto à Adapec, instituição que contém os registros das propriedades levantadas para o ano de 2009, no município de Couto de Magalhães. Esse dado foi projetado no ArcMAP (ArcGIS 9.3) para o *datum* SAD-69 e sistema de projeção UTM, fuso 22L, e extraídos os pontos apenas das propriedades inseridas na sub-bacia. Além das informações geográficas, o arquivo disponibilizado continha os nomes das propriedades e seus proprietários.

Com o mapa analógico de 1992 disponibilizado pelo Itertins foi possível escaneá-lo numa resolução de 300 dpi e georreferenciá-lo pelo módulo ArcMAP (ArcGIS 9.3). Posteriormente, digitalizaram-se os polígonos das propriedades criando um arquivo *shapefile* e aplicou os comandos do *Spatial Adjustment* para ajuste das dimensões das propriedades rurais em relação à proporção da área da sub-bacia. Vale ressaltar que todos os arquivos

trabalhados foram também projetados para o *datum* SAD-69 e sistema de projeção UTM, fuso 22L.

Em complementação e atualização das informações a cerca das propriedades rurais que compõem a sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, buscou-se informações junto ao Cartório de Registro de Imóveis 1ª Nota de Couto de Magalhães em documentos, como escrituras e memoriais descritivos das propriedades que fizessem parte do Loteamento Pequizeiro, Gleba 4, Folha 3. Essa pesquisa restringiu-se a localizar documentos da área de estudo que tivessem sido registrados entre o ano de 1993 a 2013, uma vez que o mapa fornecido pelo Itertins é referente à 1992. Com os memoriais descritivos encontrados, estes foram transportados para arquivo digital por meio do *software* AutoCAD 2012 no formato *.dwg.

Adquiriu-se também, por meio do departamento de Cartografia do Inbra – Superintendência Regional 26 – SR 26, os mapas territoriais em formato *.dwg de três projetos de assentamentos (PAs) inseridos na região. Os mapas foram transformados para arquivo *.shp (ArcCATALOG /ArcGIS 9.3), no entanto, apenas oito parcelas (lotes) do PA Cocal II estavam dentro da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.

Por fim, foram integrados e ajustados em um único arquivo (prop_rurais.shp) os *shapefiles* das propriedades rurais identificadas pelos materiais do Inbra, Itertins, Adapec e cartório.

4.2.5. Identificação e seleção dos critérios para PSA

Os critérios elencados para implementação do PSA por meio da aplicação de técnicas do geoprocessamento foram determinados com base em pesquisas realizadas sobre informações metodológicas de implementação de PSA voltados para os recursos hídricos no Brasil e no mundo, em especial nas experiências encontradas a nível nacional empreendidas por estados como Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro entre outros, além daquela proposta pela ANA, através do programa “Produtor de Águas”.

Os 1º e 4º critérios extraídos da metodologia do Programa Bolsa Verde (2008) do Estado de Minas Gerais priorizam as áreas dos pequenos produtores rurais, onde, quanto menor a área do imóvel mais apto estará à contemplação dos programas de PSA, assim como, as áreas que apresentarem maior quantidade de cobertura vegetal nativa também terão prioridade no recebimento da compensação financeira do programa.

O 2º e 3º critérios baseados nas metodologias aplicadas pelos programas ProdutorES de Água (ESPIRITO SANTO, 2008) e o Produtor de Água da ANA (ANA, 2009) consideram mais prioritárias as áreas onde ocorrem declividades mais elevadas no terreno e conseqüentemente onde possa haver maior potencial erosivo do solo devido ao tipo de cobertura e uso da terra desenvolvidos na área.

Desse modo segue a identificação dos critérios considerados no uso de SIG/Geoprocessamento para levantamento da proposta do PSA sub-bacia Ribeirão Santa Maria (Quadro 2):

Quadro 2 – Critérios identificados para PSA na sub-bacia ribeirão Santa Maria, TO.

<p>1º CRITÉRIO: Tamanho da propriedade (ha) Fonte: MINAS GERAIS - Programa Bolsa Verde (2008)</p>	<p>2º CRITÉRIO: Declividade Fonte: ESPIRITO SANTO (2008); ANA (2009)</p>
<p>3º CRITÉRIO: Potencial erosivo da cobertura e uso da terra – Susceptibilidade à erosão Fonte: ESPIRITO SANTO (2008); ANA (2009)</p>	<p>4º CRITÉRIO: Cobertura vegetal Fonte: MINAS GERAIS - Programa Bolsa Verde (2008)</p>

4.2.6. Inserção de dados e estruturação da base de dados

O banco de dados (BD) da sub-bacia pôde ser criado e estruturado no programa ArcGIS 9.3, por meio do módulo ArcCatalog, projetado no sistema SAD-69 UTM Zona 22L. Os comandos utilizados foram *new - personal geodatabase*, que cria o BD, em seguida criou-se e/ou importou as *feature dataset* e *raster dataset*, conforme os tipos de estrutura de dados.

Conforme adotado por Dias (2008), as *features dataset* e *raster dataset* criadas e/ou importadas foram definidas em conjuntos de dados: cartográficos básicos, cartográficos temáticos, modelo numérico de terreno (MNT) e imagens (Figura 2). Considerou-se, para normatização das informações e dados o *datum* SAD-69 e projeção UTM, fuso 22L.

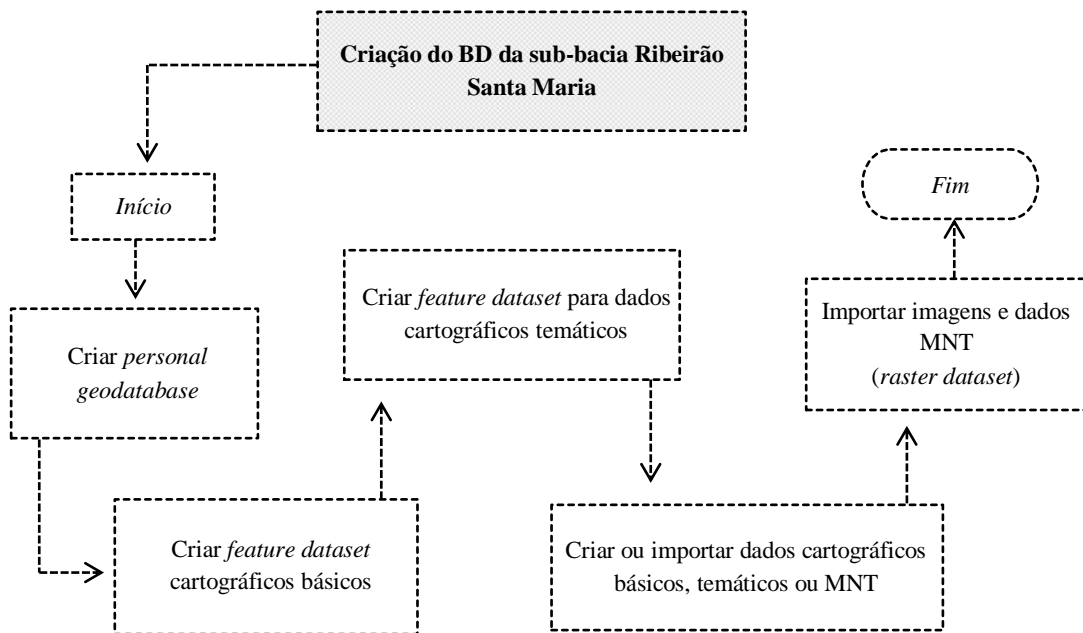


Figura 2 – Fluxograma das etapas de criação do BD da sub-bacia Ribeirão Santa Maria.

Fonte: Adaptado de Dias (2008).

Sendo assim, o banco de dados criado foi denominado “psa_ribeirao.mdb” cuja divisão de estrutura de dados foi possível a partir dos produtos disponibilizados pelas instituições parceiras que foram importados (hidrografia, rodovias, geologia, solos, imagens Spot – 5 e SRTM) e aqueles dados que foram criados (bacia, propriedades rurais, *Triangulated Irregular Network* – TIN, declividade, hipsometria, cobertura e uso da terra, susceptibilidade erosiva; mapa-proposta PSA).

Quadro 3 – Estrutura do BD da sub-bacia ribeirão Santa Maria no módulo ArcCATALOG/ ArcGIS 9.3.

<i>Personal geodatabase: psa_ribeirao.mdb</i>				
<i>Feature dataset</i>	Cartográficos básicos	<i>Feature class</i>	Bacia	Sistema de projeção SAD-69 UTM Zona 22L
			Hidrografia	
			Rodovias	
			Propriedades rurais	
<i>Feature dataset</i>	Cartográficos temáticos	<i>Feature class</i>	Declividade	Sistema de projeção SAD-69 UTM Zona 22L
			Solos	
			Hipsometria	
			Geologia	
			Cobertura e uso da terra (2010)	
			Susceptibilidade erosiva	
Mapa-proposta PSA				

<i>Raster dataset</i>	Modelo Numérico de Terreno (MNT)	<i>Raster</i>	<i>Triangulated Irregular Network (TIN)</i>	Sistema de projeção
	Imagem Spot	<i>Raster</i>	Spot – 5 HRG (2010)	SAD-69 UTM
	Imagem SRTM		SRTM (2006)	Zona 22L

Fonte: Adaptado de Dias (2008).

4.2.7. Elaboração de mapas temáticos para PSA

Os mapas temáticos foram elaborados através dos dados e informações contidas no BD da sub-bacia e que foram adquiridos conforme mencionado anteriormente. Assim, possibilitou-se a extração dos componentes ambientais presentes na área da sub-bacia gerando, portanto, os mapas de hidrografia, hipsométrico, declividade, geologia, solos, fundiário, cobertura e uso da terra e o de susceptibilidade à erosão.

Mapas de geologia e de solos puderam ser obtidos através da base de dados vetoriais da Seplan (2007) na escala de 1:250.000.

Especificamente para o mapa de solos houve uma modificação por meio da metodologia proposta por IBGE (2007), uma vez que o arquivo da base de dados da Seplan (2007) apontava uma única classificação de solo e em verificações em campo notou-se que haviam determinadas variações significativas.

Com isso, por meio do levantamento de reconhecimento de média intensidade (IBGE, 2007) a avaliação do solo se dá para fins de estimativas qualitativas buscando características diferenciais que correspondem em níveis categóricos de Grandes Grupos e Subgrupos. Neste tipo de levantamento as classes são subdividas de acordo com o agrupamento textural em face das unidades de relevo, vegetação, rochosidade e pedregosidade.

Portanto, as unidades de mapeamento são identificadas no campo por observações ao longo de trechos e percursos que cruzam diferentes padrões de drenagem, relevo, geologia e vegetação. Os limites dessas unidades podem ser constatados juntamente com os trabalhos de campo realizados e correlações entre os padrões verificados pelas imagens de satélites e carta topográfica (IBGE, 2007).

Assim, a adaptação no mapa de solos feita a partir das verificações de campo aliada ao cruzamento de dados e de análise espacial das informações de geologia, declividade e cobertura vegetal da área, possibilitou delimitar as classes de solos presentes na área

conforme suas variações quanto às características físicas, levando em consideração o novo Sistema de Brasileiro de Classificação do Solos – SiBCs (EMBRAPA, 2013).

O mapa de hidrografia foi elaborado a partir do *shapefile* hidrografia, MI1343, escala 1:100.000 (SEPLAN, 2007). Os dados mencionados tiveram seu sistema de referência mantido (projeção UTM, *datum* SAD-69) e no ArcMAP, por meio da ferramenta *Analysis tools* → *Clip*, foram recortados conforme a área da sub-bacia e dali mantidos apenas os atributos referentes a esta área.

Os dados extraídos da imagem SRTM (MIRANDA, 2005), articulação SC-22-X-B, permitiu a elaboração (ArcMAP) dos mapas hipsométrico (*elevation*) e de declividade (*slope*). Antes disso, a imagem foi reprojetaada *datum* WGS-84 para o sistema UTM SAD-69 pela ferramenta *Project raster* (ArcMAP). A partir da extração das curvas de nível gerou-se o arquivo *Triangular Irregular Network* (TIN) e assim na opção *symbolology* → *Add renderer* → *Face slope with graduated color ramp* adicionou-se as variações de declividade que foram ordenadas em classes conforme Espírito Santo (2008) e ANA (2009).

O mapa de cobertura e uso da terra foi gerado por meio de imagem digital cedida pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Pará – Emater, datada de 21/06/2010, sendo esta uma imagem do satélite *Satellite Pour l'Observation de la Terre* (SPOT – 5) sensor *High Resolution Geometric* (HRG), composição 123RGB (*Red, Blue, Green*), com resolução espacial de 2,5m e resolução radiométrica de 8 *bits*, e como citado anteriormente, foi reprojetaada para o *datum* SAD-69, projeção UTM.

A obtenção do mapa de cobertura e uso da terra se deu através da aplicação da técnica de classificação supervisionada. A princípio adicionou-se a imagem SPOT – 5/HRG/123RGB no ArcMAP, para aquisição das amostras (assinaturas) de cinco classes preliminarmente identificadas conforme Seplan (2007): mata ciliar, cerrado sentido restrito, campo, área urbanizada e agropecuária.

A referida imagem utilizada na identificação das classes de cobertura e uso da terra, paralelamente, foi contrastada com as imagens disponíveis pelo programa *Google Earth* (GOOGLE, 2013), pois, no ano de 2013, houve diversas atualizações de imagens no programa.

No entanto, sendo considerado um mosaico de imagens, o *Google Earth* dispõe na área da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria três imagens de dois anos distintos: 06 de agosto e 24 de outubro de 2003, e 29 de julho de 2013. As imagens que datam de 2003 abrangem cerca de 30% da área total e, como são mais antigas, foram descartadas na verificação de alterações na cobertura e uso da terra da sub-bacia a partir do ano de 2010.

Desse modo, feita a classificação supervisionada da imagem SPOT-5 de 2010, o resultado das classes obtidas foram comparadas ao que havia no ano de 2013, por meio da imagem DigitalGlobe de 29/07/2013 do *Google Earth*. Sendo essa uma imagem do mês de julho de 2013, ganhou-se mais vantagem para este estudo, pois ambas as imagens utilizadas na confecção e ajustamento do mapa de cobertura e uso (SPOT-5 e DigitalGlobe) são referentes ao mesmo período sazonal, o que, para a região é considerado como período de estiagem e isso aumentou o grau de similaridade para identificação das classes.

Em subsídio a esta etapa de confecção do mapa de cobertura e uso, nos dias 23 e 24 de fevereiro/2013, coletou-se 72 pontos de observação com auxílio do receptor do sistema de posicionamento global GPSmap (76Cx GARMIN) e de fichas de campo, onde, nas diferentes localidades percebidas, puderam ser anotadas informações como: coordenadas de localização, características visuais dos solos, da vegetação e identificação dos usos da terra, e.g., as atividades produtivas praticadas nas propriedades rurais. Estas informações serviram para dirimir as principais dúvidas no processo de aquisição das assinaturas e definição das classes citadas anteriormente (SEPLAN, 2007).

Assim, definidas as classes, aplicou-se a técnica de classificação supervisionada por meio das ferramentas *spatial analyst tools>multivariate>maximum likelihood classification* (ArcMAP), em que ocorre a extração de amostras de pixel (níveis digitais) e o *software* faz a interpretação das classes de forma mais aferida, utilizando o método da máxima verossimilhança (Maxver). Então, a transformação da imagem classificada *raster* para um formato vetorial (*shapefile*) permitiu a confecção do mapa de cobertura e uso da terra.

De posse dos mapas de solos, geologia, declividade e cobertura e uso da terra da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria foi possível gerar o mapa de susceptibilidade erosiva, conforme metodologia adaptada de Shiavetti e Camargo (2002), Bonna (2011) e Silva e Machado (2013), em que os autores utilizaram a avaliação multicritério para o mapeamento. De acordo com o fluxograma na Figura 3 os mapas utilizados (solos, geologia, declividade e cobertura e uso da terra) foram importados para o ArcGIS 9.3 e padronizados no formato matricial *raster*.

Dessa forma, conforme Silva (2013), a reclassificação (*reclassify*) foi realizada por meio ArcMAP/ArcGIS 9.3 em que as informações contidas na coluna da tabela de atributos de cada mapa temático atribuindo notas (0-10) para cada atributo contido nos mapas e em seguida atribui-se pesos para cada mapa temático reclassificado (variável): solos (0,20), geologia (0,15), declividade (0,30) e cobertura e uso da terra (0,35) como sugerido por Bonna (2011).

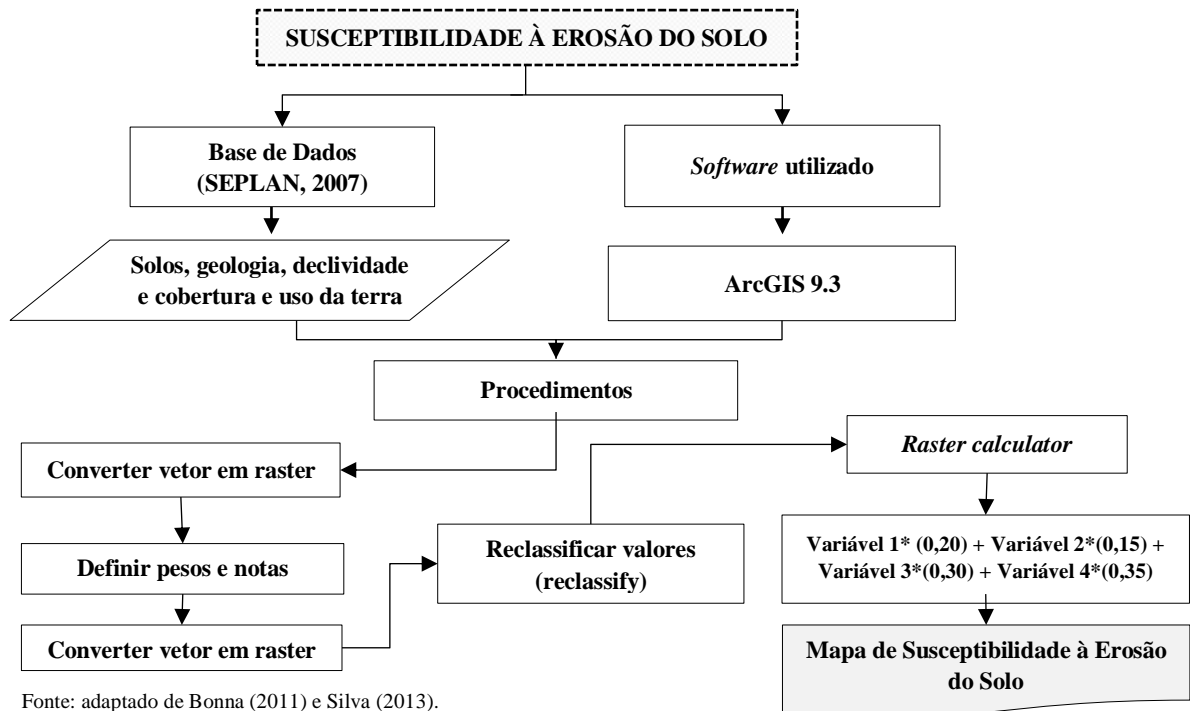


Figura 3 – Fluxograma de elaboração do Mapa de Susceptibilidade à Erosão do Solo.

4.2.8. Elaboração do zoneamento para PSA

O zoneamento da sub-bacia, conforme metodologias apresentadas por Rossete (2008), Cormelato (2012), Moraes e Ferreira (2012) foi elaborado a partir da identificação das unidades de paisagens (UPs) mais expressivas na área, em função da correlação do nível de estabilidade existente entre os fatores ambientais ali presentes.

Como descreve Cormelato (2012), a identificação das UPs, seguindo a abordagem Ecodinâmica de Tricart (1977), são classificadas quanto à singularidade ou recorrência, estabilidade e fragilidade ou vulnerabilidade por meio de uma análise multicritérios (ROSSETE, 2008; CORMELATO 2012).

Dessa forma, no ArcMAP por meio da ferramenta *overlay* → *weighted overlay*, foram atribuídos pesos às classes contidas em cada um dos mapas temáticos gerados: geologia, solos, declividade, hipsometria, susceptibilidade erosiva e cobertura e uso da terra.

Tais pesos variaram de 1 a 9, conforme a escala de variação de pesos do ArcMAP (*evaluation scale* → *1 to 9 by 1*), considerando a característica própria de cada atributo presente em cada mapa temático, onde em uma escala de influência, geraria uma mínima

variação (peso 1) à uma máxima variação (peso 9) na estabilidade dos fatores ambientais (Quadro 4).

Quadro 4 – Atribuição de pesos, de acordo com as classes dos mapas temáticos, utilizados para o zoneamento da sub-bacia.

Mapa	Classe	Peso
Geologia	Aluviões Halocênicas	9
	Rochas básico-ultrabásicas	9
	Grupo Tocantins	7
Solos	Neossolo Quartzarênico	9
	Plintossolo Pétrico concrecionário	9
	Cambissolo Háplico	8
	Gleissolo Háplico	8
	Argissolo Vermelho-amarelo	5
Declividade	0 – 3 %	3
	3 – 8 %	5
	8 – 20 %	7
	20 – 45 %	9
Hipsometria	153 – 175 m	1
	175 – 200 m	3
	200 – 225 m	3
	225 – 250 m	5
	250 – 275 m	7
	275 – 300 m	9
Susceptibilidade erosiva	Baixa	2
	Média	5
	Alta	7
	Altíssima	9
Cobertura e uso da terra	Mata ciliar	9
	Cerrado sentido restrito	8
	Agropecuária	3
	Campo	6

Fonte: adaptado de Rossete (2008), Cormelato (2012), Moraes e Ferreira (2012).

Procedeu-se o cruzamento dos mapas temáticos com os pesos então definidos e optou-se por um percentual de influência igual (16,667 %) para todos esses mapas (*set equal influence*), conforme sugerido por Cormelato (2012). O percentual de influência é

considerado o grau de influência que cada um dos mapas inseridos agrega na obtenção final do mapa de zoneamento. Ao se definir percentuais de influência iguais para cada um dos mapas utilizados, o resultado do zoneamento fica inerente à integração das características das classes temáticas presentes nesses mapas.

Após o cruzamento dos mapas temáticos, o mapa de zoneamento gerado ficou definido por zonas que variaram de Muito favoráveis a Pouco favoráveis à implantação de PSA, onde os aspectos e fatores ambientais contido em cada mapa temático quando cruzados sugeriram localidades com maior ou menor aptidão para serem contempladas em programas de PSA. Assim, essas zonas ficaram dispostas em 04 classes: Zona Muito Favorável ao PSA, Zona Favorável ao PSA, Zona Moderadamente Favorável ao PSA, Zona Pouco Favorável ao PSA

4.2.9. Mapa de subsídio ao PSA e identificação das propriedades potenciais fornecedoras de serviços ambientais para PSA

A elaboração do mapa de subsídio ao PSA foi feito por meio da análise espacial, a partir do cruzamento dos mapas de zoneamento e o de situação fundiária (propriedades rurais) da sub-bacia (Figura 1).

Pelo mapa de subsídio ao PSA obtido, as propriedades rurais foram tabuladas em função de suas áreas totais em km² e percentuais que cada uma das quatro zonas estabelecidas (Zona Muito Favorável, Zona Favorável, Zona Moderadamente Favorável, Zona Pouco Favorável) distribui-se nessas propriedades. Por meio deste mapa, procedeu-se, então, a identificação das propriedades rurais mais favoráveis a tornarem-se beneficiárias de possíveis projetos de PSAs a serem implantados na sub-bacia de estudo.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1. Localização

A sub-bacia do Ribeirão Santa Maria fica localizada no município de Couto de Magalhães, Estado do Tocantins. Ela está inserida na bacia do rio Araguaia e situada entre as coordenadas UTM de 690.000m e a 707.000m E; e 9.066.416m a 9.079.510m N, Fuso 22L.

A sede municipal de Couto de Magalhães está inserida na área da sub-bacia, que fica cerca de 269 km da capital do estado, Palmas. De Palmas para Couto de Magalhães, o acesso pode ser feito pelas rodovias estaduais e federal: TO-336, TO-342, TO-050, TO-010 e BR-153, respectivamente.

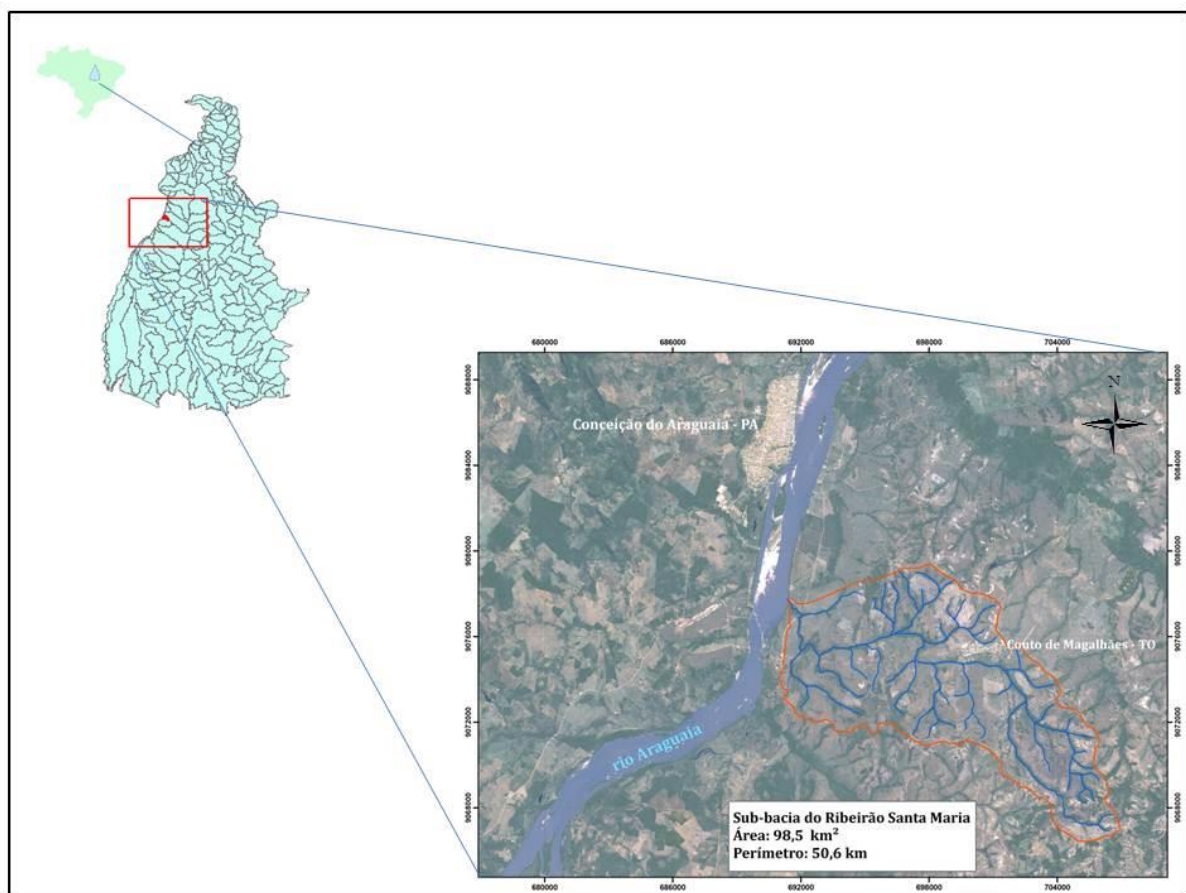


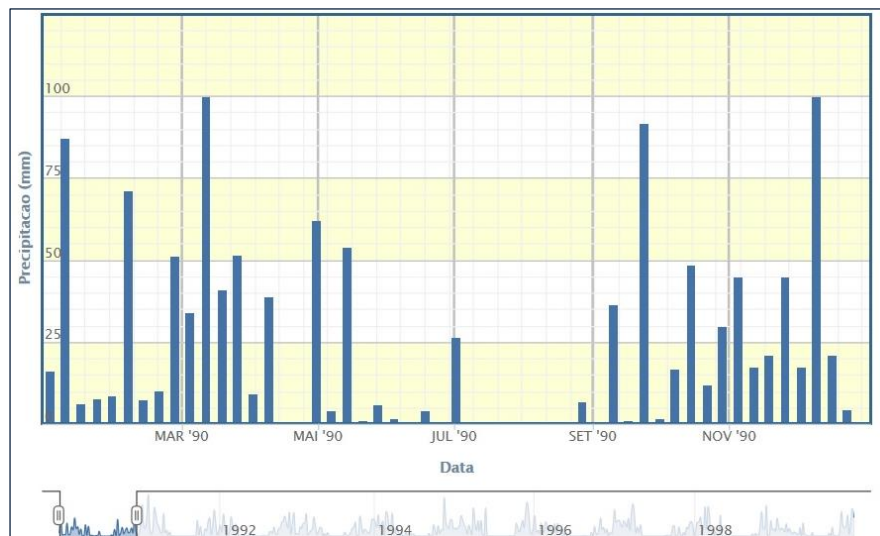
Figura 4 – Localização da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, município de Couto de Magalhães – TO.

5.2. Climatologia

A precipitação pluviométrica média anual varia na faixa de 1800 a 2000 mm, a umidade relativa do ar fica em torno de 75% e as temperaturas médias anuais variam entre 25°C e 26°C, com mínimas entre os meses de junho e julho e as máximas entre setembro e outubro. A regionalização climática obtida por meio do Método de Thornthwaite é característica de clima úmido subúmido, C2wA'a'', com duas estações definidas, sendo uma de estiagem, no período de junho a setembro, e outra no período chuvoso, que vai de outubro a maio (TOCANTINS, 2012b).

Os dados gráficos do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) (2013), obtidos por meio da Estação Convencional n° 82861 – Conceição do Araguaia, mostram o comportamento das chuvas na região que compreende a área da sub-bacia para os meses de janeiro a dezembro, dos anos de 1990, 2000 e 2010. Percebe-se que, entre os meses de outubro a maio, os níveis de precipitações são mais elevados e, conseqüentemente, elevam-se as vazões dos corpos hídricos presentes na área (Figuras 5, 6 e 7).

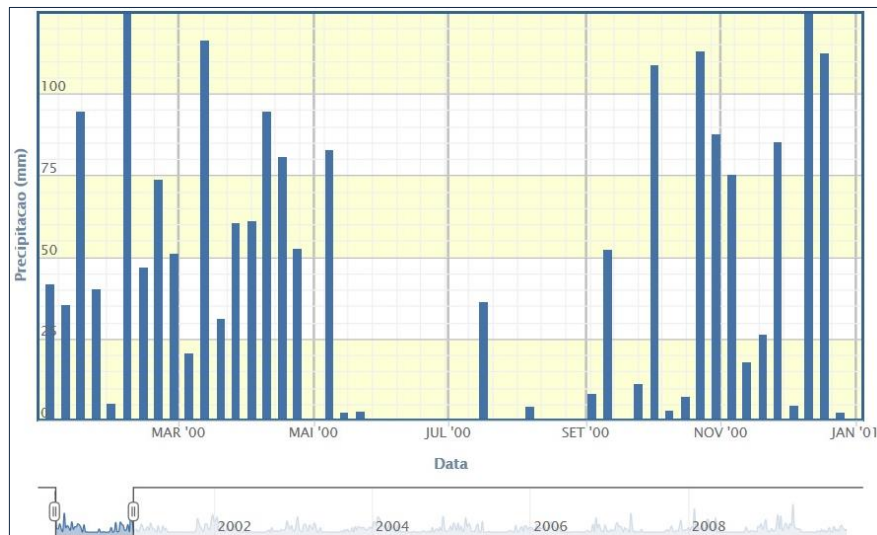
Pelos dados da série histórica de 1990 a 2010 (INMET, 2014), de janeiro a dezembro de 1990, a precipitação mínima foi de 5,6 mm (junho) e a máxima de 206 mm (março), a média anual ficou em 101 mm.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet (2014)/ Estação n° 82861 – Conceição do Araguaia/Dados em Gráficos.

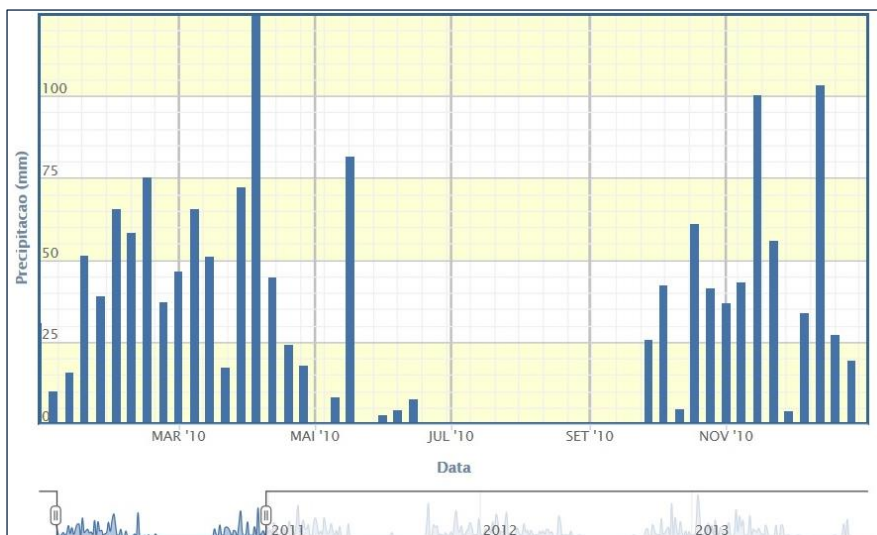
Figura 5 – Gráfico de precipitação durante jan. a dez/1990 na região da sub-bacia ribeirão Santa Maria, município de Couto de Magalhães, TO.

Para o período de janeiro a dezembro de 2000, as precipitações mínima e máxima foram, respectivamente, zero mm (junho) e 450,2 mm (dezembro) e média anual de 181,17 mm. E, em relação ao mesmo período, em 2010, a precipitação máxima foi de 265,3 mm (abril) e a mínima de zero mm para três meses consecutivos (julho, agosto e setembro), a média anual ficou em 131,4 mm (INMET, 2014).



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet (2014)/Estação n° 82861 – Conceição do Araguaia/Dados em Gráficos.

Figura 6 – Gráfico de precipitação durante jan. a dez/2000 na região da sub-bacia ribeirão Santa Maria, município de Couto de Magalhães, TO.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet (2014)/Estação n° 82861 – Conceição do Araguaia/Dados em Gráficos.

Figura 7 – Gráfico de precipitação durante jan. a dez/2010 na região da sub-bacia ribeirão Santa Maria, município de Couto de Magalhães, TO.

O balanço hídrico normal mensal da sub-bacia para o ano de 2012 (THORNTHWAITE, MATHER, 1955; SENTELHAS, ANGELOCCI, 2012), a partir de dados fornecidos pelo Inmet (2014) (Tabela 1) e calculado pela sua área de drenagem (98,51 km²) a partir da planilha eletrônica (ROLIM et al, 1998), mostrou que, entre os meses de abril e setembro, ocorreu uma deficiência hídrica em função do regime reduzido das chuvas (Figuras 8 e 9).

Tabela 1 – Balanço hídrico normal mensal (2012) para sub-bacia Ribeirão Santa Maria, TO.

Balanço Hídrico Normal Mensal (2012)							
Local: sub-bacia do Ribeirão Santa Maria				Área: 98,51 km ²		Lat. -8,23	
Mês	Prec. (m³)	Prec. (mm)	ETP (m³)	ETP (mm)	ETR (m³)	ETR (mm)	Exc./DefH. (m³)
Jan	31.099.607,00	315,7	12.464.470,3	126,5	12.464.470,3	126,5	18.635.136,7
Fev	22.214.005,00	225,5	12.127.566,1	123,1	12.127.566,1	123,1	10.086.438,9
Mar	15.929.067,00	161,7	14.488.850,8	147,1	14.488.850,8	147,1	1.440.216,2
Abr	11.042.971,00	112,1	13.229.893,0	134,3	13.011.200,8	132,1	-1.968.229,8
Mai	15.062.179,00	152,9	15.244.422,5	154,8	15.207.481,3	154,4	-145.302,3
Jun	2.590.813,00	26,3	15.174.480,4	154,0	8.176.330,0	83,0	-5.585.517,0
Jul	0,00	0,0	12.545.248,5	127,4	1.554.586,3	15,8	-1.554.586,3
Ago	0,00	0,0	17.785.980,5	180,6	504.371,2	5,1	-504.371,2
Set	748.676,00	7,6	18.823.783,4	191,1	831.424,4	8,4	-82.748,4
Out	10.875.504,00	110,4	1.805.097,2	18,3	1.087.550,4	11,0	9.787.953,6
Nov	25.642.153,00	260,3	14.051.466,4	142,6	14.050.481,3	142,6	1.1591.671,7
Dez	18.342.562,00	186,2	14.814.918,9	150,4	14.813.933,8	150,4	352.8628,2

Prec – Precipitação; ETP – Evapotranspiração Potencial; ETR – Evapotranspiração Real; Exc. – Excedente; DefH. – Deficiência hídrica

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet (2014)/Estação n° 82861 – Conceição do Araguaia. (THORNTHWAITE, MATHER, 1955); (ROLIM et al, 1998); (SENTELHAS, ANGELOCCI, 2012).

Como recomendado pela literatura, neste estudo em particular, o extrato do balanço hídrico normal mensal da sub-bacia não considerou os variados consumos de água que são realizados pelas populações urbana e rural inseridas na área, nem as variações de armazenamentos superficiais ou subterrâneos.

Pois, a necessidade maior foi de se obter por meio das precipitações ocorridas e da evapotranspiração da região, a vazão média anual dos cursos d'água da sub-bacia de forma mais aproximada, e, assim, estimar, os níveis elevados de excedente (18.635.136,7 m³) e deficiência hídrica (-5.585.517,0 m³) que possam ocorrer na região (Figuras 8 e 9).

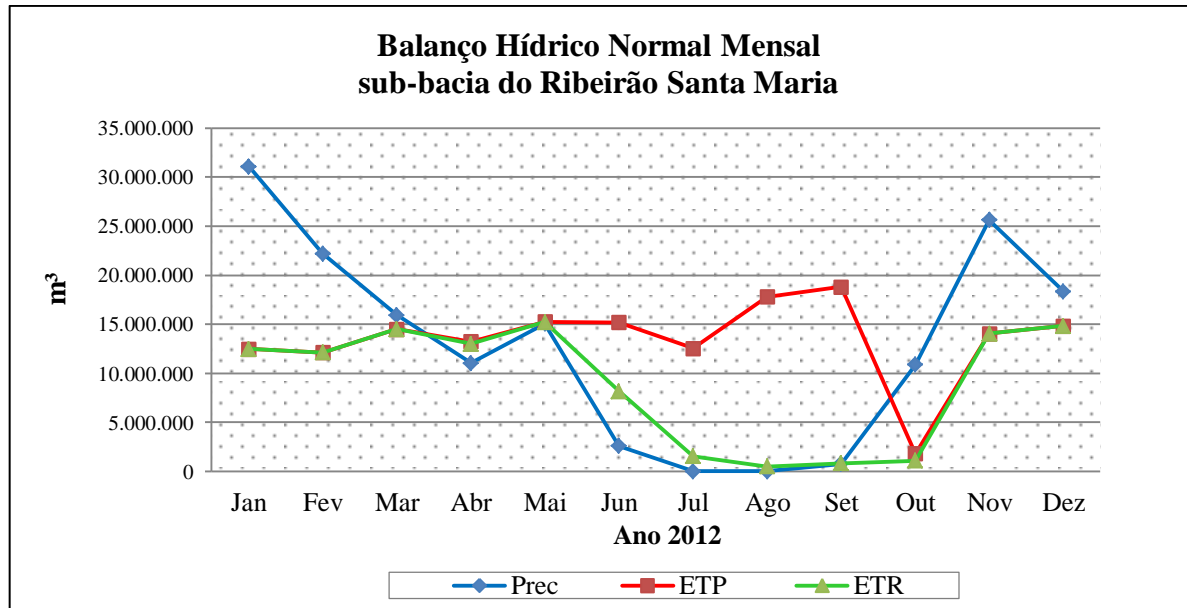


Figura 8 – Gráfico balanço hídrico normal mensal para a sub-bacia Ribeirão Santa Maria, TO.

Prec – Precipitação; ETP – Evapotranspiração Potencial; ETR – Evapotranspiração Real.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet (2014)/Estação n° 82861 – Conceição do Araguaia. (THORNTHWAITE E MATHER, 1955); (ROLIM et al, 1998); (SENTELHAS e ANGELOCCI, 2012).

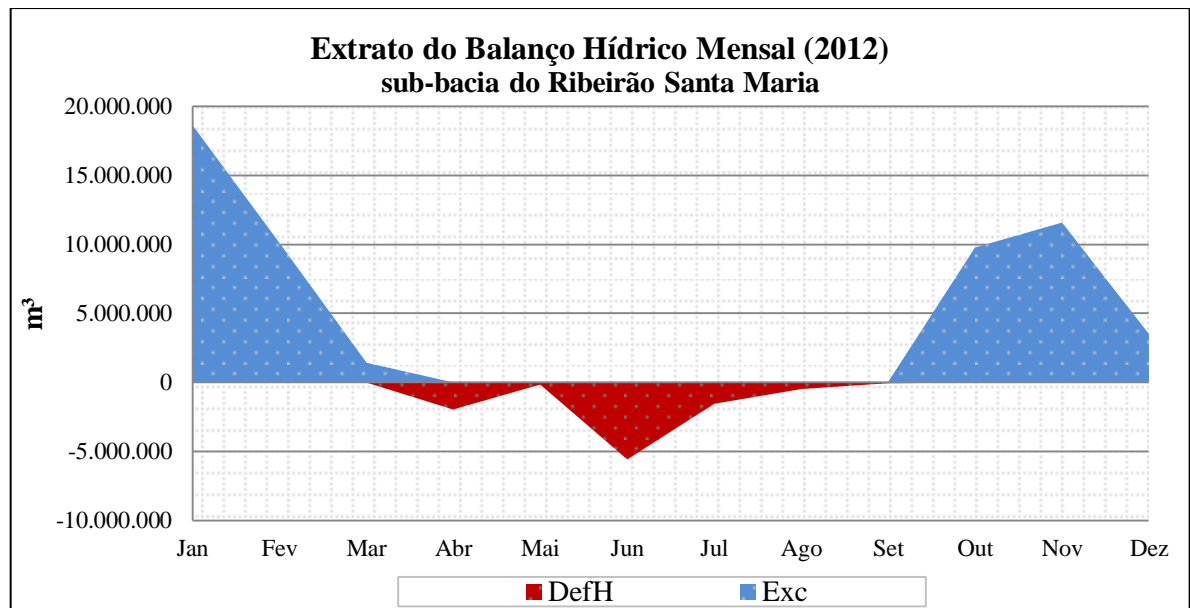


Figura 9 – Gráfico balanço hídrico normal mensal para a sub-bacia Ribeirão Santa Maria, TO.

Exc. – Excedente; DefH. – Deficiência hídrica.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – Inmet (2014)/Estação n° 82861 – Conceição do Araguaia. (THORNTHWAITE E MATHER, 1955); (ROLIM et al, 1998); (SENTELHAS e ANGELOCCI, 2012).

5.3. Hidrografia

A hidrografia da região de estudo está inserida na bacia do Rio Araguaia, onde os principais corpos hídricos são os rios Araguaia, Bananal, Mato da Banana e Barreiras, e os ribeirões Catingueiro e Santa Maria. Especificamente a área da sub-bacia do ribeirão Santa Maria apresenta diversas nascentes que formam os seus principais tributários e, entre esses corpos hídricos, podemos citar os córregos Medrado e Santa Marta, além do homônimo da sub-bacia, o Ribeirão Santa Maria (TOCANTINS, 2012b).

A sub-bacia do Ribeirão Santa Maria possui uma área de 98,5 km² (9.851,48 ha) e perímetro de 50,6 km. O rio principal, homônimo da sub-bacia, possui uma extensão de 25,8 km e caracteriza-se como um afluente do Rio Araguaia (Figura 10). Sua rede de drenagem possui uma extensão total de 117,7 km, distribuída em 54 tributários, com classificação hierárquica de 3ª ordem, segundo Strahler (1957), conforme pode ser verificado no Quadro 5.

Por meio da caracterização morfométrica da sub-bacia, levantou-se as características geométricas de relevo e de drenagem (TONELLO, 2005) (Quadro 5).

Quadro 5 - Caracterização morfométrica da sub-bacia Ribeirão Santa Maria, TO.

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
Parâmetros	Fórmulas/Descrição	Valores	Fonte
Área de drenagem (km ²)	A	98,5	Villela e Mattos (1975)
Perímetro (km)	P	50,6	
Comprimento curso d'água principal (km)	C	25,8	
Comprimento rede de drenagem (km)	Cr	117,7	
Comprimento do eixo da bacia (km)	L	19	
coeficiente de compactidade	$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$	1,43	
índice de circularidade	$Ic = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$	0,48	
Fator de Forma	$Ff = \frac{A}{L^2}$	0,27	
CARACTERÍSTICAS RELEVO			
Parâmetros	Fórmulas/Descrição	Valores	Fonte
Relevo	- Declividade (%): mín; média e máx.	mín.: 0,38%; média: 2,07%; máx.: 42,43%	Modelo Digital de Elevação/ ArcGIS 9.3.
	- Altitude (m): mín; média e máx.	mín.: 152m; média: 191,9m; máx.: 295m	

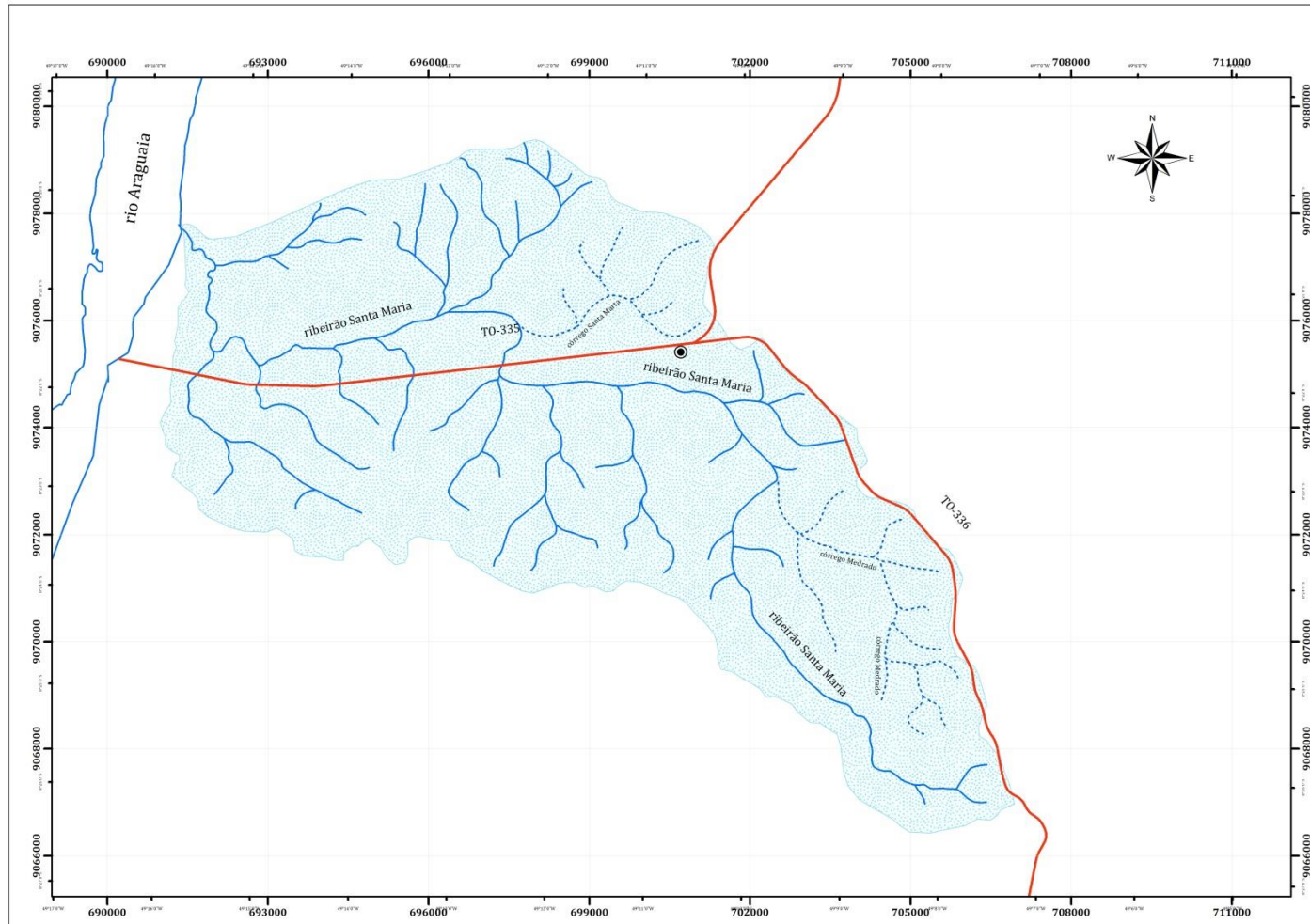
CARACTERÍSTICAS DRENAGEM			
Parâmetros	Fórmulas/Descrição	Valores	Fonte
Número de tributário	Nt	54	Villela e Mattos (1975)
Densidade de Drenagem (km/km ²)	$Dd = \frac{Cr}{A}$	1,2	
Hierarquia fluvial	Ordem dos cursos d'água	3ª ordem	Strahler (1957)

P - perímetro; A – área; Kc - coeficiente de compacidade; Ic - índice de circularidade; Ff - fator forma; L - comprimento do eixo da bacia; Dd - densidade de drenagem; C - Comprimento curso d'água principal, Cr - comprimento da rede de drenagem; Dh - densidade hidrográfica; Nt - número de tributários.

Os valores encontrados para o coeficiente de conformidade (Kc= 1,43), o índice de circularidade (Ic= 0,48) e o fator de forma (Ff= 0,27) (VILLELA; MATTOS, 1975) indicam que a sub-bacia possui uma forma irregular (menos próxima do círculo), o que diminui os riscos de enchentes, asseveração reforçada pelo baixo valor obtido no fator de forma, e a circularidade abaixo de um (unidade) dessa sub-bacia confirma seu aspecto alongado.

A densidade de drenagem (Dd) indica o desenvolvimento da rede de drenagem de uma sub-bacia. Essa densidade pode variar de 0,5 km/km², definindo uma sub-bacia pobre de drenagem, até 3,5 km/km² ou mais, indicando uma rede bem drenada. No caso da sub-bacia em estudo, a Dd é igual a 1,2 km/km², sugerindo uma rede de drenagem regular (Regular: 0,5 ≤ Dd < 1,5 km/km²) (VILLELA; MATTOS, 1975).

As classes de declividade apontaram para características de relevo variando de plano a fortemente ondulado, sendo este último pouco representativo na área, visto que ocorre em pontos específicos da sub-bacia, representados por alguns morros isolados (EMBRAPA, 1979).



Sub-bacia Ribeirão Santa Maria

Área: 98,51 km²
 Perímetro: 50,58 km
 Município: Couto de Magalhães - TO
 Bacia: rio Araguaia

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

HIDROGRAFIA

- curso d'água perene
- curso d'água intermitente

ESTRADA DE RODAGEM

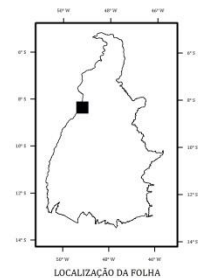
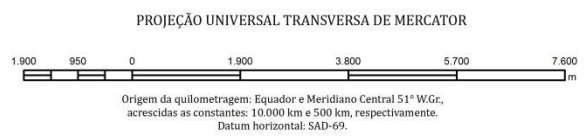
- Rodovia pavimentada

OUTRAS CONVENÇÕES

- Sede Municipal

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

51°00'	49°30'	48°00'	46°30'
7°00'	RIO PAU D'ARCO SB.22-Z-C	ARAGUAÍNA SB.22-Z-D	CAROLINA SB.23-Y-C
8°00'	ARAGUACEMA SB.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA SB.22-X-B	ITACAJÁ SB.23-V-A
9°00'	CAMPO ALEGRE SB.22-X-C	MIRACEMA DO NORTE SB.22-X-D	LIZARDA SB.23-V-C
10°00'	51°00'	49°30'	48°00'



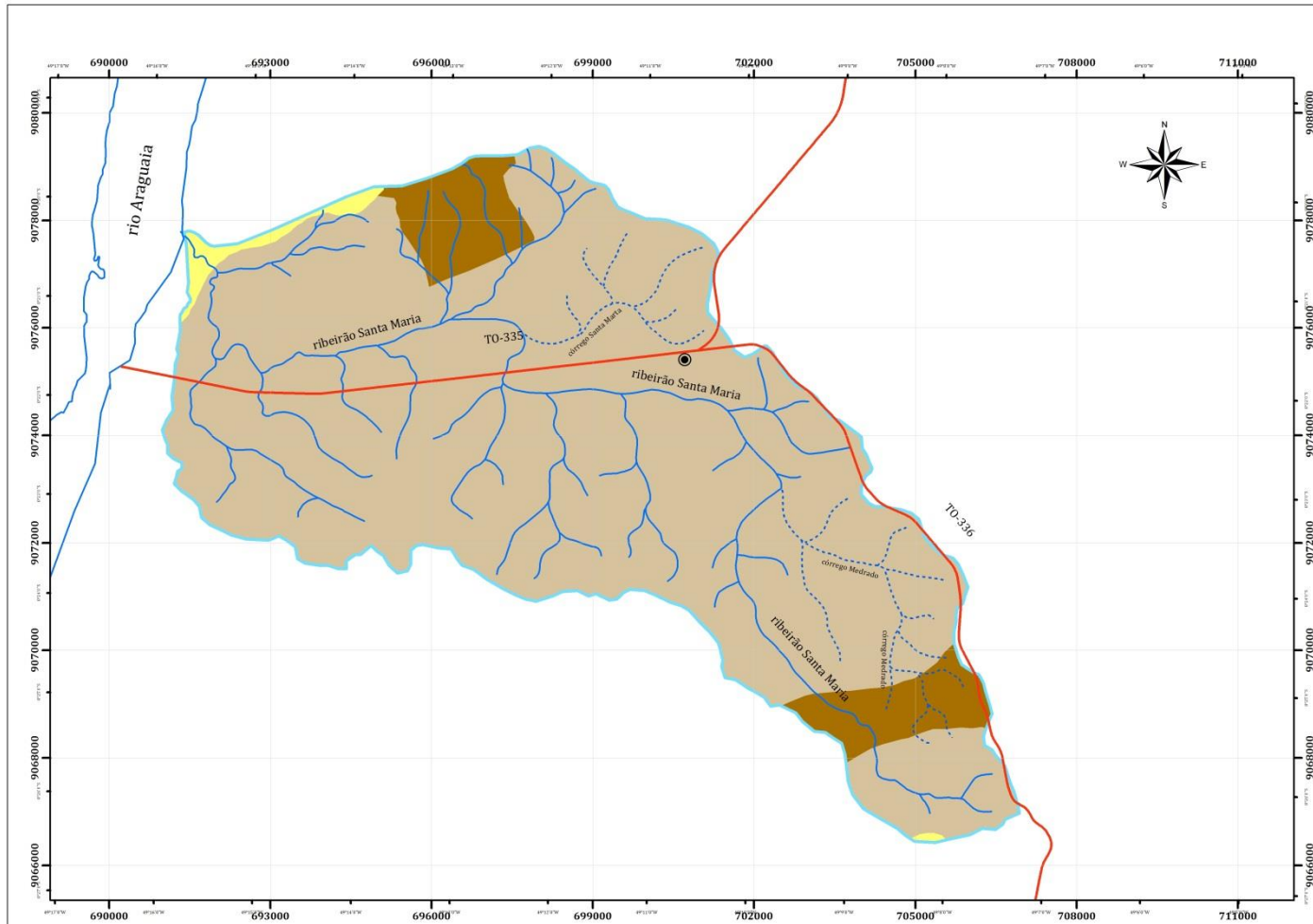
Arte-finalista: Jacqueline Bailão	Pós-graduação em Engenharia Ambiental Curso de Mestrado	
Data: Abril/2014	CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES - TOCANTINS.	Escala: 1: 81.000
Versão: 01	Mapa temático: Mapa de Hidrografia e Sub-bacia do Ribeirão Santa Maria	Figura/Página: 10/41

5.4. Geologia

A região da sub-bacia, pela Carta Geológica SC.22-X-B/Conceição do Araguaia, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (CPRM, 1994), é englobada por formações geológicas dos períodos:

- a) ALUVIÕES HOLOCÊNICAS/DEPÓSITOS ALUVIONARES: sedimento arenoso e argiloso-arenoso localmente com areia, argila e lentes de cascalho, que se apresenta mais especificamente às margens dos cursos d'água (CPRM, 1994).
- b) GRUPO TOCANTINS/FORMAÇÃO COUTO MAGALHÃES: filito, ardósia, metargilito e calcário com metarenito e quartzito subordinados.
- c) ROCHAS BÁSICO-ULTRABÁSICAS: serpentinitos e serpentinitos silicificados. Localmente ocorrem metautrabasitos, clorititos, talco xistos e brechas silicosas. Diques básico-ultrabásicos e diabásio.

Desse modo, no mapa apresentado na Figura 11, adaptado segundo informações da Seplan (2007), as classes geológicas presentes na área da sub-bacia são duas, ambas datando do período Pré-Cambiano Médio, em que a classificação Pet – Grupo Tocantins representa os filitos, quartzitos, clorita xistos, sericita xistos, metassiltitos, metargilitos e metarcóseos, esta classe abrange 99,5% da área total da sub-bacia. E a segunda classificação (pεβuq) indica rochas básicas e ultrabásicas tipo Quatipuru: serpentinitos, antofilita-clorita serpentinito, tremolititos, talco xistos e clorititos.



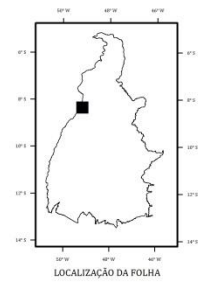
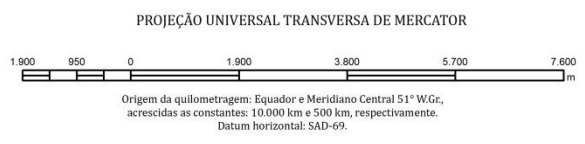
- Aluviões Holocênicos (Qha)
- Grupo Tocantins-Formação Couto Magalhães (PMtcf)
- Rochas Básica-ultrabásicas (Pms)

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- HIDROGRAFIA**
- curso d'água perene
 - curso d'água intermitente
- ESTRADA DE RODAGEM**
- Rodovia pavimentada
- OUTRAS CONVENÇÕES**
- Sede Municipal
 - Perímetro sub-bacia

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

51°00'	49°30'	48°00'	46°30'
7°00'	RIO PAU D'ARCO SB.22-Z-C	ARAGUAÍNA SB.22-Z-D	CAROLINA SB.23-Y-C
8°00'	ARAGUACEMA SB.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA SB.22-X-B	ITACAJÁ SB.23-V-A
9°00'	CAMPO ALEGRE SB.22-X-C	MIRACEMA DO NORTE SB.22-X-D	LIZARDA SB.23-V-C
10°00'	51°00'	49°30'	48°00'



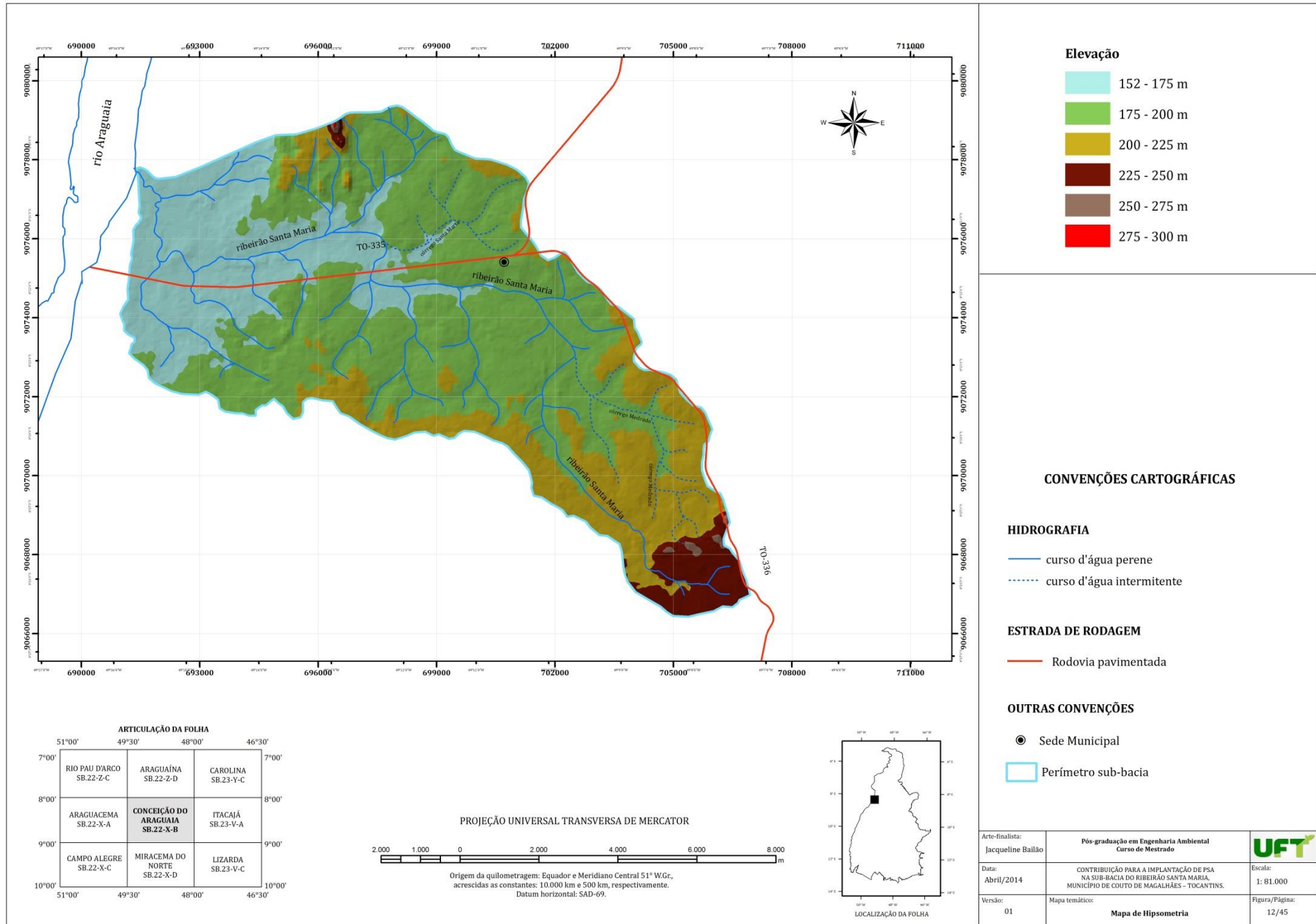
Arte-finalista: Jacqueline Bailão	Pós-graduação em Engenharia Ambiental Curso de Mestrado	UFT
Data: Abril/2014	CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES - TOCANTINS.	Escala: 1: 81.000
Versão: 01	Mapa temático: Mapa de Geologia	Figura/Página: 11/43

5.5. Geomorfologia

Os domínios e unidades geomorfológicas ocorrem entre as faixas de dobramentos e cobertura metassedimentares com presença de grandes extensões de Depressão do Médio e Baixo Araguaia e reduzida porção de Patamares do Araguaia. Além dessas unidades, verificou-se a ocorrência de unidades da Planície do Araguaia especificamente nas áreas onde há depósito sedimentar inconsolidado (TOCANTINS, 2012b).

A elevação característica da área está entre 152 m a 295 m, o que mostra altitudes relativamente baixas. O mapa hipsométrico traz uma variação altimétrica de 25 m e está representado por seis classes (Figura 12). Conforme se observa, a região pode ser considerada relativamente plana, embora ocorram algumas elevações (morros) acentuadas naquelas localidades, que estão entre 225 m a 300 m de altitude, no entanto, práticas de conservação do solo devem ser adotadas para que os locais com uso intensivo do solo não se tornem degradados.

Consequentemente, o mapa de declividade, classificado conforme Embrapa (1979), apresentou quatro classes: plano (0-3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%) e forte ondulado (20-45%). Infere-se, assim, que, para cerca de 97%, da área o relevo está variando de plano a suave ondulado (Figura 13).



CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- HIDROGRAFIA**
- curso d'água perene
 - - - curso d'água intermitente
- ESTRADA DE RODAGEM**
- Rodovia pavimentada
- OUTRAS CONVENÇÕES**
- Sede Municipal
 - Perímetro sub-bacia

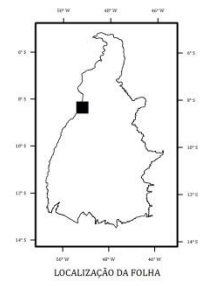
ARTICULAÇÃO DA FOLHA

51°00'	49°30'	48°00'	46°30'
7°00'	RIO PAU D'ARCO SB.22-Z-C	ARAGUAÍNA SB.22-Z-D	CAROLINA SB.23-Y-C
8°00'	ARAGUAÇEMA SB.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA SB.22-X-B	ITACAJÁ SB.23-V-A
9°00'	CAMPO ALEGRE SB.22-X-C	MIRACEMA DO NORTE SB.22-X-D	LIZARDA SB.23-V-C
10°00'	51°00'	49°30'	48°00'

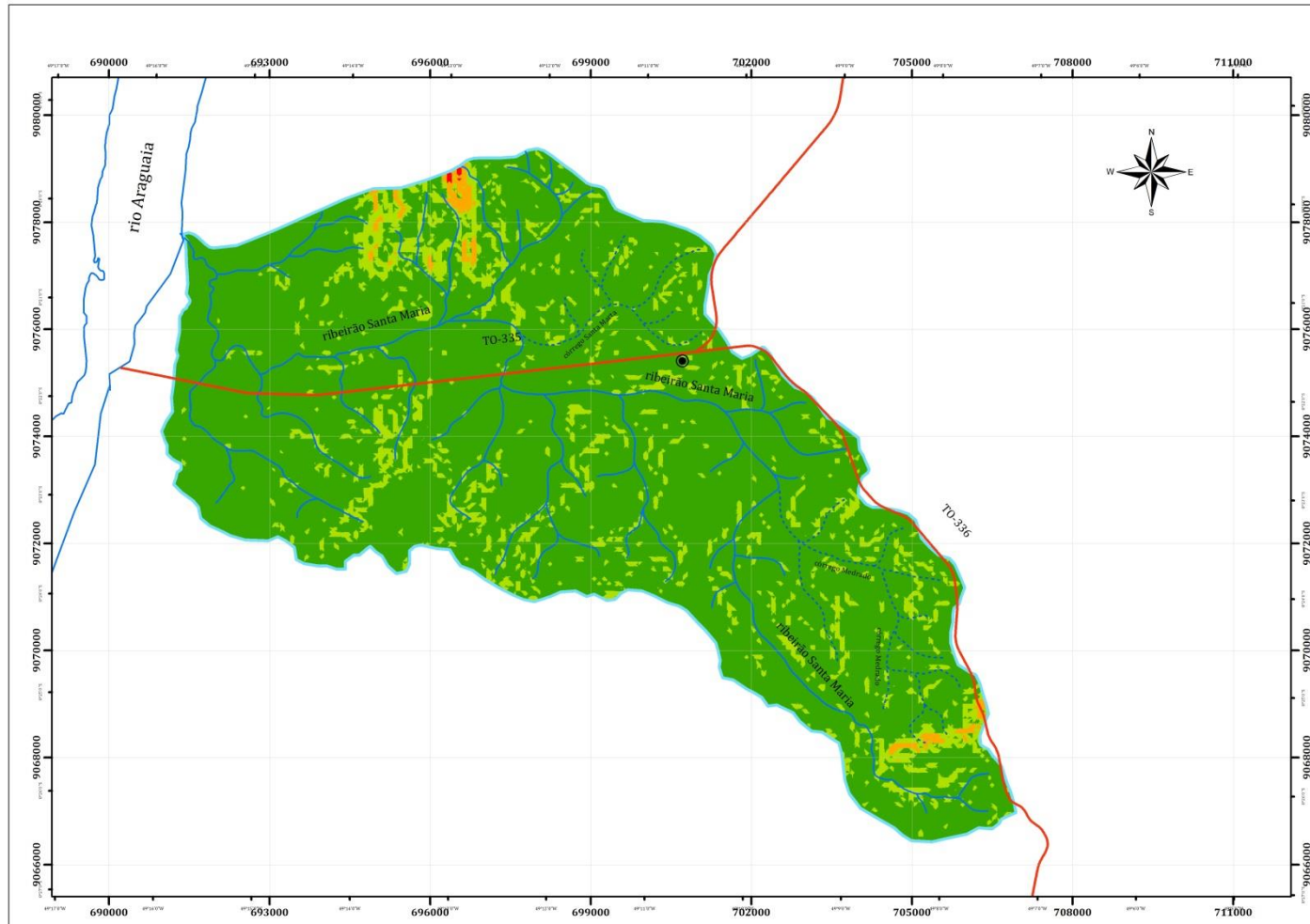
PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano Central 51° W.Gr.,
acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente.
Datum horizontal: SAD-69.

2.000 1.000 0 2.000 4.000 6.000 8.000 m



Arte-finalista: Jacqueline Bailão	Pós-graduação em Engenharia Ambiental Curso de Mestrado	UFT
Data: Abril/2014	CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES - TOCANTINS.	Escala: 1: 81.000
Versão: 01	Mapa temático: Mapa de Hipsometria	Figura/Página: 12/45



Declividade

- 0 - 3 % (plano)
- 3 - 8 % (suave ondulado)
- 8 - 20 % (ondulado)
- 20 - 45 % (forte ondulado)

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

HIDROGRAFIA

- curso d'água perene
- curso d'água intermitente

ESTRADA DE RODAGEM

- Rodovia pavimentada

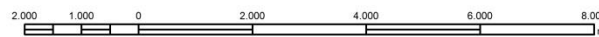
OUTRAS CONVENÇÕES

- Sede Municipal
- Perímetro sub-bacia

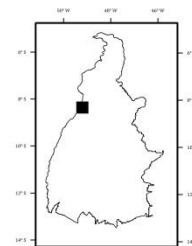
ARTICULAÇÃO DA FOLHA

51°00'	49°30'	48°00'	46°30'
7°00'	RIO PAU D'ARCO SB.22-Z-C	ARAGUAÍNA SB.22-Z-D	CAROLINA SB.23-Y-C
8°00'	ARAGUACEMA SB.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA SB.22-X-B	ITACAJÁ SB.23-V-A
9°00'	CAMPO ALEGRE SB.22-X-C	MIRACEMA DO NORTE SB.22-X-D	LIZARDA SB.23-V-C
10°00'	51°00'	49°30'	46°30'

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR



Origem da quilometragem: Equador e Meridiano Central 51° W.Gr.,
acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente.
Datum horizontal: SAD-69.



LOCALIZAÇÃO DA FOLHA

Arte-finalista: Jacqueline Bailão	Pós-graduação em Engenharia Ambiental Curso de Mestrado	UFT
Data: Abril/2014	CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES - TOCANTINS.	Escala: 1: 81.000
Versão: 01	Mapa temático: Mapa de Declividade	Figura/Página: 13/46

5.6. Pedologia

Segundo o Sistema de Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCs (EMBRAPA, 2013), o mapa de solo para a área da sub-bacia apresenta cinco classes, conforme mostra a Figura 16: Argissolo Vermelho amarelo distrófico, Cambissolo Háplico Tb distrófico, Plintossolo Pétrico Concrecionário, Gleissolo Háplico Tb distrófico e Neossolo Quartzarênico órtico.

Os Neossolos Quartzarênicos órticos estão localizados a oeste da sub-bacia, indicando a influência dos depósitos arenosos que ocorrem na bacia do Rio Araguaia. Segundo Embrapa (2009), esses tipos de solos possuem uma baixa aptidão agrícola e requerem manejo adequado e cuidados intensivos no controle da erosão. Ocorrem, normalmente, próximos a cursos d'água e de suas áreas de preservação permanente, o que sugere que nesses locais sejam adotadas e priorizadas práticas de conservação e/ou recuperação ambiental, uma vez que são ambientes frágeis e estratégicos para conservação dos recursos hídricos, em especial (Figura 14).



Figura 14 - Neossolo Quartzarênico.

Os Plintossolos Pétricos Concrecionários apresentam baixo teor de matéria orgânica e alto teor de ferro e alumínio, localizam-se em relevos variando de suave ondulado a ondulado (Figura 15 a), com isso, podem representar localidades formadas por solos que variam entre imperfeitamente a mal drenados. Apresentam camada de concreções de óxido de ferro (plintita endurecida e consolidada), constituindo sério obstáculo à penetração de raízes e aos trabalhos de preparo do solo (EMBRAPA, 2009). Seu uso mais comum na sub-bacia volta-se para implantação de pastagens.

Os Cambissolos Háplicos Tb distróficos são solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente, são pouco profundos e observa-se neles ocorrência de pedras próximas à superfície (EMBRAPA, 2009). A argila apresenta alta atividade e baixa fertilidade. Estão localizados expressivamente no extremo leste da sub-bacia e em porção oeste, cujas localidades apresentam altitudes mais elevadas e relevo mais acentuado, de suave ondulado a forte ondulado. Com afloramentos rochosos visíveis, estes solos mostram a forte influência do material de origem na formação do solo (Figura 15 b).

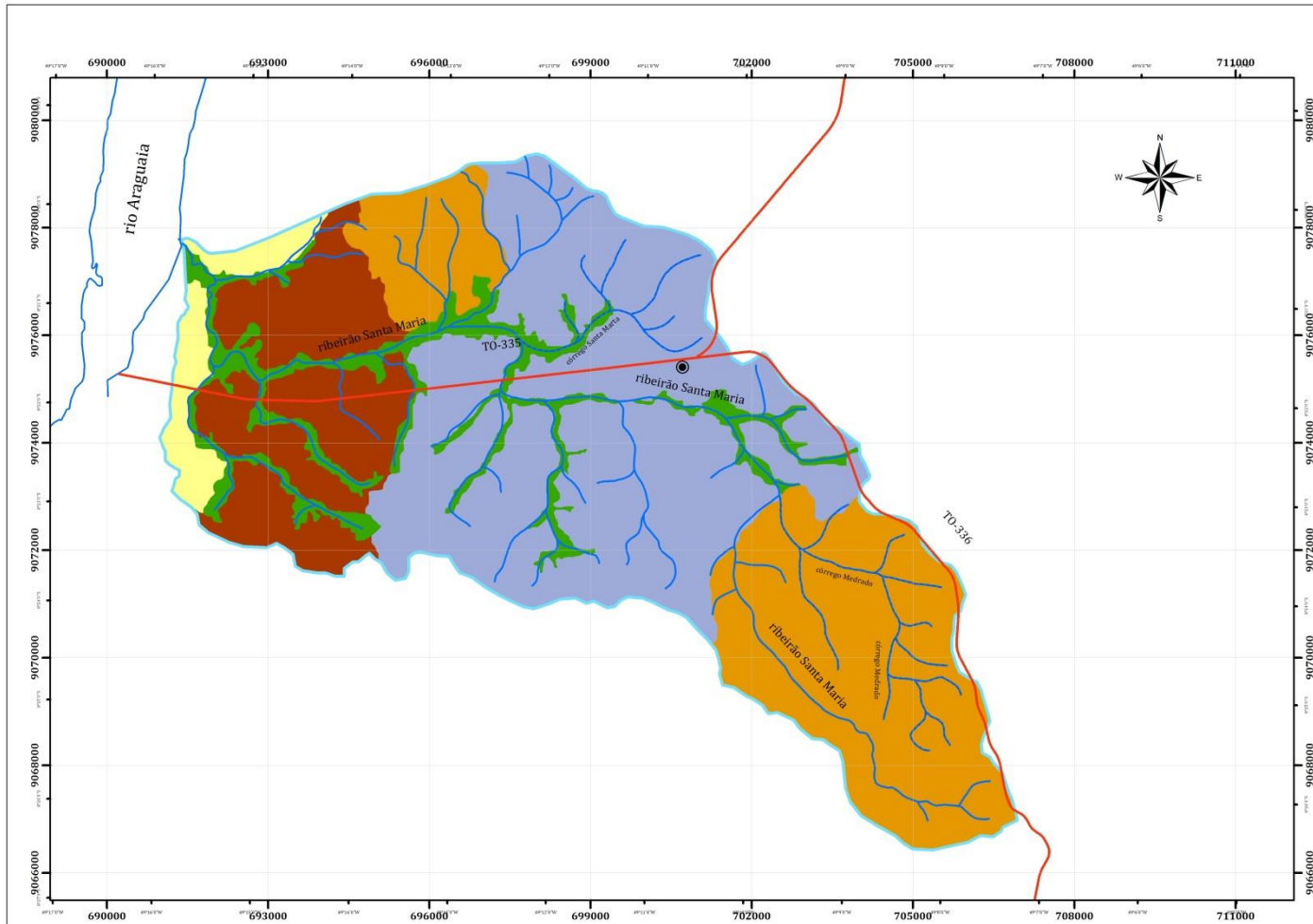
Os Argissolos Vermelho-amarelos são a variação dos subgrupos mais representativos na área da sub-bacia (Figura 15 c). São constituídos por materiais minerais com argila de baixa atividade, fertilidade variável entre baixa e média, com coloração vermelho amarelada e horizonte plúntico dentro de 150 cm da superfície do solo, por isso uma tonalidade avermelhada bastante acentuada pois exibem caracteres litoplúnticos (EMBRAPA, 2009).

Os Gleissolos Hápticos Tb distróficos são notados ao longo dos cursos d'água da sub-bacia, podem apresentar características argilo-arenosas ou arenosas, o que é constatado pela sua coloração acinzentada. Com o acúmulo de matéria orgânica, são solos influenciados pelo excesso de umidade em função da presença do lençol freático próximo à superfície, principalmente durante o período chuvoso do ano (Figura 15 d).



Fonte: Sistema de Brasileiro de Classificação do Solos – SiBCs (EMBRAPA, 2013).

Figura 15 – (a) Neossolo Quartzarênico. (b) Cambissólico Háptico. (c) Argissolo Vermelho Amarelo. (d) Gleissolo Háptico.



Tipos de Solo - grupos e sub-grupos

- Argissolo Vermelho amarelo (PVAd)
- Cambissolo Háptico TB distrófico (CXbd)
- Plintossolo Pétrico concrecionário (FFc)
- Gleissolo Háptico Tb distrófico (GXbd)
- Neossolo Quartzarênico (RQ)

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

HIDROGRAFIA

- curso d'água perene
- curso d'água intermitente

ESTRADA DE RODAGEM

- Rodovia pavimentada

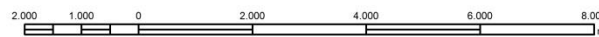
OUTRAS CONVENÇÕES

- Sede Municipal
- Perímetro sub-bacia

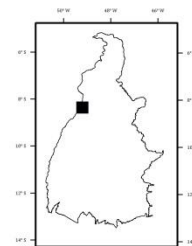
ARTICULAÇÃO DA FOLHA

51°00'	49°30'	48°00'	46°30'
7°00'	RIO PAU D'ARCO SB.22-Z-C	ARAGUAÍNA SB.22-Z-D	CAROLINA SB.23-Y-C
8°00'	ARAGUACEMA SB.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA SB.22-X-B	ITACAJÁ SB.23-V-A
9°00'	CAMPO ALEGRE SB.22-X-C	MIRACEMA DO NORTE SB.22-X-D	LIZARDA SB.23-V-C
10°00'	51°00'	49°30'	46°30'

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR



Origem da quilometragem: Equador e Meridiano Central 51° W.Gr.,
acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente.
Datum horizontal: SAD-69.



LOCALIZAÇÃO DA FOLHA

Arte-finalista: Jacqueline Bailão	Pós-graduação em Engenharia Ambiental Curso de Mestrado	UFT
Data: Abril/2014	CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES - TOCANTINS.	Escala: 1: 81.000
Versão: 01	Mapa temático: Mapa de Solos	Figura/Página: 16/49

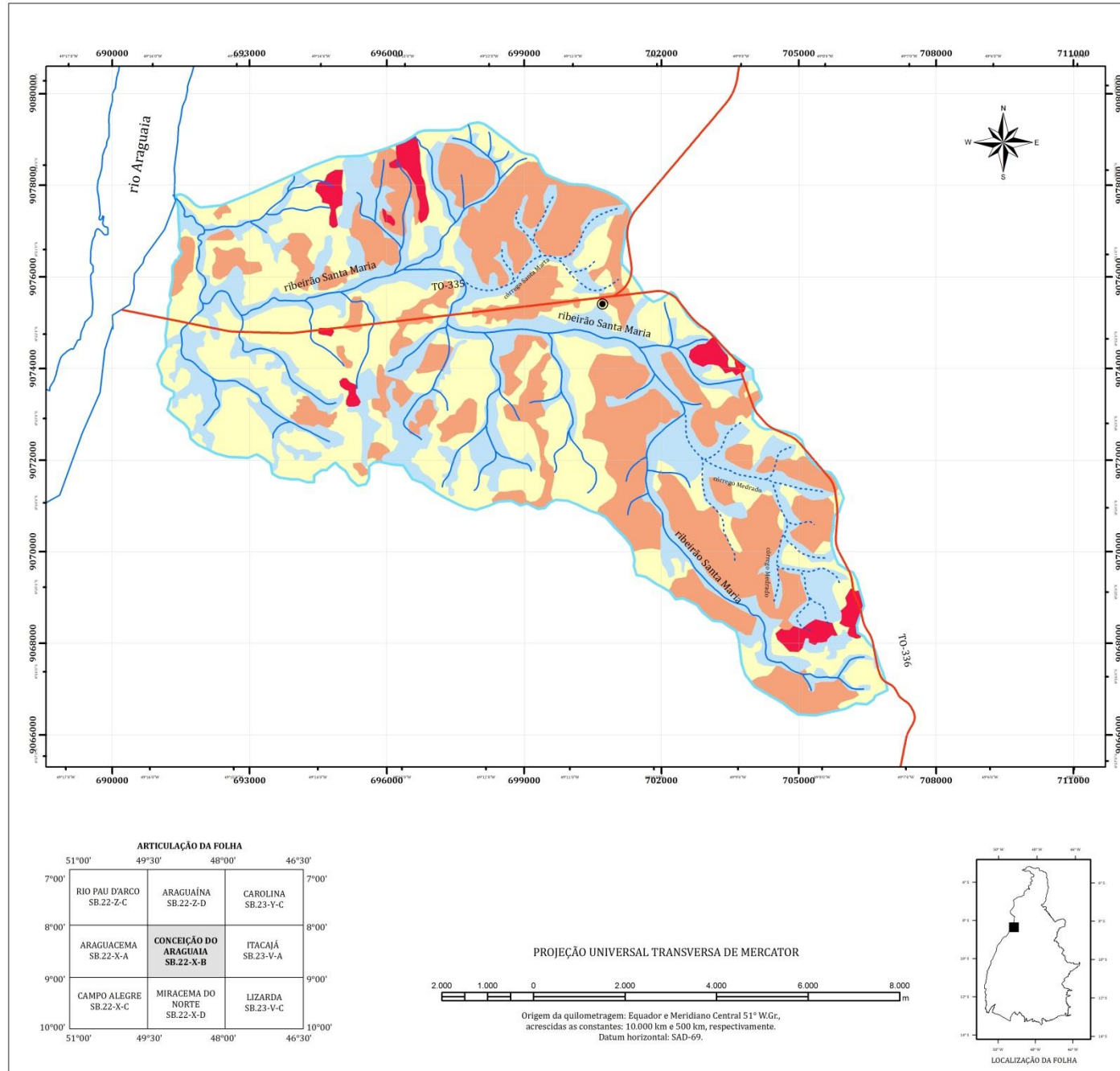
5.7. Susceptibilidade à erosão

Quanto ao potencial de erodibilidade dos solos, estes variam entre muito fraca à moderada, além daqueles classificados com potencial especial, caso dos situados às margens dos corpos hídricos (TOCANTINS, 2012b).

A susceptibilidade à erosão do solo, conforme Shiavetti e Camargo (2002), pode identificar a expectativa de perda de solos fornecendo a base para a seleção de áreas prioritárias quanto à conservação do solo. E, para Lopes et al. (2003), um mapa de suscetibilidade à erosão corresponde a um mapa geológico-geomorfológico temático que representa os componentes do ambiente geológico de significância para o planejamento do uso e ocupação dos solos. A suscetibilidade natural à erosão corresponde à possibilidade de ocorrência de um processo erosivo, em razão das condições naturais do meio físico (BONNA, 2011).

Assim, na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, a susceptibilidade ficou distribuída em quatro classes: baixa, média, alta e altíssima. Com isso, os riscos de erosão ganham mais probabilidade nas localidades em que a susceptibilidade está variando de alta a altíssima (Figura 17) que marcam aquelas áreas onde o tipo de solo, Cambissolo Háplico, está associado à variação de declividade de 20-45% (forte ondulado).

Por outro lado, as áreas que apresentaram baixa susceptibilidade à erosão (30%) estão relacionadas, principalmente, às localidades que apresentam matas de galerias/mata ciliares. O estado de preservação dessas matas pode vir a determinar intrinsecamente a mudança na categoria de risco à erosão, o qual, num cenário mais pessimista, ocorrendo alteração na cobertura vegetal, a susceptibilidade poderá aumentar.



Classe

- Baixa
- Média
- Alta
- Altíssima

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

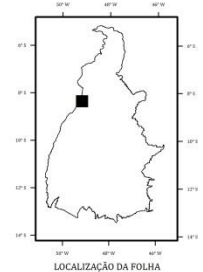
- HIDROGRAFIA**
- curso d'água perene
 - curso d'água intermitente
- ESTRADA DE RODAGEM**
- Rodovia pavimentada
- OUTRAS CONVENÇÕES**
- Sede Municipal
 - Perímetro sub-bacia

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

51°00'	49°30'	48°00'	46°30'
7°00'	RIO PAU D'ARCO SB.22-Z-C	ARAGUAÍNA SB.22-Z-D	CAROLINA SB.23-Y-C
8°00'	ARAGUACEMA SB.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA SB.22-X-B	ITACAJÁ SB.23-V-A
9°00'	CAMPO ALEGRE SB.22-X-C	MIRACEMA DO NORTE SB.22-X-D	LIZARDA SB.23-V-C
10°00'	51°00'	49°30'	46°30'

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

Origem da quilometragem: Equador e Meridiano Central 51° W.Gr.,
acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente.
Datum horizontal: SAD-69.



Arte-finalista: Jacqueline Baillão	Pós-graduação em Engenharia Ambiental Curso de Mestrado	UFT
Data: Abril/2014	CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES - TOCANTINS.	Escala: 1: 81.000
Versão: 01	Mapa temático: Mapa de Susceptibilidade à Erosão do Solo	Figura/Página: 17/51

A combinação dos fatores pedológicos, geológicos, declividade e uso e cobertura da terra foram determinantes para identificação das classes de susceptibilidade da sub-bacia, em que a maior parte da área, 36,1%, ficou classificada como de “média susceptibilidade”, seguida do percentual da área que apresenta alta susceptibilidade aos riscos erosivos, aproximadamente 31,2%, (Figura 18).

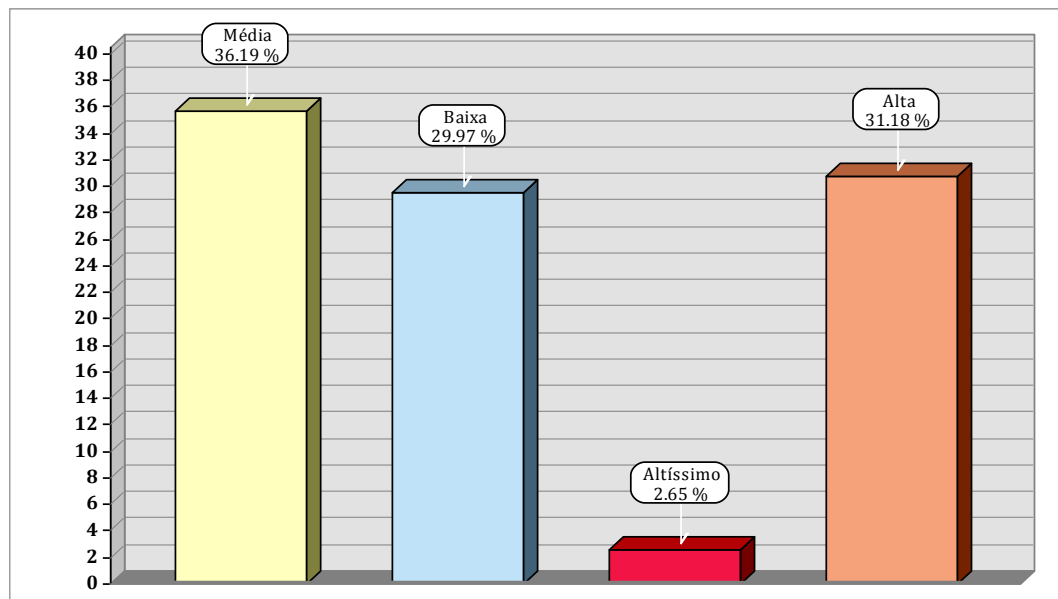


Figura 18 – Gráfico das áreas de susceptibilidade à erosão do solo.

Diante disso, conforme aborda Shiavetti, Camargo (2002), à medida que a susceptibilidade à erosão aumenta, torna-se necessária a adoção de práticas conservacionistas para a área, como o uso e manejo adequado do solo. Essas práticas são recomendadas tanto nas atividades agropecuárias quanto nas urbanísticas e aconselha-se a observação dos casos em que exista necessidade de lançar mão de medidas conservacionistas mais complexas contra a degradação ambiental, com o propósito de garantir a manutenção das condições físicas, químicas e biológicas do solo e dos demais fatores ambientais, enfatizando a preservação dos recursos hídricos.

5.8. Flora

Para Ribeiro e Walter (2008), a cobertura vegetal do bioma Cerrado possui fitofisionomias muito variáveis, com formações vegetais de estrutura campestre (campo sujo e campo limpo), savânica (camada rasteira predominantemente herbácea e cobertura lenhosa -

cerrado ralo, cerrado típico e cerrado denso) e florestal (cerradão, floresta ombrófila), surgindo espécies arbóreas.

Na região da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, que está inserida na bacia do Rio Araguaia, há algumas características de formações de cerrado (campo, cerrado sentido restrito e cerradão) e algumas de formações florestais (matas de galeria e ciliar, florestas estacional e florestas ombrófila), além de áreas alteradas de pastagens e vegetação secundária (capoeira) (TOCANTINS, 2012b). Nesse sentido, é possível verificar características ecotonais na área, na qual ocorre uma zona de transição do bioma Cerrado para Floresta.

Conforme Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e Inventário Florestal da Faixa Centro do Tocantins, na área da bacia do Rio Araguaia, ficam evidentes as fitofisionomias características do Cerrado *Stricto Sensu* (cerrado típico, denso e ralo predominantemente cascalhento), Mata ciliar e a Floresta ombrófila aberta aluvial (HAIDAR et al., 2013a):

- Cerrado *Stricto Sensu*: a alta concentração de volume, biomassa e estoque de carbono mostrou-se elevada (65%) entre as espécies *Caryocar coriaceum*, *Curatella americana*, *Qualea parviflora*, *Qualea grandiflora*, *Anacardium occidentale*, *Connarus suberosus*, *Xylopia aromatica*, *Callisthene fasciculata*, *Magonia pubescens*, *Vatairea macrocarpa* e *Plathymentia reticulata* (HAIDAR et al., 2013a);
- Mata Ciliar: destacam-se com grande produtividade (83%) as espécies *Piranhea trifoliata*, *Cathedra acuminata*, *Brosimum lactescens*, *Pseudolmedia laevigata*, *Couepia sp. 1*, *Calophyllum brasiliensis*, *Chrysophyllum gonocarpum*, *Micropholis guyanensis*, *Amaioua guianensis* e *Cecropia pachystachia* (HAIDAR et al., 2013a);
- Floresta Ombrófila Aberta aluvial: a alta produtividade (85%) é representada pelas espécies *Inga edulis*, *Spondias mombin*, *Vochysia divergens*, *Matayba guianensis*, *Cecropia sp.*, *Inga laurina*, *Casearia decandra*, *Pouteria sp.*, *Bauhinia sp.* e *Albizia inundata* (HAIDAR et al., 2013a).

O mapeamento e inventário realizados mostraram, ainda, que as espécies *Qualea parviflora*, *Curatella americana* e *Connarus suberosus* se distribuem densamente em todas as feições do Cerrado *Stricto Sensu* (cerrado típico, denso e ralo, predominantemente cascalhento) e que, por isso, a coleta de sementes e produção de mudas dessas espécies devem ser priorizadas em projetos futuros, para recuperação de áreas degradadas na região (HAIDAR et al., 2013b).

Verificou-se que, na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, foram identificadas fitofisionomias de Cerrado sentido restrito, Mata Ciliar e Campo (Item 4.7). Nota-se que, nas áreas de Mata Ciliar e também em nascentes, ocorrem alterações em virtude de os produtores rurais deixarem as áreas com livre acesso para dessedentação do rebanho bovino (Figura 19).



Figura 19 – Margens do córrego Medrado.

5.8.1. Cobertura e Uso da Terra

A cobertura e uso das terras na área da sub-bacia, conforme Tocantins (2012b), é dividida entre áreas de pastagem nativa e/ou plantada, formações florestais (matas ripárias e florestas), terras agriculturáveis, vegetação de cerrado (campo limpo, cerrado, cerradão), além de áreas utilizadas para uso urbano ou áreas de corpos hídricos. De forma mais predominante, na região, desenvolvem-se atividades dirigidas à pecuária extensiva, em especial à leiteira, além de áreas voltadas para a silvicultura.

Quanto à exploração agrícola, na referida área, os solos dão suporte a diversas espécies vegetais, sendo mais aproveitados no plantio de frutíferas, seguidas por pastagens e/ou florestas. Era de 29.889 ha as áreas de matas e/ou florestas destinadas a Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL) ou Sistemas Agroflorestais (SAFs) no ano de 2006 (IBGE, 2006). Reforçando esse contexto, a Agência de Defesa Agropecuária do Tocantins (Adapec) ressalta uma grande potencialidade no uso das terras, podendo observar áreas para exploração agrícola e pecuária (ADAPEC, 2012).

Dentre as propriedades existentes em 2006, o uso da terra para implantação de lavouras era de 1.101 ha, em que 165 ha são destinadas para lavouras temporárias: milho e soja. Em 441 propriedades rurais estão 24.569 ha de pastagens naturais, entre as áreas de pastagens plantadas do total de 48.868 ha 9,5% delas estão em estado degradado (IBGE, 2006).

Destaca-se aqui como atividade impulsionadora ao uso e ocupação da terra na região a pecuária que é bastante explorada ocupando a maior proporção da área utilizada, onde a exploração da pecuária extensiva ocorre em faixas de solos mais fracos com pastagens nativas e/ou cultivadas, e a pecuária intensiva em áreas agricultáveis com pastagens cultivadas (ADAPEC, 2012).

Além disso, neste processo de ocupação das terras na sub-bacia, destacam-se a implantação do Projeto de Assentamento Cocal II por volta de 2006 (INCRA, 2013) e, assim, algumas parcelas de agricultores familiares estão localizadas ao extremo leste da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.

O mapa de cobertura e uso da terra da sub-bacia, por meio da classificação supervisionada, definiu-a em cinco classes (Figura 20), seguindo a tipologia de classes usadas pela Seplan (2007):

As classes mais representativas foram a de Cerrado sentido restrito (34,88%) seguida da Agropecuária (24,69%) (Tabela 2). As atividades agropecuárias ao longo dos anos vêm se expandindo na área e, segundo a Adapec (2012), cerca de 70% dessas atividades são representadas pela pecuária bovina, de corte e leiteira, e 30% fica por conta das atividades agrícolas, como o cultivo de soja e a agricultura de subsistência (arroz, feijão, mandioca).

Tabela 2 - Classificação da Cobertura e Uso da Terra da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria

Classes de cobertura e uso	Área absoluta (km²)	Área relativa (%)
Campo	19,7	20,0
Mata ciliar	18,7	19,0
Cerrado sentido restrito	34,3	34,8
Agropecuária	24,5	24,9
Área urbanizada	1,3	1,3
Total	98,51	100



Classes

- Mata ciliar - 19%
- Cerrado sentido restrito - 34,8%
- Campo - 20%
- Agropecuária - 24,9%
- Área urbanizada - 1,3%

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

HIDROGRAFIA

- curso d'água perene
- curso d'água intermitente

ESTRADA DE RODAGEM

- Rodovia pavimentada

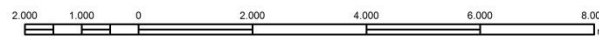
OUTRAS CONVENÇÕES

- Sede Municipal
- Perímetro sub-bacia

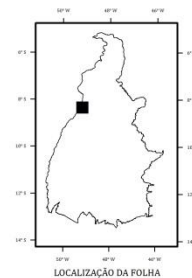
ARTICULAÇÃO DA FOLHA

51°00'	49°30'	48°00'	46°30'
7°00'	RIO PAU D'ARCO SB.22-Z-C	ARAGUAÍNA SB.22-Z-D	CAROLINA SB.23-Y-C
8°00'	ARAGUACEMA SB.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA SB.22-X-B	ITAJAÍ SB.23-V-A
9°00'	CAMPO ALEGRE SB.22-X-C	MIRACEMA DO NORTE SB.22-X-D	LIZARDA SB.23-V-C
10°00'	51°00'	49°30'	46°30'

PROJEÇÃO UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR



Origem da quilometragem: Equador e Meridiano Central 51° W.Gr.,
acrescidas as constantes: 10.000 km e 500 km, respectivamente.
Datum horizontal: SAD-69.



Arte-finalista: Jacqueline Bailão	Pós-graduação em Engenharia Ambiental Curso de Mestrado	UFT
Data: Abril/2014	CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES - TOCANTINS.	Escala: 1: 81.000
Versão: 01	Mapa temático: Mapa de Cobertura e Uso da Terra	Figura/Página: 20/56

- **Mata ciliar:** são formações tipicamente florestais, que ocorrem ao longo dos cursos d'água e se destacam pela diversidade genética e sua função em proteger os recursos hídricos, edáficos, fauna silvestre e aquática. Apresentam largura variável, em função das condições edáficas e do relevo, ocorrem normalmente em solos rasos, e.g. Plintossolos, característico da sub-bacia (RIBEIRO; WALTER, 1998) (Figura 21).

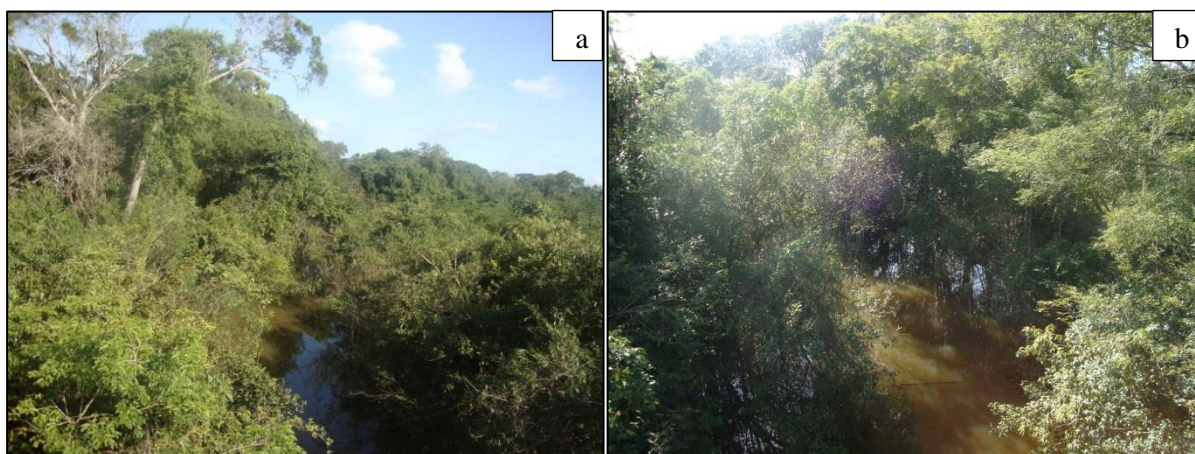


Figura 21– (a) e (b) Mata ciliar presentes na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.

- **Cerrado sentido restrito:** compõe o subgrupo da savana arborizada (IBGE, 2012), caracterizada pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com evidência de queimadas (RIBEIRO, WALTER, 1998) (Figura 22). Este ocorre com grande representatividade na região e seu estado de conservação é preocupante, devido a sua elevada substituição por atividades agropecuárias e atualmente por monocultivos silviculturais (HAIDAR et al., 2013a).

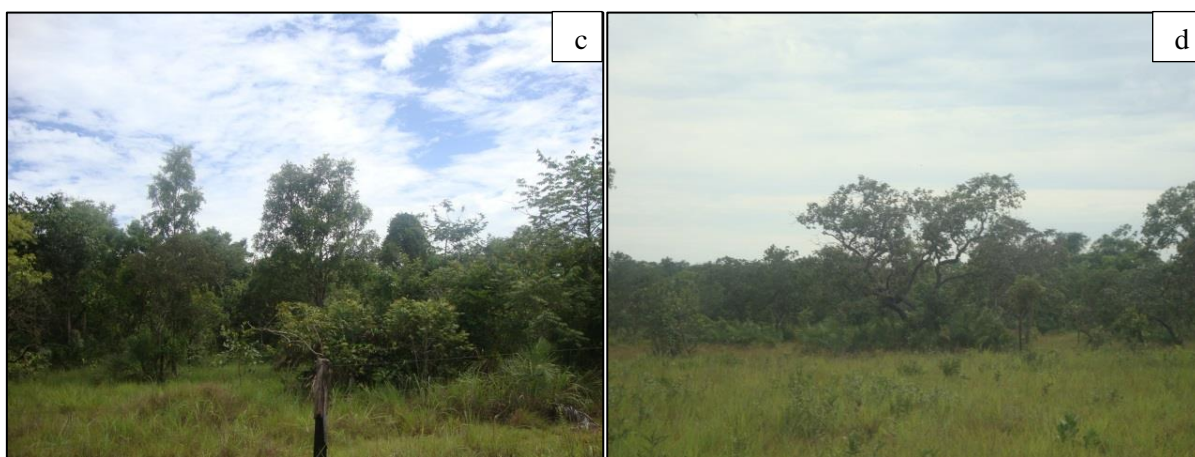


Figura 22 – (c) e (d) Áreas de cerrado sentido restrito presente na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.

- **Campo:** caracterizados pelo predomínio de gramíneas e outras monocotiledôneas, referem-se a áreas abertas e abrangem as fitofisionomias “campos limpos” e “campos sujos”, uma vez que a individualização dessas classes por meio da interpretação visual ou da imagem de satélite é bastante complexa. A diferença entre as duas fitofisionomia está na ocorrência de arbustos e subarbustos no “campo sujo” e ausência no “campo limpo” (IBGE, 2012) (Figura 23).

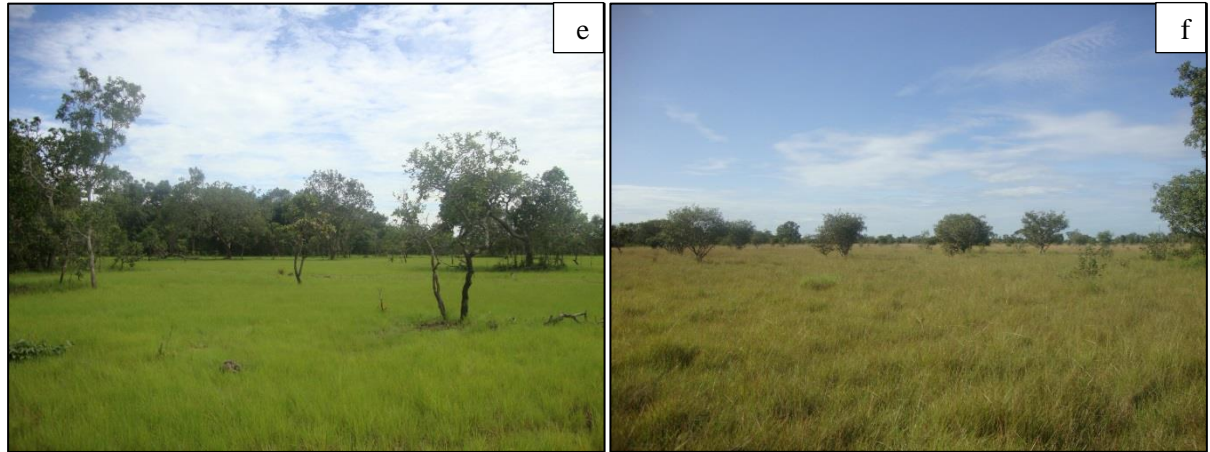


Figura 23 – (e) e (f) Áreas de Campo presente na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.

- **Agropecuária:** estas áreas representam 24,69% dentro da sub-bacia e são locais onde ocorre o cultivo de pastagens ou outras culturas agrícolas, como a soja. Assim, observa-se o grande percentual de área natural utilizada, causando alterações nas características naturais da área (Figura 24).



Figura 24 – (g) Pastagem (h) Plantio de soja, sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.

- **Área urbanizada:** essa classe compreende áreas ocupadas por edificações e sistema viário. Engloba todo o sistema urbano das cidades, municípios, distritos, vilas e vias pavimentadas (CPRM, 2010) (Figura 25).

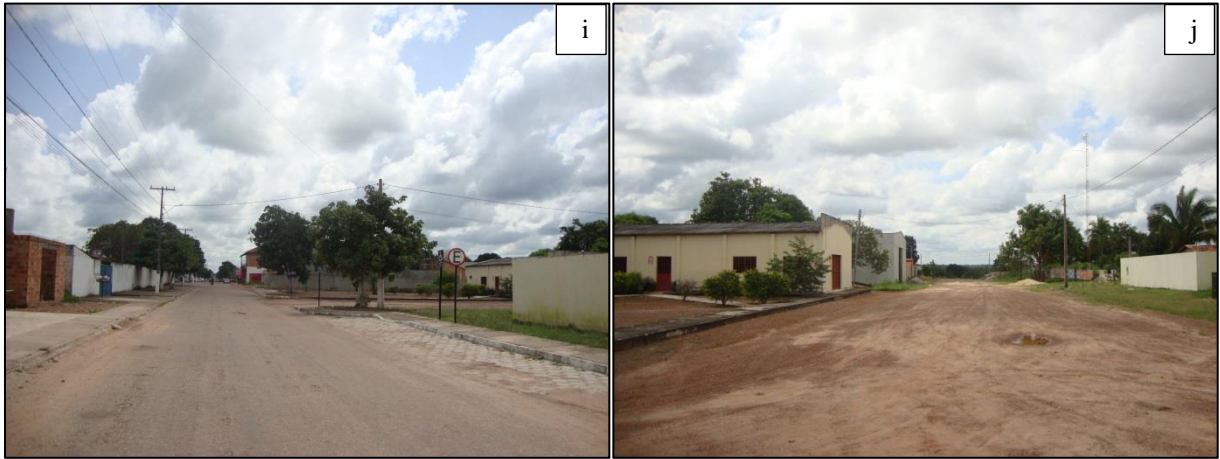


Figura 25 – (i) e (j) Área urbana do município de Couto de Magalhães, Tocantins.

Ao longo da sub-bacia, percebe-se que as atividades antrópicas estão mais acentuadas na porção nordeste e sudeste, em localidades cujas altitudes são as mais altas, estando próximas às áreas de nascentes. Embora as áreas de agropecuária estejam bem definidas, constatou-se em levantamentos *in loco* que, em áreas de Campo, que representam cerca de 20% da área total, está ocorrendo o pastejo de bovinos que se alimentam do capim natural ali presente, o que pode aumentar a pressão por parte dessa atividade nestas localidades (Figura 26).

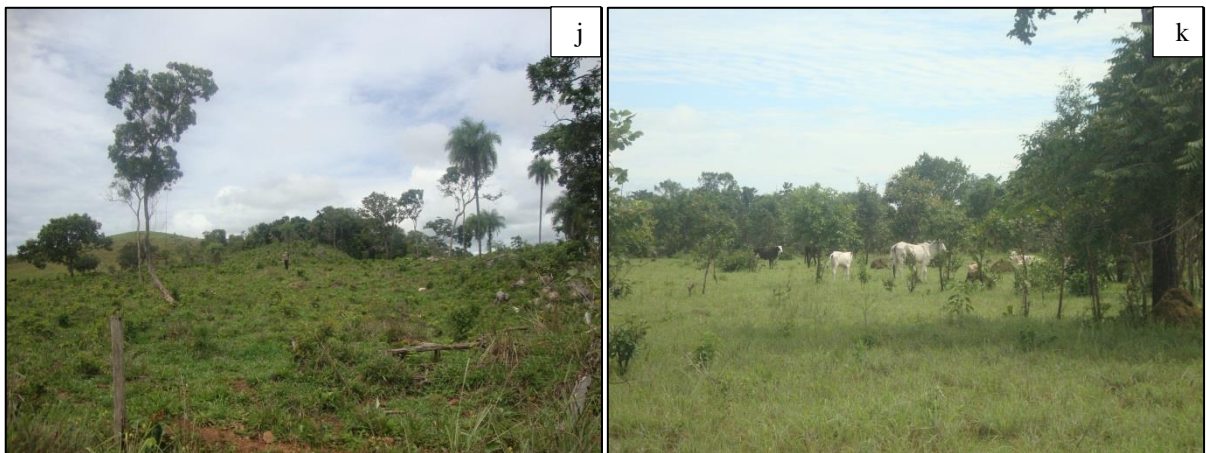


Figura 26 – (j) e (k) Atividades antrópicas, sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.

5.9. Situação Demográfica e Fundiária

O município de Couto de Magalhães, no qual a sub-bacia está inserida compreende uma área de 1.585,77 km² e uma população estimada em 5.009 habitantes, conforme dados do IBGE em 2010; assim, sua densidade demográfica é de 3,2 hab./km² (IBGE, 2013). A maior parte da população está na Zona Rural (57,67%), sendo que, na última década, percebeu-se uma elevação na concentração populacional do núcleo urbano desse município (PREFEITURA MUNICIPAL, 2012).

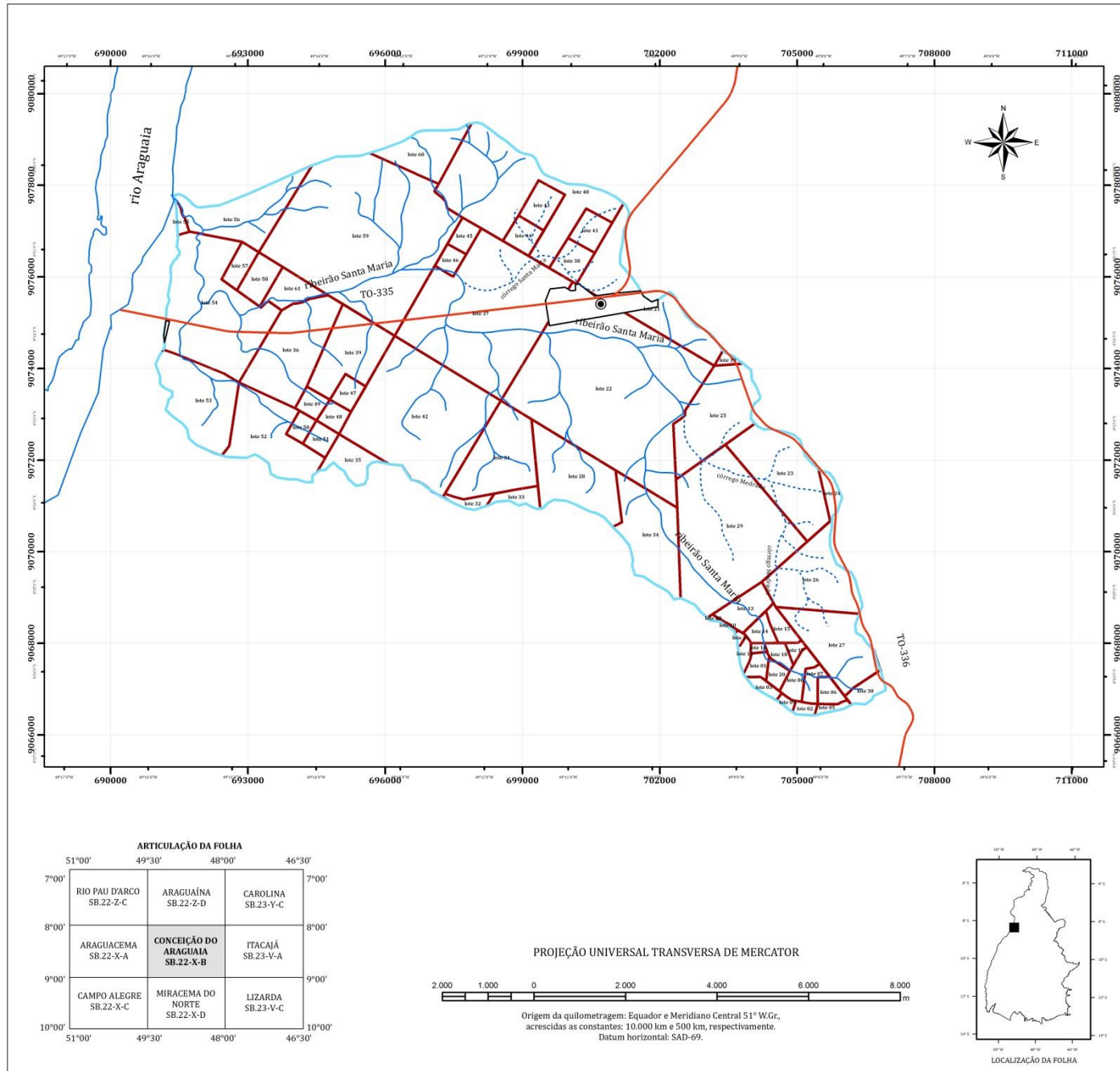
O Censo Agropecuário 1996 (IBGE, 1996) apontava a existência de 316 propriedades rurais, totalizando uma área de 113.532 hectares (1.135,32 km²). O maior percentual de propriedades (51,27%) era de estabelecimentos com menos de 100 ha, mostrando que o município era ocupado, em sua maioria, por minifúndios. Em seguida, estavam os estabelecimentos de 100 ha a menos de 500 há, com representação de 37,6%, e aqueles que possuíam mais de 2.000 ha ficam em 3,5% (IBGE, 1996).

Já no Censo de 2006, existiam 619 propriedades rurais, no entanto, totalizando uma área de 105.651 hectares (1.056,51 km²), ou seja, aumentou o número de propriedades e diminuiu a área total (IBGA, 2006).

Na tentativa de traçar o perfil da situação fundiária do município de Couto de Magalhães, segundo Censo Agropecuário de 2006, de 619 propriedades existentes, 545 eram de proprietários, 44 eram de assentados sem título definitivo da terra e 30 estabelecimentos eram de ocupantes (IBGE, 2006). Atualmente, estima-se que esse número tenha aumentado, devido ao processo de reforma agrária desenvolvido pelo Incra nos últimos anos.

Entre as informações obtidas junto ao Itertins, Incra, Adapec e Cartório de Registro de Imóveis, levantou-se, na área da sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, 61 propriedade rurais (lotes), sendo que, desse total, 19 propriedades são parcelas de agricultores familiares que compõem o Projeto de Assentamento Cocal II (Incra), criado em 2008. Dessa forma, considerando que cada núcleo familiar possua em média quatro membros, é possível estimar que a sub-bacia engloba uma população de aproximadamente 296 pessoas.

Ao todo, das propriedades rurais identificadas na sub-bacia, o lote 09 é o que possui menor superfície, com uma área de 0,02 km² (2,15 ha), e o lote 22, a maior área, com 11,54 km² (1.154,39 ha). A média dos lotes fica em torno de 1,56 km² (156,37 ha) (Figura 27).



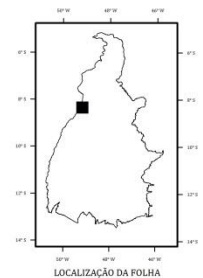
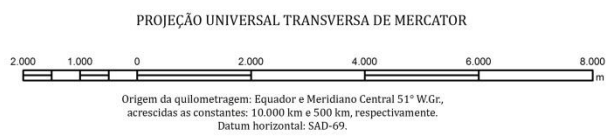
Propriedade rural	Área (km ²)	Propriedade rural	Área (km ²)
Lote 01	0,24	Lote 32	0,20
Lote 02	0,13	Lote 33	0,32
Lote 03	0,18	Lote 34	2,44
Lote 04	0,08	Lote 35	0,70
Lote 05	0,13	Lote 36	2,90
Lote 06	0,28	Lote 37	7,70
Lote 07	0,28	Lote 38	0,53
Lote 08	0,44	Lote 39	2,02
Lote 09	0,02	Lote 40	5,03
Lote 10	0,03	Lote 41	0,50
Lote 11	0,05	Lote 42	6,59
Lote 12	0,15	Lote 43	0,58
Lote 13	0,70	Lote 44	0,42
Lote 14	0,30	Lote 45	0,31
Lote 15	0,32	Lote 46	0,26
Lote 16	0,07	Lote 47	0,34
Lote 17	0,12	Lote 48	0,30
Lote 18	0,22	Lote 49	0,30
Lote 19	0,10	Lote 50	0,25
Lote 20	0,22	Lote 51	0,35
Lote 21	2,79	Lote 52	2,49
Lote 22	11,54	Lote 53	2,54
Lote 23	2,88	Lote 54	5,01
Lote 24	0,29	Lote 55	0,11
Lote 25	2,71	Lote 56	2,18
Lote 26	2,40	Lote 57	0,40
Lote 27	2,18	Lote 58	0,60
Lote 28	2,47	Lote 59	10,44
Lote 29	6,53	Lote 60	1,34
Lote 30	0,35	Lote 61	0,64
Lote 31	2,58		

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- HIDROGRAFIA**
- curso d'água perene
 - - - curso d'água intermitente
- ESTRADA DE RODAGEM**
- Rodovia pavimentada
- OUTRAS CONVENÇÕES**
- Sede Municipal
 - ▭ Perímetro urbano
 - ▭ Perímetro sub-bacia
 - ▭ Propriedade rural

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

51°00'	49°30'	48°00'	46°30'
7°00'	RIO PAU D'ARCO SB.22-Z-C	ARAGUAÍNA SB.22-Z-D	CAROLINA SB.23-Y-C
8°00'	ARAGUACEMA SB.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA SB.22-X-B	ITACAJÁ SB.23-V-A
9°00'	CAMPO ALEGRE SB.22-X-C	MIRACEMA DO NORTE SB.22-X-D	LIZARDA SB.23-V-C
10°00'	51°00'	49°30'	48°00'



Arte-finalista: Jacqueline Bailão	Pós-graduação em Engenharia Ambiental Curso de Mestrado	UFT
Data: Abril/2014	CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA, MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES - TOCANTINS.	Escala: 1: 81.000
Versão: 01	Mapa temático: Mapa das Propriedades Rurais	Figura/Página: 27/61

Conforme o Art. 4º da Lei Federal nº 8.629/93 (BRASIL, 1993), que trata da classificação fundiária dos imóveis rurais no Brasil, essa determina que as propriedades rurais podem ser classificadas em: Minifúndios - com tamanho de até um módulo fiscal; Pequenas propriedades - com área entre um e quatro módulos fiscais; Médias propriedades - com dimensão superior a quatro até quinze módulos fiscais; e Grandes propriedades - com área maior do que quinze módulos fiscais (Tabela 3).

Tabela 3 – Classificação dos imóveis rurais, Couto de Magalhães – TO.

Classes	Módulo Fiscal (MF)	Tamanho (ha)
Minifúndio	< 01 MF	< 80 ha
Pequenas propriedades	01 até 04 MF	80 até 320 ha
Médias propriedades	04 até 15 MF	320 até 1.200 ha
Grandes propriedades	> 15 MF	> 1.200 ha

Módulo fiscal = 80 ha

Fontes: Lei Federal nº 8.629/93 (BRASIL, 1993); IE Inca nº 541/1997, Portaria Inca nº 37/97 (BRASIL, 1997).

E, nesse sentido, em cada município, deve ficar determinado o tamanho do módulo fiscal, e, de acordo com a Instrução Especial Inca nº 541/1997 publicada pela Portaria Inca nº 37/97 (BRASIL, 1997), o módulo fiscal para o município de Couto de Magalhães – TO é de 80 ha.

Os 61 (sessenta e um) imóveis rurais levantados na área da sub-bacia estão em sua maioria, cerca de 66%, classificados como minifúndios, seguido das pequenas propriedades, que apontaram 23%, e 11% compostos pelas médias propriedades (Figura 28).

No entanto, em uma abordagem quanto à ocupação total da área da sub-bacia, as médias propriedades, juntas, detêm a maioria da área. De um total de 9.851,5 há, as sete médias propriedades da sub-bacia ocupam 5.284,3 ha (54%), seguida das 14 pequenas propriedades que se distribuem em 3.385,5 ha e, por fim, os 40 minifúndios, que totalizam uma área de 1.181,71 ha.

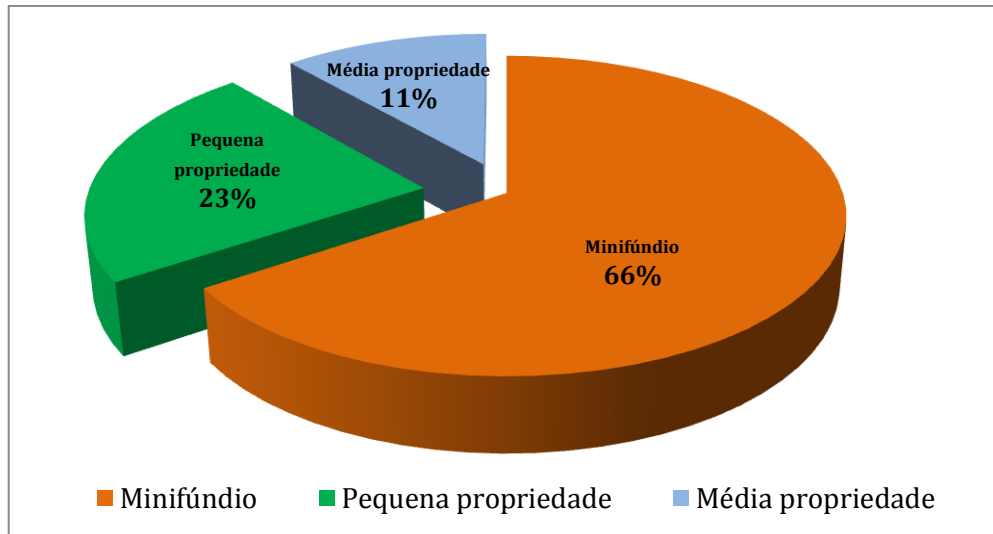


Figura 28 – Classificação dos imóveis rurais em %, sub-bacia Ribeirão Santa Maria, TO.

Com isso, é notável que um número reduzido de grande propriedades ocupa a maior parte das terras na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, enquanto que os minifúndios, em número, são maioria (66%), mas, em termos de área, são minoria (12%) como mostra a Figura 29. Nesse sentido, é preciso reforçar que políticas públicas aplicadas na região, como a dos PSAs, podem favorecer os minifundiários e pequenos produtores, que lidam com o desafio de garantir sua subsistência e produção agropecuária em áreas reduzidas.

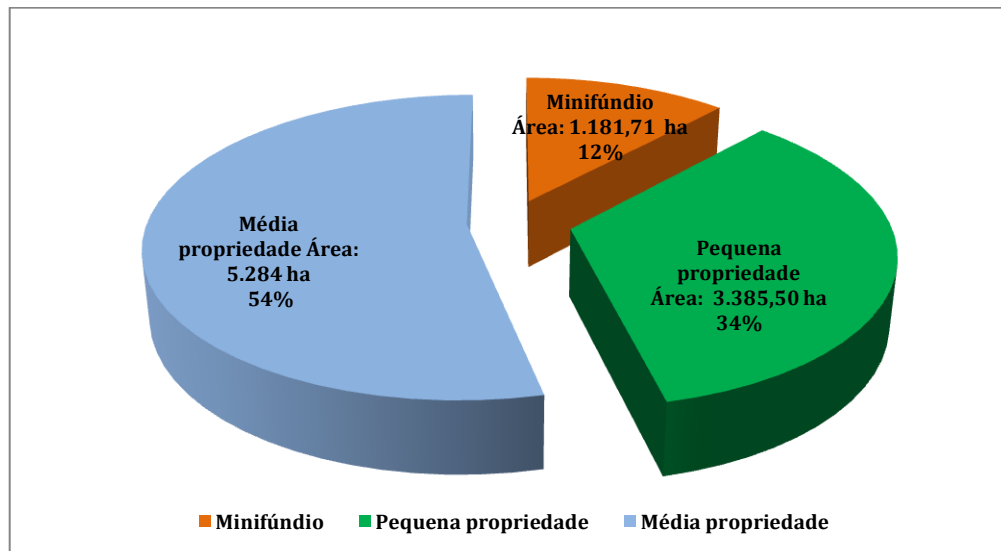


Figura 29 – Quantitativo de áreas ocupadas pelos imóveis rurais, sub-bacia Ribeirão Santa Maria, TO.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Zoneamento para PSA na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria

O zoneamento realizado na sub-bacia evidenciou quatro zonas (Figura 28), sendo estas: (a) Zona Muito Favorável ao PSA, (b) Zona Favorável ao PSA, (c) Zona Moderadamente Favorável ao PSA, (d) Zona Pouco Favorável ao PSA, onde respectivamente, as mesmas possuem áreas de 36,7 km², 24,6 km², 21,6 km² e 15,6 km² (Tabela 4).

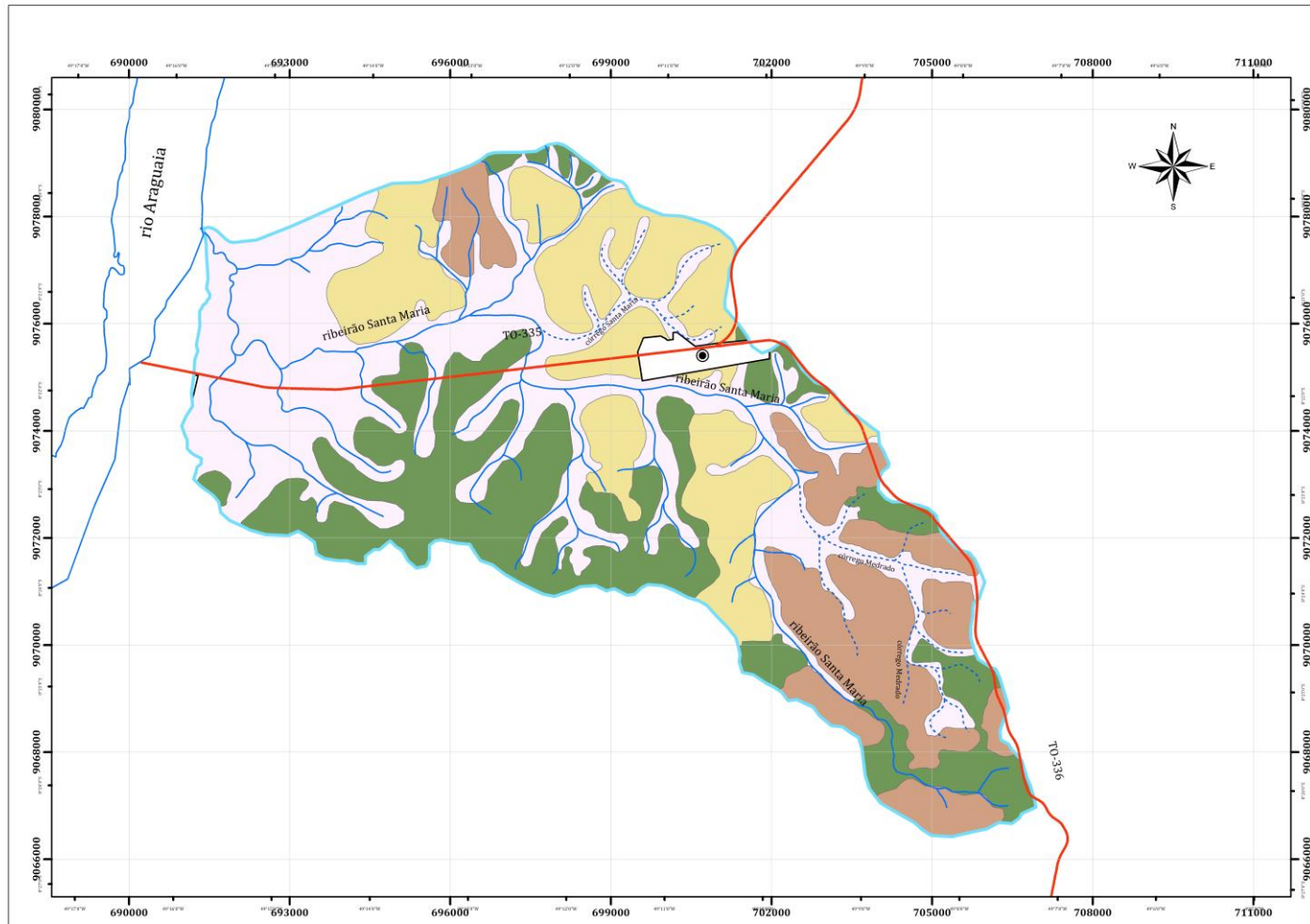
Tabela 4 – Unidades de zoneamento definidas para a sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.

Zonas	Área absoluta (km²)	Área relativa (%)
Zona Muito Favorável ao PSA	36,7	37
Zona Favorável ao PSA	24,6	25
Zona Moderadamente Favorável ao PSA	21,6	22
Zona Pouco Favorável ao PSA	15,6	16
Total	98,5	100

Observa-se que as zonas favoráveis e muito favoráveis ao PSA somam cerca de 62% da área da sub-bacia, as quais concentram-se em sua maioria à jusante (sudoeste da sub-bacia), conforme pode ser visualizado na Figura 30.

Como proposta de gerar um zoneamento para contribuir na implantação de programas de PSAs na sub-bacia de estudo, as zonas verificadas possuem, devido aos atributos próprios de suas unidades, especificidades que as colocam como indicadoras de propriedades rurais mais aptas a esses programas de compensação financeira, pois estes buscam contemplar àqueles que geram serviços ambientais, em especial, aos que promovem ações que contribuam para o aumento da “produção de água” na sub-bacia.

Ao que foi levantado, nota-se que os programas de PSA que vêm sendo criados, no Brasil e no mundo, priorizam consideravelmente os minifundiários e pequenos proprietários rurais, não havendo diferenciação daquele produtor rural que tenha ou não a escritura de sua terra, o que, para a sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, corresponde a 89% das propriedades rurais. Isto torna mais igualitária a maneira de considerar e reconhecer os provedores de serviços ambientais que muitas vezes estão em uma situação socioeconômica relegada.



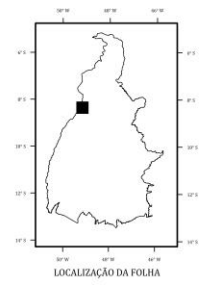
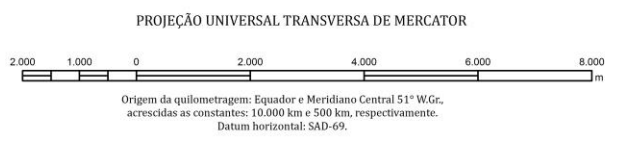
- Zonas**
- Zona Muito Favorável ao PSA - 37%
 - Zona Favorável ao PSA - 25%
 - Zona Moderadamente Favorável ao PSA - 22%
 - Zona Pouco Favorável ao PSA - 16%

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- HIDROGRAFIA**
- curso d'água perene
 - curso d'água intermitente
- ESTRADA DE RODAGEM**
- Rodovia pavimentada
- OUTRAS CONVENÇÕES**
- Sede Municipal
 - Perímetro urbano
 - Perímetro sub-bacia

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

51°00'	49°30'	48°00'	46°30'
7°00'	RIO PAU D'ARCO SB.22-Z-C	ARAGUAÍNA SB.22-Z-D	CAROLINA SB.23-Y-C
8°00'	ARAGUACEMA SB.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA SB.22-X-B	ITAJAJÁ SB.23-V-A
9°00'	CAMPO ALEGRE SB.22-X-C	MIRACEMA DO NORTE SB.22-X-D	LIZARDA SB.23-V-C
10°00'	51°00'	49°30'	46°30'



Arte-finalista: Jacqueline Bailão	Pós-graduação em Engenharia Ambiental Curso de Mestrado	UFT Escala: 1: 81.000
Data: Abril/2014	CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES - TOCANTINS.	
Versão: 01	Mapa temático: Mapa de Zoneamento	Figura/Página: 30/65

- **Zona muito favorável ao PSA**

A Zona muito favorável ao PSA caracteriza-se por ser uma área que reúne fatores e aspectos ambientais cujas unidades agrupadas apresentam limitações e/ou restrições quanto a sua exploração. Esta zona cobre 37 % da área total da sub-bacia.

Embora esta zona apresente relevo com predominância plana e altitudes variando entre 152 a 200 m, ela também reúne solos do tipo Neossolos Quartzarênicos e os Plintossolos Pétricos Concrecionários gleissólicos, cuja fragilidade estrutural, associada a uma maior susceptibilidade à erosão os tornam potencialmente geradores de sedimentos ao longo da sub-bacia. Tais características ainda poderão ser reforçadas, pois é nesta zona que há efetivamente grande presença de matas ciliares, e a alteração destas pode favorecer processos de degradação ambiental ao longo dos cursos d'água da sub-bacia, porquanto estas áreas também são tidas como APPs (Figura 31).

No entanto, a elevada concentração de matas ciliares ao longo da Zona muito favorável também pode ser considerada um fator positivo no que se refere aos programas de PSA, pois estas, a exemplo do Programa Produtor de Águas (ANA, 2009), são consideradas áreas prioritárias para contemplação de beneficiários (produtores rurais) a esses programas. Diante disso, os produtores rurais cujas áreas inserem-se nesta Zona e que se dispuserem a aderir a futuros programas de PSAs ganham vantagem.

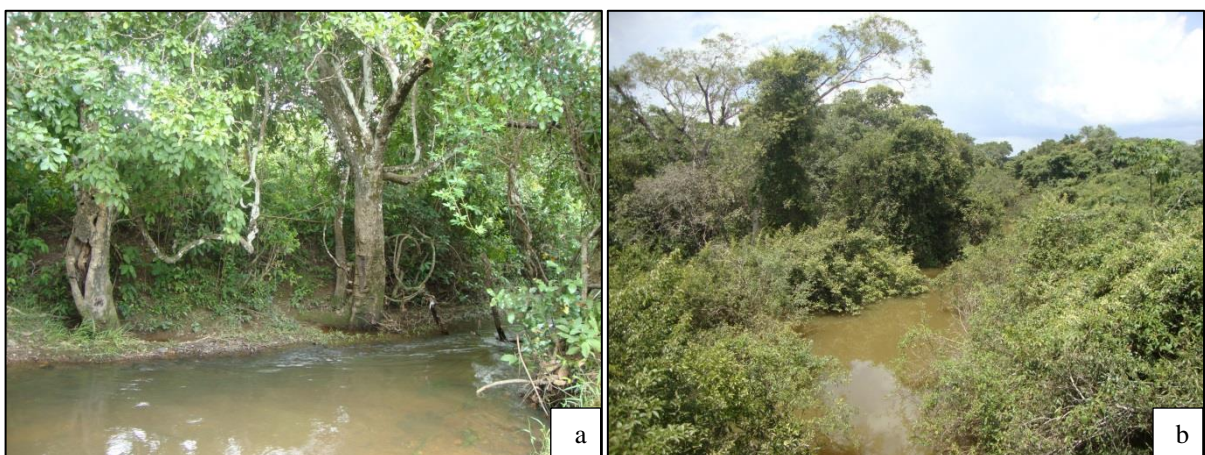


Figura 31 – (a) e (b) Unidades representativas da Zona muito favorável ao PSA.

- **Zona favorável ao PSA**

A Zona favorável ao PSA (25%) é a segunda maior zona representativa da sub-bacia, e engloba áreas cobertas por fitofisionomias do tipo Campo e Cerrado sentido restrito, que estão dando lugar à ampliação do uso agropecuário, uma classe que se expande na sub-bacia com a introdução de pastagens para criação de bovinos e a chegada da sojicultura, plantação de milho e arroz (Figura 32).

Esta zona apresenta relevo plano e Plintossolos Pétricos Concrecionários latossólicos, que, no geral, para a realidade da sub-bacia, é o subgrupo de solos com mais estabilidade nas suas características física e química. No entanto, conforme classificação da Embrapa (2009), são solos que requerem manejo adequado, pois, na classificação geral dos solos, são considerados frágeis para usos intensivos, em especial na exploração agrícola.

As variações altimétricas nesta zona apresentam o maior percentual de terras com altitudes em torno de 200 m, embora uma pequena área localizada na parte sudeste da sub-bacia apresente altitudes em torno de 250 m. Nestes locais de maiores altitudes, ocorrem características de relevo um pouco mais íngremes, com ambientes geológicos antigos que possuem rochas calcários e quartzitos. Nota-se a presença de Cerrado sentido restrito, Campo e Mata Ciliar, além da introdução de algumas atividades agropecuárias.



Figura 32– (c) e (d) Unidades representativas da Zona favorável ao PSA.

- **Zona moderadamente favorável ao PSA**

Na Zona moderadamente favorável ao PSA, há uma forte indicação do avanço de atividades antrópicas, tais como agricultura e pecuária, nota-se uma tendência na aproximação

desta zona com as áreas da Zona muito favorável ao PSA, ficando, dessa forma, mais circunvizinha aos recursos hídricos presentes na região noroeste e central da sub-bacia. Essas regiões são marcadas pela alta susceptibilidade à erosão do solo, conforme apresentado no mapa da Figura 33.

As unidades de solos marcantes nesta zona são Plintossolos Pétricos Concrecionários latossólicos, em relevo variando até 8 % (plano a suave ondulado) e altitudes em torno de 200 m.

Os recursos florestais apresentam espécies típicas de Cerrado sentido restrito com a fitofisionomia variando para áreas de Campo. Os indícios nesses ambientes campestres são marcados pelo uso da vegetação rasteira para o pastejo de bovinos, em sua grande maioria gado de corte. A região também é notadamente reconhecida pela produção de leite devido ao rebanho leiteiro mantido por vários produtores rurais (ADAPEC, 2013), sendo denominada de bacia leiteira. Inclusive nesta zona contém uma unidade de recebimento do leite com tanque de resfriamento.

É também nesta zona que está concentrada a área urbana do município de Couto de Magalhães. Em um total populacional de 5.009 habitantes (IBGE, 2010), 63% residem na zona rural, sendo assim, a demanda pelos recursos naturais no município, tais como utilização da vegetação, solo e água são, em sua maioria, notadas pelos proprietários rurais inseridos na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria.

Em suma, para esta zona os tipos de usos antrópicos que foram identificados e já citados anteriormente, podem favorecer a instabilidade de seus fatores ambientais, tais como solos, recursos florestais e, conseqüentemente, os recursos hídricos. Desse modo, é uma zona para a qual se sugere maior acompanhamento técnico dos sistemas produtivos que ali se desenvolvem (pecuária e agricultura), pois a falta de orientação adequada quanto à adoção de medidas de conservação dos recursos naturais pode desencadear e/ou acentuar processos de degradação, dificultando a contemplação de proprietários rurais aos programas de PSA.

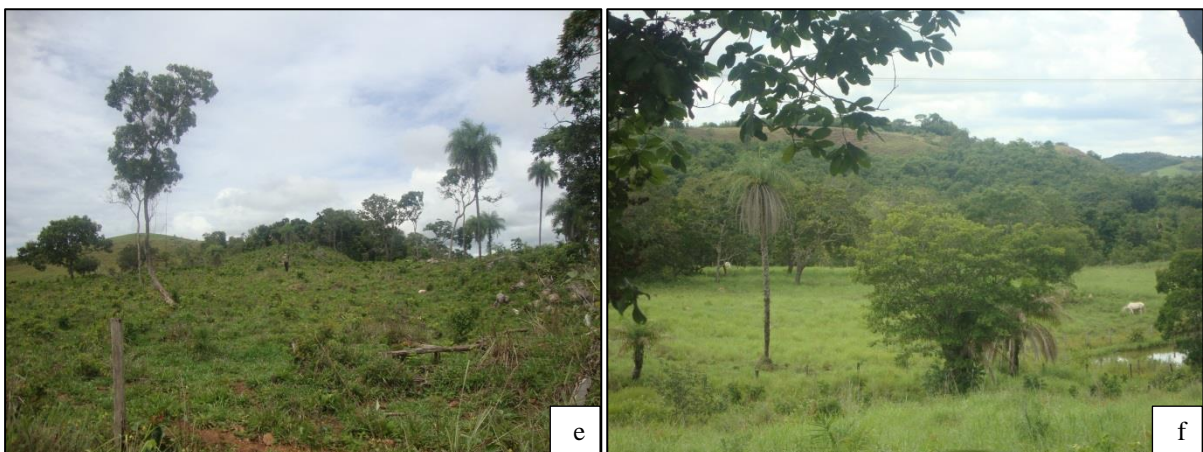


Figura 33– (e) e (f) Unidades representativas da Zona moderadamente favorável ao PSA.

- **Zona pouco favorável ao PSA**

A Zona pouco favorável ao PSA reúne fatores que possivelmente podem elevar a fragilidade ambiental desses locais, pois agregam fatores físicos, como solos bastante frágeis com susceptibilidade a erosão altíssima. Esta zona pode ser visualizada na direção sudeste e mais ao norte da sub-bacia (Figura 34).

Nestas localidades, portanto, são visualizados solos do tipo Plintossolos Pétricos Concrecionários cambissólicos com seu material de origem em evidência o que demonstra características pouco consolidadas em termos de formação quando comparado às outras categorias edáficas.

Em outra porção desta zona, aparecem os Plintossolos Pétricos Concrecionários latossólicos, estes também frágeis devidos sua pedogenia que torna o ambiente mais instável quando associado às declividades variando de 8% a 45%, relevo ondulado a forte ondulado, e altitudes que podem atingir 300 m, a mais elevada para a situação da sub-bacia.

As condições físicas e bióticas nesta zona também são fortemente influenciadas pelos fatores antrópicos, pois a ampliação de áreas voltadas para a agropecuária está mudando a paisagem natural de suas unidades.

Uma preocupação crescente para esta zona, bem como percebida nas demais, é a inexistente prática de métodos e técnicas adequadas de manejo do solo, pois estas podem promover a conservação dos recursos edáficos, diminuindo, assim, o aumento nos níveis de sedimento que podem acarretar mudanças nos corpos hídricos, bem como no regime hídrico da sub-bacia.

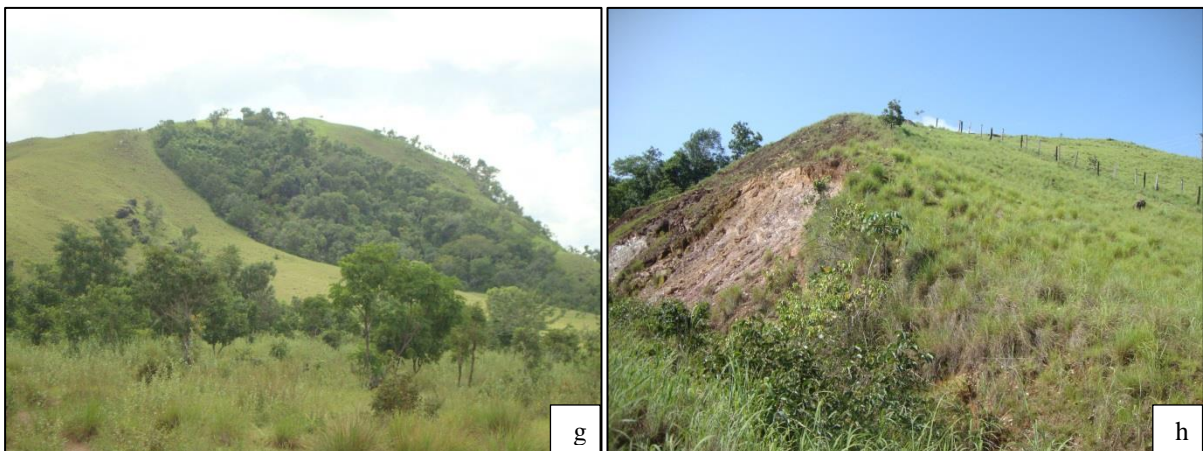


Figura 34– (g) e (h) Unidades representativas da Zona pouco favorável ao PSA.

Desse modo, imaginando que um programa de PSA na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria pudesse surgir, ter-se-ia, em cada uma das quatro zonas listadas, aquelas que poderiam ser mais favorável para contemplação dos seus proprietários rurais.

A Zona muito favorável ao PSA poderia enquadrar-se como aquelas localidades destinada para fins de conservação dos recursos naturais ali existentes, já seria uma zona com mais favorecimento ao PSA.

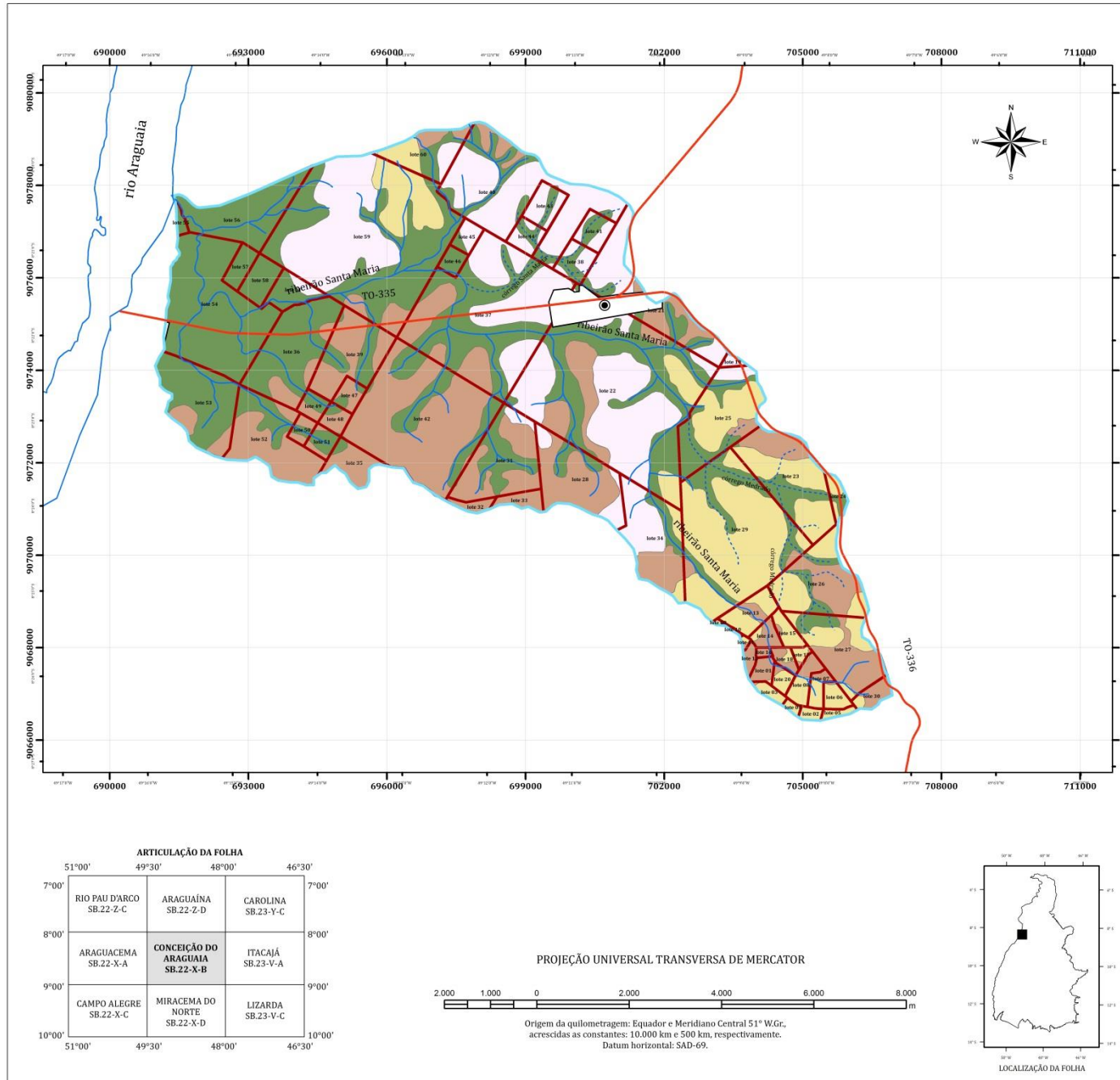
Para a Zona favorável ao PSA, seria viável a adoção de incentivos quanto à instalação adequada de atividades antrópicas, em especial as produtivas, desse modo, os proprietários rurais com maior percentual nessa zona ficariam condicionados a firmarem compromissos em relação a aumentar suas áreas de cobertura vegetal nativa, reduzir processos erosivos e diminuir a produção de sedimentos nos seus cursos d'água.

As zonas moderadamente favorável e pouco favorável ao PSA, pelos aspectos e características dos seus fatores ambientais em serem mais frágeis, o que aliado aos precedentes de usos que vem ocorrendo nessas áreas, de imediato, estariam menos propícias à uma imediata compensação financeira. Precisaria de um período adequado para reestabelecer e fortalecer os seus fatores ambientais, com isso, aos proprietários rurais que possuem boa parte de suas áreas nestas zonas, adequado seria priorizá-los no sentido de elevar a difusão de práticas de manejo conservacionistas no uso racional dos recursos naturais, em especial do solo e da água.

6.2. Propriedades potenciais fornecedoras de serviços ambientais

A partir na análise espacial feita do cruzamento dos mapas das propriedades rurais com o de zoneamento, foram identificadas as propriedades rurais mais aptas a serem contempladas, num primeiro momento, para programas de PSA (Figura 35). Os valores em área (km²) e percentuais (%) de cada propriedade rural, bem como os valores percentuais e em km² de cada zona englobada na superfície de cada propriedade podem ser conferidos no Apêndice C.

As propriedades rurais mais propícias ao recebimento da compensação financeira seriam aquelas que teriam maior potencial no fornecimento de serviços ambientais, principalmente, quando se trata do abatimento nos níveis de sedimentos que são gerados pelo uso da terra, que é realizado sem levar em consideração as técnicas de manejo conservacionistas que poderiam ser adotadas pelos produtores rurais.



Zonas

Zona 1 - Muito Favorável (light pink)
 Zona 2 - Favorável (green)
 Zona 3 - Moderadamente Favorável (yellow)
 Zona 4 - Pouco Favorável (brown)

Lote	Zona 1 (ha)	Zona 1 (%)	Zona 2 (ha)	Zona 2 (%)	Zona 3 (ha)	Zona 3 (%)	Zona 4 (ha)	Zona 4 (%)
Lote 1	0,00000	0,83	0,27511	95,05	0,00000	0,00	0,1105	4,52
Lote 2	0,00002	0,81	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,13012	99,99
Lote 3	0,00013	0,87	0,01466	5,97	0,00000	0,00	0,16470	93,96
Lote 4	0,00003	0,84	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,27893	99,96
Lote 5	0,00000	0,80	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,22456	100,00
Lote 6	0,00010	0,87	0,01462	5,03	0,00000	0,00	0,22456	94,90
Lote 7	0,00001	0,80	0,08700	30,69	0,00000	0,00	0,19647	69,31
Lote 8	0,00002	0,80	0,17970	69,66	0,00000	0,00	0,26261	95,85
Lote 9	0,00000	0,80	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,02146	100,00
Lote 10	0,00000	0,80	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,02701	100,00
Lote 11	0,00002	0,85	0,01925	42,13	0,00000	0,00	0,02641	57,83
Lote 12	0,00010	0,87	0,14842	99,81	0,00000	0,00	0,00000	95,2
Lote 13	0,00016	0,82	0,15801	25,64	0,00000	0,00	0,24244	77,34
Lote 14	0,00009	0,83	0,23415	79,12	0,00000	0,00	0,06170	20,85
Lote 15	0,00023	0,87	0,02825	6,87	0,00000	0,00	0,29017	91,06
Lote 16	0,00000	0,80	0,04891	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 17	0,00002	0,82	0,02280	20,31	0,00000	0,00	0,09000	79,77
Lote 18	0,00002	0,10	0,16437	73,63	0,00000	0,00	0,05865	26,27
Lote 19	0,00000	0,80	0,00000	0,00	0,10132	100,00	0,00000	0,00
Lote 20	0,00010	0,80	0,04644	20,24	0,00000	0,00	0,17330	79,68
Lote 21	0,07946	23,05	0,13774	26,55	1,35445	50,49	0,00000	0,00
Lote 22	4,02623	38,18	1,45528	13,80	4,29546	40,62	0,78007	7,49
Lote 23	0,59106	28,49	0,68434	23,76	0,00000	0,00	1,40226	55,74
Lote 24	0,11165	39,13	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,17272	60,87
Lote 25	0,97022	35,80	0,17761	6,55	0,22864	8,47	1,31280	49,18
Lote 26	0,37562	15,63	0,97424	40,53	0,00000	0,00	1,61440	43,85
Lote 27	0,24810	13,09	1,15127	52,96	0,00000	0,00	0,71710	33,93
Lote 28	0,33449	14,14	1,68146	71,05	0,25028	14,80	0,00000	0,00
Lote 29	1,30016	19,94	0,14940	2,29	0,00000	0,00	5,07767	77,77
Lote 30	0,00001	0,80	0,28436	81,66	0,00000	0,00	0,06306	18,14
Lote 31	0,07773	37,17	1,66121	56,74	0,15489	6,07	0,00000	0,00
Lote 32	0,00000	0,80	0,20248	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 33	0,00000	0,80	0,12208	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 34	0,40886	15,81	0,71111	29,79	1,80884	64,39	0,08743	10,88
Lote 35	0,07477	10,63	0,62865	89,37	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 36	2,30010	82,65	0,15164	17,75	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 37	0,00000	0,80	1,35462	17,60	0,34994	82,49	0,00000	0,00
Lote 38	0,22216	43,53	0,00000	0,00	0,10123	26,47	0,00000	0,00
Lote 39	0,04245	32,35	1,36448	67,85	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 40	2,09615	50,59	0,15511	8,63	1,63271	40,59	0,00000	0,00
Lote 41	0,21085	42,26	0,00000	0,00	0,20811	57,74	0,00000	0,00
Lote 42	1,46583	22,24	5,13500	77,76	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 43	0,13912	20,83	0,00000	0,00	0,24146	71,17	0,00000	0,00
Lote 44	0,15999	37,62	0,00000	0,00	0,26364	62,38	0,00000	0,00
Lote 45	0,00011	27,15	0,00000	0,00	0,22836	73,05	0,00000	0,00
Lote 46	0,24055	99,79	0,00000	0,00	0,00055	0,21	0,00000	0,00
Lote 47	0,10385	30,53	0,22630	69,47	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 48	0,07761	24,20	0,23059	75,80	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 49	0,16616	55,15	0,13514	44,85	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 50	0,00209	33,63	0,16500	66,57	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 51	0,23796	66,96	0,10710	31,04	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 52	0,09644	27,98	1,73930	72,02	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 53	2,28854	87,78	0,45800	12,22	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 54	5,01394	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 55	0,11100	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 56	3,18432	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 57	0,33729	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 58	0,08166	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
Lote 59	43,7922	40,60	0,47390	4,53	4,23540	40,54	1,56000	14,93
Lote 60	0,45400	31,62	0,28140	19,60	0,25247	17,79	0,44511	31,00
Lote 61	0,44800	75,80	0,00000	0,00	0,14740	24,20	0,00000	0,00

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

HIDROGRAFIA

— curso d'água perene
 - - - - - curso d'água intermitente

ESTRADA DE RODAGEM

— Rodovia pavimentada

OUTRAS CONVENÇÕES

● Sede Municipal
 □ Perímetro urbano
 □ Perímetro sub-bacia
 □ Propriedade rural

Arte-finalista: Jacqueline Bailão
 Pós-graduação em Engenharia Ambiental
 Curso de Mestrado

UFT

Data: Abril/2014
 Contribuição para a Implantação de PSA na Sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, Município de Couto de Magalhães - Tocantins.

Escala: 1:81.000

Versão: 01
 Mapa temático: Mapa de Subsídio ao PSA
 Figura/Página: 35/71

Zona Muito Favorável x Zona Pouco Favorável

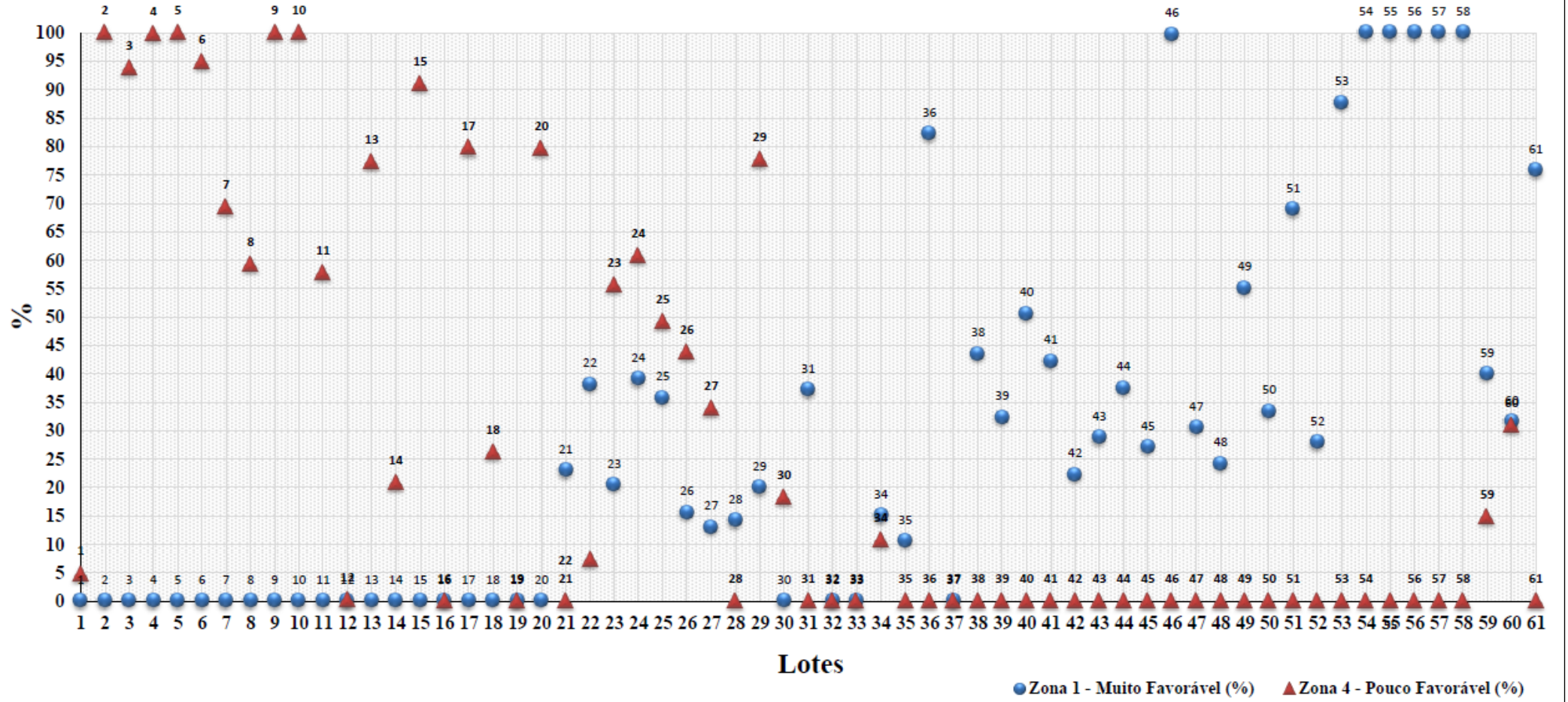


Figura 36– Gráfico de dispersão de áreas percentuais das propriedades em relação às zonas Muito Favorável ao PSA (Zona 1) e Pouco Favorável ao PSA (Zona 4).

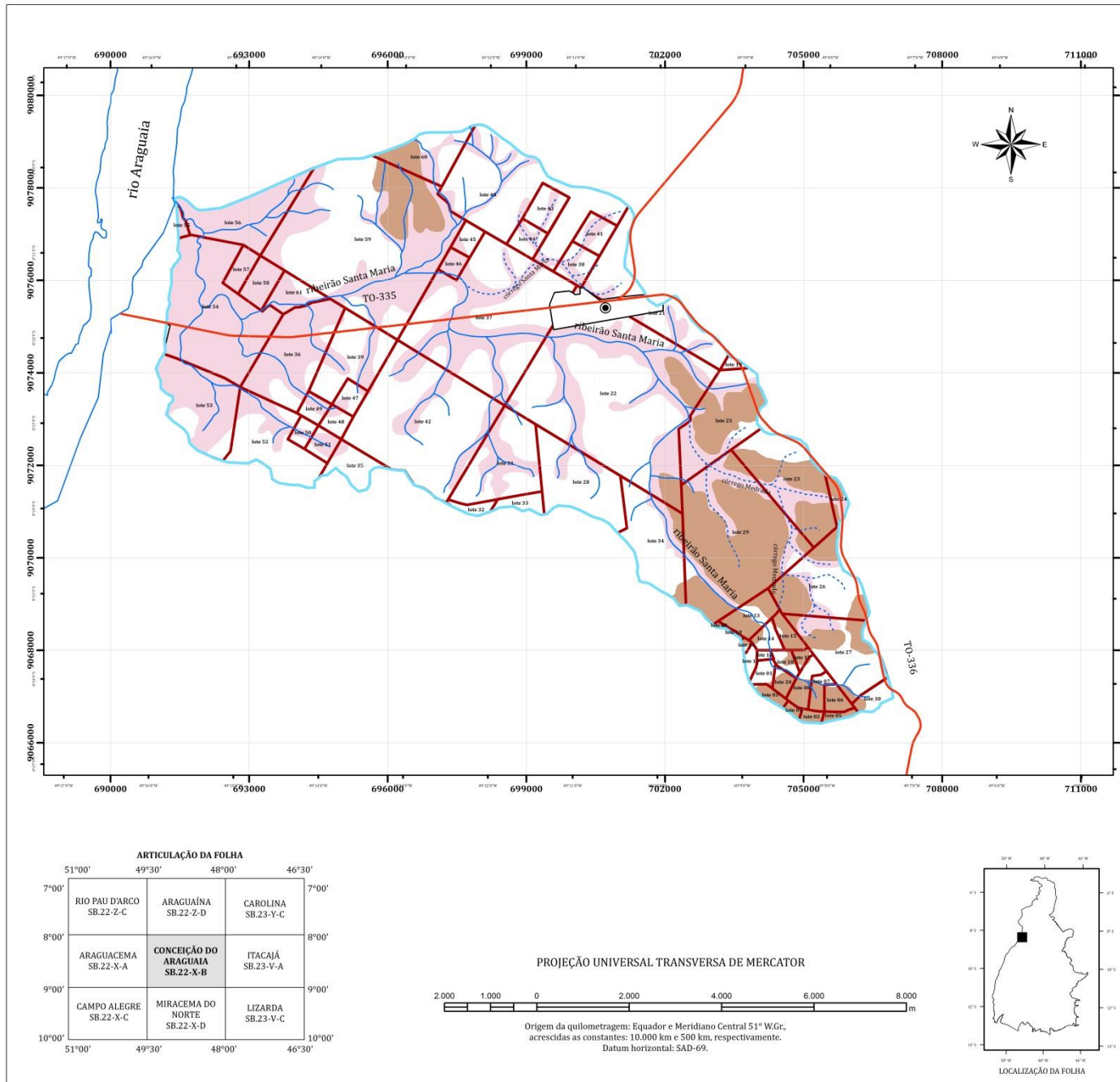
Conforme apresentado anteriormente, o zoneamento permitiu traçar as principais características de cada uma das quatro zonas levantadas, por isso, verificou-se, na ‘Zona muito favorável ao PSA’, um maior potencial para que as propriedades inseridas ali estejam mais aptas a tornarem-se beneficiárias de programas de PSA, enquanto que aquelas que mostram um percentual de área mais abrangida pela ‘Zona pouco favorável ao PSA’ estaria menos adequada aos PSAs.

Foi feita uma relação, conforme apresenta o gráfico na Figura 36, entre os percentuais de áreas dos lotes em função das zonas ‘Muito favorável’ e ‘Pouco favorável’ ao PSA (Figura 37), e observou-se que a maior concentração dos lotes aptos a terem seus cadastros aprovados para o PSA são as propriedades que variam entre os números 34 à 61, ou seja, cerca de 44% do total das propriedades. Essas propriedades poderão receber uma compensação financeira pelo fornecimento de serviços ambientais que contribuirão, em especial, para a produção de água na sub-bacia.

Pelo mesmo gráfico, nota-se uma tendência das propriedades rurais de um a vinte, ou seja, 33% do total dos lotes, em possuir grande parte de sua superfície na ‘Zona pouco favorável ao PSA’, o que as torna, de imediato, menos favoráveis para contemplação em programas de PSA, ficando condicionadas a receberem incentivos financeiros por meio de um PSA, à medida que tomarem providências de recuperação ambiental para as localidades com fatores ambientais mais frágeis e comumente explorados.

Esta, então, será uma decisão que o produtor rural deverá tomar caso perceba que a adesão a um futuro programa de PSA será mais vantajoso do que continuar explorando sua área para implantação e expansão de atividades produtivas que possam degradar mais ainda os recursos naturais ali presentes.

Para isso, o mesmo programa de PSA poderá reunir em um conjunto de ações, propostas de incentivo aos detentores de imóveis rurais que possuam áreas degradadas dentro de suas propriedades, em especial se essas áreas degradadas forem áreas prioritárias para produção e conservação de água (APPs, nascentes, topos de morros, etc.). Assim, um programa de monitoramento será necessário para medir o efeito da adoção de medidas de recuperação e conservação ambiental nesses locais anteriormente degradados e, dessa forma, poder compensar financeiramente de forma justa os produtores rurais engajados com as propostas do PSA.



Zona Muito Favorável ao PSA

Esta zona possui características mais favoráveis à conservação e preservação ambiental, desse modo, as propriedades rurais com percentuais de áreas mais elevados para esta zona, ficam mais aptas a contemplação em programas de PSA.

Zona Pouco Favorável ao PSA

As propriedades inseridas nesta zona estariam menos aptas a tornarem-se beneficiárias de programas de PSA devido ao grau de fragilidade dos fatores ambientais somada ao uso por atividades antrópicas, como a agropecuária.

Lote	Zona 1 - Muito Favorável (%)	Lote	Zona 1 - Muito Favorável (%)	Lote	Zona 4 - Pouco Favorável (%)	Lote	Zona 4 - Pouco Favorável (%)
54	100,00	29	19,94	5	100,00	56	0,00
55	100,00	26	15,63	9	100,00	57	0,00
56	100,00	34	15,01	10	100,00	58	0,00
57	100,00	28	14,14	2	100,00	46	0,00
58	100,00	27	13,09	4	99,96	53	0,00
46	99,79	35	10,63	6	94,90	36	0,00
53	87,79	18	0,10	3	93,96	61	0,00
36	82,25	20	0,08	15	91,06	51	0,00
61	75,80	3	0,07	17	79,77	49	0,00
51	68,96	15	0,07	20	79,68	40	0,00
49	55,15	12	0,07	29	77,77	38	0,00
40	50,59	6	0,07	13	77,24	41	0,00
38	43,53	11	0,05	7	69,31	44	0,00
41	42,26	4	0,04	24	60,87	31	0,00
59	40,00	1	0,03	8	59,35	50	0,00
24	39,13	14	0,03	11	57,83	39	0,00
22	38,18	13	0,02	23	55,74	47	0,00
44	37,62	17	0,02	25	49,18	43	0,00
31	37,17	2	0,01	26	43,85	52	0,00
25	35,00	8	0,00	27	33,92	45	0,00
50	33,43	30	0,00	60	31,00	48	0,00
39	32,35	7	0,00	18	26,27	21	0,00
60	31,62	5	0,00	14	20,85	42	0,00
47	30,53	9	0,00	38	18,34	28	0,00
43	28,83	10	0,00	59	18,93	35	0,00
52	27,98	16	0,00	34	10,88	16	0,00
45	27,15	19	0,00	22	7,40	19	0,00
48	24,20	32	0,00	1	4,92	32	0,00
21	23,05	33	0,00	12	0,32	33	0,00
42	22,24	37	0,00	54	0,00	37	0,00
23	20,49			55	0,00		

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

HIDROGRAFIA

- curso d'água perene
- - - - - curso d'água intermitente

ESTRADA DE RODAGEM

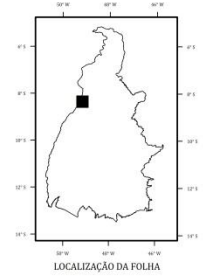
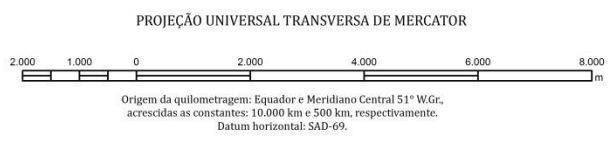
- Rodovia pavimentada

OUTRAS CONVENÇÕES

- Sede Municipal
- ▭ Perímetro urbano
- ▭ Perímetro sub-bacia
- ▭ Propriedade rural

ARTICULAÇÃO DA FOLHA

51°00'	49°30'	48°00'	46°30'
7°00'	RIO PAU D'ARCO SB.22-Z-C	ARAGUAÍNA SB.22-Z-D	CAROLINA SB.23-Y-C
8°00'	ARAGUACEMA SB.22-X-A	CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA SB.22-X-B	ITACAJÁ SB.23-V-A
9°00'	CAMPO ALEGRE SB.22-X-C	MIRACEMA DO NORTE SB.22-X-D	LIZARDA SB.23-V-C
10°00'	51°00'	49°30'	48°00'



Arte-finalista: Jacqueline Baillão	Pós-graduação em Engenharia Ambiental Curso de Mestrado	UFT
Data: Abril/2014	CONTRIBUIÇÃO PARA A IMPLANTAÇÃO DE PSA NA SUB-BACIA DO RIBEIRÃO SANTA MARIA MUNICÍPIO DE COUTO DE MAGALHÃES - TOCANTINS.	Escala: 1: 81.000
Versão: 01	Mapa temático: Mapa de Subsídio ao PSA: propriedades mais e menos favoráveis ao PSA	Figura/Página: 37/74

Nessa abordagem, como pode ser visto na Tabela 5, os lotes que apresentaram percentuais de áreas mais elevados para as zonas ‘Favorável’ e ‘Moderadamente favorável’ ao PSA, tendem, respectivamente, de acordo com estas zonas, a ficarem classificadas como propriedades mais e menos razoáveis para contemplação de PSAs.

Nessa lógica, para a ‘Zona favorável’ e a ‘Zona moderadamente favorável’ ao PSA, acredita-se que, em função dos critérios que cada programa de PSAs deva levar em consideração, é possível que o valor da remuneração aos produtores rurais irá variar à medida que o quantitativo desses critérios sejam mais ou menos atendidos.

Portanto, ao que se supõe, mesmo sendo contemplados produtores rurais dessas duas zonas citadas anteriormente, as vantagens pecuniárias para estes, se comparadas às vantagens a serem percebidas pelos produtores da ‘Zona muito favorável’ ao PSA, terão valores bem mais inferiores.

Tabela 5 – Listagem das 20 propriedades rurais com os maiores percentuais em termos de zonas.

Lote	Zona 1 – Muito favorável ao PSA (%)	Lote	Zona 2 - Favorável ao PSA (%)	Lote	Zona 3 – Moderadamente Favorável ao PSA (%)	Lote	Zona 4 – Pouco Favorável ao PSA (%)
54	100	33	100	19	100	5	100
55	100	32	100	37	82,40	10	100
56	100	16	100	45	72,85	9	100
57	100	12	99,61	43	71,17	2	100
58	100	1	95,05	44	62,38	4	99,96
46	99,79	35	89,37	41	57,74	6	94,90
53	87,78	30	81,66	38	56,47	3	93,96
36	82,25	14	79,12	21	50,40	15	91,06
61	75,80	42	77,76	34	44,35	17	79,77
51	68,96	48	75,80	22	40,62	20	79,68
49	55,15	18	73,63	40	40,59	29	77,77
40	50,59	52	72,02	59	40,54	13	77,34
38	43,53	28	71,05	61	24,20	7	69,31
41	42,26	47	69,47	60	17,79	24	60,87
59	40	39	67,65	28	14,80	8	59,35
24	39,13	50	66,57	25	8,47	11	57,83
22	38,18	31	56,74	31	6,09	23	55,74
44	37,62	27	52,98	46	0,21	25	49,18
31	37,17	49	44,85	33	-----	26	43,85
25	35,80	11	42,13	32	-----	27	33,93

7. CONCLUSÕES

As propriedades que apresentaram áreas pouco favoráveis à implantação de programas de PSA (Zona pouco favorável ao PSA) estão muito relacionadas àquelas que apresentam fatores ambientais com características mais frágeis, tais como geologia, solo e relevo e que são potencializadas pela cobertura e uso da terra mais alterada, tornando-se locais mais suscetíveis à geração de sedimentos que acabaram acumulando-se para demais zonas adjacentes e afetando não somente a sub-bacia de estudo, mas, numa macro escala, poderá contribuir para o processo de degradação da bacia do Rio Araguaia.

Por outro lado, aquelas propriedades que se destacaram por apresentar considerável número de área variando do favorável ao PSA mostraram que em suas terras o estado de conservação da cobertura do solo e os fatores de risco a erosão possam estar em níveis mais estabilizados, de modo a favorecer uma possível contemplação em programas de PSA voltados para a conservação dos recursos hídricos.

Ressalta-se que as formas de uso da sub-bacia estão muito voltadas para as práticas agropecuárias, tendo como atividades mais desempenhadas a bovinocultura de corte e leiteira, bem como as atividades agrícolas de subsistência (arroz, feijão, milho, mandioca) e a sojicultura, que vem se difundindo na região.

Com isso, a demanda pelos recursos hídricos presentes na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria tende a aumentar e isto, face às mudanças nos instrumentos legais, poderá vir a elevar o reconhecimento da função que desempenham os provedores de serviços ambientais, em especial os 'produtores' de água, tornando-os potencialmente aptos a serem contemplados por programas de implementação de PSA na região.

Contudo, em vista da difusão no uso das geotecnologias voltadas para a estruturação de banco de dados de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), estas vêm se confirmando a cada aplicação, como instrumentos e ferramentas apropriados de apoio a decisão e planejamento, sendo positivo seu uso para todas as etapas de implantação e desenvolvimento de programas de PSAs.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO TOCANINS. ADAPEC. **Entrevista ao Escritório Local/ Regional Colinas do Tocantins**. Couto de Magalhães: 2012.

AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO TOCANINS. ADAPEC. 2013. **Rebanho tocantinense** – segundo campanha de Novembro. Disponível em: <<http://www.adapec.to.gov.br/conteudo.php?id=186>> . Acesso em: 08 abr. 2013.

AGUIAR, L. M. S.; MACHADO, R. B.; MARINHO-FILHO, J. A diversidade biológica do Cerrado. **In:** Aguiar, L. M. S. & Camargo, A. J. A. Cerrado: ecologia e caracterização. Planaltina: Embrapa-CPAC, 2004.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual Operativo do Programa Produtor de Água**. ANA, Brasília, 67p., 2009.

ASSIS, Ana Paula Cardoso. **ICMS Ecológico como indutor da preservação ambiental em municípios de baixo IDH no Estado da Bahia**. 2008. 145 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2008.

ATANAZIO, Renato. **Geoprocessamento aplicado em projeto de Pagamento por Serviços Eossistêmicos (PSE) no município de Apucarana, PR**. 2011. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4720. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0622.pdf>> . Acesso em: 20 nov. 2012.

BASTOS, Carolina Vieira Ribeiro de Assis. **Instrumentos econômicos de proteção do meio Ambiente: reflexões sobre a tributação e os Pagamentos por serviços ambientais**. Revista SCIENTIA IURIS, Londrina, v. 11, p. 279-293, 2007. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/iuris/article/view/4122>>. Acesso em 23 out. 2012.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 3. Ed. São Paulo: Ícone, 1993.

BONNA, Joyce Luiza. **Mapeamento pedológico e de suscetibilidade erosiva no Alto Córrego Prata (Ouro Preto/MG)**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte: 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1843/MPBB-8RBKKX>>. Acesso em: 26 set. 2013.

BRASIL, **Resolução CONAMA n° 01, de 23 de janeiro de 1986**. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.

BRASIL. **Lei n° 8.629, de 25 de fevereiro de 1993**. Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 fev. 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ leis/L8629.htm>. Acesso em: 25 out. 2013.

BRASIL, **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em 20 set. 2012.

BRASIL. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - Incra. **Portaria nº 37 e Instrução Especial/Incra/nº 541, de 26 de agosto de 1997**. Estabelece o Módulo fiscal para os Municípios. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 set. 1997. Seção 1, p. 19243-19246. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/index.php/institucional/legislacao--/atos-internos/instrucoes/file/150-instrucoespecial-n-51-6081997>>. Acesso em: 20 out. 2013.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 6 fev. 2013.

BRASIL. **Lei nº 12.512**, de 14 de outubro de 2011. Institui o Programa de Apoio à Conservação Ambiental e o Programa de Fomento às Atividades Produtivas Rurais. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12512.htm>. Acesso em 14 out. 2012.

BRASIL. MMA, Ministério do Meio Ambiente. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Programa de Apoio à Conservação Ambiental ‘Bolsa Verde’**. 2012. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php/desenvolvimento-rural/bolsa-verde>>. Acesso em: out. 2102.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 14 jan. 2013.

CHAVES, H. M. L.; BRAGA, B.; DOMINGUES, A. F.; SANTOS, D. G. Quantificação dos Benefícios Ambientais e Compensações Financeiras do “Programa do Produtor de Água” (ANA): II. Aplicação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n.3, p.15-21, 2004.

CHAVES, Henrique Marinho Leite. Relações de aporte de sedimento e implicação de sua utilização no pagamento por serviço ambiental em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, ago. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000400043&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 09 set. 2012.

CIRINO, Samia Moda. **Tributação ambiental como instrumento para um desenvolvimento econômico e social sustentável**. I ENCONTRO DE ESTUDOS TRIBUTÁRIOS – ENET, Instituto de Direito Tributário de Londrina. Paraná: Londrina, 2006. Disponível em: <<http://www.idtl.com.br/artigos/177.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2013.

COMERLATO, Taísa. **Compartimentação da Paisagem como subsídio ao Zoneamento Ambiental aplicado da Sub Bacia do Rio Macaco – Camboriú/SC**. Dissertação (Mestrado Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental). Programa de Pós-graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental. Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2012.

COSTA, Rosângela Calado. **Pagamento por serviços ambientais: limites e oportunidades para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar na Amazônia Brasileira**. 2008. 246 p. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2008.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Carta Geológica, Folha Conceição do Araguaia - SC.22-X-B, Escala 1:250.000, CPRM, 1994. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=389&sid=26>>. Acesso em: 03 jan. 2014.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Programa Informações para Gestão Territorial: classes de uso e cobertura do solo. 2010. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/rj/usuarios/usuarios_classes.pdf>. Acesso em: 20 out. 2013.

COSTA RICA. **Ley Florestal n° 7.575 de 05/02/1996**. Disponível em: <http://www.cne.go.cr/cedo_dvd5/files/flash_content/pdf/spa/doc387/doc387-contenido.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2013.

DIAS, Ricardo Ribeiro. **Zoneamento Ecológico-Econômico No Tocantins: Contribuição metodológica e processual para sua execução**. 2008. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista (UNESP). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2008. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137036P9/2008/dias_rr_dr_rcla.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2013.

DITT, Eduardo H.; PÁDUA, Cláudio V. Mata Atlântica e serviços ecossistêmicos – estudo de caso do Sistema Cantareira. **In: Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios / Fátima Becker Guedes e Susan Edda Seehusen; Organizadoras.** – Brasília: MMA, 2011.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DO PARÁ – EMATER. **Imagem digital satélite/sensor SPOT – 5 HRG**, datada de 21 junho de 2010.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. Disponível em: <<http://hotsites.cnps.embrapa.br/blogs/sibcs/?cat=1>>. Acesso em: 29 mar. 2013.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2013.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA), executado pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). **Programa ProdutorES de Água**. 2008. Disponível em: <<http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp#notas>>. Acesso em: 6 fev. 2013.

Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). **ArcGIS**. Professional GIS for the desktop, versão 9.3 CA. 2009.

EXTREMA (MG). Prefeitura Municipal de Extrema – Minas Gerais. **Livro conservador das águas**. 2010. Disponível em: < <http://extrema.mg.gov.br/site/wp-content/uploads/2011/09/Livro-Conservador-20101.pdf>>. Acesso em: nov. 2012.

FARACO, M.T.L., et al. Folha SC.22-Tocantins. 2004. In: SCHOBENHAUS, C., GONÇALVES, J.H., SANTOS, J.O.S., ABRAM, M.B., LEÃO NETO, R. MATOS, G.M.M., VIDOTTI, R.M., RAMOS, M.A.B., JESUS, J.D.A. de. (eds.). **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil**. CPRM, Brasília. Disponível em: < http://geobank.sa.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadlayouts?p_webmap=N>. Acesso em: 12 dez. 2013.

FASIABEN, M. C. R. et al. Estimativa de aporte de recursos para um sistema de Pagamento por Serviços Ambientais na floresta Amazônica brasileira. **Revista Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. XII, n. 2, p. 223-239, jul.-dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/ez6.periodicos.capes.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2009000200002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 set. 2012.

FUNDAÇÃO GRUPO BOTICÁRIO. **PSA Projeto Oasis**. 2012. Disponível em: <<http://www.fundacaogrupoboticario.org.br/PT-BR/Paginas/o-que-fazemos/projeto-oasis/projetos-implantados/default.aspx>> . Acesso em: nov. 2012.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. rev. e atual – São Paulo: Blucher, 1998.

GELUDA, Leonardo; MAY, Peter Herman. Pagamentos por serviços ecossistêmicos para manutenção de práticas agrícolas sustentáveis em microbacias do Norte e Noroeste Fluminense. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA – ECOECO, VI, 2005, Brasília. **Anais...** Brasília: ECOECO, 2005.

GOOGLE. Programa *Google Earth*. 2013. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/>>. Acesso em: 15 dez. 2013.

Haidar, Ricardo Flores; DIAS, Ricardo Ribeiro; PINTO, José Roberto Rodrigues. Secretaria de Planejamento e da Modernização da Gestão Pública (Seplan). Departamento de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). Projeto de Desenvolvimento Regional Sustentável. Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e Inventário Florestal do Estado do Tocantins. Inventário Florestal da Faixa Centro. **Série TOCANTINS - Recursos Naturais / Vegetação - v. 3/9**. Escala

1:100.000. Palmas: Seplan/DZE, 2013. Disponível em:
<http://www.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/TO_Rel_Mapeamento_Regioes_Fitoe_cologicas_Inventario_Florestal/Rel_Inv_Florestal_TO.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2014.

_____. Projeto de Desenvolvimento Regional Sustentável. Mapeamento das Regiões Fitoecológicas e Inventário Florestal do Estado do Tocantins. Inventário Florestal da Faixa Centro. **Série TOCANTINS - Recursos Naturais / Vegetação - v. 4/9**. Escala 1:100.000. Palmas: Seplan/DZE, 2013. Disponível em:
<http://www.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/TO_Rel_Mapeamento_Regioes_Fitoe_cologicas_Inventario_Florestal/Rel_Inv_Florestal_TO_vol_1.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Carta topográfica IBGE Folha SC 22-X-B-I, Escala 1:100.000**. Impresso. Rio de Janeiro, 1979.

_____. **Censo Agropecuário 1996**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Agropecuario_1995_96/Tocantins>. Acesso em: 08 set. 2013.

_____. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em:
<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=170600&idtema=3&search=tocantins|couth-magalhaes|censo-agropecuario-2006>>. Acesso em: 08 set. 2013.

_____. **Manuais Técnicos em Geociências**, n° 4: Manual Técnico de Pedologia. Rio de Janeiro, 2007. 2ª edição.

_____. **Manuais Técnicos em Geociências**, n° 1: Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Rio de Janeiro, 2012. 2ª edição revista e ampliada. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 08 set. 2013.

_____. **IBGE Cidades: Município de Couto de Magalhães. Censo Demográfico 2010**. Disponível em:
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=170600&idtema=1&search=tocantins|couth-magalhaes|censo-demografico-2010:-sinopse->>. Acesso em: 08 abr. 2013.

_____. **IBGE Cidades: Município de Couto de Magalhães. Pecuária 2011**. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=to>>. Acesso em: 08 abr. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. INCRA. **Acervo Fundiário**. Disponível em:
<<http://acervofundiario.incra.gov.br/i3geo/interface/openlayers.htm?ts884uhfu57q804sgv06cgs7q7>>. Acesso em: 12 abr. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. INMET 2014. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP**: Estação n° 82861 – Conceição do Araguaia Série histórica mensal de 01 jan. de 1990 a 31 de dezembro de 2012. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 04 jan.2014.

INSITUTO DE TERRAS DO TOCANTINS. ITERTINS. **Mapa Loteamento Pequizeiro/Gleba 04, Folhas 3 e 4, Escala 1:100.000. 1992**. Impresso. Palmas, 2013.

LOPES, J.S.F.; SANTOS, L. do; GASPARETTO, L. **Análise de metodologias de mapeamento**. In: X Simpósio de Geografia Física Aplicada, 2003, p 606-615.

LOUREIRO, W. **Contribuição do ICMS ecológico à conservação da biodiversidade no estado do Paraná**. 2002. 206 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

MACIEL, Raimundo Claudio Gomes, REYDON, Bastiaan P., COSTA, Jeísa Accioly, SALES, Gardênia de Oliveira de Oliveira. Pagando pelos Serviços Ambientais: Uma proposta para a Reserva Extrativista Chico Mendes. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 3, Sept. 2010. Disponível em:

<http://www.scielo.br/ez6.periodicos.capes.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672010000300007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 out. 2012.

MAGALHÃES, I. A. L.; NERY, C. V. M.; ZANETTI, S. S.; PENA, F. E. da R.; AVELINO, R. C.; SANTOS, A. R. dos. Uso de geotecnologias para estimativa de perda solo e identificação das áreas susceptíveis a erosão laminar na sub-bacia hidrográfica do rio vieira, município de Montes Claros, MG. **Cadernos de Geociências**, v. 9, n. 2, novembro 2012. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/cadgeoc/article/view/5917>>.

Acesso em: 11 dez. 2013.

MANFREDINI, Fábio; GUANDIQUE, Manuel Enrique Gamero. **A regulamentação jurídica de serviços ambientais no município de Extrema – MG**. HOLOS Environment, v.11 n.2, 2011 - P. 106. Disponível em:

<<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/holos/article/view/5618>>. Acesso em 10 set. 2012.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira**. 2003. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1185895645304/4044168-1185895685298/010CausasDesmatamentoAmazoniaBrasileira.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2013.

MARTINI, Luiz Carlos Pittol; TRENTINI, Élen Cristin. **Agricultura em zonas ripárias do sul do Brasil: conflitos de uso da terra e impactos nos recursos hídricos**. Soc. estado., Brasília, v. 26, n. 3, dez. 2011 . Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69922011000300010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 22 nov. 2012.

MARTINS, F.B. et al. Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). Estudo de caso. **Cerne**, Lavras, v.11, n.3, p.315-322, jul./set. 2005.

MINAS GERAIS (Estado). **Lei n° 17.727**, de 13 de agosto de 2008. Dispõe sobre a criação do Programa Bolsa Verde. Disponível em:

<<http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/bolsaverde/lei%2017.727%20-%202013.08.2008.pdf>> . Acesso em: 6 fev.2013.

MINAS GERAIS. **Instituto Estadual de Florestas – IEF**. 2013. 1ª Relação de beneficiários do programa Bolsa Verde – 2011. Disponível em:

<<http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/bolsaverde/2012/1%20relao%20dos%20beneficirios%20do%20bolsa%20verde%20de%202011%20aprovados.xls>>. Acesso em: 29 jan.2013.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 21 out. 2013.

MORAES, Maria Eugênia Bruck; FERREIRA, Brenda Nascimento. Proposição Metodológica de Zoneamento Ambiental para Bacias Hidrográficas. O caso da Bacia Hidrográfica do Rio Almada, Bahia, Brasil. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, V.3, N.4, p. 1229-1241, 2012. Disponível em: <<<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/viewFile/244/227>>>. Acesso em 17 out. 2012.

MORAES, Jorge Luiz Amaral. Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) como Instrumento de Política de Desenvolvimento Sustentável dos Territórios Rurais: O Projeto Protetor Das Águas de Vera Cruz, RS. **Revista Sustentabilidade em Debate** - Brasília, v. 3, n. 1, p. 43-56, jan/jun 2012. Disponível em: <<http://seer.bce.unb.br/index.php/sust/article/view/7196/5664>>. Acesso em: 06 fev. 2013.

MUELLER, Charles C. **O Debate dos Economistas sobre a Sustentabilidade – Uma Avaliação sob a Ótica da Análise do Processo Produtivo de Georgescu-Roegen**. Est. Econ., São Paulo, v. 35, n. 4, p. 687-713, out-dez 2005.

OLIVEIRA, Paula Cristina Almeida de; RODRIGUES, Sílvia Carlos. Utilização de cenários ambientais como alternativa para o zoneamento de bacias hidrográficas: estudo da bacia hidrográfica do Córrego Guaribas, Uberlândia MG. **Soc. Nat.** (Online), Uberlândia, v. 21, n. 3, dez. 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132009000300006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 21 nov. 2012.

OLIVEIRA, Luiz Rodrigues. **Serviços ambientais da agricultura familiar: contribuições para o desenvolvimento sustentável da Amazônia**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008, 153 p. Dissertação de Mestrado.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Avaliação ecossistêmica do milênio. Disponível em: <<http://www.cdb.gov.br/CDB/cdb8>>. Acesso em: 12 dez. 2010.

PEIXOTO, Marcus. **Pagamento por serviços ambientais: Aspectos teóricos e proposições legislativas**. 2011. Núcleo de Estudos e Pesquisa do Senado. Disponível em: <www.senado.gov.br/conleg/nepsf1.html>. Acesso em: 29 jan. 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE COUTO DE MAGALHÃES. **Entrevista e pesquisa realizada junto à Secretaria de Ação Social**. Couto de Magalhães: 2012

PORTELA, Nilza Franco; BRAGA, Tânia Moreira. **Estudo de Casos Regionais: conflitos federativos em gestão de recursos hídricos no Brasil: reflexões a partir do caso da bacia do Rio Macaé (RJ)**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 2 n. 2, jul. / dez. 2008. Disponível em: <<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/viewFile/244/227>>. Acesso em 20 out. 2012.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estud. av., São Paulo, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 21 nov. 2012.

PORTO, M. F. A.; LOBATO, F. Mechanisms of Water Management: Command & Control and Social Mechanisms. **Revista de Gestion Del'Agua de America Latina**, v.2, p.113-29, 2004a.

_____. Mechanisms of Water Management: Economics Instruments and Voluntary Adherence Mechanisms. **Revista de Gestion Del'Agua de America Latina**, v.1, p.132- 46, 2004b.

REYDON, Bastiaan Philip. **O desmatamento e o cadastro de terras na floresta Amazônica**. 2008. Jornal da Unicamp. Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/jornalPDF/ju386pag02.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2013.

REYDON, Bastiaan Philip; ROMEIRO, Ademar Ribeiro. (2000). Desenvolvimento da Agricultura Familiar e reabilitação das terras alteradas na Amazônia. **Reforma Agrária e Desenvolvimento Sustentável**, Brasília/DF, v.1, p. 311-317, 2000.

RIBEIRO, J.F.ed. **Cerrado: matas de galerias**. Brasília, Embrapa – CPAC, 1998, 164 p.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Pp. 153- 212. **In: S.M. Sano; S.P. Almeida & J.F. Ribeiro (eds.). Cerrado: ecologia e flora**. v. 1. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 1998.

RIO DE JANEIRO. Secretaria de Estado do Ambiente – SEA. **Pagamento por serviços ambientais: projeto piloto rio Guandu**. Disponível em: <<http://www.rj.gov.br/web/sea/exibeconteudo?article-id=549487>>. Acesso em: 29 jan. 2013.

ROLIM,G.S.; SENTELHAS,P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCELTM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6,n.1,p133-137,1998. Disponível em: < <http://www.lce.esalq.usp.br/angelocci/BHseq63.xls> >. Acesso em 04 jan. 2014.

ROSSETE, Amintas Nazareth. Zoneamento Ambiental para o Município de Querência, Mato Grosso - Brasil. **Anais... IX Congresso de Ecologia do Brasil**, 13 a 17 de Setembro de 2009, São Lourenço – MG.

SEEHUSEN, Susan Edda; PREM, Ingrid. Por que Pagamentos por Serviços Ambientais? 2011. **In: Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios / Fátima Becker Guedes e Susan Edda Seehusen; Organizadoras**. – Brasília: MMA, 2011.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia Agrícola: Balanço Hídrico Climatológico Normal e Sequencial, de Cultura e para Manejo da Irrigação**. ESALQ/USP. São Paulo, 2012. Disponível em: < <http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/Aula9.pdf>> . Acesso em: 04 jan. 2013.

SHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**, Bahia: Ilhéus, 2002, 293 p.

SILVA, Vanessa Cecília Benavides. **Criando Mapa de Susceptibilidade Erosiva no ArcGIS**. 2013. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Tutorial). Disponível em: < <http://andersonmedeiros.com/mapa-susceptibilidade-erosiva-arcgis/>>. Acesso em: 23 set. 2013.

SILVA, Vanessa Cecília Benavides ; MACHADO, Patrícia de Sá . Procedimentos Metodológicos para Mapeamento das Classes de Susceptibilidade Erosiva da Bacia do Córrego Mutuca, Nova Lima (MG). **In: XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 2013, Vitória/ES. Anais, 2013. Disponível em: < <http://www.xvsbgfa2013.com.br/anais/eixo03.html>>. Acesso em: 26 set. 2013.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of American Geophysical Union**, v.38, p.913-20, 1957.

TEIXEIRA, Carlos Geraldo. **Pagamento por serviços ambientais de proteção às nascentes como forma de sustentabilidade e preservação ambiental**. Conselho de Justiça Federal. Brasília: CEJ, 2012.

THE NATURE CONSERVANCY. **ICMS Ecológico** (Website). 2012. Disponível em: <<http://www.icmsecologico.org.br/>. Curitiba - PR. 2013.>. Acesso em: 20 nov. 2012.

_____. **Pagamento por Serviços Ambientais e Restauração Florestal em Larga Escala na Mata Atlântica: Projeto Produtor de Água – PCJ**. 2010. Disponível em < http://www.esmp.sp.gov.br/2010/material_apoio/Material_Areas_risco_Paraitinga/areas_risco_projeto_agua.ppt>. Acesso em: 23 fev. 2013.

TOCANTINS (Estado). **Lei nº 1.323 de 4 de abril de 2002**. Dispõe sobre os índices que compõem o cálculo da parcela do produto da arrecadação do ICMS pertencente aos Municípios e adota outras providências. Diário Oficial do Estado, Poder Executivo, Palmas, TO, 05 abr. 2002. Seção 1, p. 29514.

TOCANTINS (Estado). **Decreto nº 1.666, de 26 de dezembro de 2002**. Regulamenta a Lei 1.323, de 4 de abril de 2002, que dispõe sobre os índices que compõem o cálculo da parcela do produto da arrecadação do ICMS pertencentes aos Municípios. Diário Oficial do Estado, Poder Executivo, Palmas, TO, 27 dez. 2002. Seção 1, p. 34723.

TOCANTINS (Estado). Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Bases Vetoriais/ Dados Geográficos: Folha MI 1343. 2004/2007. Escala 1:100.000**. Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br/seplan/Publicacoes>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

_____. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública/Secretaria de Infraestrutura. **Bases Vetoriais/ Dados Geográficos: Folha MI 1343. 2008. Escala 1:250.000.** Disponível em: <<http://www.seplan.to.gov.br/seplan/Publicacoes>>. Acesso em: 27 mar. 2013.

_____. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública/Secretaria de Infraestrutura. **Mapa Rodoviário 2012.** SEPLAN/SEINFRA, 2012a. Disponível em: <http://www.seplan.to.gov.br/seplan/Publicacoes/MAPAS_2012/Rodoviario_TO_2012_SEPLAN.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2013. Escala 1:1.000.000.

_____. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública. **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial.** 6^a ed. 2012b. Disponível em: <http://www.seplan.to.gov.br/seplan/Publicacoes/Atlas2012/z_Completo_Atlas_do_Tocantins_2012_portugues.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2013.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG.** 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/tonello,kc-m.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2013.

TURETTA, Ana Paula Dias; BALIEIRO, Fabiano de Carvalho, CARDOSO, Monica de Oliveira. Mapeamento de Serviços Ambientais como suporte à programas de PSA. **In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE PAGAMENTOS POR SERVIÇOS AMBIENTAIS**, 4., 2012, São Paulo. Resumo. São Paulo: Senac, 2012. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/943954>>. Acesso em: 26 jan. 2013.

VAEZA, R. F.; OLIVEIRA, P. C. de F.; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Floresta e Ambiente**, 2010 jan./jun.; 17(1):23-29. Disponível em: <<http://www.floram.org/files/v17n1/v17n1a3.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2013.

VEIGA, Fernando; GAVALDÃO, Marina. Iniciativas de PSA de Conservação dos Recursos Hídricos na Mata Atlântica. 2011. **In: Pagamentos por Serviços Ambientais na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios / Fátima Becker Guedes e Susan Edda Seehusen; Organizadoras.** – Brasília: MMA, 2011.

VILAR, Mariana Barbosa. **Valoração econômica de serviços ambientais em propriedades rurais.** Dissertação Mestrado. Viçosa, MG, 2009. 146 p.

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

WUNDER, Sven. **Payment for environmental services: some nuts and bolts.** 2005. Disponível em: <http://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2013.

WUNDER, Sven. The Efficiency of Payments for Environmental Services in Tropical Conservation. **Conservation Biology**, 2007. v. 21. Disponível em: <<http://www.eubarnet.eu/wp-content/uploads/2012/09/Wunder-The-Efficiency-of-payments.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2013.

WUNDER, Sven (Coord.); BÖRNER, Jan; TITO, RÜGNITZ, Marcos; PEREIRA, Lúgia. **Pagamentos por serviços ambientais: perspectivas para a Amazônia Legal**. 2ª ed., rev. – Brasília: MMA, 2009.

YOUNG, C.E. F. **Mecanismos de Financiamento para a Conservação no Brasil**. 2005. Disponível em: <http://www.conservation.org.br/publicacoes/files/27_Carlos_Eduardo.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2013.

ZANICHELLI, Stephanie Bueno. **Valoração econômica dos bens e serviços ambientais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2011. 103 p.

ZOLIN, C. A. **Análise e otimização de projetos de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) utilizando Sistemas de Informações Geográficas (SIG) – o caso do município de Extrema, MG**. Tese (Doutorado): Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. São Paulo: Piracicaba, 2010, 128 p.

APÊNDICE A

EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS E NACIONAIS NOS MOLDES DE PSA

Esquema	País(es)	Serviço(s)	Pagamentos por	Comprador	Escala de transação	Tamanho	Fontes
Risemp	Colômbia Costa Rica Nicarágua	Biodiversidade e carbono	Recuperação (Silvipastoril)	Agência internacional (GEF)	Internacional (3 países)	3.500 ha	Pagiola et al. (2005, 2007)
Pimampiro	Equador	Água	Conservação/ Recuperação	Governo Municipal	Local	496 ha	Echavarría et al. (2004), Wunder & Albán (2008)
<i>Conservation Reserve Program (CRP)</i>	USA	Água, biodiversidade, solo etc.	Recuperação (práticas agrícolas e retirada de terras da produção)	Governo Central	Nacional	14.500.000 ha	Claassen et al. (2008)
Profafor	Equador	Carbono	Restauração (plantação)	Companhias Privadas	Regional (províncias selecionadas)	22.300 ha	Albán & Argüello (2004), Wunder & Albán (2008)
<i>PSA program</i>	Costa Rica	Carbono, água, biodiversidade, beleza cênica	Conservação/Recuperação	Setor Público	Nacional	270.000 ha	Pagiola (2008)
Vittel	França	Água	Conservação / Recuperação (práticas agrícolas)	Companhia Privada	Local	5.100 ha	Perrot-Maitre (2006)
Plantar	Brasil	Captura de carbono	Toneladas de carbono capturado	Agência internacional (<i>Prototype Carbon Fund</i>)	Local	23.100 ha	May et al. (2003)
Proambiente	Brasil	Vários (carbono, água, qualidade de solo etc.)	Desmatamento evitado e práticas agrícolas	Governo Federal	Nacional	4.000 famílias em 10 polos pioneiros	Hall (2007), Viana et al. (2006), Medeiros et al. (2007)
“Conservador das águas” - Extrema	Brasil	Vários (carbono, água, qualidade de solo etc.)	Preservação e conservação	Governo municipal	Municipal	81 propriedades rurais	Governo municipal Extrema – MG (2010)

Esquema	País(es)	Serviço(s)	Pagamentos por	Comprador	Escala de transação	Tamanho	Fontes
PSA ‘Projeto Oásis’	Brasil	Vários (carbono, água, qualidade de solo etc.)	Preservação e conservação	Fundação Grupo Boticário	Regional (em 4 estados: SP, PR, SC e MG)	216 propriedades rurais (2.088,00 ha)	Fundação Grupo Boticário (2012)
Bolsa Floresta	Brasil	Carbono e biodiversidade	Desmatamento evitado	Governo Estadual	Estadual (áreas protegidas)	Até 8.500 famílias	Governo do Amazonas (2007)
Bolsa Verde	Brasil	Carbono e biodiversidade	Manutenção e recuperação da cobertura vegetal nativa.	Governo Estadual	Estadual (Agricultores Familiares e/ou Pequenos produtores)	739 produtores (29.227,90 ha de vegetação nativa)	Instituto Estadual de Floresta de Minas Gerais - IEF (2012)
PSA – Projeto piloto Alto Guandu	Brasil	Vários (carbono, água, qualidade de solo etc.)	Conservação e restauração de florestas	Governo Estadual	Local (município de Rio Claro/ bacia do rio Guandu)	30 proprietários rurais	Governo do Rio de Janeiro: Secretaria de Estado do Ambiente (2008)
PSA ProdutorES de Água	Brasil	Água e solo	Combate à erosão, assoreamento dos corpos de água e infiltração de água no solo	Governo Estadual	Estadual (03 Bacias hidrográficas prioritárias)	190 produtores rurais (1.895,00 ha)	Governo do Espírito Santo: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA) e Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) (2010)
PSA – Projeto piloto “Protetor das águas”	Brasil	Água e solo	Combate à erosão, assoreamento dos corpos de água e infiltração de água no solo	Governo Municipal e iniciativa privada	Local (sub-bacia do arroio Andreas – RS)	23 produtores rurais (700,00 ha)	Moraes (2012)
Programa de Apoio à Conservação Ambiental “Bolsa Verde”	Brasil	Água, solo, biodiversidade.	Práticas agrícolas sustentáveis	Governo Federal	Nacional (Agricultores familiares, pequenos produtores em situação de extrema pobreza)	18.860 famílias	Governo federal: MMA, MDS, MDA (2012)

Fonte: Adaptado de “Pagamentos por Serviços Ambientais: perspectivas para a Amazônia Legal – MMA”, (WUNDER et al. 2009).

APÊNDICE B

INICIATIVAS DE PSA – RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL EM FASE DE DESENVOLVIMENTO E ELABORAÇÃO	
PROJETOS EM DESENVOLVIMENTO	UF
TNC - Camboriú	SC
TNC - Pípiripau	GO
TNC - Município de São Paulo	SP
TNC - Corredores do Vale do Guaratinguetá	SP
Promotória de Justiça do Ministério Público do Estado do MS - Campo Grande	MS
Prefeitura Municipal de São José dos Campos - Produtor de Água São Francisco Xavier	SP
SOS Mata Atlântica /CI - Entorno RPPN Feliciano Abdala/Corredor Muriqui	MG
Instituto Xopotó - Nascentes do Rio Doce – Brás Pires	MG
IBIO - Ribeirão do Boi Sustentável	MG
IBIO - Desenvolvimento Rural Sustentável na Bacia do Rio Santo Antônio	MG
IEMA - Florestas para a Vida	ES
IEMA/ IBIO - ProdutorES de Água – Bacia do Rio São José	ES
Comitê da Bacia Hidrográfica Lagos São João - Consórcio Intermunicipal Lagos São	ES
Comitê de Bacias Hidrográficas Sorocaba e Médio-Tietê - CBH Sorocaba e Médio-Tietê	SP
Prefeitura de Itabira - Promata Itabira	MG
Prefeitura de Itamonte - Promata Itamonte - Atitude Verde	MG
Prefeitura de Carlos Chagas - Promata Carlos Chagas	MG
Amanhãgua - Promata Amanhãgua	MG
AMAJF /TNC - Promata AMAJF	MG
4 Cantos do Mundo/AMA A LAPINHA - Promata 4 Cantos - AMA Lapinha	MG
Conservação Estratégica - Parque Estadual Três Picos	RJ
PROJETOS EM ELABORAÇÃO	UF
Porto Seguro	BA
Saneatins - Bacia do Taquarassu, Palmas	TO
DAEPA - Rio Dourados, Córrego Feio, Patrocínio	MG
Prefeitura Municipal de Luis Eduardo Magalhães - Rio Tocantins	BA

Grupo Mata Ciliar de Piracicaba - PSA Corumbataí, Bacia do Corumbataí	SP
Comitê Coordenador de Políticas Agrícolas e Agrárias do SUTRAF-AU - Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Apuaê-Inhandava	RS
Prefeitura Municipal de São José do Rio Preto - São José do Rio Preto	SP
Prefeitura Municipal de Estrela - Rio Taquari, Estrela	RS
Consórcio Municipal Quiriri - São Bento do Sul, Rio Negrinho, Corupá e Campo Alegre	SC
Prefeitura Municipal de Lagoinha - Rio Paraitinga, Lagoinha	SP
ONG MAE - Londrina	PR
OIKOS - PSA Vale do Paraíba	SP

Fonte: Veiga e Gavaldão (2011).

APÊNDICE C

Áreas e percentuais das propriedades rurais inseridas na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, município de Couto de Magalhães, Tocantins.

Lote	Área (km ²)	Zona 1 – Muito Favorável ao PSA (km ²)	Zona 1 - Muito Favorável ao PSA (%)	Zona 2 – Favorável ao PSA (km ²)	Zona 2 – Favorável ao PSA (%)	Zona 3 – Moderadamente Favorável ao PSA (km ²)	Zona 3 – Moderadamente Favorável ao PSA (%)	Zona 4 – Pouco Favorável ao PSA (km ²)	Zona 4 – Pouco Favorável ao PSA (%)
1	0,24	0,00008	0,03	0,22911	95,05	0,00000	0,00	0,01185	4,92
2	0,13	0,00002	0,01	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,13012	100,0
3	0,18	0,00013	0,07	0,01046	5,97	0,00000	0,00	0,16470	93,96
4	0,08	0,00003	0,04	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,07893	99,96
5	0,13	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,12576	100,00
6	0,28	0,00018	0,07	0,01402	5,03	0,00000	0,00	0,26448	94,90
7	0,28	0,00001	0,00	0,08700	30,69	0,00000	0,00	0,19649	69,31
8	0,44	0,00002	0,00	0,17970	40,64	0,00000	0,00	0,26241	59,35
9	0,02	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,02146	100,00
10	0,03	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,02701	100,00
11	0,05	0,00002	0,05	0,01925	42,13	0,00000	0,00	0,02643	57,83
12	0,15	0,00010	0,07	0,14842	99,61	0,00000	0,00	0,00048	0,32
13	0,70	0,00016	0,02	0,15881	22,64	0,00000	0,00	0,54244	77,34
14	0,30	0,00009	0,03	0,23415	79,12	0,00000	0,00	0,06170	20,85
15	0,32	0,00023	0,07	0,02825	8,87	0,00000	0,00	0,29017	91,06
16	0,07	0,00000	0,00	0,06801	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
17	0,11	0,00002	0,02	0,02280	20,21	0,00000	0,00	0,09000	79,77
18	0,22	0,00022	0,10	0,16437	73,63	0,00000	0,00	0,05865	26,27
19	0,10	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,10132	100,00	0,00000	0,00
20	0,22	0,00018	0,08	0,04404	20,24	0,00000	0,00	0,17339	79,68
21	2,69	0,61946	23,05	0,71374	26,55	1,35465	50,40	0,00000	0,00
22	10,54	4,02623	38,18	1,45528	13,80	4,28246	40,62	0,78007	7,40
23	2,88	0,59016	20,49	0,68434	23,76	0,00000	0,00	1,60526	55,74
24	0,29	0,11165	39,13	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,17372	60,87
25	2,71	0,97022	35,80	0,17761	6,55	0,22964	8,47	1,33280	49,18
26	2,40	0,37562	15,63	0,97424	40,53	0,00000	0,00	1,05400	43,85
27	2,17	0,28438	13,09	1,15127	52,98	0,00000	0,00	0,73719	33,93
28	2,37	0,33469	14,14	1,68146	71,05	0,35028	14,80	0,00000	0,00
29	6,52	1,30016	19,94	0,14960	2,29	0,00000	0,00	5,07167	77,77
30	0,35	0,00001	0,00	0,28436	81,66	0,00000	0,00	0,06386	18,34
31	2,58	0,95733	37,17	1,46121	56,74	0,15689	6,09	0,00000	0,00
32	0,20	0,00000	0,00	0,20238	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
33	0,32	0,00000	0,00	0,32208	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
34	2,46	0,36888	15,01	0,73121	29,76	1,08984	44,35	0,26743	10,88
35	0,70	0,07477	10,63	0,62865	89,37	0,00000	0,00	0,00000	0,00
36	2,90	2,38930	82,25	0,51564	17,75	0,00000	0,00	0,00000	0,00

Áreas e percentuais das propriedades rurais inseridas na sub-bacia do Ribeirão Santa Maria, município de Couto de Magalhães, Tocantins.

Lote	Área (km ²)	Zona 1 – Muito Favorável ao PSA (km ²)	Zona 1 - Muito Favorável ao PSA (%)	Zona 2 – Favorável ao PSA (km ²)	Zona 2 – Favorável ao PSA (%)	Zona 3 – Moderadamente Favorável ao PSA (km ²)	Zona 3 – Moderadamente Favorável ao PSA (%)	Zona 4 – Pouco Favorável ao PSA (km ²)	Zona 4 – Pouco Favorável ao PSA (%)
37	7,70	0,00000	0,00	1,35482	17,60	6,34094	82,40	0,00000	0,00
38	0,53	0,23216	43,53	0,00000	0,00	0,30123	56,47	0,00000	0,00
39	2,02	0,65245	32,35	1,36448	67,65	0,00000	0,00	0,00000	0,00
40	4,03	2,03615	50,59	0,35531	8,83	1,63371	40,59	0,00000	0,00
41	0,50	0,21085	42,26	0,00000	0,00	0,28811	57,74	0,00000	0,00
42	6,59	1,46583	22,24	5,12500	77,76	0,00000	0,00	0,00000	0,00
43	0,48	0,13912	28,83	0,00000	0,00	0,34346	71,17	0,00000	0,00
44	0,42	0,15899	37,62	0,00000	0,00	0,26364	62,38	0,00000	0,00
45	0,31	0,08511	27,15	0,00000	0,00	0,22836	72,85	0,00000	0,00
46	0,26	0,26055	99,79	0,00000	0,00	0,00055	0,21	0,00000	0,00
47	0,34	0,10385	30,53	0,23630	69,47	0,00000	0,00	0,00000	0,00
48	0,30	0,07361	24,20	0,23059	75,80	0,00000	0,00	0,00000	0,00
49	0,30	0,16616	55,15	0,13514	44,85	0,00000	0,00	0,00000	0,00
50	0,25	0,08288	33,43	0,16500	66,57	0,00000	0,00	0,00000	0,00
51	0,35	0,23796	68,96	0,10710	31,04	0,00000	0,00	0,00000	0,00
52	2,49	0,69644	27,98	1,79300	72,02	0,00000	0,00	0,00000	0,00
53	3,75	3,28854	87,78	0,45800	12,22	0,00000	0,00	0,00000	0,00
54	5,01	5,01394	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
55	0,11	0,11130	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
56	3,18	3,18432	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
57	0,40	0,39793	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
58	0,60	0,60146	100,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00	0,00000	0,00
59	10,45	4,17932	40,00	0,47300	4,53	4,23540	40,54	1,56000	14,93
60	1,44	0,45400	31,62	0,28140	19,60	0,25547	17,79	0,44513	31,00
61	0,62	0,46800	75,80	0,00000	0,00	0,14940	24,20	0,00000	0,00
----	98,5 km²	36,71 km²	-----	24,62 km²	-----	21,61 km²	-----	15,62 km²	-----