

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO *VERSUS* PLANOS DE
RECURSOS HÍDRICOS, COM APLICAÇÃO NA REGIÃO NORTE DO
ESTADO DO TOCANTINS**

Danielle Soares Magalhães

Porto Alegre, RS - Brasil

Abril de 2010

DANIELLE SOARES MAGALHÃES

**ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO *VERSUS* PLANOS DE
RECURSOS HÍDRICOS, COM APLICAÇÃO NA REGIÃO NORTE DO
ESTADO DO TOCANTINS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Carlos André Bulhões Mendes

Co-orientador: Prof. Dr. Fernán Vergara Figueroa

Porto Alegre, RS – Brasil

Abril de 2010

TERMO DE APROVAÇÃO

DANIELLE SOARES MAGALHÃES

ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO VERSUS PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS COM APLICAÇÃO NA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Carlos André Bulhões Mendes

Núcleo de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos IPH/UFRGS

Prof. Dr. André Luiz Lopes da Silveira

Examinador Interno

Prof. Dr. Olavo Correa Pedrollo

Examinador Interno

Prof. Dr. Geraldo Lopes da Silveira

Examinador Externo

Porto Alegre, 09 de abril de 2010

À vida,
às possibilidades,
à opção, e...
a **VOCÊ**,
que é opção,
possibilidade, e
vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado confortando-me nos momentos difíceis e compartilhando dos momentos felizes.

A minha família, em especial aos meus pais, por ter me ensinado a forma mais simples de conduzir a vida e a Duda, por ser minha alegria de viver.

Em especial, ao companheiro de todas as horas, Walter Ohofugi Jr, pelo amor, dedicação e compreensão por todos os momentos difíceis ao longo desta pesquisa.

A Gabi Ohofugi, por ser paciente ao ouvir repetidamente a respeito da evolução deste trabalho e a Ana Clara pelos momentos “uga-uga” de alegria e distração.

Aos amigos, pelo incentivo e pela compreensão nas longas horas subtraídas de convívio durante todo o tempo da elaboração desta dissertação.

Ao Amigo, engenheiro Fued Abrão Jr, pelo incentivo e por fazer-me acreditar que em tudo somos capazes.

Ao meu orientador, Prof. Carlos André Bulhões Mendes, pela valiosa orientação, apoio e gentileza, fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Ao coordenador e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do IPH-UFRGS, pelos conhecimentos transmitidos durante todo o curso.

Ao Professor Fernán Vergara, pelo incentivo e sugestões para elaboração deste trabalho.

Aos amigos e colegas do curso, em especial a Lucia Leiko, Rubens Brito, Ana Iracy, Dalvany e Rodrigo Lobato, pela amizade e conforto transmitidos pelas palavras.

Aos colegas e amigos do trabalho, em especial ao Sérgio Luis, por compreender os momentos ausentes do ofício diário.

Aos técnicos da Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico da Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins, em especial ao colega Rodrigo Sabino.

A Simone Dutra, Jaildo Santos Pereira e Professor Chiaranda, pelo conhecimento a mim transmitido, sem o qual não seria capaz de elaborar este trabalho.

A todos, que de alguma forma contribuíram para que até aqui eu chegasse.

“Deus é puríssima essência.
Para os que têm fé nele, Deus
simplesmente é.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

No Brasil, particularmente nas últimas décadas, um considerável número de instrumentos de políticas foram criados, para uma melhor gestão dos recursos naturais do país. Dentre os instrumentos, destacam-se o Zoneamento Ecológico-Econômico e os Planos de Recursos Hídricos, ambos de políticas ambientais distintas, porém com objetivos, em partes, semelhantes, ao proporem, em seu escopo, a criação de áreas sujeitas à restrição de uso para uma melhor gestão do território e dos recursos hídricos, respectivamente. Diante da problemática de dinamizar o planejamento ambiental, este trabalho tem como objetivo analisar a efetividade de ambos os instrumentos de políticas ao considerar o efeito das proposições dos usos do solo sobre a disponibilidade quantitativa dos recursos hídricos de uma bacia. Para testar a efetividade dos instrumentos será desenvolvido um caso de estudo na região norte do Estado do Tocantins, especificamente nas bacias dos rios Lontra e Corda, inseridas no sistema hidrográfico do rio Araguaia. As bacias foram selecionadas por possuírem elaborados um plano de Zoneamento Ecológico-Econômico e um Plano de Bacia Hidrográfica, a serem implantados em uma mesma área. Os rios das bacias em apreço apresentam uma considerável interação com os recursos hídricos subterrâneos, necessitando de uma gestão integrada das componentes hídricas. Aplicaram-se filtros digitais recursivos para separação do escoamento de base do escoamento total de hidrogramas das séries históricas de duas estações fluviométricas (2820000 e 28240000 – Hidroweb/ANA) e observou-se que 80 e 76% das vazões dos rios são mantidas pelos aquíferos da região. Ao considerarem que os aquíferos são importantes para manutenção da vazão dos rios e que os mesmos estão localizados em áreas propícias a usos do solo, este trabalho buscou localizar, na área em estudo, as áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea, possivelmente áreas de recarga de aquíferos (CHIARANDA, 2002), a fim de observar as proposições de ambos os instrumentos para as referidas áreas. Com o auxílio de técnicas de ponderação, análise e cruzamento de mapas temáticos em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi possível observar que grande parte da área das bacias dos rios Lontra e Corda estão inseridas em classes de muito alta a alta capacidade de armazenamento de água subterrânea. Como resultado da análise da efetividade dos instrumentos, algumas divergências foram observadas quanto à proposição das zonas, que no ato da implementação dos instrumentos poderá acarretar prejuízos econômicos e/ou ambiental para a região, a exemplo, a indicação para uma mesma localidade de criação de áreas restritas ao uso e de ocupação por atividades humanas. Ao realizar o cruzamento das zonas dos ZEE's sobre as áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea, observou-se que ambos os instrumentos propõe áreas de ocupação humana, sobre as áreas de maior potencial de armazenamento de água subterrânea. Não sendo evidenciada nenhuma proposta quanto aos cuidados específicos em relação à preservação destas áreas, não reconhecendo a interação existente entre as águas subterrâneas e superficiais e sua necessidade de gestão integrada para uma melhor qualidade ambiental da região.

Palavras-Chave: Zoneamento Ecológico-Econômico, Planos de Recursos Hídricos, Escoamento de Base, Capacidade de Armazenamento de água Subterrânea, Gestão Integrada.

ABSTRACT

In Brazil, particularly in recent decades, a considerable number of policy instruments were created for better management of natural resources of the country. Among the instruments stand out from the Ecological and Economic Zoning and Plans of Water Resources, both of different environmental policies, but with goals, in part, similar to propose in its scope, the creation of areas subject to use restrictions for better land management and water resources, respectively. Regarding the problem of dynamic environmental planning, this work is to analyze the effectiveness of both policy instruments to consider the effect of the proposals of land use on the availability of water resources in a bowl. To test the effectiveness of both instruments will be developed a case study in the northern state of Tocantins, specifically in the basins of the rivers Otter and rope, inserted in the hydrographic system of the Araguaia River. The basins were selected because they have drawn up a plan of Ecological-Economic Zoning Plan and a Watershed, both to be deployed in the same area. The rivers in this basin have a considerable interaction with the groundwater resources, requiring an integrated component of water. Applied to recursive digital filters for separating the base flow of total flow hydrographs of historical series of two gauged stations (2820000 and 28240000 - Hidroweb / ANA) and observed that 80 and 76% of the flows of rivers are maintained by aquifers the region. In considering that the aquifers are important for maintaining river flows and that they are located in areas conducive to land use, this study tried to find, in the study area, the potential areas of water storage underground, possibly recharge areas aquifer (CHIARANDA 2002), in order to observe the propositions of both instruments for those areas. With the help of techniques of measurement, analysis and cross-thematic maps in an environment of geographic information system (GIS), it was observed that much of the area of the basins of rivers Otter and rope are placed in classes for very high discharge capacity storage of groundwater. Based on the analysis of the effectiveness of the instruments, some differences were observed concerning a proposed areas, which at the time of implementation of both instruments may cause economic losses and / or environmental in the region, such as the indication for the same location establishment of restricted areas to use and occupancy by human activities. When performing the crossroad of the exclusive economic areas of potential water storage underground, it was observed that both instruments proposed areas of human occupation on the areas of greatest potential for water storage underground. Not being shown any proposal regarding the specific care for the preservation of these areas, not recognizing the interaction between groundwater and surface water and their need for integrated management for better environmental quality in the region.

Keywords: Ecological-Economic Zoning, Water Resources Plan, Base Flow, Storage Capacity of Underground Water, Integrated Management.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - SITUAÇÃO DOS PLANOS ESTADUAIS DE REC. HÍDRICOS NO BRASIL .....	..13
FIGURA 2 - SITUAÇÃO DOS PERH EM BACIAS DE DOMÍNIO ESTADUAL .....	..14
FIGURA 3 - ESQUEMA DAS CAMADAS DE SOLO E O COMPORTAMENTO DA ÁGUA EM SUB-SUPERFÍCIE .....	..19
FIGURA 4 - HIDROGRAMA TIPO .....	..20
FIGURA 5 - FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA PESQUISA .....	..31
FIGURA 6 - MODELO DE ANÁLISE .....	..36
FIGURA 7 - FLUXOGRAMA METODOLÓGICO PARA APLICAÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE EM AMBIENTE SIG .....	..40
FIGURA 8 - ÁREA DE ABRANGÊNCIA E LOCALIZAÇÃO DO ZEE DO NORTE DO TO .....	..46
FIGURA 9 - ZONAS E SUB-ZONAS DO ZEE DO NORTE DO TO .....	..50
FIGURA 10 - LOCALIZAÇÃO DAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA .....	..52
FIGURA 11 - DINÂMICA DO ZEE DO PBHRLC .....	..55
FIGURA 12 - ZEE PROPOSTO PELO PBHRLC .....	..69
FIGURA 13 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	..61
FIGURA 14 - SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS PROPOSTAS NO ZPB E ZEE DO NORTE .....	..70
FIGURA 15 - LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS .....	..80
FIGURA 16 - HIDROGRAMA DAS VAZÕES MÉDIAS - ESTAÇÃO 28200000 .....	..81
FIGURA 17 - HIDROGRAMA DA ESTAÇÃO 28200000 COM SEPARAÇÃO DO ESCOAMENTO USANDO FILTRO .....	..82
FIGURA 18 - HIDROGRAMA DA ESTAÇÃO 28240000 COM SEPARAÇÃO DO ESCOAMENTO USANDO FILTRO .....	..84
FIGURA 19 - MAPA DA CAPACIDADE ORIGINAL DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA .....	..89
FIGURA 20 - SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS DO ZPB SOBRE AS POTENCIAIS ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	..93
FIGURA 21 - SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS DO ZEE DO NORTE SOBRE AS POTENCIAIS ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	..96
FIGURA 22 - MAPA 01: UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	115
FIGURA 23 - MAPA 02: UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	116
FIGURA 24 - MAPA 03: ALTIMETRIA	117
FIGURA 25 - MAPA 04: SOLOS	118
FIGURA 26 - MAPA 05: ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS	119
FIGURA 27 - MAPA 06: UNIDADES FITOFISIONÔMICAS	120
FIGURA 28 - MAPA TEMÁTICO DERIVADO: PERMEABILIDADE DAS ROCHAS	123
FIGURA 29 - MAPA TEMÁTICO DERIVADO: FLUXO PREFERENCIAL DE PROFUNDIDADE	125
FIGURA 30 - MAPA TEMÁTICO DERIVADO: DECLIVIDADE	127
FIGURA 31 - MAPA TEMÁTICO DERIVADO: POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO	129
FIGURA 32 - MAPA TEMÁTICO DERIVADO: POTENCIAL DE PROFUNDIDADE PARA ARMAZENAMENTO	131
FIGURA 33 - MAPA TEMÁTICO DERIVADO: INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO	133
FIGURA 34 - MAPA TEMÁTICO DERIVADO: GRAUS DE PROTEÇÃO DA COBERTURA VEGETAL ORIGINAL	135

FIGURA 35 – MAPA DO POTENCIAL HIDROLÓGICO DO RELEVO	138
FIGURA 36 – MAPA DO POTENCIAL HIDROLÓGICO DO SOLO.....	139
FIGURA 37 – MAPA DO POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DO MEIO POROSO.....	141
FIGURA 38 – MAPA DA CAPACIDADE POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA.....	143

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DOS RIOS LONTRA E CORDA.....	34
TABELA 2 – VALORES DAS CLASSES DO POTENCIAL ORIGINAL DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	88
TABELA 3 – CLASSIFICAÇÃO E VALORAÇÃO DAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS QUANTO A PERMEABILIDADE	122
TABELA 4 – FORMAS DE RELEVO QUANTO AO FLUXO PREFERENCIAL EM PROFUNDIDADE.....	124
TABELA 5 – DECLIVIDADE DAS VERTENTES DAS BACIAS	126
TABELA 6 – POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO DOS SOLOS.....	128
TABELA 7 – POTENCIAL DE PROFUNDIDADE PARA ARMAZENAMENTO DOS SOLOS	130
TABELA 8 – CLASSES DE INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO	132
TABELA 9 – GRAUS DE PROTEÇÃO DAS UNIDADES FITOFISIONÔMICAS	134
TABELA 10 – POTENCIAL HIDROLÓGICO DO RELEVO	136
TABELA 11 – POTENCIAL HIDROLÓGICO DO SOLO	136
TABELA 12 – VALORES PARA O POTENCIAL HIDROLÓGICO DO RELEVO E POTENCIAL HIDROLÓGICO DO SOLO.....	137
TABELA 13 – PESOS ATRIBUÍDOS A VARIÁVEIS PARA OBTENÇÃO DO POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DO MEIO POROSO.....	140
TABELA 14 – VALORES DO POTENCIAL DE ARMAZENAMENTO DO MEIO POROSO	140
TABELA 15 – PESOS ATRIBUÍDOS AS VARIÁVEIS PARA OBTENÇÃO DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO ORIGINAL DAS BACIAS	142
TABELA 16 – VALORES DAS CLASSES DO POTENCIAL ORIGINAL DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	142

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DA PNMA E PNRH POR EIXOS TEMÁTICOS.....	..17
QUADRO 2 – DEFINIÇÃO E EXTENSÃO TERRITORIAL DE ZONAS E SUB-ZONAS ECOLÓGICAS-ECONÔMICAS DO ZEE DO NORTE DO ESTADO DO TO .....	..48
QUADRO 3 – CARACTERÍSTICAS DAS ZONAS PROPOSTAS NO ZEE DO PBHRLC.....	..58
QUADRO 4 – SOBREPOSIÇÃO DA ZONA 1 DO ZPB COM DEMAIS ZONAS DO ZEE DO NORTE .....	..72
QUADRO 5 – SOBREPOSIÇÃO DA ZONA 2 DO ZPB COM DEMAIS ZONAS DO ZEE DO NORTE .....	..73
QUADRO 6 – SOBREPOSIÇÃO DA ZONA 3 DO ZPB COM DEMAIS ZONAS DO ZEE DO NORTE .....	..74
QUADRO 7 – SOBREPOSIÇÃO DA ZONA 4 DO ZPB COM DEMAIS ZONAS DO ZEE DO NORTE .....	..75
QUADRO 8 – DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS NAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA .....	..78
QUADRO 9 – RELAÇÕES UTILIZADAS PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS TEMAS DERIVADOS E CRITÉRIOS PARA A DEFINIÇÃO DAS CLASSES .....	..87

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

BFI – *Index Flow Base*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PBH – Plano de Bacia Hidrográfica

PBHRLC – Plano de Bacia Hidrográfica dos Rios Lontra e Corda

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PPG-7 – Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais no Brasil

PRH - Plano de Recursos Hídricos

SEPLAN – Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SPRN – Subprograma de Políticas de Recursos Naturais

SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos

UHE – Usina Hidrelétrica

UTB – Unidade Territorial Básica

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

ZPB – Zoneamento do Plano de Bacia dos Rios Lontra e Corda

APÊNDICES

APÊNDICE A – CÁLCULO PARA ESTIMATIVA DO ESCOAMENTO DE BASE UTILIZANDO FILTROS DIGITAIS PARA AS SÉRIES HISTÓRICAS DAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA.....	112
APÊNDICE B - MAPAS E TABELAS UTILIZADAS PARA ELABORAÇÃO DO MAPA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA.....	113

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xiii
1. APRESENTAÇÃO.....	1
1.1 INTRODUÇÃO	1
1.2 RELEVÂNCIA	4
1.3 OBJETIVO	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1 GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS VERSUS USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	5
2.1.1 <i>Desafios do processo de integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão territorial.....</i>	<i>6</i>
2.2 ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL	7
2.2.1 <i>Aplicabilidade do ZEE no Brasil.....</i>	<i>10</i>
2.3 PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO.....	11
2.3.1 <i>Situação atual dos Planos de Recursos Hídricos no Brasil.....</i>	<i>13</i>
2.4 INTERFACES ENTRE ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO E A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	15
2.4.1 <i>Integração dos instrumentos das Políticas de Meio Ambiente e Recursos Hídricos</i>	<i>16</i>
2.5 INTERAÇÃO RIO X AQUÍFERO	17
2.5.1 <i>Escoamento de Base (Escoamento Subterrâneo).....</i>	<i>21</i>
2.5.2 <i>Métodos matemáticos para determinação do Escoamento de Base</i>	<i>22</i>

2.5.2.1 Filtros Numéricos ou digitais recursivos utilizados para separação de hidrogramas	23
2.6 IMPORTÂNCIA DA PRESERVAÇÃO DOS AQUÍFEROS E ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS.....	25
2.7 GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEO	27
3. METODOLOGIA.....	30
3.1 AQUISIÇÃO DE DADOS	32
3.2 DEFINIÇÃO E ANÁLISE DAS ZONAS PROPOSTAS NO ZPB E ZEE DO NORTE	32
3.3 SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS PROPOSTAS PELOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO	33
3.4 ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS AOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS	33
3.5 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA EM ESTUDO	34
3.5.1 – Aplicação do Modelo de Análise em um ambiente SIG.....	39
3.6 SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS DO ZPB E ZEE DO NORTE SOBRE AS ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	41
3.7 CRUZAMENTO DE INFORMAÇÕES ESTABELECIDO RELACIONANDO AS ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA VERSUS ZONAS DO ZPB E ZEE DO NORTE.....	41
3.8 INCORPORAÇÃO DAS RELAÇÕES CAUSAIS ANTERIORES COM AS DIRETRIZES DO PBHRLC E ZEE DO NORTE	42
4. CASO DE ESTUDO: REGIÃO NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS.....	43
4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS	43
4.2 - PLANO DE ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS	44
4.2.1 Zonas e Subzonas propostas no ZEE-Norte do Tocantins	47
4.3 PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS LONTRA E CORDA - PBHRLC	51

4.3.1	<i>Definições das Áreas propostas pelo ZEE do Plano de Bacia Hidrográfica dos Rios Lontra e Corda - ZPB</i>	54
4.3.1.1	Proposta de ZEE nas Bacias dos Rios Lontra e Corda.....	55
4.4	ÁREA DO CASO DE ESTUDO: ÁREA DE INTERSECÇÃO ENTRE O PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA E PLANO DE ZEE DO NORTE	60
4.5	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA.....	62
4.5.1.	- <i>Clima</i>	62
4.5.2	<i>Características hidrológicas</i>	63
4.5.3	<i>Características Geomorfológicas e Geológicas</i>	63
4.5.4	<i>Características Hidrogeológicas</i>	64
4.5.5	<i>Características do solo</i>	65
4.5.6	<i>Características Bióticas</i>	65
4.5.7	<i>Características sócio-econômicas</i>	66
4.5.8	<i>Principais usos dos Recursos Hídricos na região</i>	67
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	68
5.1	SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS PROPOSTAS NO ZONEAMENTO DO PLANO DE BACIA VERSUS ZONAS DO ZEE DO NORTE DO TOCANTINS	68
5.2	ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA A MANUTENÇÃO DAS VAZÕES DOS RIOS LONTRA E CORDA.....	77
5.2.1	<i>Considerações Iniciais</i>	77
5.2.2	<i>Escolha da Área e dados disponíveis</i>	78
5.2.3	<i>Separação de escoamento usando Filtros Digitais</i>	81
5.2.1.3	Estimativa da separação do escoamento usando Filtros Digitais – Estação 2820000	81
5.2.1.4	Estimativa da separação do escoamento usando filtros – Estação 28240000 .	83
5.2.1.4	Estimativa da separação do escoamento usando filtros – Estação 28320000 .	84
5.3	IDENTIFICAÇÃO DAS POTENCIAS ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA EM ESTUDO	85
5.3.1	<i>Análise da Capacidade Potencial Original de Armazenamento das Bacias dos Rios Lontra e Corda</i>	90

5.4 – CRUZAMENTO DE INFORMAÇÕES ESTABELECIDO RELAÇÕES CAUSAIS: ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA VERSUS ZONAS DO ZPB E ZEE DO NORTE.....	91
5.4.1 Zonas do ZPB sobrepostas às áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos rios Lontra e Corda	92
5.4.2 Zonas do ZEE do Norte sobrepostas às áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos rios Lontra e Corda	95
5.5 INCORPORAÇÃO DAS RELAÇÕES CAUSAIS ANTERIORES COM AS DIRETRIZES DO PLANO DE BACIA DOS RIOS LONTRA E CORDA E ZEE DO NORTE.....	98
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	100
REFERÊNCIAS	104
APÊNDICES	111
ANEXO.....	144

1. APRESENTAÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO

A partir das últimas décadas, diferentes instrumentos políticos têm sido criados com o intuito de planejar a ocupação territorial, incorporando, não apenas a variável econômica e social, mas também a ambiental. Nesse contexto, com a promulgação da Política Nacional de Meio Ambiente se instituiu o zoneamento ambiental como um dos instrumentos de ordenamento territorial do estado brasileiro. Embora o termo ZEE - Zoneamento Ecológico-Econômico tenha surgido antes mesmo da criação da Lei 9.638/81 (FIGUEREDO, 2006), suas primeiras impressões estavam conceitualmente distantes de sua atual concepção como instrumento de gestão (DEL PRETTE E MATTEO, 2006), a qual só foi constituída no ano de 2002, por meio do Decreto Presidencial Nº 4.927.

Conceitualmente, o Zoneamento Ecológico-Econômico, como um zoneamento ambiental, é um instrumento para a racionalização da ocupação dos espaços e o redirecionamento de atividades, servindo de subsídio a estratégias e ações para a elaboração e execução de planos regionais em busca do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2006). Pode-se dizer, portanto, que o ZEE se insere no debate em que o foco está no desenvolvimento sustentável e na noção de gestão integrada dos recursos naturais, tendo como objetivo conciliar preservação do meio ambiente e desenvolvimento econômico.

Na mesma direção, com o advento da Lei Nº 9.433/97, estabeleceram-se os Planos de Recursos Hídricos - PRH como um dos instrumentos de gerenciamento das águas em território nacional, tendo como premissas fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Cabem aos Planos de Recursos Hídricos, conforme a Lei das Águas, identificarem as condições do território, a quantidade e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, orientarem os tipos de usos possíveis para a água disponível, as medidas de conservação e recuperação dos cursos d'água e, inclusive, estabelecer diretrizes para o uso e a ocupação do território na respectiva bacia hidrográfica.

Diante do interesse desta pesquisa, observa-se a intersecção entre os planos de recursos hídricos e os objetivos do ZEE, quanto à proposição de criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vista à proteção dos recursos hídricos.

Comentando os instrumentos de políticas de interesse neste trabalho (Zoneamento Ecológico-Econômico e Plano de Recursos Hídricos), Lima (2006) admite a existência análoga de duas forças jurídico-políticas simultâneas, no tempo e intervindo sobre o mesmo espaço, com objetivos teoricamente muito semelhantes, entretanto com estratégias e ações possivelmente concorrentes e desiguais.

Diante disso é possível enunciar que no Brasil a gestão ambiental e a gestão dos recursos hídricos pertencem a sistemas jurídicos distintos, no entanto, na prática observa-se que as políticas de ambos os campos se sobrepõe.

É importante ressaltar que a Lei das Águas, em seu capítulo referente às Diretrizes Gerais para sua implementação, prevê a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental, bem como a articulação da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo. A referida Lei confere ao Poder Público a competência de promover a aludida integração, porém não propõe estratégias para sua efetivação entre os responsáveis pelo gerenciamento do solo e dos recursos hídricos de uma região.

Outro ponto importante, observado na Lei 9.433/97, em seus Fundamentos, refere-se à gestão integrada dos recursos hídricos, que considera a unidade do ciclo hidrológico como requisito necessário ao planejamento do uso dos recursos hídricos.

O conhecimento da interação existente entre as águas superficiais e subterrâneas é remoto no meio acadêmico, porém, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH somente no ano de 2001 considerou que as águas superficiais, subterrâneas e meteóricas são partes integrantes do ciclo hidrológico, considerando, ainda, que a exploração das águas subterrâneas pode implicar na redução da capacidade de armazenamento dos aquíferos, redução dos volumes disponíveis nos corpos de água superficiais e modificações dos fluxos naturais dos aquíferos (BRASIL, 2001). Para tanto, o referido Conselho resolve regulamentar o gerenciamento integrado dos recursos hídricos no país.

Mais tarde, no ano de 2002, o referido Conselho, por meio da Resolução n. 22, estabeleceu que os Planos de Recursos hídricos devem promover a caracterização dos aquíferos e definir as inter-relações de cada aquífero com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio ambiente, visando a gestão sistêmica, integrada e participativa das águas.

No entanto, Collischonn et al., (2007) observam que na prática do gerenciamento das alocações de água no Brasil, a interdependência entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos não é considerada, devido, principalmente, à falta de informações

hidrogeológicas nas bacias e aos aparatos institucionais das autoridades outorgantes terem sempre sido mais voltados à gestão das águas superficiais. Além disso, para os autores, o conhecimento científico nessa área ainda é escasso, especialmente quanto a estudos que abordem o uso integrado das águas na escala da bacia hidrográfica.

Assim sendo, é interesse deste trabalho analisar a efetividade dos instrumentos de políticas ambientais adotados em nosso país, dando ênfase à relação estabelecida pela proposição das zonas referentes ao uso e ocupação do solo e seus reflexos nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Para tanto, propôs-se o desenvolvimento da presente pesquisa na região Norte do Estado do Tocantins, mais precisamente nas Bacias dos Rios Lontra e Corda. A escolha da região se deu pelo fato da mesma possuir elaborado um plano de zoneamento ecológico-econômico e um plano de bacia hidrográfica.

Ainda, com o intuito de complementar a pesquisa, julgou-se ser importante conhecer, através da aplicação de métodos matemáticos, a interação existente entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos da região. Atentou-se também em localizar as potenciais áreas de armazenamento de água subterrânea - conseqüentemente áreas de recarga de aquíferos (BRAUN, 2007), na área em estudo, uma vez que, identificadas as referidas áreas, será possível realizar o cotejo entre as proposições estabelecidas pelos instrumentos de políticas, aqui analisados, e a necessidade de preservação das áreas de armazenamento de água subterrânea.

1.2 RELEVÂNCIA

A questão do planejamento ambiental é imprescindível para o ordenamento e a ocupação do solo e o uso dos recursos hídricos. Contudo, a dificuldade do estabelecimento de diretrizes gerais que integrem os diferentes instrumentos de planejamento pode impedir a dinamização de seu processo de implantação.

1.3 OBJETIVOS

A proposta desta pesquisa teve origem na constatação da falta de conectividade entre os instrumentos de políticas ambientais e de recursos hídricos adotados em nosso país, embora os compartimentos ambientais não se dissociem entre si, necessitando de uma gestão integrada e articulada, considerando o ordenamento territorial e a gestão dos recursos hídricos.

Para tanto, o objetivo geral proposto pela pesquisa é de analisar as efetividades dos instrumentos de políticas, considerando o efeito do uso e da ocupação do solo sobre a disponibilidade quantitativa dos recursos hídricos de uma bacia.

Tem-se por objetivos específicos:

- Conhecer, através da aplicação de filtros digitais para separação de escoamentos, a interação existente entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneo das bacias dos rios Lontra e Corda;
- Identificar as áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea, possivelmente áreas de recarga de aquíferos nas bacias estudadas;
- Observar se o estabelecimento de zonas que visem à proteção de áreas de recarga de aquíferos proporcionam maior eficiência na gestão dos recursos hídricos, do ponto de vista de instrumentos como os Planos de Recursos Hídricos e Zoneamento Ecológico-Econômico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS VERSUS USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Diante das complexas interações existentes entre o recurso natural água, a vida e o desenvolvimento, surgiu a necessidade de considerar a água de forma mais ampla, levando-se em consideração a relação entre os aspectos de gestão e utilização dos recursos hídricos e o desenvolvimento econômico, social e ambiental de uma determinada região. Segundo Montero et al. (2006), foi neste contexto que surgiu o conceito de gestão integrada dos recursos hídricos.

Atualmente, o conceito de gestão integrada dos recursos hídricos mais difundido é definido pelo Global Water Partnership (citado por RAHAMAN E VARIS, 2005):

“processo que promove o desenvolvimento coordenado e o gerenciamento da água, do solo e dos recursos relacionados, a fim de maximizar os resultados econômicos e o bem estar social de forma equitativa, sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas vitais.”

A relevância da implementação da gestão dos recursos hídricos de forma integrada à gestão territorial, com vistas ao desenvolvimento sustentável, é realçada por Agudo (2006), ao apontar a busca por um desenvolvimento sustentável guiado pela gestão integrada dos recursos hídricos em um território. Assim, afirma o autor, que:

“gestão das águas e ordenamento territorial e urbanístico são inseparáveis. Dificilmente poder-se-á desenhar um modelo de gestão sustentável de recursos hídricos sem integrá-lo a um modelo de ordenamento territorial coerente com os modelos de sustentabilidade.”

Observa-se que a gestão dos recursos hídricos aborda os problemas e potencialidades de uma região, refletindo-se no desenvolvimento da sociedade, interferindo assim na organização do uso e ocupação do solo e nas atividades econômicas e sociais a serem realizadas na região.

Muito se discute sobre a importância da integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão do território. A relação entre estes processos de gestão fica demonstrada pela forte

relação que existe entre as atividades e ocupações do território e seus reflexos na qualidade e quantidade dos recursos hídricos, conforme comenta Jouravlev (2003):

“o planejamento territorial é de grande relevância para o manejo de bacias que tem como objetivo orientar o processo de ocupação e transformação do território, e assim, a localização das atividades e do uso do espaço, em função de sua capacidade de absorver e aptidão para acolher determinada atividade. Assim, os desequilíbrios e conflitos na bacia são gerados por incompatibilidade entre a localização das atividades com relação ao meio social em que se insere e a capacidade de suporte do meio natural.”

De tal modo, Alvim (2006) e Silva e Porto (2003) ressaltam a importância do modelo de gestão integrada a partir do reconhecimento da ligação entre os recursos hídricos e os instrumentos de planejamento territorial como fundamental na gestão dos conflitos gerados pela disponibilidade de água e sua conseqüente influencia no desenvolvimento de uma região.

2.1.1 Desafios do processo de integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão territorial

Várias foram as tentativas de integração entre a gestão dos recursos hídricos e territorial em todo o mundo. No entanto, algumas experiências apontam as dificuldades encontradas nesse processo.

A Holanda, país que possui um longo processo de gestão integrada dos recursos hídricos, mostrou que, na teoria, a gestão das águas é coordenada com o planejamento do ordenamento territorial e planejamento ambiental, o que, na prática, não funciona devido a diferenças nas frequências de planejamento, ordenamento dos procedimentos e status do plano (MOSTERT, 2006).

Tanto para Mostert (2006) quanto para Rahaman e Varis (2005), a implementação de planos é o desafio da gestão integrada dos recursos hídricos. Isto se dá, segundo esses autores, por dois motivos, quais sejam: a água está relacionada com a evolução da sociedade de inúmeras maneiras, assim, suas prioridades e importância variam de lugar para lugar, não podendo ser avaliada de forma independente do seu contexto; e a dificuldade em considerar todos os aspectos e funções da água, considerando-se a complexidade de seu contexto.

Neste sentido, as funções de gestão integrada de recursos hídricos apresentam-se ideológicas, uma vez que, na prática, são estabelecidas prioridades, ao mesmo tempo em que escolhas políticas são feitas, sendo os gestores os reais decisores. Essas relações sociais e políticas influenciam na forma como o conceito de gestão integrada é interpretado e utilizado (MOSTERT, 2006).

A União Européia discute, segundo Correia (2004), que a qualidade dos recursos hídricos esteja compatibilizada com o uso e ocupação do solo. Para isso, a Directiva Quadro da União Européia, busca orientar o processo de gerenciamento das águas através de objetivos flexíveis que se ajustem às diferentes e contrastantes realidades. No entanto, mesmo sendo este um processo construtivo, fixou parâmetros e prazo a fim de se chegar à qualidade da água desejada.

Ainda com relação às questões políticas do processo de integração, Hanna, Webber e Slocombe (2007) opinam que para se obter resultados eficientes de integração, mesmo existindo uma legislação que direcione as ações governamentais, é necessária a articulação entre instituições de governo, pesquisa e órgãos gestores dos recursos hídricos e do território.

2.2 ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL

De acordo com Santos (2004), o planejamento ambiental é compreendido como o planejamento de uma região, visando integrar informações, diagnosticar ambientes, prever ações e normatizar seu uso através de uma linha ética de desenvolvimento.

Para atingir a preservação dos recursos naturais, voltada para o bem-estar das presentes e futuras gerações, o zoneamento é utilizado como instrumento de gestão e planejamento ambiental, contribuindo não só para assegurar a qualidade ambiental dos recursos naturais como também para a ocupação ordenada do território (PAULA & SALES, 1997).

Sob o ponto de vista legal, a Lei 6.938/1981 que institui a Política Nacional de Meio Ambiente prevê, em seu art. 9º, como um de seus instrumentos o Zoneamento Ambiental, que posteriormente foi regulamentado pelo Decreto 4.297/2002, passando a ser intitulado de Zoneamento Ecológico-Econômico.

O referido Decreto, em seu art. 2º, define o Zoneamento Ecológico-Econômico como sendo:

[...] instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população (BRASIL, 2002).

O Decreto 4.297/2002 estabelece ainda os princípios e objetivos do ZEE, os termos para sua elaboração, os elementos mínimos que deverão constar de seu conteúdo, o uso, o armazenamento, a custódia e a publicidade dos dados e informações coletados, entre outros (BRASIL, 2002).

No entanto, várias são as definições para o instrumento de planejamento ambiental de interesse nesta pesquisa. O ZEE pode ser caracterizado como um instrumento: a) técnico, de informação sobre o território, sobre as vulnerabilidades naturais e potencialidades sócio-econômicas; b) político, de negociação entre o poder público, o setor privado e a sociedade civil para o ordenamento do território; c) do planejamento e da gestão do território, para a promoção do desenvolvimento regional sustentável (BECKER, EGLER E SHUBART (1997), *apud* SHUBART, 2003).

Para Schubart (2000) o ZEE se configura essencialmente como um mapeamento não prescritivo das limitações ecológicas, dos recursos naturais, dos vetores sócio-econômicos e do uso do solo, a partir do qual se podem derivar alternativas de ação para orientar o poder público na gestão do território. O autor enfatiza ainda que a motivação para o ZEE é política e o mesmo só faz sentido se conduzido no contexto de um arcabouço político-administrativo voltado para a gestão territorial.

Souza (2000), destaca que o ZEE é um processo de classificação de um dado espaço geográfico em sub-unidades territoriais, agrupadas segundo níveis de aptidão para determinados tipos de ocupação. Para o autor, a determinação das diferentes aptidões de cada trecho do espaço territorial analisado deve ser baseada em critérios científicos, em critérios expressos pela sociedade, por meio de sua participação, e também considerar o maior número possível de fatores ambientais relevantes para cada tipo de ocupação, seja ela industrial, urbana, agrícola etc.

Oliveira (2004) reforça o conceito em relação ao ZEE esclarecendo que o mesmo é um instrumento norteador de Planos, Programas e Projetos, essencial à Avaliação Ambiental Estratégica, pois dá respostas indicativas (vocações e suscetibilidades do meio) que devem ser

analisadas em conjunto com outros componentes econômicos, políticos e sociais. A autora considera ainda que o ZEE tem como propósito determinar a capacidade de suporte de uma determinada área para uma determinada ação antrópica, independentemente de sua implementação, sempre associando a ela os fatores ambientais pertinentes.

Já para Machado (2004), o zoneamento consiste em dividir o território em parcelas nas quais se autorizam determinadas atividades ou se interdita, de modo absoluto ou relativo, o exercício de outras atividades.

Considerando a diversidade de definições do ZEE, é possível notar que o instrumento em questão pode ser visto, de acordo com Benatti (2003) sob diferentes concepções, que irão variar de acordo com o modo como é considerado, ora como um instrumento para ordenamento territorial e o desenvolvimento regional, ora como a própria política de ordenamento territorial.

Em razão das distintas concepções pelas quais pode ser analisado, Lima (2006) expõe a visão dicotômica sobre a natureza normativa ou indicativa do ZEE.

Se do ponto de vista técnico o ZEE é o instrumento para subsidiar a tomada de decisão e, portanto, não é visto como instrumento normativo-vinculante, mas indicativo, informativo para subsidiar e justificar o planejamento e as intervenções do Estado. Do ponto de vista político, é um instrumento de regulação do uso do território e de negociação entre os atores sociais.

Schubart (2000) em uma análise rigorosa, também observa a dupla expressão do ZEE; para o autor,

[...] o termo zoneamento encerra duas conotações que devem ser reconhecidas e mantidas em separado quando se conceitua o ZEE. Em primeiro lugar, zoneamento é o resultado técnico de uma descrição, análise e classificação em zonas, de um dado território, segundo objetivos predeterminados. Em segundo lugar, zoneamento é o resultado de um processo político-administrativo, que utiliza o conhecimento técnico, ao lado de outros critérios, para fundamentar a adoção de diretrizes e normas legais, visando atingir objetivos socialmente negociados, que implicam em um conjunto de sanções ou incentivos sociais que regulam o uso de recursos e a ocupação do território.

Diante das vertentes existentes quanto à definição do ZEE, é importante considerar o que foi exposto por Nitsch (1998); para o autor, o ZEE foi criado para

[...] ser um instrumento político e técnico do planejamento, com a finalidade de otimizar o uso do espaço e as políticas públicas afins. É um instrumento técnico de informação integrada sobre o território, ao passo em que classifica, segundo suas potencialidades e vulnerabilidades. É um instrumento político de regulação do uso do território, visto que favorece a integração de políticas públicas em uma base geográfica, descartando o convencional tratamento setorializado, e informatiza o

processo de tomada de decisão contribuindo para a negociação entre várias esferas de Governo, e entre estas, o setor privado e a sociedade civil.

Para Dias (2008) o ZEE, desde sua inserção na Política Nacional de Meio Ambiente, é um assunto polêmico, tanto no âmbito federal quanto no estadual. Tal episódio se deve ao fato da sua aplicabilidade se confundir ora como um instrumento político, ora como instrumento técnico.

2.2.1 Aplicabilidade do ZEE no Brasil

Ao longo da pesquisa efetuada sobre o tema, foi possível perceber de maneira bastante clara que o termo zoneamento está fortemente associado ao processo de parcelamento do solo e ao estabelecimento de usos específicos, especialmente aplicados ao meio urbano, através de leis e decretos. Isso explica, em parte, a relutância dos diversos atores envolvidos com o planejamento do uso do solo (órgãos gestores, empresário, cidadãos em geral) em aceitar propostas mais concretas relativas ao zoneamento, por entenderem que a sua possível aplicação acarretaria em uma série de restrições e complicações para todas as partes.

No Brasil, a elaboração de Zoneamentos Ecológico-Econômico, tem sido utilizado em grande escala pelos Estados a partir do final da década de 80, com uma acentuada predominância durante a segunda metade da década de 90, sobretudo nos Estados amazônicos, incentivado – de acordo com Millikan e Prette (2000) – por programas de financiamento promovidos por fontes externas, especialmente o Subprograma de Políticas de Recursos Naturais (SPRN) do Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais no Brasil (PPG-7).

Como visto, a prioridade para fins de ZEE no Brasil tem sido a Amazônia Legal, haja visto que o governo federal, por razões geopolíticas, vem envidando esforços para incentivar a ocupação dessa região desde o final da década de 60 (MATTOS, 1980).

Conforme dados do Ministério do Meio Ambiente (2006), até o ano de 2006, cerca de 22% do território nacional apresentavam projetos de ZEE executados e outros 30% contavam com projetos em andamento em diversas regiões do país, sendo todos os projetos coordenados por órgãos públicos dos governos estaduais e federal.

2.3 PLANOS DE RECURSOS HÍDRICOS COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO

A Lei 9.433/1997, conhecida nacionalmente como a Lei das Águas, define como sendo um de seus instrumentos de gestão os Planos de Recursos Hídricos. Os mesmos são caracterizados como “planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento de recursos hídricos” (BRASIL, 1997).

Santos (2000) conceitua os planos diretores como sendo um instrumento de planejamento, fundamentado científica e tecnologicamente com vistas à solução de problemas. Para o autor, apesar dos planos diretores assimilarem diretrizes e princípios do planejamento, estes têm características próprias, que dependem de determinantes socioculturais e políticos, sendo que esses determinantes permitem compreender a especificidade da prática do planejamento ao longo do tempo.

Como prevê o art. 7º da aludida Lei, os Planos de Recursos Hídricos são elaborados com vistas ao longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos, e terão o seguinte conteúdo mínimo:

- I – diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos;
- II – análise das alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo;
- III – balanço entre disponibilidade e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação dos conflitos potenciais;
- IV – metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- V – medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- VI – prioridades para outorga de direito de uso dos recursos hídricos;
- VII – diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- VIII – propostas para criação de áreas sujeitas à restrição de uso com vista na proteção dos recursos hídricos.

Quanto à sua elaboração e aprovação, a Lei das Águas confere as Agências de Águas a atribuição de elaborá-los, bem como sugerir o prazo de vigência (art. 44, X) e aos Comitês de Bacia Hidrográfica o dever de aprovar ou não o prazo estipulado pelas referidas Agências.

Santos (2000) ressalta que os planos de recursos hídricos vão além da mera expressão de racionalismo sobre o uso, proteção e conservação dos recursos hídricos, pois acima de tudo, devem ter conteúdo e proposições perfeitamente coerentes com as aspirações da comunidade que habita a bacia hidrográfica em estudo.

As diretrizes para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos foram regulamentadas pela Resolução nº 17/2001 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. São definidos, nos Planos de Recursos Hídricos, programas e projetos a serem executados na bacia hidrográfica, a partir da formulação de alternativas as quais associam objetivos e metas com os investimentos requeridos (CNRH, 2001).

Rizzi (2000), ao discorrer sobre os Planos de Recursos Hídricos, destaca que

Ao depender de um diagnóstico sobre os distintos aspectos que permitem o gerenciamento da bacia hidrográfica e por fazer projeções de atuações futuras, os Planos de Recursos Hídricos adquirem um caráter dinâmico, o que determina a necessidade de uma avaliação periódica, incluindo sua possível adequação a novas realidades da bacia hidrográfica.

Quanto à sua abrangência, os planos devem ser elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o país (BRASIL, 2007), devendo ser três os tipos de planos que podem ser concebidos: O Plano Nacional, os Planos Estaduais de Recursos Hídricos e os Planos de Bacias Hidrográficas. Estes últimos podem inserir dois tipos de bacia: aquelas em que os cursos de água se inserem totalmente em um único Estado – Plano de Bacia Hidrográfica de Rios sob domínio Estadual e aquelas que contemplam cursos de água se inserem em mais de um Estado – Plano de Bacia Hidrográfica de Rios sob domínio Federal (MMA/SRH, ANA, 2003).

Estes planos, realizados em âmbitos distintos e sob distintas coordenações devem, por um lado, ser integrados, compatibilizados e harmonizados de forma a promoverem ações e programas de interesse comum e coletivo. Por outro lado, devem ser complementares (MMA/SRH, ANA, 2003).

Para Silva e Pruski (2000) os três planos previstos no art. 8º da Lei das Águas serão elaborados diferentemente do que tem sido praticado na Federação Brasileira. Os autores interpretam que os planos não “nascerão” no centro do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos e sim na base, representada pelas bacias hidrográficas. Os autores justificam a interpretação ao afirmarem que

O plano fundamental é o “plano por bacia hidrográfica”, porque a bacia hidrográfica é a unidade territorial de atuação e de planejamento do sistema nacional, e porque a gestão hídrica é descentralizada. Assim, as prioridades de usos das águas, por exemplo, serão primeiramente procuradas em nível da bacia hidrográfica. Em seguida, fazendo-se planos estaduais, eles deverão integrar em seus planos as prioridades apontadas nos planos da bacia hidrográfica. Finalmente, ao ser elaborado o plano do país, integrar-se-ão os planos estaduais para estabelecerem-se as prioridades nacionais.

Ainda em relação à figura 1, observa-se que parte dos estados da região Norte, onde estão inseridas as maiores bacias hidrográficas do país, não possui seus respectivos planos diretores dos recursos hídricos, destacando-se, neste cenário, os estados de Roraima e Tocantins com os seus Planos Estaduais de Recursos Hídricos em fase de contratação. Acredita-se que tal situação se deve ao fato de que, devido à abundância dos recursos hídricos existentes na região, são reduzidos os conflitos quanto ao uso dos mesmos, o que acaba por apresentar uma situação de conforto para os dirigentes regionais.

Segundo dados da ANA (2009), atualmente, no Brasil, existem 79 Planos de Bacias Hidrográficas elaborados, tendo sido os mesmos propostos pelos Comitês de Bacias Hidrográficas, sendo que, na falta destes, os órgãos gestores estaduais de Recursos Hídricos são os responsáveis pela sua elaboração. A figura 2 localiza as bacias hidrográficas detentoras dos planos diretores dos recursos hídricos no território brasileiro. Observa-se que, na região norte do país, apenas a Bacia dos Rios Lontra e Corda, localizada no Estado do Tocantins, possui Plano elaborado até o ano de 2007 (ANA, 2007).

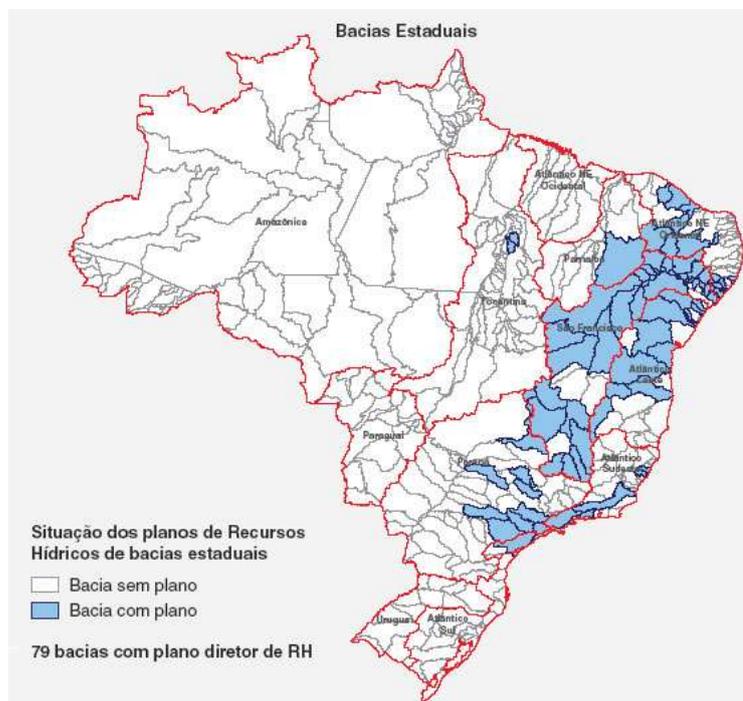


Figura 2 - Situação dos planos em bacias de domínio estadual

2.4 INTERFACES ENTRE ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

De uma forma geral a Política Nacional de Recursos Hídricos apresenta diversas e nítidas interfaces com a gestão do território e, portanto, com o ZEE, tanto nos seus fundamentos, objetivos e diretrizes, quanto nos sistemas de gestão de recursos hídricos e seus instrumentos.

Lima (2006) destaca a intersecção entre o sistema de recursos hídricos e os objetivos do ZEE, uma vez que a Lei das Águas informa que devem constar dos Planos de Recursos Hídricos - PRH propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos.

Ainda referente ao instrumento de PRH, Lima (2006) expõe a vital importância da integração entre os diagnósticos, prognósticos, cenários alternativos e diretrizes do ZEE com os PRH, devendo ser criados mecanismos inter-institucionais de composição e de processamento dessa correlação, sendo esta a condição necessária para o alcance dos objetivos, tanto de um quanto de outro.

Em relação aos usos múltiplos dos recursos hídricos, o ZEE é de fundamental importância para cooperar com o plano de bacia hidrográfica no estabelecimento de diretrizes que definam prioridades de uso, considerando não somente uma bacia hidrográfica, mas necessariamente a integração do conjunto de bacias contíguas dentro do território do objeto do zoneamento (LIMA, 2006).

A inserção dos recursos hídricos em planos de ordenamento territorial já pode ser observada na realidade brasileira. O estado do Mato Grosso inova ao elaborar, no ano de 2008, o Zoneamento Socioeconômico Ecológico de todo o território estadual, estabelecendo, em suas diretrizes, o fomento à gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, quanto à sua qualidade e quantidade.

Dentre as zonas propostas para o território mato-grossense, destaca-se a criação de áreas para readequação dos sistemas de manejo para recuperação e/ou conservação dos recursos hídricos formadores dos rios no território estadual, tendo sido criadas subzonas que visam à proteção de áreas de recarga de aquíferos, através da recuperação e/ou conservação de drenagens, entre outras ações (MATO GROSSO, 2008).

Considerando a interface entre a gestão dos recursos hídricos e o território, Leomax e Domingues (2003) afirmam que o enquadramento dos cursos d'água é outro instrumento

essencial para a gestão hídrica, e que na prática constitui um instrumento de zoneamento. Os autores interpretam que,

o zoneamento das águas e o zoneamento do território guardam relação direta, pois seria impossível manter as águas que se prestam a usos mais nobres com a liberação do uso do território, havendo, ao contrário, necessidade do controle permanente da ocupação permitida[...].

Granziera (2001) alude, sobre a sobreposição entre os dois instrumentos de políticas, zoneamento ecológico-econômico e planos de recursos hídricos, quando discorre acerca do tema:

[...] por conter a definição das prioridades de outorga, assim como a proposta para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vista na proteção de recursos hídricos, vem a lume a indagação a cerca de ser o plano de bacia hidrográfica um instrumento, ainda que indireto, de zoneamento do uso e ocupação do solo, o que implica uma superposição de competências sobre essa matéria.

Também, com pensamento colidente sobre a sobreposição da gestão territorial com a gestão dos recursos hídricos, Lima (2006) admite

[...] a coexistência paralela de duas forças jurídicos-políticas simultâneas no mesmo tempo e intervindo sobre o mesmo espaço (na intersecção entre a unidade territorial básica e uma bacia hidrográfica), com objetivos teoricamente muito similares, entretanto, com estratégias e ações possivelmente concorrentes e díspares.

De forma contrária Schubart (2003), considera que o ZEE é um instrumento de informação sobre o território que pode oferecer suporte à gestão dos recursos hídricos. O autor, defende ainda, que o ZEE não só representa um instrumento potencialmente interessante para a gestão dos recursos hídricos, como também a própria gestão dos recursos hídricos pode vir a dinamizar o ZEE no sentido de problemas relativos à água.

Desta forma, o ZEE pode ser considerado um instrumento-chave (embora não seja um instrumento da PNRH) para a racionalização da ocupação dos espaços e para o redirecionamento de atividades produtivas. O mesmo fornece subsídios para a formulação de estratégias e ações associadas à gestão dos recursos hídricos (MAGALHÃES, 2006).

2.4.1 Integração dos instrumentos das Políticas de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

De acordo com Braga (2009), os instrumentos apresentados nas duas políticas nacionais (de Meio Ambiente e Recursos hídricos), são a base para uma gestão ambiental

sólida. Para o autor, a própria Constituição Federal prevê as duas políticas atuando de maneira articulada.

Ainda, segundo Braga (2009), é possível e necessário buscar integrar o exercício dessas duas leis, a partir do entendimento das suas complementaridades. Para o autor, pode-se aplicar os instrumentos de acordo com os seguintes eixos temáticos apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Aplicação dos Instrumentos das PNMA e PNRH, por eixos temáticos.

EIXO TEMÁTICO	INSTRUMENTOS DA PNMA	INSTRUMENTOS DA PNRH
Planejamento e Gestão do espaço	Zoneamento Ambiental; Criação de espaços territoriais especialmente protegidos.	Planos de Recursos Hídricos.
Controle de usos dos recursos naturais	Licenciamento Ambiental; Avaliação prévia de impactos ambientais.	Outorga e a Cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos.
Direito à informação	Padrões de Qualidade Ambiental; o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente; Cadastros Técnicos Federais de Atividades de Defesa Ambiental e de Atividades Potencialmente Poluidoras; o Relatório de Qualidade do Meio Ambiente; e a Garantia de prestação de informações ambientais pelo Poder Público.	Sistema de Informações sobre os Recursos Hídricos; e o Enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes.

Fonte: Braga, 2009.

2.5 INTERAÇÃO RIO X AQUÍFERO

Vários são os autores, Oxtobee e Novakowski (2002); Paiva et al (2005); Collischonn et al., (2007), que consideram que compreender a interação entre a água subterrânea e a água de superfície é de suma importância para o gerenciamento de recursos hídricos. No entanto, um dos campos de investigação do ciclo hidrológico, que continua em constante descoberta e redescoberta, é o comportamento das águas subterrâneas.

As interações a que se refere este item, são extremamente complexas, e dependentes de um grande número de atores, como da topografia, da forma do rio (largura, declividade e tortuosidade), das propriedades hidráulicas sub-superficiais, das variações temporais da precipitação, dos padrões de fluxo subterrâneo e do nível d'água no rio (CEY et al., 1998).

Arantes (2003) enfatiza que as interações entre as águas de superfície e os aquíferos podem ocorrer em todos os tipos de escoamentos superficiais, como rios, lagos, pântanos, isso, dependendo da colocação fisiográfica e climática da região.

A relação entre aquífero e um rio é um elo do ciclo hidrológico, tanto de recargas em aquíferos, como na regularização de vazões do escoamento superficial (ARANTES, 2003; BRAUN, 2007). A taxa de troca hídrica entre rio e aquífero varia no espaço e no tempo. Variações temporais não são apenas devido a flutuações do nível de água no rio e no aquífero, mas também, devido às variações temporais da resistência hidráulica da camada semipermeável (GELDNER, 1980 e KALERIS, 1986; *apud* KALERIS, 1998).

Um aquífero é uma formação geológica com suficiente permeabilidade e porosidade, interconectada para armazenar e transmitir quantidades significativas de água, sob gradientes hidráulicos naturais (RAMOS et al., 1989). Aquíferos, são, portanto, rochas ou solos saturados de água e permeáveis que permitem o fluxo de água. A capacidade de um aquífero armazenar e transmitir água depende das propriedades da água (densidade, viscosidade e compressibilidade) e das propriedades do meio poroso (porosidade, permeabilidade intrínseca e compressibilidade). Estas propriedades são responsáveis por todo o comportamento dos aquíferos (CABRAL et al., 2003).

Os aquíferos são recarregados por água da chuva infiltrada e depende fortemente das médias pluviométricas de cada região. As camadas freáticas submetidas apenas aos processos naturais do ciclo hidrológico e aos balanços hidrológicos da cada região oscilam sazonalmente, aumentando em períodos de chuva e diminuindo em períodos de estiagem. As camadas aquíferas – parcialmente ou totalmente saturadas de água – podem aflorar na superfície como uma descarga natural que se processa através de fontes que são surgências do nível do lençol freático (ou piezométrico). Esse ponto marca a passagem da água de escoamento subterrâneo para escoamento superficial (CABRAL et al., 2003), conforme figura 3.

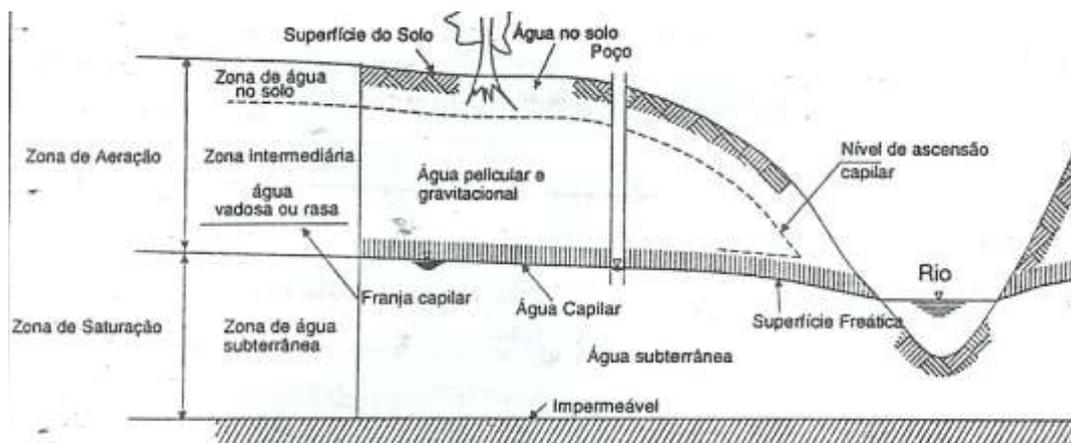


Figura 3 - Esquema das camadas de solos e o comportamento da água em sub-superfície
FONTE: CABRAL et al., 2003.

De um modo geral, a água subterrânea tem sua origem na superfície e está intimamente ligada à água superficial (RAMOS et al., 1989). A água subterrânea está sempre em movimento, partindo de áreas de recarga natural ou artificial em direção a áreas de descarga, naturais ou artificiais.

A interação entre o armazenamento de água no solo e o escoamento fluvial é facilmente identificável quando as vazões são representadas graficamente na forma de um hidrograma. A distribuição da vazão no tempo, segundo Tucci (2004) é o resultado da interação de todos os componentes do ciclo hidrológico entre a ocorrência da precipitação e a vazão na bacia hidrográfica e sua representação gráfica é denominada hidrograma.

O comportamento do hidrograma de uma bacia típica, após um evento de precipitação é apresentado na figura 4. Verifica-se que entre o início da chuva e a elevação do nível existe um intervalo de tempo, o que ocorre em função das perdas por interceptação vegetal e depressões do solo, além da demora de resposta da própria bacia, em função do deslocamento de água na mesma. Neste período, o escoamento superficial é o processo predominante (TUCCI, 2004).

um rio, localizado na bacia do rio Grande, estado da Bahia. Ao final do trabalho, os autores concluíram que o efeito das retiradas de água subterrânea somente é sentido por completo na vazão do rio cerca de 10 anos após o início das mesmas. Isso implica em dizer que a necessidade de gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneo, devem ser consideradas não somente no momento atual do processo de gestão dos recursos hídricos, sendo de suma importância considerar a situação futura deste recurso para uma determinada região.

2.5.1 Escoamento de Base (Escoamento Subterrâneo)

Como visto no item anterior, a interação existente entre as componentes do ciclo hidrológico é importante e deve ser melhor compreendida e considerada em todas as etapas do planejamento dos recursos hídricos, sendo de extrema importância o conhecimento da contribuição da água subterrânea na vazão total de uma bacia hidrográfica.

O escoamento de base é compreendido como sendo a parcela do escoamento em corpos d'água provenientes da água subterrânea, que é responsável pela perenidade e regularização das vazões em rios em períodos de estiagem (ARANTES, 2003).

Este componente do ciclo hidrológico é uma boa medida das reservas reguladoras subterrâneas, ou seja, da taxa de infiltração nos terrenos onde foi esculpida a bacia hidrográfica em questão. Desta forma, ao se medir o escoamento de base, ou seja, as descargas dos rios durante o período de estiagem ou sem chuvas numa bacia hidrográfica têm-se uma indicação da importância da recarga da água subterrânea ou dos seus aquíferos na área em apreço (REBOUÇAS, 2002; OLIVEIRA, 2006).

A quantidade de água que o aquífero freático contribui ao rio pode ser estimada analisando-se o hidrograma na determinação da componente subterrânea (WINTER et al., 1998, TUCCI, 2004), sendo o escoamento total de um rio separado em escoamento superficial e escoamento de base, ou subterrâneo. Na literatura, diversos métodos de análise de hidrogramas têm sido utilizados para determinar a componente do escoamento subterrâneo. Os mesmos podem ser melhor explorados em Collischonn & Tassi (2009) e Paiva et al., (2005).

2.5.2 Métodos matemáticos para determinação do Escoamento de Base

Segundo Paiva et al., (2005), a quantificação da fração da vazão em um curso d'água proveniente das águas subterrâneas pode ser uma tarefa bastante complicada. Para tanto existem diversas abordagens, como métodos experimentais, uso de traçadores, análise do hidrograma da bacia com métodos gráficos, filtros digitais recursivos, entre outros, que podem ser utilizados para conhecer a contribuição da água subterrânea às águas superficiais.

A análise do escoamento de base em hidrograma a partir de métodos de separação do escoamento pode fornecer informações importantes quanto à magnitude e ao intervalo de tempo de contribuição da vazão subterrânea ao rio. Revisões sobre essas técnicas podem ser encontradas em Hall (1968) e Brodie & Hostetler (2006).

A vazão de base de um hidrograma pode ser também separada utilizando a técnica desenvolvida por Bernes em 1939 (KULANDAISWAMY & SEETHARAMAN, 1969). A referida técnica consiste em graficar o hidrograma em uma escala semi-logarítmica, na qual os trechos retilíneos indicam onde o escoamento é exclusivamente formado pelo escoamento de base.

As técnicas de separação por evento tem pouca relevância para o estudo das vazões mínimas, pois estão mais voltadas à estimativa do escoamento superficial durante um evento de cheia. Já as técnicas de separação contínuas estão mais direcionadas à determinação do escoamento de base para um longo período de observação (um ano, vários anos ou todo o período de dados), inclusive nas épocas de baixas vazões. Essas técnicas normalmente fazem usos de filtros digitais que permitem o isolamento da vazão proveniente do reservatório daquela gerada em resposta a um evento chuvoso. Várias dessas técnicas tem sido reportadas na literatura, podendo ser citados os trabalhos de Birtles (1978), Nathan & McMahon (1990), Chapman (1991) e Sloto & Crouse (1996).

Observa-se também, que muito tem sido utilizada a técnica dos filtros digitais recursivos para filtrar o hidrograma de uma série de vazões, a fim de separar os sinais de alta frequência (escoamento superficial) dos de baixa frequência (escoamento de base). Pesquisadores justificam a utilização do método, por ser rápido e objetivo em sua aplicação, ao contrário dos métodos gráficos de separação do escoamento, onde existe uma grande subjetividade além de serem muito trabalhosos (NATHAN E MCMAHON, 1990; PAIVA et al., 2005).

Para Nathan & McMahon (1990), o *baseflow index* (BFI) ou índices de confiabilidade, como também são conhecidos, exprimem a relação de longo prazo do escoamento de base a vazão total, sendo normalmente gerados a partir de uma análise minuciosa. Dentre esses índices, um de grande aplicação e importância nos estudos de vazões é o *baseflow index* (BFI), que é uma taxa adimensional definida pela divisão do volume escoado subterraneamente pelo volume total escoado. Em rios de bacias com grande contribuição subterrânea no seu escoamento, o BFI se aproxima de 1, mas chega a se igualar a zero em rios efêmeros (SMAKHTIN, 2001).

2.5.2.1 Filtros Numéricos ou digitais recursivos utilizados para separação de hidrogramas

Filtros numéricos ou digitais podem ser utilizados para separar hidrogramas em suas componentes superficial e subterrânea, de forma aproximada. Na aplicação de filtros supõe-se que a vazão total do hidrograma (y) num certo intervalo de tempo (i) é formada por duas componentes: escoamento superficial (f) e escoamento subterrâneo (b). Isto significa que num intervalo de tempo qualquer:

$$y_i = f_i + b_i \quad (1)$$

Onde:

y_i – vazão total do hidrograma no intervalo de tempo i ;

f_i – componente do escoamento superficial no intervalo de tempo i ; e

b_i - componente do escoamento subterrâneo no intervalo de tempo i .

No caso de bacias com contribuição subterrânea maior, Eckhardt (2005) *apud* Collischonn & Tassi (2008) propôs um filtro com dois parâmetros:

$$b_i = \frac{(1 - BF \text{ Imax}) * a * b_{i-1} + (1 - a) BF \text{ Imax} * y_i}{1 - a * BF \text{ Imax}}, \quad (2)$$

$$\text{sendo } a = e^{\frac{-\Delta t}{k}} \quad (3)$$

onde:

b_i - componente do escoamento subterrâneo no intervalo de tempo i ;

BFI_{max} - é o máximo percentual de escoamento subterrâneo que o filtro permite calcular;

y_i - vazão total do hidrograma no intervalo de tempo i ;

k - constante de recessão;

Δt - tamanho do intervalo de tempo entre i e $i+1$.

A constante de recessão (k) será estimada por:

$$k = \frac{-\Delta t}{\ln\left(\frac{Q(t+\Delta t)}{Q(t)}\right)} \quad (4)$$

Os valores sugeridos para BFI_{max} são (Collischonn & Tassi, 2009):

$BFI_{max} = 0,80$ (rios perenes e aquíferos porosos);

$BFI_{max} = 0,50$ (rios efêmeros ou intermitentes e aquíferos porosos);

$BFI_{max} = 0,25$ (rios perenes e aquíferos impermeáveis).

Paiva et al., (2005) utilizou os filtros digitais na separação do escoamento de base de séries históricas de vazões. Segundo o autor, para a quantificação dos processos intermediários do ciclo hidrológico, apenas a calibração e a validação de modelos hidrológicos e dados fluviométricos na saída da bacia não são suficientes, sendo necessária a utilização dos filtros digitais recursivos para separação de um hidrograma de uma série de vazões.

Paiva et al., (2005) avaliou a utilização de alguns dos filtros digitais recursivos presentes na literatura (Algoritmo de Lyne e Hollick, 1979; Filtro de Eckhardt, 2005), aplicando-se em 3 sub-bacias do Vacacaí Mirim, localizadas na região central do estado do Rio Grande do Sul. Utilizaram-se dados diários de vazão das bacias, com parâmetros distintos. Ao final da pesquisa, o autor concluiu que:

De forma geral os filtros se mostraram rápidos na aplicação, oferecendo vantagens em relação aos métodos gráficos. Com os parâmetros utilizados, os resultados obtidos para as sub-bacias foram semelhantes. Apesar disso, percebeu-se que existe uma grande sensibilidade dos parâmetros no resultado final e que para os dados

utilizados, esta sensibilidade independe do tamanho da bacia. Portanto, apesar da maior agilidade, a metodologia também é de certa forma subjetiva [...]

2.6 IMPORTÂNCIA DA PRESERVAÇÃO DOS AQUÍFEROS E ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

Para um melhor entendimento quanto à preservação dos recursos hídricos subterrâneos, iniciaremos este item chamando atenção à proposição feita por Chiaranda (2002), em relação às áreas de armazenamento de água subterrânea e áreas de recarga de aquíferos. Para o autor,

áreas de armazenamento de água subterrânea não podem ser considerados como medida direta da capacidade de recarga de um aquífero, mas, sim, como uma indicação, pois a capacidade potencial de armazenamento refere-se ao volume de água que pode ser acumulado ou retido temporariamente no meio poroso. A capacidade de recarga está relacionada ao balanço existente entre a precipitação incidente e o escoamento superficial, ou seja, a quantidade de água que é necessária para atender às demandas da interceptação, do armazenamento nas depressões superficiais, no solo e no lençol freático.

Partindo dessa definição, é interessante salientar a necessidade de gerenciamento das áreas de armazenamento de água subterrânea, uma vez que as mesmas são uma importante indicação da localização de áreas de recarga de aquífero em uma determinada região. Ao analisar que estas áreas estão localizadas em territórios, e que supostamente fazem uso do solo, observa-se a necessidade de localização e preservação destas áreas para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

Para tanto, a poluição dos recursos hídricos subterrâneos está diretamente relacionada com o uso que se faz do solo sob o qual se encontra o aquífero. A falta de infra-estrutura, o uso intensivo e indiscriminado de insumos químicos na agricultura, a crescente industrialização e, conseqüentemente a poluição gerada por estas situações, são os principais fatores de ameaça à qualidade dos recursos hídricos subterrâneos e, conseqüentemente, aos recursos hídricos superficiais.

Desta forma, preocupados com a degradação dos recursos hídricos, pesquisadores e responsáveis pela gestão das águas subterrâneas têm procurado desenvolver métodos que avaliem o quanto um aquífero é vulnerável a poluição, demonstrando que o uso do solo de

forma desordenada é passível de provocar prejuízos quantitativos aos recursos hídricos subterrâneos e, conseqüentemente às águas superficiais.

Os aquíferos são abastecidos de forma natural ou artificial. A recarga natural de um aquífero pode ser considerada como a quantidade de água, proveniente da precipitação, que alcança a parte saturada do aquífero e fica disponível, por longos períodos, para aproveitamento (ARANTES, 2003).

Tucci (2002) define as áreas de recargas dos aquíferos como sendo áreas de alimentação e devem ser preservadas. Gomes (2008) complementa ao abordar sobre o tema. Segundo o autor, uma parte da água que infiltra no solo participa do escoamento de base, enquanto outra parte pode ir para as porções profundas ou confinadas, podendo se transformar em recarga profunda (GOMES, 2008).

As maiores taxas de recarga, segundo Rebouças et al., (2002) ocorrem nas regiões planas, bem arborizadas, e nos aquíferos livres. Em regiões de relevo acidentado, sem cobertura vegetal, sujeitas a práticas de uso e ocupação que favorecem as enxurradas, a recarga ocorre mais lentamente, e de maneira limitada.

Segundo Rabelo (2006), os elementos naturais que influenciam a recarga podem ser agrupados pela relação que os mesmos possuem com a hidrometeorologia, a geomorfologia e a geologia, como descrito a seguir:

- a hidrometeorologia, abrangendo elementos da hidrologia e do clima (precipitação, evapotranspiração, drenagem e temperatura), desempenha um papel destacado, por caracterizar as regiões com diferentes graus de umidade que, alteram essencialmente a recarga, p.ex., à profundidade do nível freático, à variação temporal do nível potenciométrico, à periodicidade e quantidade de infiltração, ao regime de vazão da drenagem entre outros (WINTER, 2001; SANFORD, 2002 *apud* RABELO (2006)).
- a geomorfologia, abrangendo elementos de topografia, solo e vegetação, altera a quantidade e distribuição da infiltração, devido às diferentes situações de inclinação do terreno, interação da zona radicular com o solo e a necessidade hídrica das culturas (SALAMA, 1994; ALLISON *et al.*, 1990 *apud* RABELO (2006)).
- a geologia, abrangendo a distribuição espacial e litoestratigrafia das formações, interfere na quantidade e distribuição da infiltração e percolação da água, devido às correspondentes características hidráulicas dos sistemas aquíferos, formados pelas respectivas rochas (LERNER, 1990; REBOUÇAS, 1976 *apud* RABELO (2006)).

Ainda, segundo Rabelo (2006), a atividade antrópica é, em alguns casos, também elemento a interferir na recarga. O autor substancia a ideia ao comentar que

[...] essa interferência se dá, essencialmente, através de alteração das condições de permeabilidade do solo e da redistribuição espacial de recarga (decorrentes de construções e atividades em áreas urbanas), uso de irrigação (mananciais subterrâneo ou de superfície), desmatamento ou troca de cobertura nativa por vegetação de necessidade hídrica naturalmente incomum. Todas essas atividades alteram a recarga, inclusive, por, na maioria das vezes, modificarem a interação entre os recursos hídricos subterrâneos e de superfície.

Numa breve, porém importante observação, Barreto (2006) chama atenção ao comentar que,

[...] a quantificação da recarga das águas subterrâneas é um pré-requisito básico para um eficiente manejo dos recursos hídricos e é particularmente vital em regiões semi-áridas e áreas onde há superexploração, já que tais recursos são freqüentemente a chave do desenvolvimento econômico.

Chiaranda (2002) estudou os efeitos dos usos da terra nos processos de armazenamento de água subterrânea, na Bacia do Rio Cuiabá-MT, no período de 1966 a 1998. O autor concluiu que os usos da terra modificaram as características da capacidade potencial de armazenamento subterrâneo da bacia e seus processos hidrológicos.

Da mesma forma, Braun (2007), em pesquisa realizada na Bacia do Rio Itajaí-SC, verificou uma diminuição significativa das áreas com maior capacidade de armazenamento de água subterrânea, conseqüente áreas de recarga de aquíferos, causada pela forma de ocupação e uso do solo ocorrido durante os últimos 150 anos na bacia em apreço.

2.7 GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEO

Como visto anteriormente, a interação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos é fato e parte integrante do ciclo hidrológico, devendo sua gestão ocorrer de forma integrada para uma melhor sustentabilidade. Porém, conforme Rebouças (2008), o problema mais importante do século XXI é a gestão integrada dos recursos hídricos disponíveis – águas

superficiais, subterrânea e das águas de reuso – tanto de quantidade, quanto de qualidade. Para o autor, a gestão integrada é a forma mais barata para solucionar problemas de escassez local e ocasional de água.

Ressalta-se que mais de 90% dos rios que drenam no território nacional são perenes. Certamente, a visão de rios que nunca secam formou a ideia de abundância de água no Brasil (FEITOSA, 2008). Porém, como visto anteriormente, a vazão de base mantém a perenidade nos rios, sendo a mesma mantida pelo escoamento de base proveniente das águas subterrâneas, daí a necessidade urgente de contemplar em planos, programas e projetos a gestão integrada de ambas as componentes hídricas.

De um modo geral, Rebouças (2008) observa que muita atenção tem-se dado aos recursos hídricos superficiais, enquanto que, para o autor, os recursos hídricos subterrâneos têm sido ignorados, apesar do seu grande volume estocado e da parcela que deságua nos rios representar uma boa porcentagem das suas vazões de base.

No Brasil, a Lei 9.433/97 (op.cit), em seu texto, anuncia, com muita clareza, os princípios básicos praticados hoje, em quase todos os países desenvolvidos, que avançaram na gestão integrada de suas águas. Entretanto, ênfase especial sempre foi dada às águas que fluem visíveis pelos rios (REBOUÇAS, 2002; REBOUÇAS, 2008).

Collischonn et al., (2007) comentam sobre a observação da gestão integrada na prática. Os autores afirmam que,

[...] ao considerarmos as ferramentas de gestão instituídas pela nova lei, a outorga, por exemplo, veremos que a mesma sustenta-se na racionalização e na multiplicidade dos usos da água. Assim sendo, quando da outorga para uso da água superficial, verifica-se, por exemplo, que a mesma baseia-se na manutenção de vazões ecológicas de referência. Analogamente, quando da outorga de um ponto de captação de água subterrânea, o foco das atenções se concentra, além das especificidades e características do poço como obra de engenharia em si, nos efeitos adjacentes (a poços vizinhos) que porventura sejam estimados. Pouco ou nenhum cruzamento de informações ocorre no sentido de avaliar o aspecto integrado da gestão, isto é, o efeito da retirada de água subterrânea sobre a disponibilidade de água superficial.

Porém, a legislação brasileira é contraditória quanto à gestão integrada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneas. Observa-se a falta de conectividade quando o assunto refere-se ao domínio dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos. A Constituição Federal Brasileira de 1988 confere a dominialidade das águas superficiais à União (Art 20, inciso III) e aos Estados (Art. 26, inciso I). Porém, ao se tratar das águas subterrâneas, a dominialidade

passa a ser somente dos Estados (Art. 26, inciso I), não reconhecendo a possibilidade dos aquíferos ultrapassarem as fronteiras de uma Unidade da Federação.

No entanto, em tempos recentes, o Conselho Nacional dos Recursos Hídricos, através da Resolução nº 15/2001, reconhece a interação entre água superficial e subterrânea e a indissociabilidade da gestão destes dois tipos, reconhecendo ainda que os limites de um aquífero não necessariamente coincidem com os das bacias hidrográficas (BRASIL, 2001). A referida Resolução trata a matéria em relação ao aquífero que ultrapassa as fronteiras de mais de um estado colocando:

Art. 5º No caso dos aquíferos transfronteiriços ou subjacentes a duas ou mais Unidades da Federação, o SINGREH promoverá a integração dos diversos órgãos dos governos federal, estaduais e do Distrito Federal, que têm competências no gerenciamento de águas subterrâneas.

§ 1º Os conflitos existentes serão resolvidos em primeira instância entre os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal e, em última instância, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

§ 2º Nos aquíferos transfronteiriços a aplicação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos dar-se-á em conformidade com as disposições constantes nos acordos celebrados entre a União e os países vizinhos.

Ainda em se tratando da gestão integrada dos recursos hídricos na Legislação Brasileira, considera-se um grande avanço quando o CNRH resolve, através da Resolução N. 22/2002, estabelecer que os Planos de Recursos hídricos, devem promover a caracterização dos aquíferos e definir as inter-relações de cada aquífero com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio ambiente, visando à gestão sistêmica, integrada e participativa das águas.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, apresenta-se a metodologia adotada para o desenvolvimento da presente pesquisa. Partindo-se da premissa de que a metodologia de pesquisa deve buscar alcançar os objetivos propostos pelo trabalho e que, para isso, deve conjugar conhecimento teórico a reflexões no objeto de estudo, a estratégia adotada no presente estudo irá, através da síntese das revisões bibliográficas e da análise do caso de estudo, apanhar os principais conceitos e abordagens associadas ao objetivo do trabalho, sintetizando um marco de análise que será elemento de interpretação da pesquisa.

O primeiro passo foi iniciado com a Fundamentação Teórica, buscando aprofundar os conceitos necessários para o entendimento do tema, abrangendo conhecimento sobre a gestão integrada dos recursos hídricos *versus* o uso e a ocupação do solo, perpassando por temas importantes como os desafios do processo de integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão territorial, entre outros.

Ainda nesta fase, buscou-se profundamente conhecer o estado da arte dos instrumentos de gestão das políticas públicas de recursos hídricos e meio ambiente de interesse nesta pesquisa, representados pelos Planos de Recursos Hídricos e o Zoneamento Ecológico-Econômico, devido à importância que os mesmos assumem nos processos de gestão dos recursos hídricos e do território, respectivamente.

Diante da perspectiva deste trabalho, de atingir os objetivos propostos, notou-se ser de suma importância o conhecimento acerca da interação existente entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, uma vez que é entendido que, para uma gestão eficiente dos recursos hídricos, ambas as componentes hidrológicas devem ser consideradas em um processo de planejamento. Importante também é o conhecimento a cerca da localização das potenciais áreas de armazenamento de água subterrânea em uma determinada Bacia Hidrográfica, para assim melhor direcionar os usos pretendidos do solo de uma localidade.

Para a elaboração da Fundamentação Teórica foram realizadas buscas de teses de doutorado, dissertações de mestrado, livros, anais de congressos, artigos e documentos relacionados ao tema, em acervos, bancos de teses e periódicos de universidades, instituições locais e nacionais, e via internet.

Para sua concretização, o trabalho foi dividido em quatro etapas, que serão a seguir melhor apresentadas. A figura 5 ilustra o fluxograma das atividades desenvolvidas para a conclusão da pesquisa.

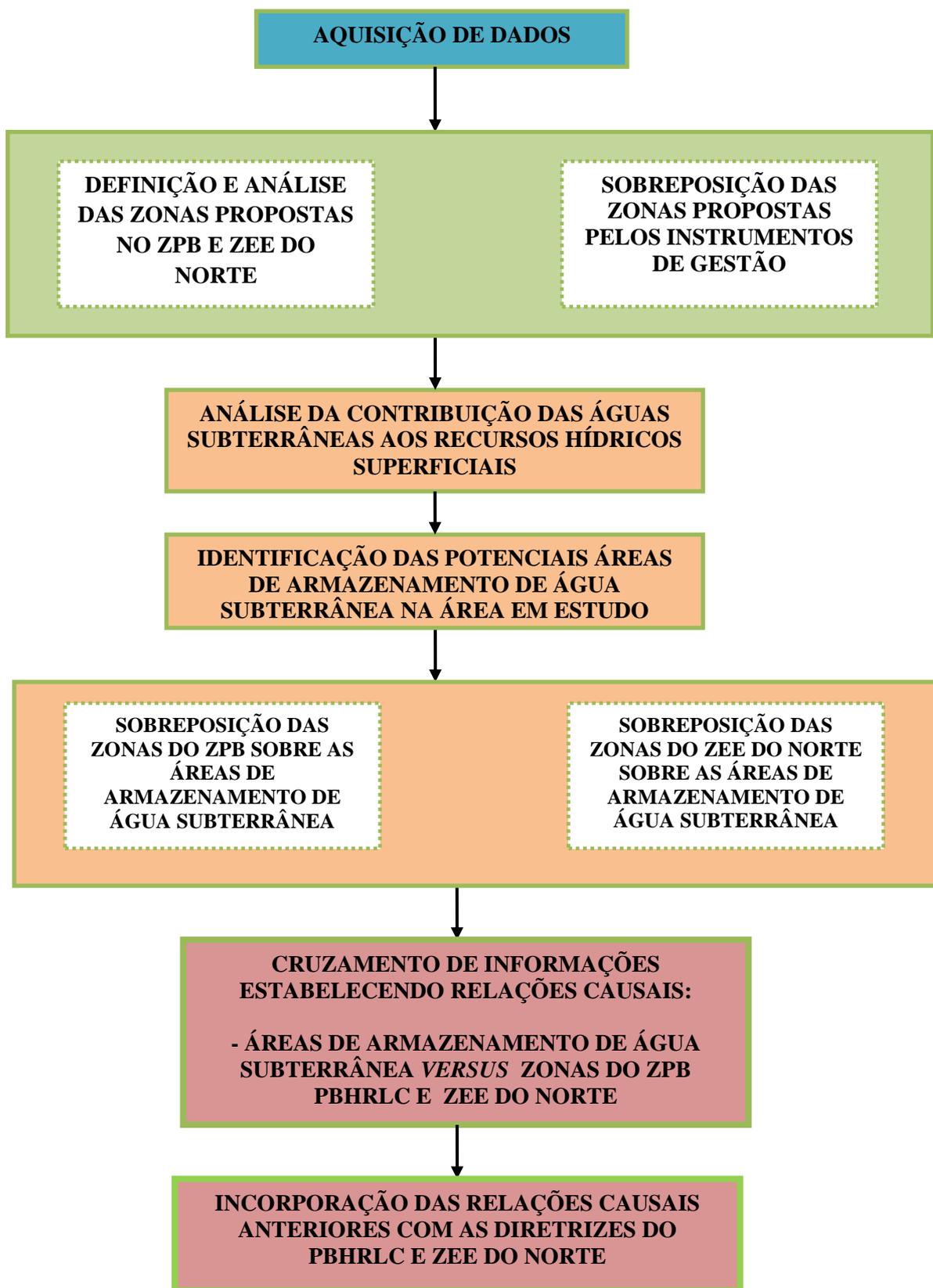


Figura 5 - Fluxograma das atividades desenvolvidas na pesquisa

3.1 AQUISIÇÃO DE DADOS

Os dados e procedimentos utilizados para o desenvolvimento do trabalho foram obtidos das seguintes fontes:

- Os Planos de Bacia Hidrográfica e de Zoneamento Ecológico-Econômico foram elaborados pelo Governo do Estado do Tocantins através da Secretaria Estadual de Planejamento – SEPLAN e estão disponíveis para consulta pública na biblioteca da referida Instituição. Ressalta-se que os referidos planos, elaborados por empresas de consultorias contratadas pela SEPLAN/Governo do Estado do TO, foram apresentados em escala de 1:250.000;
- Para análise da contribuição das águas subterrâneas aos recursos hídricos superficiais, utilizaram-se dados de séries hidrológicas de três estações fluviométricas presentes na região de estudo. Os dados hidrológicos foram obtidos pelo Sistema Nacional de Informações Hidrológicas – Hidroweb/ANA;
- Para identificação das áreas de armazenamento de água subterrânea na área de estudo, utilizou-se arquivos em formato *shapefiles* referente à geologia, geomorfologia, vegetação original, uso do solo da região, arquivos estes pertencentes ao banco de dados do projeto de ZEE da região Norte do Tocantins, os mesmos foram fornecidos pela SEPLAN. Utilizou-se dados de precipitação do banco de dados da Agência Nacional de Águas.
- Para o tratamento de imagens e confecções de mapas de sobreposição das informações levantadas, utilizaram-se técnicas de geoprocessamento, utilizando o Programa ArcGis 9.3 (ESRI), com base nos dados do ZEE do Norte e do PBHRLC, ambos elaborados e disponibilizados pela SEPLAN.

3.2 DEFINIÇÃO E ANÁLISE DAS ZONAS PROPOSTAS NO ZPB E ZEE DO NORTE

Esta etapa iniciou-se com a avaliação dos elementos comuns existentes entre os instrumentos de gestão estudados. Realizou-se, a partir da análise sistemática dos objetivos e diretrizes do Plano de Bacia Hidrográfica dos rios Lontra e Corda, aqui tratado como ZPB, e do ZEE do Norte, a exploração das possíveis interações existente entre ambos os instrumentos de política.

A fim de conhecer as zonas propostas no ZBP e do ZEE do Norte, realizou-se a pesquisa sistemática nos Planos estudados, quanto à metodologia utilizada para definição das zonas, em ambos os instrumentos.

3.3 SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS PROPOSTAS PELOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO

A fim de testar a efetividade das proposições das zonas indicadas por ambos os instrumentos de políticas, realizou-se a sobreposição física das zonas, com o intuito de analisar se há concordância entre as proposições feitas, por dois instrumentos distintos, para uma mesma área. Atentou-se ainda em avaliar o comprometimento das zonas no quesito uso do solo e o seu comprometimento em relação aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos da região.

Para realização da sobreposição utilizou-se técnicas de geoprocessamento, onde foram sobrepostas informações das zonas do ZPB sobre as zonas e sub-zonas do ZEE do Norte.

3.4 ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS AOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

Para a estimativa da contribuição das águas subterrâneas aos recursos hídricos superficiais da região em estudo, fez-se o uso de filtros digitais recursivos. Tais filtros configuram-se como um método objetivo e de rápida aplicação e pouco trabalhoso (PAIVA et al, 2005; COLLISCHONN, 2006). Sua descrição pode melhor ser observada nos item 2.5.2 deste trabalho.

Para a região em estudo, adotou-se o $BFI_{max} = 0,80$, pois de acordo com levantamento realizado na área, os rios da região são perenes e os aquíferos porosos.

As estimativas serão realizadas para as bacias dos rios Lontra e Corda, tomando por referências as séries de vazões das estações 28200000 (Ponto do Rio Lontra), 28240000 (Piraquê) e 28320000 (Rio Corda), cujas informações estão listadas na tabela 1.

Tabela 1.0 – Descrição das Estações Fluviométricas dos Rios Lontra e Corda

ESTAÇÃO	NOME	RIO	ÁREA DA BACIA (Km ²)	PERÍODO DE DADOS		OBS.
				Início	Final	
28200000	Ponte do Rio Lontra	Lontra	1.155	04/2000	12/2006	Muitas falhas
28240000	Piraquê	Lontra	3.488	09/1974	05/2007	Muitas falhas
28320000	Rio Corda	Corda	2.172	01/1988	12/1989	Muitas falhas

3.5 IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA EM ESTUDO

Para identificação das áreas de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos Rios Lontra e Corda utilizou-se a modelo de análise proposto por CHIARANDA (2002). O referido modelo permite identificar as áreas com maior ou menor capacidade de armazenamento de água subterrânea em uma bacia e, conseqüentemente localizar as áreas de recarga de aquíferos, sendo que, para isso, é realizado o agrupamento e a análise das componentes hidrológicas e suas variáveis, importantes no processo de armazenamento de água (BRAUN, 2007).

Para CHIARANDA (2002) o sistema bacia hidrográfica apresenta quatro camadas (Subsistemas) e são definidos como Camada Aérea, Superfície, Sub-superfície e Condições de Profundidade, onde cada subsistema apresenta um conjunto de elementos que podem influenciar no processo de armazenamento de água em uma determinada bacia.

O subsistema Camada Aérea tem como principais elementos de interesse a Precipitação e a Camada Vegetal, o subsistema Superfície tem como principais elementos de interesse: (i) Geomorfologia; (ii) Solos. Já o subsistema Sub Superfície, tem como principal elemento de interesse o Solo e as Condições de Profundidade a Geologia.

Outra etapa qualitativa importante consiste em identificar e quantificar os processos relevantes (variáveis) a cada um dos elementos, a fim de que se possam realizar mensurações e obtenções de dados (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Para o sistema das bacias hidrográficas dos Rios Lontra e Corda, as variáveis consideradas foram as seguintes: (a) para o elemento Precipitação: altura da precipitação anual; (b) Camada Vegetal: grau de proteção da camada vegetal original e grau de proteção

dos usos dos solos; (c) para o elemento Geologia: a permeabilidade das rochas; (d) para o elemento Geomorfologia: fluxo preferencial em profundidade e declividade; (e) para o elemento Solos: potencial de infiltração de águas nos solos e potencial da profundidade para armazenamento de água. A escolha das variáveis pautou-se nos conceitos hidrológicos, que por sua vez permitem estabelecer as relações intrínsecas entre as variáveis e para o conjunto delas, conforme figura 6.

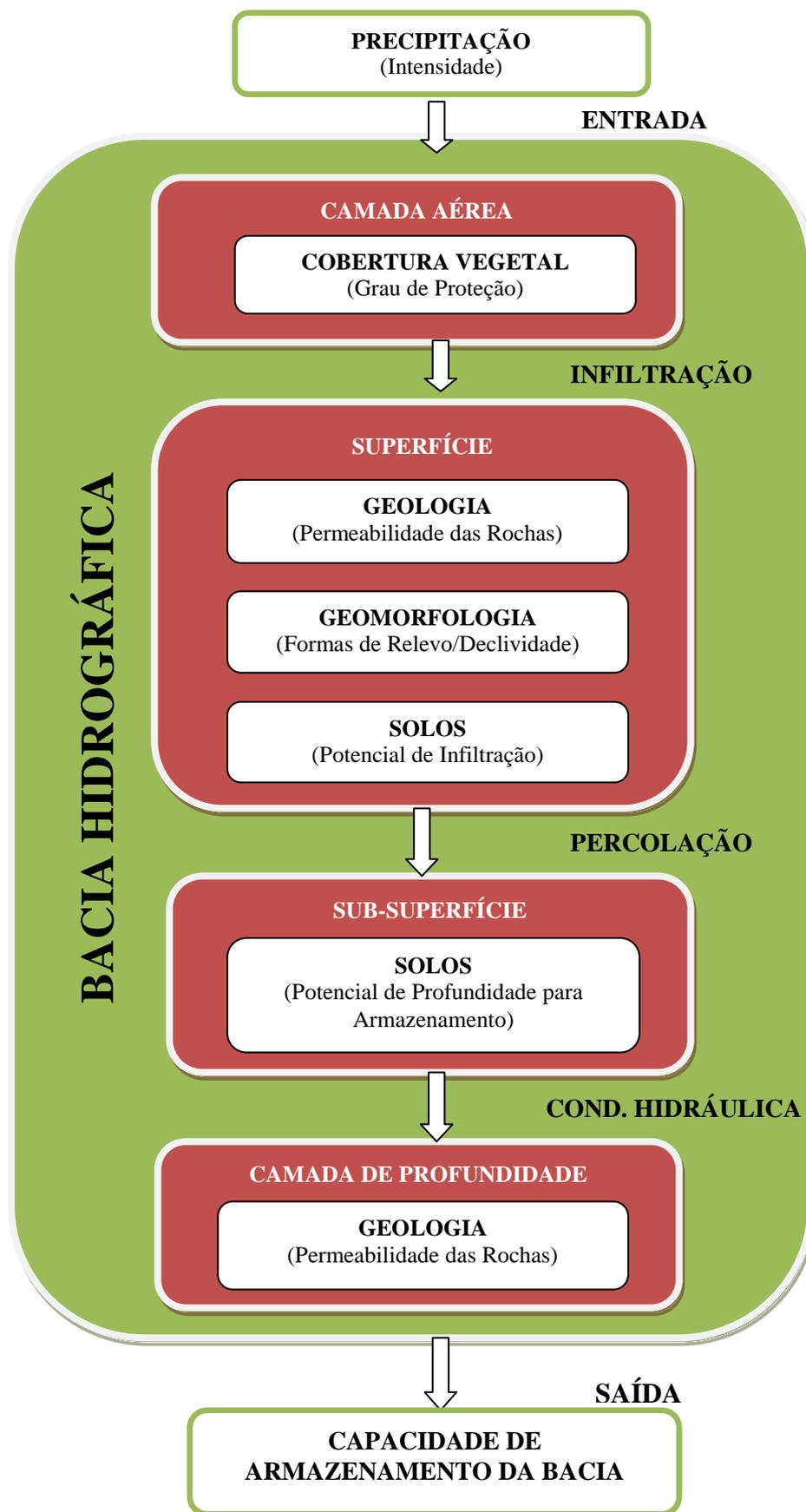


Figura 6 – Modelo de Análise (BRAUN, 2007, adaptado de CHIARANDA, 2002).

Segue abaixo, o detalhamento dos processos (variáveis), a serem analisados para identificação das áreas de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos Rios Lontra e Corda.

É importante ressaltar, que os tópicos abaixo descritos seguem conforme descrito em BRAUN (2007).

- **Altura de precipitação anual:** Segundo Bertoni e Tucci (2004) a precipitação é entendida como toda a água proveniente do meio atmosférico, que atinge a superfície terrestre. As características principais da precipitação são o seu total, a duração e a distribuição temporal e espacial. A ocorrência de precipitação é um processo aleatório, o que não permite que esta seja determinada com muita antecedência.
- **Grau de proteção e tipos de uso do solo:** No âmbito da função hidrológica de armazenagem da bacia hidrográfica, a proteção advém da retenção temporária dos eventos de precipitação e da diminuição da quantidade de água que chega ao solo devido à evaporação. Nesse processo, os diferentes estratos da vegetação agem como barreira ao livre caminamento da precipitação, diminuindo sua energia cinética. Papel semelhante é efetuado pela manta orgânica. Esta última, conjuntamente com o sistema radicular e a fauna, melhoram as condições superficiais de infiltração, por melhoria das propriedades físico-químicas do solo. Neste contexto, a rota preferencial de fluxo tende a ser a da infiltração, a da percolação e a do armazenamento, com os eventos de escoamento superficial ocorrendo ocasionalmente em função da maior intensidade da precipitação, de forma que o processo erosivo tende às taxas naturais dentro da faixa de amplitude de estabilidade do sistema (ODUM, 1983).
- **Fluxo Preferencial em profundidade:** É uma expressão hidrológica das formas de relevo. Indica qual é a rota preferencial do fluxo que tenderá a predominar nas diversas formas de relevo que ocorrem na bacia hidrográfica, encontrando-se, dessa maneira, relacionados ao tempo de permanência da água. Como consequência da rota preferencial, pode-se acelerar ou retardar a saída da água da bacia hidrográfica.

A aceleração ocorreria pela predominância de fluxos rápidos, como o escoamento superficial, e o retardamento pela predominância de fluxos lentos, como a percolação e o escoamento base e pelo armazenamento nos solos e nas rochas. O fundamento hidrológico utilizado é o da função de armazenagem. Superfícies tabulares tendem a favorecer a

infiltração, a percolação e o escoamento de base, enquanto os de topo aguçados, pela sua configuração, e os de acumulação, pelo seu posicionamento no terreno, tendem a favorecer o escoamento superficial e os sub superficiais (CABRAL et al., 2003).

- **Declividade:** Refere-se à inclinação que os terrenos da bacia apresentam e constitui-se também em uma expressão hidrológica ao representar as diferentes quantidades de energia que podem interferir na velocidade de escoamento dos fluxos da água, pela transformação de energia potencial em cinética (JORGE e UEHARA, 1979). Quanto menor for o valor da declividade, maior é a possibilidade de a água se infiltrar pelo meio poroso, tornando-se fluxo lento. Por outro lado, os terrenos com maior declividade tendem a apresentar fluxos com maior velocidade e com tempo menor de permanência na bacia.

- **Potencial de infiltração dos Solos:** É uma expressão hidrológica do solo referente à penetração de água no seu perfil, que dentre outros fatores, é dependente da textura. Solos com textura arenosa apresentam potencial de infiltração muito alta devido ao seu espaço poroso ser composto predominantemente por macro-poros, o que os torna bem a excessivamente drenados, e permitem que apresentem como rota preferencial de fluxo a percolação ao invés do escoamento superficial. Os de textura argilosa, por outro lado, devido à predominância de microporos, tendem a ser mal a moderadamente drenados, o que permite que apresentem como rota preferencial de fluxo o escoamento superficial (PRADO, 2005).

- **Potencial da profundidade para armazenagem:** A profundidade, outra característica do elemento solos, será tratada como expressão hidrológica, no sentido de que quanto maior ela for, maior será o espaço disponível para o caminhamento e armazenagem de água, permitindo que a rota preferencial de fluxo seja composta pela percolação, o que tende a aumentar a atenuação dos eventos de precipitação. À semelhança do potencial de infiltração, diversos fatores afetam essa variável, como as condições de umidade do solo, camadas de impedimento, porosidade, sistema radicular, etc. (JORGE e UEHARA, 1979).

- **Permeabilidade das rochas:** Refere-se à propriedade que esse meio poroso apresenta para transmitir água sob determinada temperatura e viscosidade. Essa propriedade é dependente da viscosidade do fluido e da porosidade do meio rochoso com termos de volume total e particionamento por tamanho. Também ocorrem dependências em relação à forma, a

compactação e a distribuição do tamanho das partículas (JORGE e UEHARA, 1979). A forma das partículas afeta na maneira como as mesmas se arranjam entre si com as formas irregulares resultando em porosidades maiores que as formas arredondadas. Matérias granulares com distribuição uniforme de grãos têm porosidade maior que os materiais com distribuição irregular. O grau de cimentação ou de compactação influi diretamente no valor porosidade, de maneira que quanto mais cimentada estiver uma formação, menor será o valor da porosidade.

Na bacia hidrográfica, as rochas encontram-se diretamente relacionadas com a função hidrológica de armazenagem, através da armazenagem no lençol freático e com o escoamento base dos sistemas de fluxo hidrológico. Condicionam, em parte, a capacidade de armazenamento de água dos solos e o escoamento superficial (CABRAL et al., 2003).

3.5.1 – Aplicação do Modelo de Análise em um ambiente SIG

Para empregar a metodologia proposta por CHIARANDA (2002) em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas, para as bacias dos Rios Lontra e Corda, será necessário realizar as seguintes etapas:

- Análise de Mapas Temáticos das Bacias dos Rios Lontra e Corda, que representam os elementos (geologia, geomorfologia, relevo, cobertura vegetal) e as variáveis (permeabilidade e porosidade das rochas, fluxo preferencial em profundidade, potencial de infiltração e potencial de profundidade para armazenagem do solo, declividade, grau de proteção da superfície e tipos de uso da terra, qualidade da cobertura vegetal) relevantes para a capacidade de armazenamento da bacia;
- Descrição das Unidades dos elementos em classes de acordo com o grau de significância (influência) para a capacidade de armazenamento de águas subterrâneas;
- Ponderação dos elementos temáticos;
- Confecção de mapas: mapas temáticos base, mapas temáticos derivados, mapas intermediários e mapas finais.

Para facilitar o entendimento da metodologia proposta por CHIARANDA (2002), a figura 7 apresenta o fluxograma metodológico adaptado para a presente pesquisa.

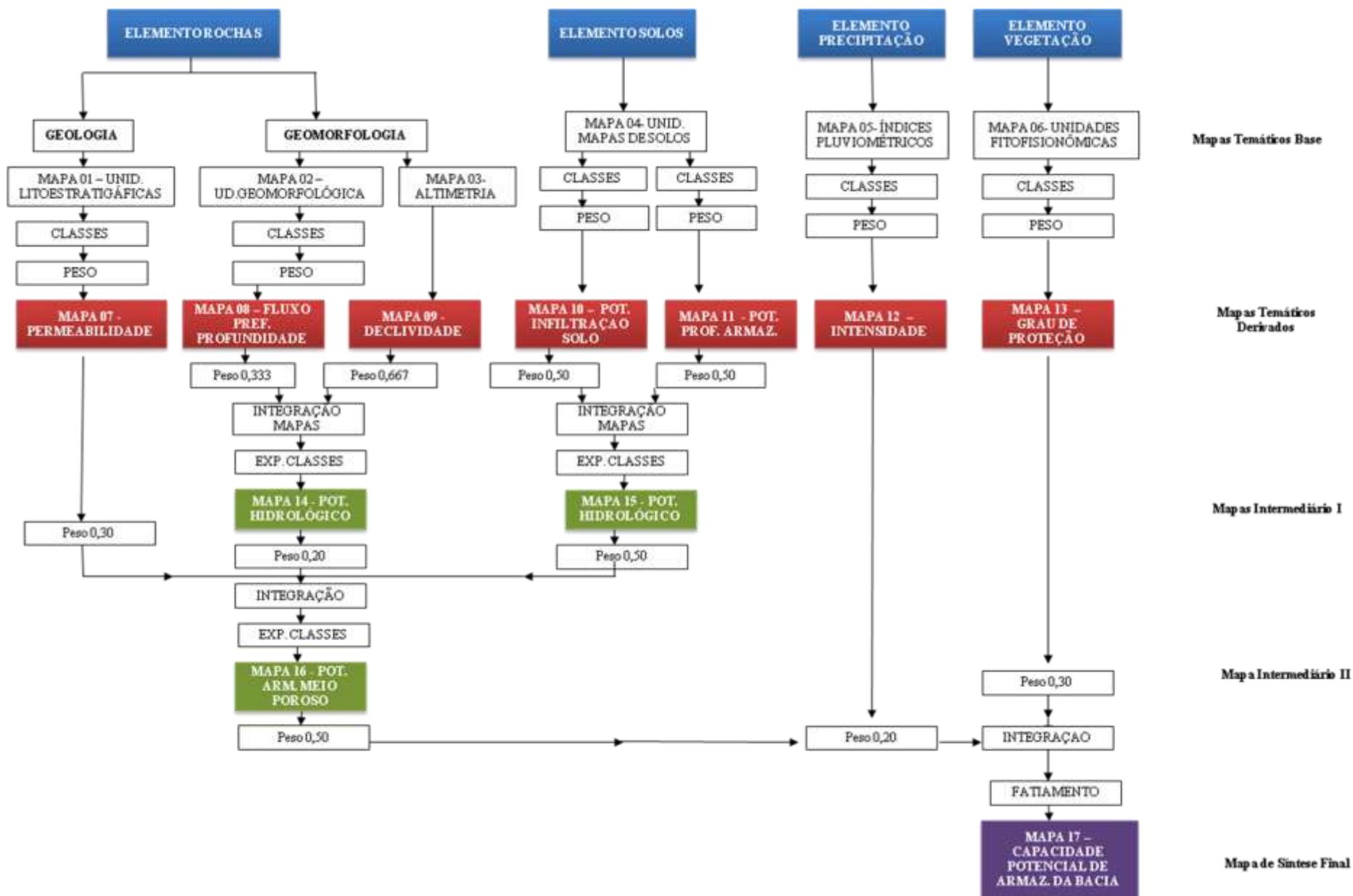


Figura 7 – Fluxograma Metodológico para aplicação do modelo de análise em ambiente SIG, adaptado de BRAUN, 2007.

O modelo de análise de dados espaciais, a ser utilizado para localização das áreas de armazenamento de água subterrânea, é do tipo empírico, baseado no conhecimento. Sua aplicação deverá ser efetuada com o uso de técnicas de concorrência ponderada, através do qual cada unidade homogênea das componentes, bem como cada variável, será avaliada de acordo com critérios ponderados que resultam em uma escala ponderada de potencialidades.

A ponderação e a hierarquização das componentes hidrológicas seguem o descrito em CHIARANDA (2002) e BRAUN (2007).

3.6 SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS DO ZPB E ZEE DO NORTE SOBRE AS ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Após a identificação das possíveis áreas de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos rios Lontra e Corda realizar-se-á a sobreposição das zonas indicadas pelos instrumentos de políticas, a fim de conhecer a relação dos usos pretendidos pelas referidas zonas e o reflexo nos recursos hídricos subterrâneos, conseqüentemente nos recursos hídricos superficiais.

A confecção dos mapas referentes à intersecção das zonas propostas com as áreas de armazenamento de água subterrânea, será realizada separadamente, para cada Zoneamento em análise, utilizando técnicas de geoprocessamento através do programa ArcGis 9.3 da ESRI.

3.7 CRUZAMENTO DE INFORMAÇÕES ESTABELECENDO RELAÇÕES CAUSAIS: ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA VERSUS ZONAS DO ZPB E ZEE DO NORTE

Esta etapa busca estabelecer o cruzamento das informações até aqui empreendidas com a metodologia proposta. Ou seja, é neste momento que será analisado a alocação das zonas propostas nos dois instrumentos avaliados em relação à posição física das áreas de armazenamento de água subterrânea localizadas na área em estudo.

3.8 INCORPORAÇÃO DAS RELAÇÕES CAUSAIS ANTERIORES COM AS DIRETRIZES DO PBHRLC E ZEE DO NORTE

Esta etapa condiz com a análise da relação causal, entre as prováveis modificações do uso do solo (através do estabelecimento das zonas propostas) e as possíveis alterações sobre os recursos hídricos. Nesta fase, buscar-se-á incorporar as relações causais anteriores, listadas com as diretrizes do ZEE e do PBHRLC, a fim de que se adotem as proposições levantadas na referida pesquisa, e considerem-se as áreas de armazenamento de águas subterrâneas como zonas restritas, devendo as mesmas serem preservadas para manutenção dos recursos hídricos, sejam eles superficial ou subterrâneo da região.

4. CASO DE ESTUDO: REGIÃO NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS

4.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

A região Norte do Estado do Tocantins abrange aproximadamente 34.218 km² e engloba 37 municípios estando a mesma localizada geograficamente entre as coordenadas de 05°00'00" e 08°30'00" de latitude sul, e 47°15'00" e 49°30'00" de longitude oeste, englobando áreas de Floresta Amazônica e de Cerrado, bem como de transição entre esses dois biomas - ecótonos (SEPLAN, 2004).

Segundo os dados do Censo de 2000 do IBGE, a população residente na região Norte do Tocantins totalizou, cerca de 347 mil pessoas, representando aproximadamente 30% do total dos moradores do Estado, sendo que, 73,3% desta população residem em áreas urbanizadas.

A pecuária e a produção agrícola são as principais atividades econômicas da área em estudo, sendo reconhecida nacionalmente pelas boas terras agricultáveis e seu farto rebanho bovino, o que caracteriza a região norte do Estado como sendo um forte propulsor do desenvolvimento econômico da região norte do país.

A hidrografia da região é caracterizada por dois sistemas hidrográficos, cujos eixos de drenagem são os rios Araguaia, a oeste, e Tocantins, a leste. A região hidrográfica Tocantins-Araguaia, em virtude da sua posição geográfica e dos seus recursos naturais, destaca-se pela abundância dos recursos hídricos, apresentando grande importância no contexto nacional.

Visando a conservação ambiental aliada ao desenvolvimento econômico para a região Norte, o Estado do Tocantins, por motivações políticas, ambientais e sociais conceberam a execução de instrumentos de políticas ambientais, como o Zoneamento Ecológico-Econômico e Planos de Bacia Hidrográficas.

Para a área, foram elaborados o Plano de Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Norte e o Plano de Bacias Hidrográfica dos Rios Lontra e Corda. Tais instrumentos foram elaborados para a região, com o objetivo de conservar os recursos hídricos, os habitat's de fauna e flora remanescentes, bem como recuperar a capacidade ambiental, sem prejuízos do uso econômico dos recursos naturais, permitindo, assim o bem-estar da população residente.

4.2 - PLANO DE ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO DA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO TOCANTINS

O Governo do Estado do Tocantins, visando incorporar o segmento ambiental no Planejamento de Gestão das Políticas Públicas, elaborou dentre os seus planos, programas e projetos, o Zoneamento Ecológico-Econômico do Norte do Estado, ação esta incentivada por Programas que visam à proteção dos Estados amazônicos brasileiro.

Para a consolidação do ZEE, utilizou-se recursos do Tesouro do Estado e do Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil (PPG-7), por meio do Ministério do Meio Ambiente e do Banco Mundial. O Plano de Zoneamento Ecológico-Econômico para a parte Norte do Estado, elaborado no ano de 2004, compreende uma extensão de aproximadamente 34.000km² (figura 8), englobando áreas de Floresta Amazônica e de Cerrado. O Estudo presumiu em seu escopo, subsidiar a conservação dos recursos hídricos e do território, aliado à sustentabilidade ambiental (BELLIA, et. al, 2004).

Durante a efetivação do estudo em questão, utilizou-se um conjunto de documentos imprescindíveis para sua elaboração, dentre eles destacam-se o Projeto Zoneamento Agroecológico (SEPLAN, 1999) e o Diagnóstico Ambiental do Tocantins, os quais contribuíram para a definição das Áreas Prioritárias para a Conservação Ambiental e para a estruturação do Sistema Geográfico Estadual de Informações (BELLIA, et al., 2004). Para sua confecção, os atributos ambientais, sociais e econômicos foram levantados, tratados e analisados segundo unidades de paisagem em escala de 1:250.000 e recortes municipais (DIAS, 2008).

O Plano de ZEE teve como objetivos gerais: (i) servir de parâmetro e balizamento às atividades permanentes dos componentes da gestão ambiental, quais sejam - o monitoramento da qualidade ambiental, a fiscalização das atividades humanas de interesse ambiental e o acompanhamento e controle das atividades econômicas licenciadas; (ii) produzir e utilizar a base de dados ambientais, econômicos e sociais, tratando-os em função das demandas sociais e das necessidades de conservação dos recursos naturais e ambientais, aí incluídos; (iii) garantir a funcionalidade e a eficiência do Sistema Estadual de Gestão do Território, e; (iv) elaborar um plano de zoneamento com participação da sociedade civil organizada, por meio das contribuições de agentes sociais.

A participação da sociedade (sociedade civil organizada, poder público estadual e municipal e líderes locais) foi essencial para a elaboração do ZEE Norte do Tocantins, onde

foram realizadas 14 oficinas regionalizadas. Além de configurar um caráter mais político, ou seja, com maior participação da sociedade a ser diretamente afetada, visou não apenas refinar os trabalhos técnicos, mas, sobretudo, ajustar ou, melhor ainda, negociar, ações e sanções, de acordo com os interesses dos diferentes grupos sociais que compõem a população desta Área. Foram considerados seus entendimentos sobre o assunto, restrições, incertezas, mas, em especial, as suas demandas, aspirações e anseios sobre a utilização econômica, preservação e conservação dos recursos naturais e da biodiversidade.

Para a SEPLAN (2004), a importância do plano de ZEE da região Norte do Tocantins vai além de dar suporte ao planejamento e incorporar as ações sociais e governamentais, de caráter ambiental e/ou socioeconômico. Ele facilita, com seus dados e ferramental técnico, que sejam feitas avaliações e prognósticos de impactos ambientais, sociais e econômicos de empreendimentos, projetos, planos e programas em diversos níveis.

No entanto, é importante ressaltar que, desde a sua elaboração, no ano de 2004, o ZEE da região Norte não foi implementado. As dificuldades estariam em atingir o desenho das zonas e sub-zonas ecológica-econômicas propostas, sendo necessárias, não somente por parte do Governo do Estado, bem como a participação de instituições não vinculadas ao Poder Executivo Estadual, o estabelecimento de regras, tanto de restrição, quanto de incentivo, para o acesso, o uso, a fiscalização e o controle dos recursos naturais e ambientais presentes no Norte do Estado.

O que se sabe, segundo BELLIA et al., (2004) é que a forma de se obter resultados palpáveis com a implementação do ZEE Norte do TO, não é simples e não conta com experiências consolidadas, que tenham mantido sua validade – medida em termos de eficácia e eficiência – por longos períodos de tempo.

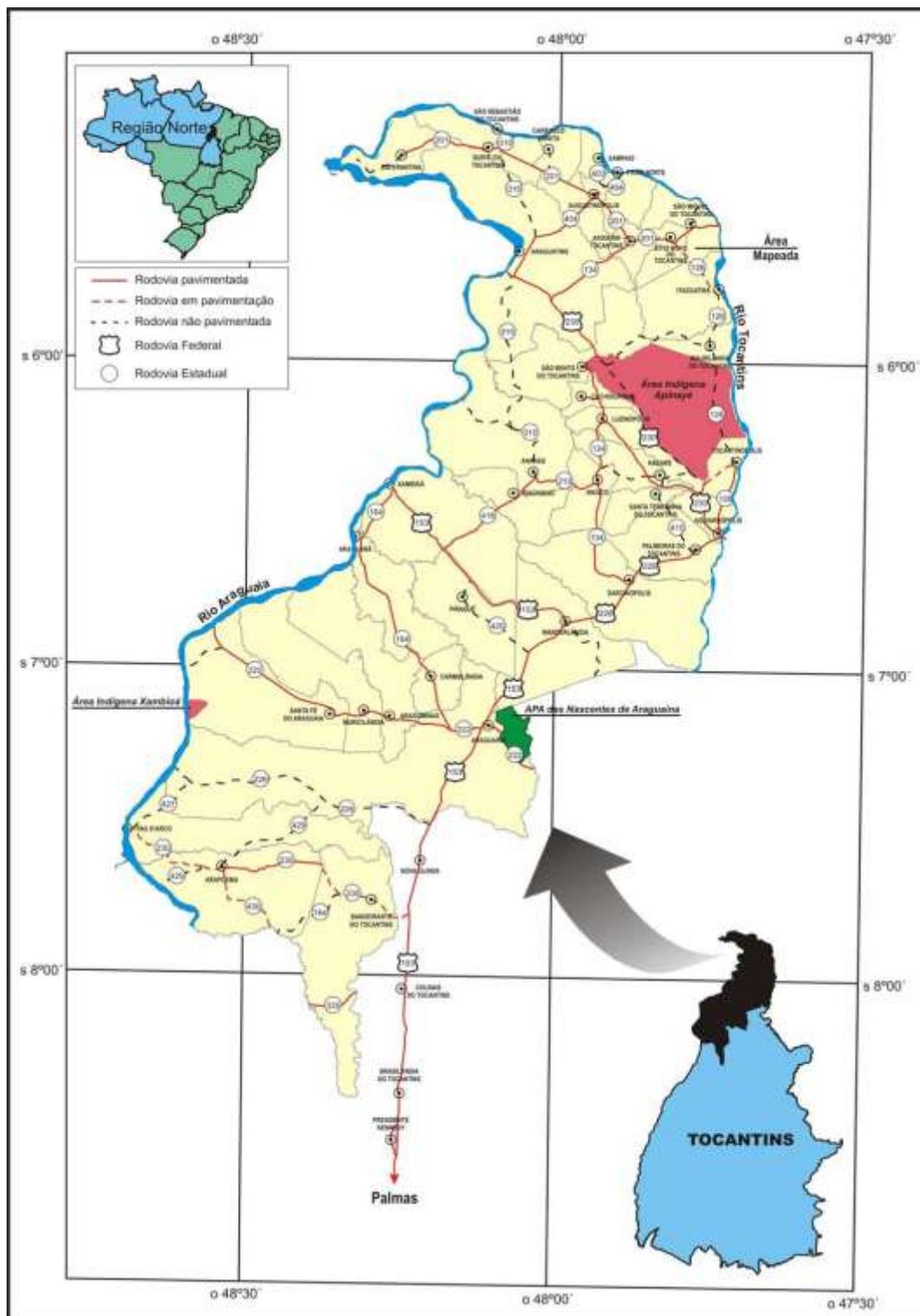


Figura 8 - Área de abrangência e localização do ZEE do Norte do Tocantins.
Fonte: BELLIA et al., 2004.

4.2.1 Zonas e Subzonas propostas no ZEE-Norte do Tocantins

A definição das zonas e subzonas ecológico-econômicas na região norte do Estado do Tocantins buscou utilizar nomenclaturas simples, ao contrário do que ocorre em outros estudos elaborados no país, onde a denominação das zonas e subzonas reflete termos geográficos, ou unidades geomorfológicas, ou ainda expressões explicitando tipos de uso da terra, o que dificulta o entendimento de um usuário leigo quanto ao entendimento dos resultados do ZEE (BELLIA et al., 2004).

A identificação das zonas e subzonas impostas pelo ZEE não considerou nenhuma metodologia consagrada (BECKER E ÉGLER, 1997; AB'SABER 1989; BRASIL, 1991b, MMA, 2006). Todavia, conforme Dias (2008), as mesmas foram identificadas aplicando um conjunto de regras, em ambiente SIG que permitiu a classificação de cada unidade de paisagem (UTB) como pertencente a cada zona ou subzona. Para tanto, utilizou-se informações físico-bióticas armazenadas no plano de informação de UTB e dados sócio-econômicos relativos ao uso da terra.

O processo de identificação das zonas e subzonas considerou os aspectos legais e institucionais, frente ao confronto de desenvolvimento regional com conservação e preservação dos bens naturais. Para a conclusão e identificação final das zonas, a participação social caracterizou-se como processo fundamental na definição das mesmas (DIAS, 2008).

Foram definidas quatro zonas (A, B, C e D) e quatro subzonas (B1, B2, B3 e B4). O Quadro 2 apresenta a definição de cada zona e subzona, bem como sua extensão territorial na área do ZEE do Norte/TO.

Quadro 2 – Definição e extensão territorial de Zonas e Subzonas ecológico-econômicas do ZEE do Norte do Estado do Tocantins.

ZONAS E SUBZONAS	ÁREA	
	Km ²	%
A. Áreas para Ocupação Humana: Correspondem às áreas, cobertas ou não com vegetação primária ou secundária, favoráveis a realização de atividades diversas e implantação de empreendimentos, de caráter temporário ou permanente, promovidos por agentes públicos ou privados. A ocupação e uso dessas áreas devem ser compatíveis com as diferentes capacidades de suporte ambiental e estar em conformidade com a legislação vigente.	21.036	63,7
B. Áreas para Conservação Ambiental e do Patrimônio Cultural	9.438	28,8
B1. Áreas para conservação dos Ambientes Naturais: Referem-se às áreas em que o licenciamento ambiental para uso econômico deve restringir a continuidade de redução dos ambientes naturais, preferencialmente, não excluindo o desenvolvimento de atividades sustentáveis de baixo impacto ambiental. São áreas de grande importância para a conservação dos recursos naturais, especialmente as áreas marginais de cursos d'água, áreas específicas de reabastecimento de aquíferos, encostas de serras e de chapadões, cujos fragmentos florestais, mesmo quando pequenos ou muito alterados, exercem importante função na manutenção da diversidade biológica remanescente.	4.741	14,4
B2. Áreas para corredor Ecológico Tocantins-Araguaia: Engloba as áreas que interligam as bacias do Araguaia e do Tocantins, onde há partes de ecossistemas naturais ou alterados, interligando unidades de conservação e áreas com cobertura vegetal preservada, que possibilitam o movimento da biota e o fluxo de genes entre elas, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações biológicas que, para serem viabilizadas, demandam áreas com extensão maior do que aquelas das unidades de conservação isoladas.	4.423	13,6
B3. Áreas de Ocorrências de Cavidades Naturais: Áreas com potencial e ocorrências de cavidades naturais subterrâneas que devem ser preservadas e conservadas para pesquisas de ordem técnico-científica, bem como atividades de cunho espeleológico, arqueológico, étnico-	274	0,8

cultural, turístico, recreativo e educativo.		
B4. Áreas de Proteção da Captação de Água para Abastecimento Público: correspondem a todos os mananciais que são objetos de captação com vistas ao abastecimento público ou a outras formas definidas em lei.	-	-
C. Áreas prioritárias para Unidade de Conservação de Proteção Integral: Tratam-se de espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídas ou indicadas como prioritárias para a proteção integral pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas para a manutenção dos ecossistemas e/ou dos sítios culturais livres de alterações causadas por interferência humana, admitindo apenas o uso indireto dos seus atributos naturais.	813	2,4
D. Áreas de Unidades de Conservação de Uso Sustentável: Áreas destinadas à exploração dos recursos ambientais, desde que seja garantida a perenidade dos recursos renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável.	146	0,4
E. Área sob Administração Federal: Terras Indígenas e Unidades de Conservação administradas pelo governo federal (FUNAI e IBAMA, respectivamente).	1.542	4,7
TOTAL	32.975	1000

Fonte: SEPLAN, 2004.

Ressalta-se que o valor total apresentado na somatória do quadro 2 não inclui as áreas ocupadas por corpos d'água, sendo que, como visto anteriormente, a área abrangente do ZEE é de aproximadamente 34.218 km².

A figura 9 apresenta uma melhor visualização da espacialização territorial das referidas zonas e subzonas na área do ZEE. Ressalta-se que a Zona A – Áreas destinadas para Ocupação Humana ocupam grande parte da área do ZEE, o que demonstra alta disponibilidade de recursos naturais para o desenvolvimento econômico da região.

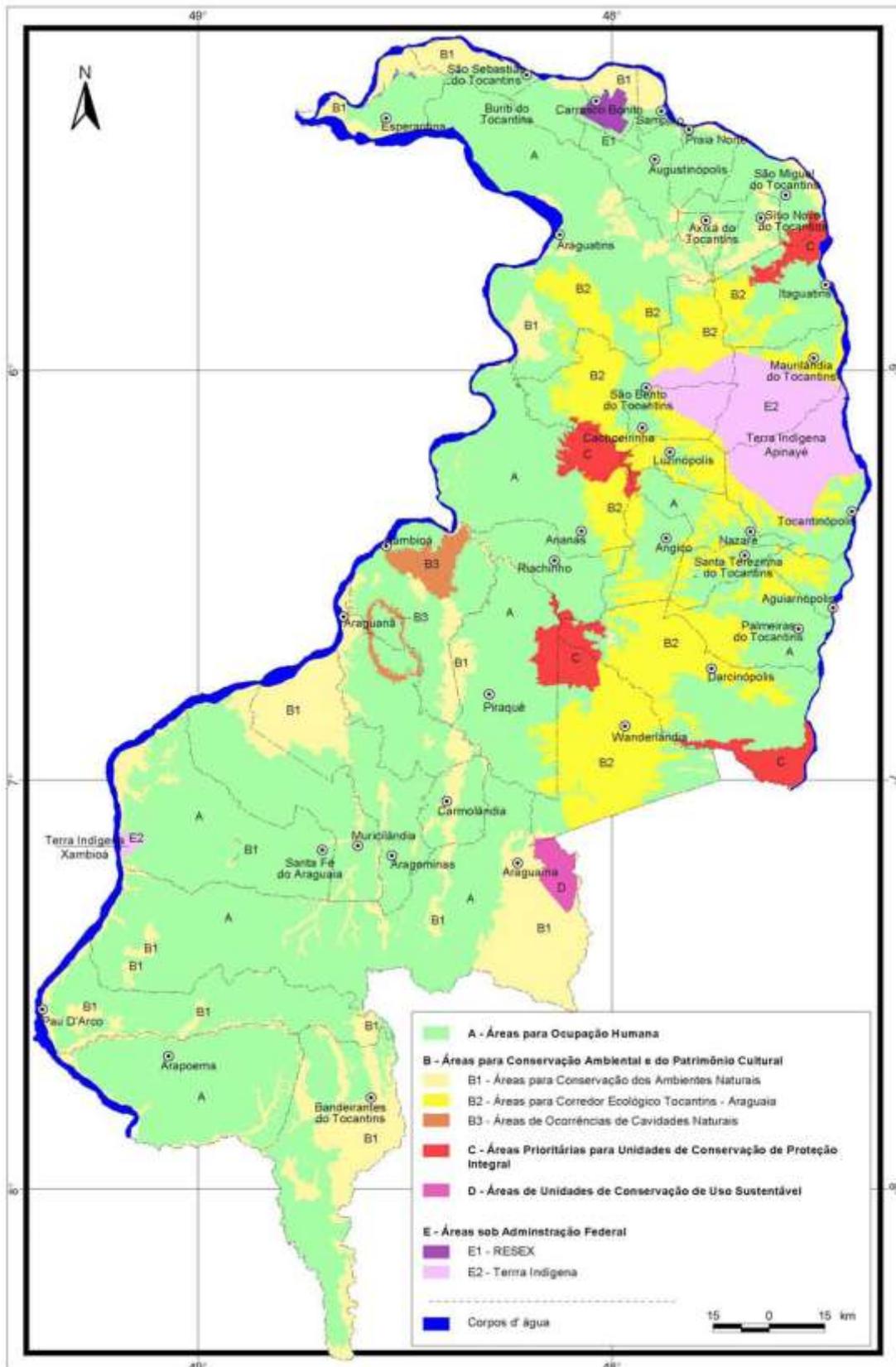


Figura 9 – Zonas e Subzonas do ZEE da região Norte do Tocantins.

Fonte: BELLIA et al., 2004.

4.3 PLANO DE BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS LONTRA E CORDA - PBHRLC

As bacias dos rios Lontra e Corda estão inseridas no sistema hidrográfico do rio Araguaia, na Região Norte do Estado do Tocantins, entre as coordenadas geográficas 06°18'00" e 07°31'12" de latitude sul; e 47°49'12" e 48°38'24" de longitude oeste. O Lontra e o Corda, após drenarem, respectivamente, áreas de 3.870 km² e 3.484 km², contribuem à margem direita do rio Araguaia, já no seu curso inferior, na Região Norte do Estado do Tocantins.

De acordo com a classificação adotada pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL para as grandes bacias brasileiras, os rios Lontra e Corda estão inseridos na sub-bacia 28, descrita como sendo a área de drenagem do rio Araguaia compreendida entre a confluência do rio Santa Maria, exclusive, e a confluência dos rios Tocantins e Araguaia. Já de acordo com o Zoneamento Ecológico Econômico da região norte do Estado do Tocantins, o rio Lontra e o rio Corda configuram as sub-bacias identificadas como A14 e A15, respectivamente (Figura 10).

Na área do PBHRLC estão inseridos total ou parcialmente 12 (doze) municípios da região norte do Estado do Tocantins, sendo os mesmos: Ananás, Angico, Aragominas, Araguaína, Araguaã, Babaçulândia, Carmolândia, Darcionópolis, Piraquê, Riachinho, Wanderlândia e Xambioá. Maior atenção é dada ao município de Araguaína, uma vez que o mesmo se configura como sendo o segundo maior município do Estado em números de habitantes e economia, perdendo somente para a capital, Palmas.

O PBHRLC foi efetivado no ano de 2002 por meio do acordo firmado entre o Governo do Estado do Tocantins, através da Secretaria de Planejamento - SEPLAN com interveniência da Secretaria de Infra- Estrutura - SEINF, e a Magna Engenharia LTDA, empresa prestadora de serviços de consultoria, responsável pela elaboração do referido Plano.

Para auxiliar a sua elaboração, o PBHRLC contou com o documento, intitulado “Diagnóstico dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Lontra e Corda, na região do Bico do Papagaio – TO”, documento este elaborado pelo Governo do Estado, no ano de 2001. O Diagnóstico teve como objetivo principal, produzir um conjunto de informações destinadas a subsidiar a aplicação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos na região, com destaque para o Plano de Recursos Hídricos.

Neste sentido, os estudos desenvolvidos no Diagnóstico (op. cit), contemplaram o conhecimento do espaço geográfico das bacias, com destaque para a análise e a avaliação das

disponibilidades e das demandas hídricas, sua variabilidade temporal e espacial e os fatores condicionantes desta variabilidade (MAGNA, 2001).

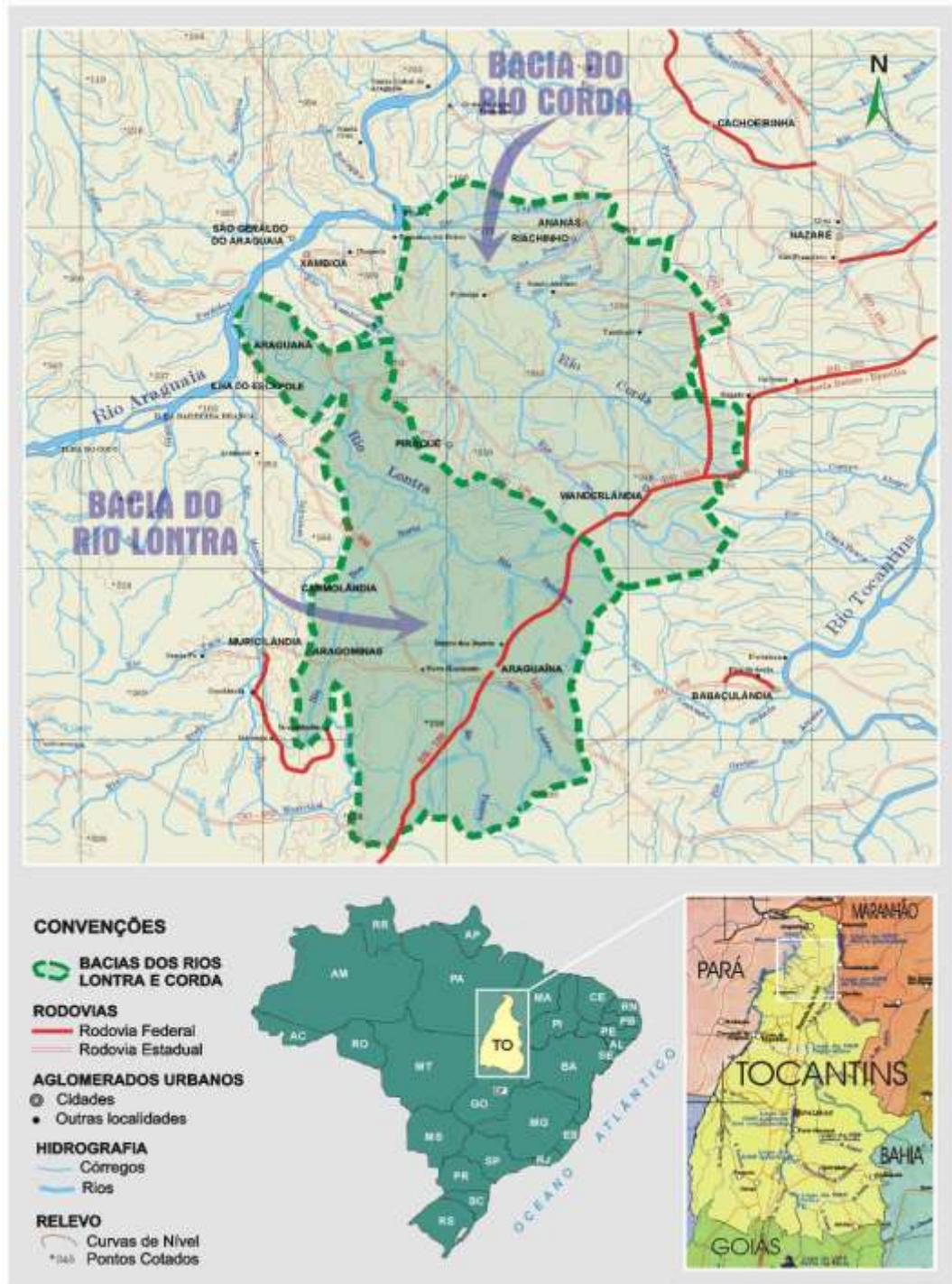


Figura 10: Localização das Bacias dos rios Lontra e Corda
Fonte: MAGNA, 2002.

O PBHRLC, pioneiro no Estado do Tocantins, almejou oferecer dentre os seus principais objetivos (MAGNA, 2002):

- Uma base de informações de interesse ao gerenciamento de recursos hídricos para consolidação de um Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos;
- O diagnóstico da situação de uso, controle e proteção das águas das bacias em pauta;
- O prognóstico da evolução de uso, controle e proteção das águas das bacias, ante dois cenários de evolução: o tendencial, que reproduz as tendências históricas de desenvolvimento da região, e o planejado, que prevê a intervenção de políticas públicas, visando ao aproveitamento otimizado dos recursos de água e solo das bacias;
- As metas orientadoras a serem atingidas para que os recursos hídricos atendam, em qualidade e quantidade, as demandas estabelecidas por cada cenário, no curto, médio e longo prazos;
- As intervenções estruturais necessárias para que as metas sejam atingidas no curto, médio e longo prazos;
- A orientação para implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, ou intervenções não-estruturais;
- Orientações para a implementação de um gerenciamento de recursos hídricos integrado, descentralizado e participativo das bacias dos rios Lontra de Corda, em sintonia com a Política Estadual de Recursos Hídricos.

Faz-se aqui uma ressalva, quanto à participação da sociedade na elaboração do PBHRLC. Ao contrário do que prega a Política Nacional de Recursos Hídricos, onde é observada a gestão participativa, estabelecida pelo Fundamento VI da Lei das Águas, em que a “gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e da comunidade”. O PBHRLC não contou com a participação da sociedade e dos usuários, tendo sido considerados, apenas os anseios do Estado quanto à gestão dos recursos hídricos da região.

Segundo a empresa responsável pela elaboração do PBHRLC, a não participação da sociedade no processo de elaboração do Plano se deu pelo fato do mesmo ser pioneiro e no Estado não possuir, na época, as entidades de participação da sociedade e dos usuários dos recursos hídricos de forma organizada, estando os mesmos na fase de implantação.

Para tanto, a consultora responsável pela elaboração do PBHRLC apresenta um extenso capítulo no estudo, em que são propostas estratégias para a institucionalização do planejamento participativo dos recursos hídricos nas bacias dos rios Lontra e Corda, de forma, que, em futuras revisões do referido Plano, ele possa atender às premissas com que é concebido nas Políticas de Recursos Hídricos Nacional e Estadual (MAGNA, 2002).

Em sua elaboração, o PBHRLC atendeu ao disposto no Art. 7º da Lei das Águas Brasileira, no que diz respeito ao conteúdo mínimo de um Plano de Recursos Hídricos. O referido plano inovou ao apresentar, em capítulo específico, o Zoneamento Ecológico-Econômico da região, cumprindo a exigência mínima do conteúdo dos Planos de Recursos Hídricos, no que se diz respeito à criação de áreas restritas para conservação dos recursos hídricos.

4.3.1 Definições das Áreas propostas pelo ZEE do Plano de Bacia Hidrográfica dos Rios Lontra e Corda - ZPB

Apesar do Zoneamento Ecológico-Econômico não se configurar como um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, nem tampouco um instrumento da Política de Recursos Hídricos do Estado do Tocantins, o Plano de Bacia Hidrográfica dos Rios Lontra e Corda, propõe que as áreas das Bacias de interesse neste estudo sejam zoneadas, na sua totalidade, ou numa parcela das mesmas que seja considerada crítica, na perspectiva de vulnerabilidade ambiental decorrente do uso e ocupação atual do solo.

Para a identificação das áreas prioritárias, objeto do ZEE, considerou-se as seguintes etapas metodológicas apresentadas na figura 11.

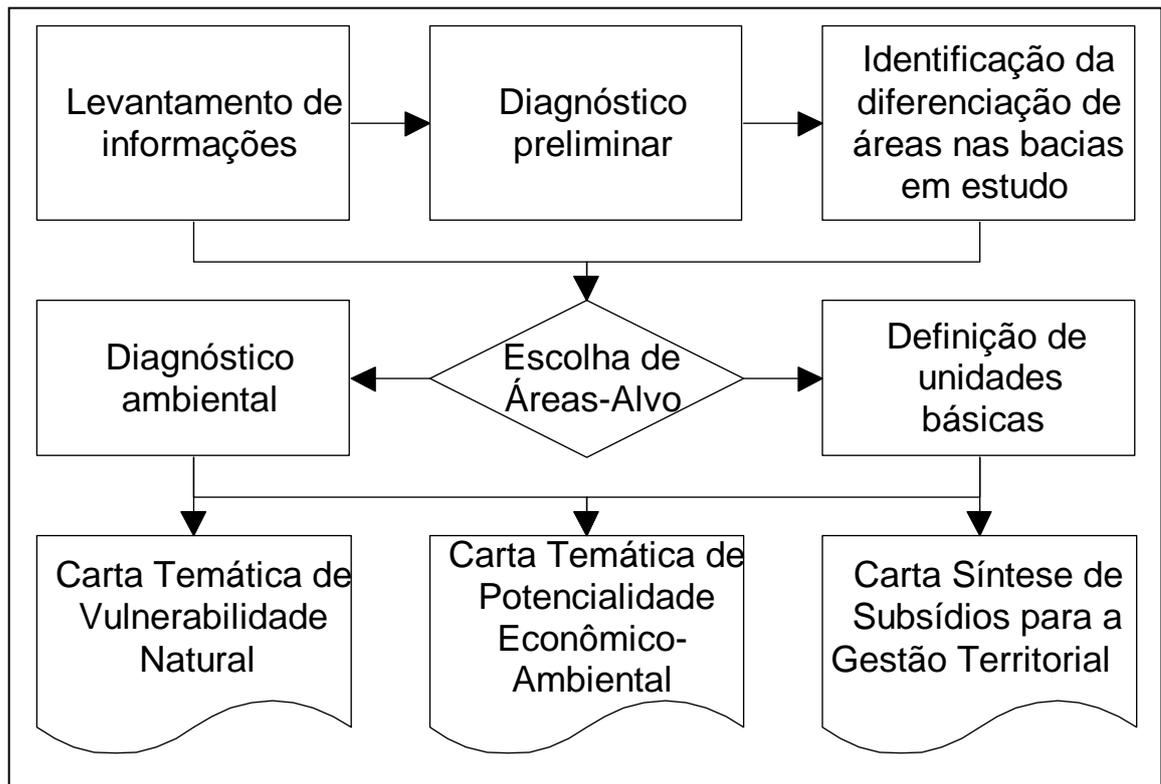


Figura 11 – Dinâmica do ZEE proposto pelo PBHRLC.

Fonte: MAGNA, 2002.

A escolha das áreas, para o ZEE obedece, ainda, a dois critérios políticos:

- **Critério 01**- os objetivos a serem atingidos na área sujeita a ZEE devem ser alinhados com os objetivos a serem atingidos no que habitualmente se denomina "cenário alvo" ou desejável para toda a bacia ou bacias hidrográficas em estudo.
- **Critério 02** - a tomada de decisão, envolvendo os problemas, os múltiplos interesses em jogo, bem como as oportunidades de investimento.

4.3.1.1 Proposta de ZEE nas Bacias dos Rios Lontra e Corda

Após análise, pela equipe responsável pelo PBRLC, das informações geradas pelo Diagnóstico dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Lontra e Corda, foram identificados, inicialmente, condicionantes para consolidação do ZEE, os quais foram, em uma etapa posterior, utilizados na delimitação de áreas propostas para usos específicos. Esses condicionantes estão relacionados a fatores dos meios físico-biótico e antrópico, incluindo restrições de uso impostas pela legislação, conforme exposto a seguir:

- **Condicionantes Físico-Bióticas**

- características pedológicas e de potencialidade de uso dos solos;
- existência de áreas com alto potencial erosivo;
- distribuição espacial das disponibilidades hídricas;
- localização de pontos passíveis de barramento para aproveitamento múltiplo de recursos hídricos;
- existência de áreas com cobertura vegetal nativa significativa e/ou localização de áreas com altos níveis de biodiversidade florística e faunística;
- existência de áreas degradadas; e
- existência de sítios de relevante interesse ambiental – patrimônio natural (cachoeiras, corredeiras, beleza cênica, etc.).

- **Condicionantes Sócio-Econômicas**

- localização das áreas urbanas e dos pólos urbanos intra e inter-regionais;
- Existência de áreas com maior concentração populacional;
- Existência de áreas agrícolas e de pecuária; e
- Existência de sítios de relevante interesse histórico-cultural – patrimônio antrópico (sítios arqueológicos, patrimônio arquitetônico, etc.).

- **Condicionantes Legais e Normativas**

- Localização de áreas de preservação permanente obrigatória (matas-de-galeria, cabeceiras de cursos d'água, vegetação situada em declives acentuados, faixas ao longo de cursos d'água com largura predefinida, sítios de reprodução de aves migratórias, etc.);
- Localização de unidades de conservação já instituídas; e
- Localização de áreas indicadas para implantação de novas unidades de conservação, devido à sua importância ecológica.

A partir do cruzamento destas condicionantes, chegou-se a uma carta de subsídios à gestão territorial onde estão identificadas:

- **Áreas Produtivas:** caracterizadas por uma baixa vulnerabilidade natural à erosão, e que podem ser de:
 - consolidação ou fortalecimento do desenvolvimento humano; e
 - expansão do potencial produtivo, dependendo do nível de potencialidade social observado.

- **Áreas Críticas:** caracterizadas por elevada vulnerabilidade natural à erosão, e que podem ser objeto de:
 - conservação, quando ainda pouco ocupadas (baixo potencial social); e
 - recuperação, quando se observa uma incongruência entre o potencial social elevado e a alta vulnerabilidade natural.

- **Áreas Institucionais:** de preservação permanente, como as unidades de conservação de uso indireto, ou as áreas assim determinadas pelo Código Florestal;
 - de uso restrito ou controlado, como reservas indígenas e extrativistas; e
 - de interesse estratégico nacional, como as áreas de fronteira.

O Quadro 3 ilustra as áreas propostas, numeradas em ordem decrescente de potencial de uso agrícola, conforme o PBHRLC.

Quadro 3 – Características das zonas propostas no ZEE do PBHRLC.

Zonas	Características apresentadas pelas áreas
Zona 01 - enquadra-se na classificação de “ Áreas Produtivas ”, podendo ser utilizada para a expansão do potencial produtivo, com agricultura anual	- uma baixa vulnerabilidade natural à erosão, com classes de erodibilidade de muito fraca a fraca; uma média a baixa vulnerabilidade à poluição de aquíferos; o predomínio de latossolos; e o predomínio de arenitos.
Zona 2 - enquadra-se na classificação de “ Áreas Críticas ”, podendo ser utilizada para a conservação ambiental ou para a implantação de culturas anuais/pecuária, desde que adotadas técnicas avançadas de manejo.	- elevada vulnerabilidade natural à erosão, com classes de erodibilidade ligeira; uma alta a média vulnerabilidade à poluição de aquíferos, representando uma zona de recarga de aquíferos; o predomínio de areias quartzosas; e o predomínio de arenitos.
Zona 3 - enquadra-se na classificação de “ Áreas Institucionais de Uso Restrito ou Controlado ”, podendo ser utilizada de forma restrita ou controlada, com a implantação de pastagens e/ou fruticultura, com adoção de técnicas adequadas de manejo.	- uma elevada vulnerabilidade natural à erosão, com classes de erodibilidade moderada; pedregosidade intensa; o predomínio de solos podzólicos; e o predomínio de rochas metamórficas e corpos graníticos.
Zona 4 - enquadra-se na classificação de “ Áreas Institucionais de Preservação Permanente ” e/ou “ Áreas Institucionais de Uso Restrito ou Controlado ”.	Presença de áreas declivosas, escarpadas e pedregosas. Outro uso vislumbrado é a mineração, desde que utilizadas técnicas adequadas de extração e recuperação de jazidas, o que inseriria algumas parcelas de interesse econômico.

Fonte: MAGNA, 2002.

A figura 12 ilustra as áreas proposta no ZEE da região das Bacias dos Rios Lontra e Corda.

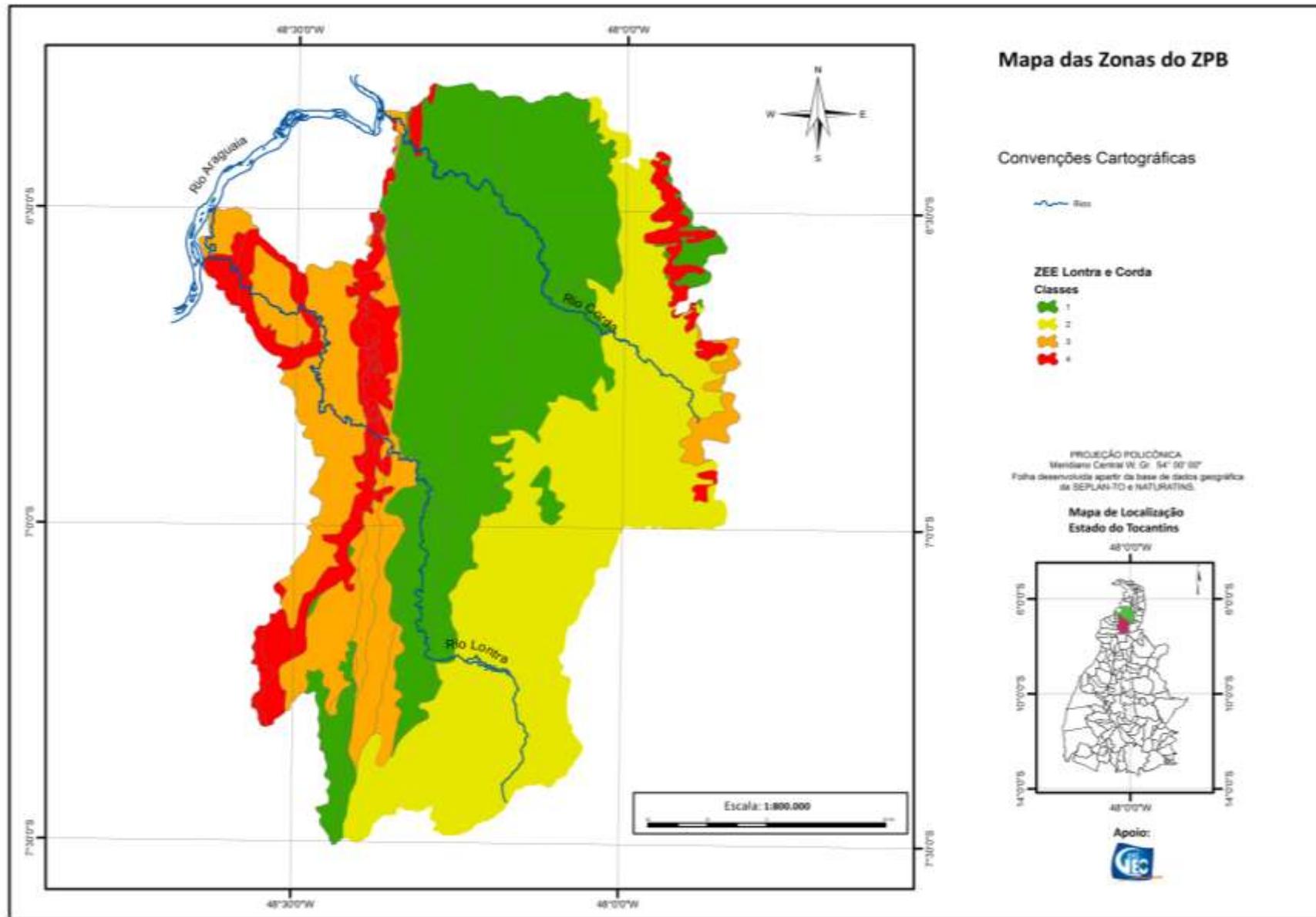


Figura 12 - Zoneamento Ecológico-Econômico proposto pelo PBHRLC

4.4 ÁREA DO CASO DE ESTUDO: ÁREA DE INTERSECÇÃO ENTRE O PLANO DE RECURSOS HÍDRICOS DAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA E PLANO DE ZEE DO NORTE

A área de Estudo, escolhida para o desenvolvimento da pesquisa, se configura como sendo o recorte da área sobreposta pelo PBHRLC e ZEE do Norte. A mesma está localizada na mesma região do Plano de Recursos Hídricos, conforme figura 13.

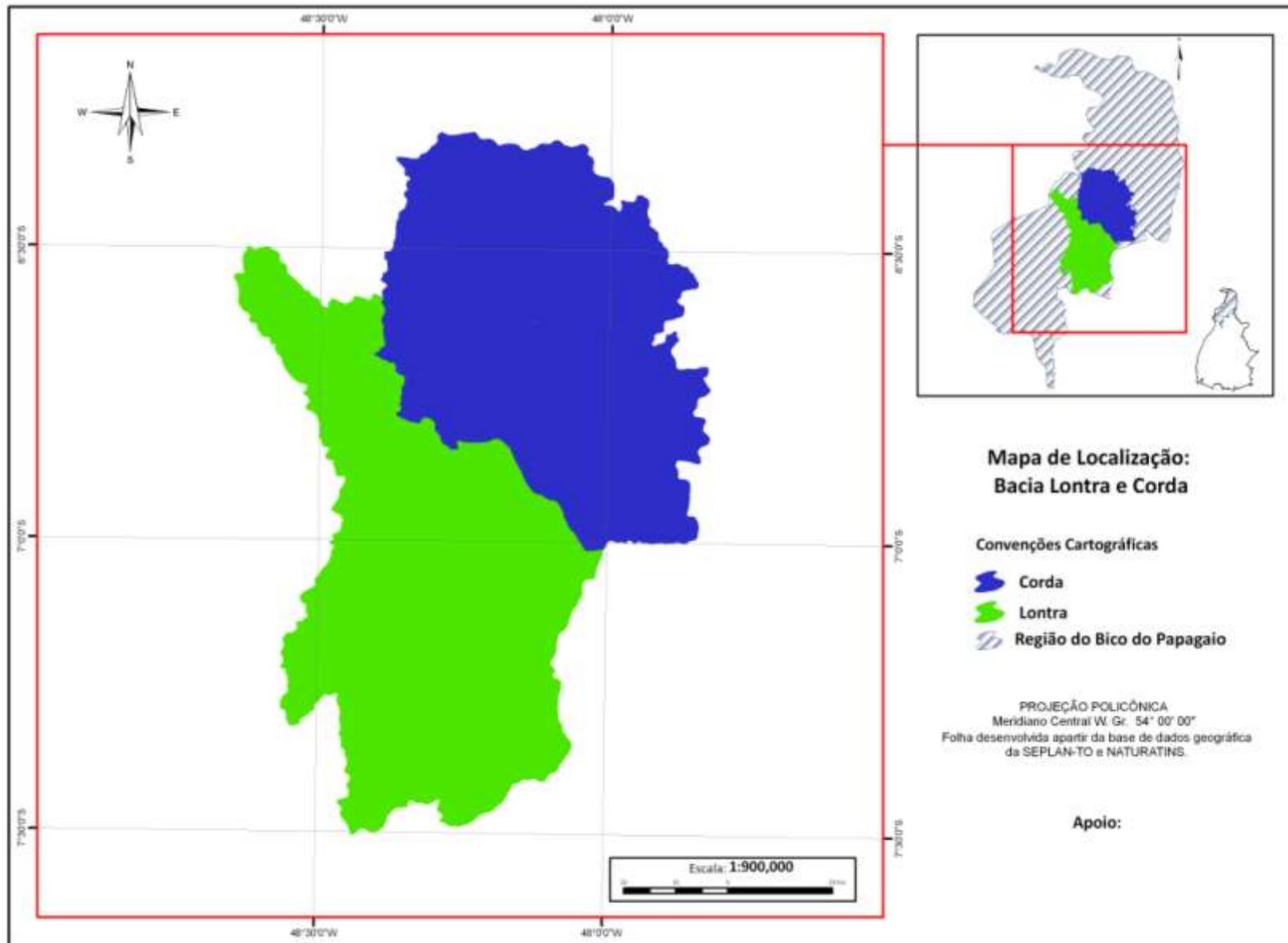


Figura 13 - - Localização da área de estudo.

4.5 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA

Buscar-se-á, neste item, apresentar, de forma sucinta as características físicas, os aspectos bióticos e ambientais, os aspectos sócio-econômicos, bem como informações sobre a hidrologia e a hidrogeologia da região. Ressalta-se que as informações necessárias para caracterizar a área de estudo foram obtidas do Relatório Final intitulado “Diagnóstico dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Lontra e Corda, na Região do Bico do Papagaio” (MAGNA, 2001), estudo que antecedeu e subsidiou o PBHRLC.

4.5.1. - Clima

No que se refere à caracterização climática das bacias, identificou-se o predomínio do tipo climático **B1wA'a'** (classificação de *Thornthwaite*), descrito como clima úmido com moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração potencial apresentando uma variação média anual entre 1.400 e 1.700 mm, distribuindo-se no verão em torno de 390 e 480 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada.

Pela classificação de *Koppen*, a área encontra-se sob o domínio do tipo climático “Aw”, descrito como *tropical de savana e inverno seco*. Com efeito, o exame dos dados permitiu observar a ocorrência de um período de até quatro meses onde as precipitações são insignificantes. A estiagem inicia-se em maio e pode se estender até outubro, sendo que de junho a setembro tem-se os menores totais precipitados.

As temperaturas pouco variam no espaço das bacias e ao longo do tempo, sendo extremamente raras as penetrações de massas de ar frio, em virtude da continentalidade e das latitudes altas. A média anual observada para o conjunto das estações avaliadas foi de 25,9°C, sendo menor em Araguaína (24,9°C).

Embora a variabilidade das temperaturas ao longo dos meses do ano seja pouco significativa, foram observadas as médias mais baixas em janeiro e fevereiro, na estação chuvosa, e as mais elevadas em setembro, já no final do período seco.

Os valores médios de umidade relativa do ar apresentam-se claramente correlacionados com os de precipitação, ocorrendo menores valores de umidade no inverno quando as precipitações são menos frequentes. A média anual ficou no entorno de 80%, baixando para cerca de 60% no inverno. Já para o elemento evaporação, observou-se um

padrão inverso ao das precipitações. Com efeito, no período seco, com maior insolação e menor nebulosidade, são observados os maiores valores de evaporação.

4.5.2 Características hidrológicas

De um modo geral, o comportamento hidrológico das bacias dos rios Lontra e Corda reflete as características do comportamento climático, que tem na variabilidade temporal das precipitações o seu principal definidor. Com efeito, a sazonalidade pronunciada que se observa nas precipitações, com um semestre notadamente mais seco (maio a outubro), no qual ocorrem apenas 17% das precipitações anuais, faz com que os escoamentos apresentem esta mesma sazonalidade.

As vazões específicas médias de longo período oscilam, para as diferentes sub-bacias, entre 22 e 26 L/s.km². Considerando apenas o semestre mais chuvoso (novembro-abril), as vazões específicas médias passam para a faixa de 32 a 40 L/s.km², enquanto que considerando apenas o semestre mais seco tem-se vazões específicas médias situadas no entorno dos 13 L/s.km². Os meses de agosto e setembro são os mais secos, com vazões específicas médias no entorno dos 7 L/s.km².

4.5.3 Características Geomorfológicas e Geológicas

Geomorfologicamente, parte das bacias dos rios Lontra e Corda insere-se na Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins e parte na Depressão Periférica do Sul do Pará.

A bacia do rio Corda insere-se praticamente toda, com exceção do trecho final, próximo à foz no rio Araguaia, na Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins, caracterizada pela presença de amplos patamares estruturais, edificados sobre as formações paleozóicas da bacia do Parnaíba e retrabalhados por pediplanação pleistocênica. O relevo varia de aplainado, constituído por pequenas escarpas que desenvolvem patamares com caimento suave para leste, a colinoso, de formas alongadas. A drenagem apresenta padrão retangular aberto, com densidade média.

Já a bacia do rio Lontra insere-se, de forma similar à bacia do rio Corda, no seu trecho inicial, das nascentes até parte de seu curso médio, na Depressão Ortoclinal do Médio Tocantins, cujas características já foram acima descritas. O restante da bacia está inserida na

Depressão Periférica do Sul do Pará, onde observa-se o predomínio do relevo de morros, contemplando morros e serras restritas, com topos arredondados a ligeiramente aplainados e dissecados em colinas e ravinas.

O substrato é constituído por rochas do Complexo Colméia e da Formação Xambioá. A densidade de drenagem é média, com padrões dêntricos, por vezes radiais, em consequência do controle radial. As cotas, em geral, situam-se entre 200 e 400 m. Observa-se, ainda, uma área de ocorrência de quartzitos da Formação Morro do Campo, conformando um relevo montanhoso dissecado em cristas e ravinas.

Do ponto de vista geológico, a bacia do rio Corda está inserida, predominantemente, na Bacia Sedimentar do Parnaíba, que compreende arenitos, folhelhos, argilitos, conglomerados, cherts, calcários, dolomitos, níveis de gipsita, sedimentos clasto-químicos, níveis de sílex, basaltos e diabásios. Tais litologias derivam de sedimentação continental e marinha com participações lacustre e fluvial, além de esporádicos eventos eólicos.

Já a bacia do rio Lontra insere-se, de forma similar à bacia do rio Corda, no seu trecho inicial, das nascentes até parte de seu curso médio, na Bacia Sedimentar do Parnaíba, cujas características já foram acima descritas. O restante da bacia está inserida na Faixa de Dobramentos do Proterozóico Médio e Superior, compreendendo, basicamente, xistos, quartzitos, folhelhos e siltitos. Ocorrem, ainda, conforme acima comentado, rochas do Complexo Colméia, relacionadas aos Complexos Metamórficos do Arqueano e Proterozóico Inferior.

4.5.4 Características Hidrogeológicas

A potencialidade hidrogeológica da região concentra-se nas rochas sedimentares pertencentes à Bacia Sedimentar do Parnaíba, cuja província hidrogeológica se estende por mais de 110.000 km² no estado de Tocantins. De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, a província do Parnaíba, com uma seqüência alternada de aquíferos e aquíferos, apresenta reservatórios compartimentados moldados por eventos tectônicos.

Das rochas que ocorrem na região em estudo, o aquífero Sambaíba, pertencente à Bacia Sedimentar do Parnaíba, caracteriza-se como a unidade geológica mesozóica mais promissora à exploração de água subterrânea. A unidade é constituída, predominantemente,

por arenitos róseos a esbranquiçados, finos a médios, bem selecionados, grãos subangulosos a arredondados.

4.5.5 Características do solo

No que se refere aos recursos de solos, na bacia do rio Lontra predominam as Areias Quartzozas (AQ3), Latossolo Vermelho Amarelo (LV2) e Podzólico Vermelho Amarelo (PV5), em classes de declividade AB (de 0 a 10 %, com predominância de 0 a 5 %) e, com menor ocorrência, CD (de 10 a 30 %, com predominância de 10 a 15 %).

Na bacia do rio Corda predominam Latossolo Vermelho Amarelo (LV2) e Areias Quartzozas (AQ3), quase que exclusivamente em classe de declividade AB (de 0 a 10 %, com predominância de 0 a 5 %).

4.5.6 Características Bióticas

Na porção mais ocidental da região, a vegetação é do tipo floresta tropical latifoliada, aberta a densa, de difícil penetração. Essa floresta é exuberante e apresenta uma grande variedade de espécies vegetais como o jatobá, a Sumaúma, a Maçaranduba, a Castanheira, o Mogno etc. As árvores de médio a grande porte atingem às vezes, em torno de 50 metros de altura, principalmente nos vales, onde a umidade é maior.

Esta floresta tropical, para leste, passa progressivamente para uma floresta de transição caracterizada por árvores de porte médio e pela presença da palmeira babaçu. A zona de babaçu é bem definida e estende-se até os arredores de Araguaína, às vezes sob forma de áreas restritas já dentro da zona de Cerrado.

Nos vales e base das encostas, onde a umidade é maior, e principalmente quando os cursos d'água são perenes, ocorre uma vegetação bem desenvolvida, sob forma de mata de galeria bastante densa e fechada, com cipoais e árvores de pequeno porte, entre as quais destacam-se as palmeiras, em particular o buriti.

Na porção oriental da região predomina um cerrado pouco denso composto de árvores bastante separadas, de pequeno porte, retorcidas e esgalhadas, de casca espessa, e de arbustos dispersos sobre um tapete relativamente denso de gramíneas e de planta lenhosas.

Na floresta de galeria úmida, onde o terreno é encharcado, a formação florística é pouco diversificada e a vegetação é tipicamente perenifólia ou com o processo perda/reposição muito rápido.

O meio faunístico, de uma maneira geral, encontra-se bastante reduzido na área de interesse. As espécies que ali ainda sobrevivem, estão em estágio de adaptação, em redução ou em trânsito. As espécies florísticas locais, atrativas à fauna, contribuem positivamente para esta incipiente presença.

4.5.7 Características sócio-econômicas

O perfil dos municípios integrantes da região em análise destaca-se pela sua estrutura eminentemente agrícola, sobressaindo-se o setor pecuário, com atividade extensiva, que domina o panorama produtivo regional, como base de sustentação principal de toda sua estrutura econômica, tanto em nível municipal como regional. A agricultura de sequeiro, com um nível tecnológico baixo, com predomínio da mão de obra familiar, sem capacitação para exercer atividades de uma agricultura mais tecnificada, como a agricultura irrigada, tem um papel econômico secundário nesse contexto.

O município de Araguaína, com uma população superior a 100.000 habitantes, sendo, portanto o maior e mais importante núcleo econômico e populacional, representa sem dúvida o grande centro urbano polarizador das atividades econômicas, sendo o gerador de oportunidades e serviços.

Esta condição de pólo regional, com potencial para atrair grande quantidade de pessoas, produz uma tendência de agravamento do quadro de problemas sociais, como os de mendicância, favelização, presença de meninos de rua, comércio informal desorganizado e violência, em graus diferenciados.

A sazonalidade da oferta de empregos, baseado na atividade econômica mais relevante, a agropecuária, e em menor escala, nas atividades industriais atreladas a produção agrícola, tem sido motivo das migrações sazonais de trabalhadores oriundos dos campos de pecuária e agricultura de sequeiro.

Grande parte do fluxo migratório tem na dinâmica e desenvolvimento das atividades econômicas, seu principal motivador. Portanto, Araguaína destaca-se pelas razões anteriormente descritas, contrapondo-se aos outros municípios integrantes, frágeis e

incipientes, com infra-estrutura deficiente, calcada em atividades tradicionais - pecuária extensiva e agricultura vinculada a subsistência - que, além de agregar baixo valor às economias municipais e regional, não geram postos de trabalho e tampouco apresentam capacidade de induzir a implantação de novas atividades e de dinamizar receitas públicas e investimentos, reforçando as desigualdades existentes.

4.5.8 Principais usos dos Recursos Hídricos na região

Os principais usos preponderantes na região estudada, conforme o PBHRLC são o abastecimento populacional (54%) e a dessedentação de animais (39%), ficando o abastecimento industrial com apenas 7% das demandas totais.

Apesar do abundante potencial hídrico superficial presente na região dos rios Lontra e Corda, observa-se a preponderância do manancial subterrâneo para suprimento de todas as demandas, com exceção da dessedentação animal. O município de Araguaína, como visto anteriormente o mais desenvolvido economicamente da região, detém cerca de 91,3% de seu abastecimento populacional e 100% de suas indústrias abastecidas por manancial subterrâneo, isto devido aos menores custos de captação e, principalmente, de tratamento.

Como uso não consuntivo, destacam-se os aproveitamentos hidrelétricos, sendo identificadas a UHE Corujão, no rio Lontra, e a UHE Lajes, no rio Corda. Os cursos superficiais ainda apresentam outros usos caracterizados como não consuntivos, como áreas de lazer, principalmente relacionadas à balneabilidade, e aqüicultura, representada por alguns pontos de desenvolvimento da piscicultura.

Apesar da utilização atualmente empreendida pela economia da região, com o predomínio da pecuária extensiva e da agricultura, a irrigação não é considerada um uso preocupante no quesito quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos, visto que a região não apresenta práticas intensivas que demandem alguma prática de irrigação artificial significativa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos pelo emprego da metodologia proposta neste trabalho foram divididos em três partes, que julgou ser de suma importância para atingir o objetivo proposto. Percorreram-se por apreciação de Planos e Programas de gestão ambiental (PRH e ZEE), métodos matemáticos, modelos de análise em ambiente SIG, para realizar uma análise mais precisa quanto à avaliação da efetividade de instrumentos de políticas ambientais ao considerar o aspecto quantitativo das águas subterrâneas, em uma região.

Sendo assim, empregaram-se metodologias distintas de âmbitos nacional e internacional, que demandaram tempo e empenho para obtenção de informações e dados que substanciassem as evidências do conflito existente entre a sobreposição de instrumentos de políticas distintas, que tratam de certa forma, do mesmo assunto, porém com aspectos diferenciados.

Tendo em vista a quantidade de resultados obtidos com o emprego dos diferentes métodos, julgou-se ser necessário apresentar, neste item, apenas os resultados finais de cada metodologia, estando os demais resultados, como cálculos, tabelas, mapas temáticos e intermediários, localizados no Anexo e Apêndice do presente trabalho.

5.1 SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS PROPOSTAS NO ZONEAMENTO DO PLANO DE BACIA VERSUS ZONAS DO ZEE DO NORTE DO TOCANTINS

As zonas ecológicas-econômicas propostas pelos instrumentos aqui analisados foram até o presente momento, apenas mencionadas a título de conhecimento quanto a suas características, não tendo sido realizada nenhuma análise quanto as suas relações com o uso do solo e dos recursos hídricos da região em estudo, em especial aos recursos hídricos subterrâneos. Para tanto, realizou-se o cotejo entre as zonas indicadas pelo ZEE do Plano de Bacia Hidrográfica com as zonas do ZEE do Norte do Tocantins, a fim de analisar a efetividade da proposição de dois instrumentos distintos a serem implementados em uma mesma região.

Para uma melhor visualização da aposição, realizou-se o cruzamento físico das regiões denominadas zonas sustentáveis propostas em ambos os zoneamentos. A figura 14 melhor apresenta a sobreposição de que se trata este item.

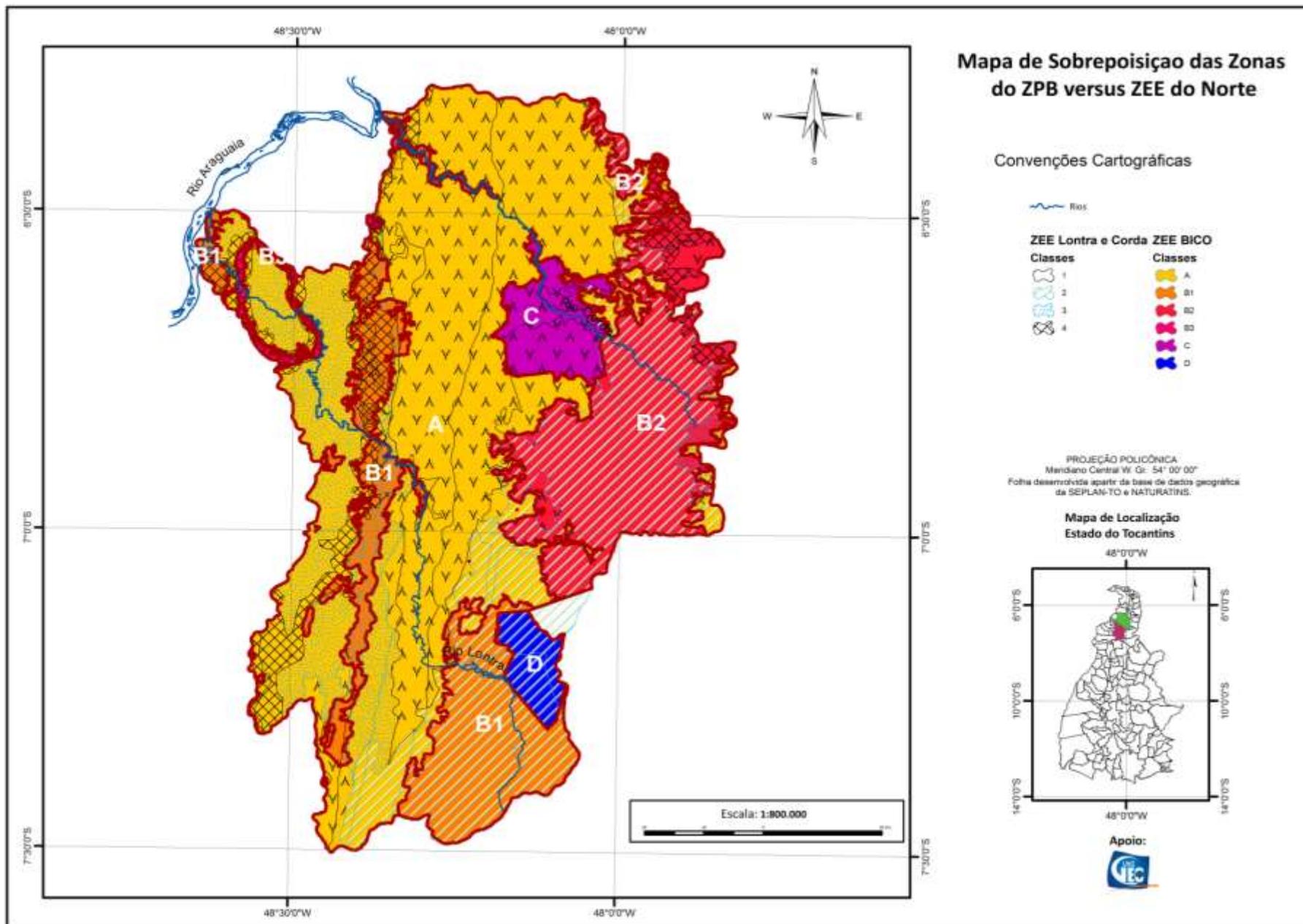


Figura 14 – Sobreposição das zonas propostas no ZPB e ZEE do Norte.

Para a análise do cruzamento das informações considerou-se as características das zonas enunciadas nos quadros 2 e 3 deste trabalho, que correspondem à discriminação das zonas conforme o ZEE do Norte e Zoneamento do Plano de Bacia, respectivamente.

Os quadros de 4 a 7 apresentam o cotejo entre as zonas estabelecidas pelo ZPB e ZEE do Norte. Para a realização da comparação, analisou, criteriosamente, cada zona indicada pelo ZPB, separadamente, e sua relação com as zonas sobrepostas pelo ZEE do Norte para a mesma área física. Atentou-se ainda, em avaliar a forma como estão relacionados os recursos hídricos na gestão das zonas instituídas por ambos os instrumentos.

Quadro 4 – Sobreposição da Zona 1 do ZPB com demais áreas do ZEE do Norte

SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS		ANÁLISE	
ZPB	ZEE do Norte do TO	Cotejo entre as Zonas sobrepostas	Avaliação em relação aos Recursos Hídricos
Zona 1 - Áreas Produtivas	Zona A – Áreas para ocupação Humana	Zoneamento compatível – ambas as zonas são favoráveis a implantação de empreendimentos, pois as áreas apresentam potencial produtivo. Na alocação dos usos do solo deve ser considerada a capacidade de suporte ambiental e o atendimento a legislação ambiental vigente.	Nenhuma das zonas avaliou a capacidade hídrica (superficial e subterrânea) das bacias quanto ao atendimento ao uso do solo.
	Sub-Zona B1: Áreas para conservação dos Ambientes Naturais	Zoneamento Divergente – As zonas divergem quanto as suas proposições. Enquanto o ZPB estabelece áreas com alto potencial para produção agrícola, o ZEE do Norte prevê o licenciamento ambiental como meio de restrição da continuidade da redução ambiental, não excluindo atividades de baixo impacto ambiental.	Somente o ZEE do Norte considerou a importância da conservação das áreas marginais de cursos d’água, dando ênfase às áreas de reabastecimento de aquíferos.
	Sub-Zona B2 - Áreas para corredor Ecológico Tocantins-Araguaia	Zoneamento Divergente - As zonas divergem, pois o ZEE as considera como áreas de conservação ambiental, por englobar áreas que interligam as bacias dos Rios Araguaia e Tocantins. Já o ZPB considera a área como áreas produtivas.	Os recursos hídricos não foram considerados na limitação e importância das áreas para a criação do corredor ecológico Tocantins-Araguaia, sendo considerada apenas a cobertura vegetal para manutenção e dispersão das populações biológicas existentes.
	Zona C - Áreas prioritárias para Unidade de Conservação de Proteção Integral:	Zoneamento Divergente – Enquanto a zona estabelecida pelo ZEE do Norte indica que as áreas sejam prioritárias para proteção integral, não permitindo a interferência humana na região, o ZPB classifica a mesma área para utilização, devido ao seu potencial produtivo para agricultura anual.	Ambas as zonas consideram a importância da preservação dos recursos hídricos.

Quadro 5 – Sobreposição da zona 2 do ZPB com demais áreas do ZEE do Norte

SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS		ANÁLISE	
ZPB	ZEE do Norte do TO	Cotejo entre as Zonas sobrepostas	Avaliação quanto aos Recursos Hídricos
Zona 2 – <u>Áreas Críticas</u>	Zona A – <u>Áreas para ocupação Humana</u>	Zoneamento Divergente – O ZEE considera as áreas da Zona A como áreas favoráveis a realização de atividades diversas e implantação de empreendimentos. Já o ZPB permite a implantação de culturas/pecuária, desde que adotada técnicas avançadas de manejo, pois as áreas possuem elevada vulnerabilidade natural à erosão e predomínio de areia quartzosa, devendo a utilização do solo ser realizada de forma adequada.	Somente o ZPB considerou as áreas como de média a alta vulnerabilidade a poluição de aquíferos, dando ênfase às áreas de recarga.
	Sub-Zona B1 - <u>Áreas para conservação dos Ambientes Naturais</u>	Zoneamento Compatível – Ambas as zonas consideram a região como áreas importantes para a conservação dos recursos naturais, permitindo o desenvolvimento de atividades sustentáveis, de baixo impacto ambiental.	Ambas as zonas consideram a importância da preservação das áreas de recarga de aquíferos.
	Sub-Zona B2 - <u>Áreas para corredor Ecológico Tocantins-Araguaia:</u>	Zoneamento Compatível – As duas zonas reconhecem a sensibilidade das áreas e prevê a conservação ambiental para manutenção dos ecossistemas. Apenas a zona prevista no ZPB prevê a utilização do solo por atividades, porém adotando técnicas de manejo avançado.	As zonas não consideraram a importância dos recursos hídricos.
	Zona D - <u>Áreas de Unidade de Conservação de Uso Sustentável.</u>	Zoneamento Compatível – ambas as zonas destinam as áreas para exploração dos recursos naturais, porém é observado a preocupação com a conservação ambiental, a fim de manter a biodiversidade.	Apenas o ZPB considerou as áreas como de média a alta vulnerabilidade à poluição de aquíferos, caracterizando-a como área de recarga de aquíferos.

Quadro 6 - Sobreposição da zona 3 do ZPB com demais áreas do ZEE do Norte

SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS		ANÁLISE	
ZPB	ZEE do Norte do TO	Cotejo entre as zonas sobrepostas	Avaliação quanto aos recursos hídricos
Zona 3 – <u>Áreas Institucionais de Uso Restrito ou Controlado</u>	Zona A – <u>Áreas para ocupação Humana</u>	Zoneamento Compatível – Apesar do ZPB classificar as áreas como de uso Restrito ou controlado, a exploração dos recursos naturais é permitida, porém, assim como estabelece o ZEE do Norte, a ocupação dessas áreas devem ser compatível com a capacidade de suporte ambiental e estar em conformidade com a legislação ambiental.	Os recursos hídricos não foram mencionados em ambas as zonas.
	Sub-Zona B1 - <u>Áreas para conservação dos Ambientes Naturais</u>	Zoneamento Compatível – Ambas as zonas prevê a ocupação humana, desde que seja considerada e preservada a capacidade de suporte ambiental. Deve o licenciamento ambiental não permitir a redução dos ambientes naturais.	Os recursos hídricos não foram mencionados em ambas as zonas.
	Sub-Zona B2 - <u>Áreas para corredor Ecológico Tocantins-Araguaia</u>	Zoneamento Divergente – O uso do solo nesta região, mesmo que controlado ou de uso restrito, não condiz com o estabelecido pelo ZEE do Norte, em que institui a preservação da área para manutenção do ecossistema local.	As zonas não consideraram a importância dos recursos hídricos.
	Sub-Zona B3 - <u>Áreas de ocorrência de cavidades naturais</u>	Zoneamento Divergente – O ZEE do Norte estabelece que as áreas devam ser preservadas e conservadas para estudos e pesquisas, ao contrário do ZPB que prevê, mesmo de forma restrita ou controlada, o uso do solo para determinadas atividades, tais como pastagem e/ou fruticultura.	As zonas não consideraram a importância dos recursos hídricos.

Quadro 7 – Sobreposição da zona 4 do ZPB com demais áreas do ZEE do Norte

SOBREPOSIÇÃO DAS ZONAS		ANÁLISE	
Zoneamento do Plano de Bacia - ZPB	ZEE do Norte do TO	Cotejo entre as Zonas propostas	Avaliação quanto aos Recursos Hídricos
Zona 4 – <u>Áreas Institucionais de Uso Restrito ou Controlado</u>	Zona A – <u>Áreas para ocupação Humana</u>	Zoneamento Compatível – Segundo o ZPB as áreas da zona 4 possuem características de áreas declivosas, escarpadas e pedregosas, propícias a exploração de minérios. Do mesmo modo, a Zona A do ZEE prevê a implantação de empreendimentos para a mesma área, devendo o seu uso ser compatível com a capacidade ambiental e estar em conformidade com o licenciamento ambiental.	Os recursos hídricos não foram mencionados em ambas as zonas.
	Sub-Zona B1 - <u>Áreas para conservação dos Ambientes Naturais</u>	Zoneamento Compatível – As duas zonas prevêem áreas para ocupação humana, desde que seja considerada e preservada a capacidade de suporte ambiental.	Os recursos hídricos não foram mencionados em ambas as zonas.
	Sub-Zona B2 - <u>Áreas para corredor Ecológico Tocantins-Araguaia</u>	Zoneamento Compatível – Ambas as zonas prevê a necessidade de preservação ambiental da área.	Os recursos hídricos não foram mencionados em ambas as zonas.
	Sub-Zona B3 - <u>Áreas de ocorrência de cavidades naturais</u>	Zoneamento Divergente - Enquanto o ZEE enfatiza a necessidade de preservação e conservação da área, devido a presença de cavidades naturais subterrâneas, devendo a mesma ser utilizada apenas para pesquisas de ordem técnico - científica, o ZPB elucida que a área tem potencial para atividades minerárias, sendo este um forte interesse econômico para a região.	Os recursos hídricos não foram mencionados em ambas as zonas.

A partir da sobreposição das zonas dos ZEE's dos dois instrumentos em estudo, foi possível observar que as mesmas, quando sobrepostas, apresentam divergências quanto ao uso e/ou conservação dos recursos naturais, sendo também observada a compatibilidade em algumas circunstâncias.

Observa-se na Zona 1 do ZPB que parte da área está em consonância com os critérios estabelecidos pelas zonas e sub-zonas do ZEE (A, B1, B2 e C). A exemplo, se tem a compatibilidade de áreas previstas, em ambos os instrumentos, para ocupação humana e desenvolvimento econômico, aliados à conservação ambiental. As divergências ocorridas nesta zona relacionam-se ao entrave de preservar os ecossistemas e destinar o uso de uma mesma área para expansão agrícola e/ou pecuária. Exemplificando, se tem o confronto entre a sobreposição a Zona C do ZEE do Norte, que são consideradas, por este instrumento, como áreas prioritárias para Unidades de Conservação de Proteção Integral, chocando-se com o determinado pela Zona 1 do ZPB, que considera a mesma área como área produtiva.

A zona 2 do ZPB, sobreposta às demais zonas e sub-zonas do ZEE (A, B1, B2 e D) apresentam conformidade quanto as suas colocações. Ocorre, em grande maioria, a compatibilidade entre as propostas das zonas, onde foi observada a consideração, por todas elas, excluindo a Zona A – ZEE, quanto à sensibilidade das áreas e o reconhecimento da importância da conservação dos recursos naturais existentes na região. A Zona 2 destaca-se, por, em toda sua extensão, ter considerado a possibilidade de poluição dos aquíferos e suas áreas de recarga.

A zona 3 do ZPB está presente em pequena parte das bacias, sendo a mesma sobreposta pelas zonas e sub-zonas do ZEE (A, B1, B2, B3). Apresenta, dentre suas características, áreas de uso restrito e/ou controlado, o que acaba por entrar em confronto com as sub-zonas B2 e B3 do ZEE, onde não são previstos usos, mesmo controlados, devendo as áreas serem, de acordo com as sub-zonas referidas, preservadas para manutenção do ecossistema local e conservada para estudos e pesquisas, respectivamente.

Em relação à zona 4, observou-se a compatibilidade entre a maioria das zonas sobrepostas, tal ocorrência se deve ao fato da zona prever a criação de “Áreas Institucionais de Preservação Permanente” e/ou “Áreas Institucional de Uso Restrito”, o que acaba por concordar com as propostas das zonas (B1, B2) do ZEE, onde são estabelecidas, de um modo geral, a conservação dos ecossistemas naturais e do Patrimônio Cultural.

Ainda em relação à Zona 4, observou-se incompatibilidade na sobreposição com a sub-zona B3 do ZEE, em que esta última enfatiza a necessidade de preservação e conservação

da área, devido a presença de cavidades naturais subterrâneas, devendo a mesma ser utilizada apenas para pesquisas de ordem técnico-científica. Enquanto isso, o ZPB elucida que a mesma área tem potencial para atividades minerárias, sendo este um forte propulsor econômico para a região, não prevendo assim, a sua conservação.

Quanto aos recursos hídricos, observou-se que somente a zona 2 do ZPB e sub-zona B2 do ZEE do Norte anuncia, mesmo que de forma genérica, a vulnerabilidade dos aquíferos da região à poluição ambiental e a menção de áreas de recarga de aquíferos na região. As demais zonas não consideraram, incluindo a zona 2 do ZPB e Sub-zona B3, as condições dos recursos hídricos superficiais, em quantidade e qualidade, para atendimento aos usos estabelecidos.

Observou-se, também, que atenção alguma foi dada aos recursos hídricos subterrâneos, não tendo sido prevista a localização das áreas de recarga de aquíferos na região, bem como a gestão e controle do uso desse recurso subterrâneo para os possíveis empreendimentos a serem instalados nas zonas permitidas.

De uma forma geral é correto afirmar que o cruzamento físico das zonas e subzonas dos ZEE's analisados são compatíveis entre si, o que significa que há consonância entre as proposições feitas, pelos instrumentos de políticas, para as bacias em estudo. As divergências existentes entre as proposições das zonas, devem ser consideradas, na fase de implementação, para que não ocorram situações adversas, que venham a causar danos à qualidade ambiental da região.

5.2 ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA A MANUTENÇÃO DAS VAZÕES DOS RIOS LONTRA E CORDA

5.2.1 Considerações Iniciais

De um modo geral, os mananciais de superfícies têm seus fluxos alimentados diretamente pelos escoamentos superficiais e, mais especialmente, nos períodos de estiagens, pela contribuição dos reservatórios subterrâneos (WINTER et al., 1998, REBOUÇAS, 2002; ARANTES, 2003). Conhecer a fração do escoamento dos rios que tem origem no escoamento subterrâneo é fundamental para apoiar o planejamento regional, visando preservar as áreas de recargas.

Como visto anteriormente (item 2.5.2), diversos métodos já foram propostos para estimar a separação do escoamento. Nesse trabalho a proporção de escoamento de base, ou subterrâneo, em relação ao escoamento total, será estimada com a utilização de filtros digitais. Essa metodologia está descrita em Collischonn & Tassi (2008). Para realização dos cálculos e criação dos gráficos utilizou-se o aplicativo Office Excel, versão 2007.

A região em estudo caracteriza-se por apresentar rios perenes, características de rios mantidos pelo escoamento de base, e a presença de aquíferos de boa potencialidade hidrogeológicas (aquíferos porosos), sendo o substrato predominante das bacias em apreço as rochas sedimentares (MAGNA, 2001).

De uma forma empírica, baseada no conhecimento da região, pressupõe-se que a vazão dos rios da área em estudo, mais precisamente dos rios Lontra e Corda, são mantidos pelo escoamento de base, uma vez que é conhecida a sua perenidade, mesmo em época de estiagem. Buscou-se, no entanto, neste capítulo, constatar um fato físico existente na região.

5.2.2 Escolha da Área e dados disponíveis

As estimativas serão realizadas para as bacias dos rios Lontra e Corda, tomando por referências as séries de vazões das estações 28200000 (Ponto do Rio Lontra), 28240000 (Piraquê) e 28320000 (Rio Corda), cujas informações estão listadas no Quadro 8.

Quadro 8 – Descrição das Estações Fluviométricas nas Bacias dos Rios Lontra e Corda

ESTAÇÃO	NOME	RIO	ÁREA DA	PERÍODO DE		OBS.
			BACIA	DADOS		
			(Km ²)	Início	Final	
28200000	Ponte do Rio Lontra	Lontra	1.155	04/2000	12/2006	Muitas falhas
28240000	Piraquê	Lontra	3.488	09/1974	05/2007	Muitas falhas
28320000	Rio Corda	Corda	2.172	01/1988	12/1989	Muitas falhas

Fonte: Hidroweb – ANA, 2009.

Para uma melhor visualização, a figura 15 apresenta a localização das estações fluviométricas na área de estudo. É importante ressaltar que a região estudada é carente de

informações hidrológicas, o que não permitiu uma maior ampliação da aplicabilidade dos métodos de separação de escoamento na região.

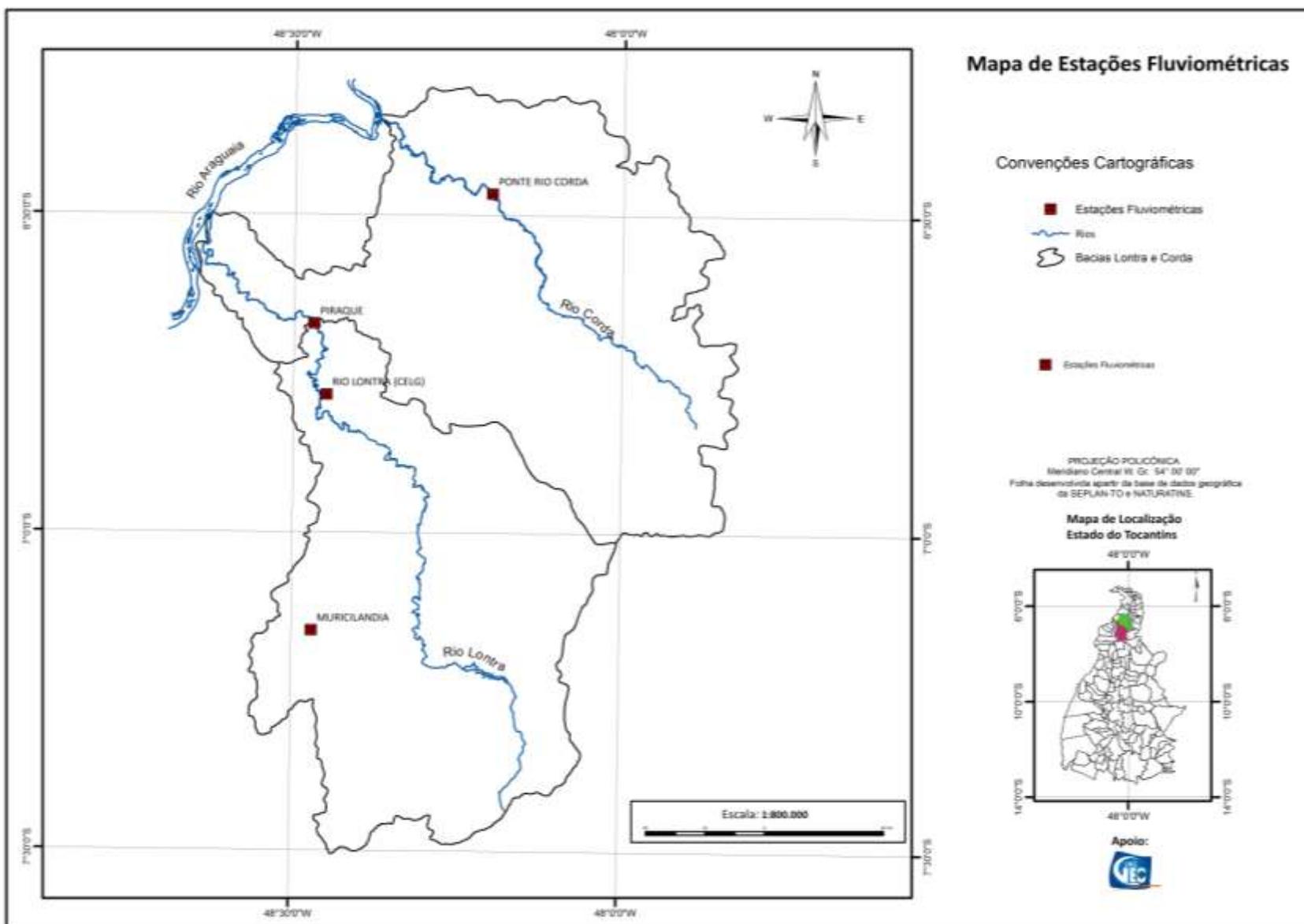


Figura 15 – Localização das estações fluviométricas na área de estudo.

5.2.3 Separação de escoamento usando Filtros Digitais

Para a estimativa do escoamento de base das bacias estudadas utilizou-se os filtros recursivos digitais propostos por Eckhardt et al. (2005), conforme demonstrado no item 3.4, referente à metodologia empregada para a realização da pesquisa.

Adotou-se o valor de 0,80 para o BFI_{max} para a área de estudo, uma vez que, segundo levantamento de dados e de conhecimento empírico, os rios da região pesquisada apresentam características de perenidade durante estações secas.

Ressalta-se que os cálculos referentes à aplicação do Filtro para as séries históricas das vazões analisadas encontram-se em Anexo.

5.2.1.3 Estimativa da separação do escoamento usando Filtros Digitais – Estação 2820000

Na bacia hidrográfica do rio Lontra as chuvas se concentram no período de dezembro a março e o trimestre mais seco é de agosto a outubro. O hidrograma reflete esta característica climática apresentando vários picos de vazão no trimestre de fevereiro a abril e uma longa recessão, raramente interrompida por pequenos aumentos da vazão, no trimestre de agosto a outubro. A Figura 16 apresenta o hidrograma das vazões médias da Estação 28200000, para o período compreendido entre abril de 2000 e dezembro de 2006.

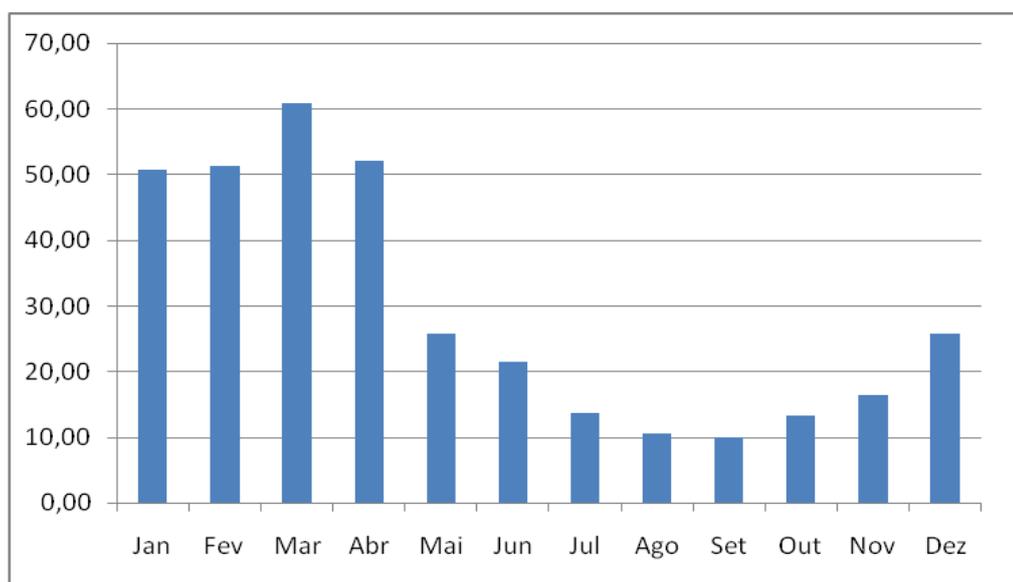


Figura 16 - Hidrograma das vazões médias da Estação 28200000 – Período: Abr/2000 a Dez/2006

A série de medições de vazões da Estação 28200000 (Ponte do Rio Lontra), correspondente ao período de abril de 2000 a dezembro de 2006, possui muitas falhas de medições. Para contornar a falta de continuidade provocada por essas falhas, adotou-se o período de abril de 2000 a maio de 2002 para aplicação do filtro.

Para a estimativa da constante de recessão (k) será utilizado o período de estiagem compreendido entre os meses de julho a outubro de 2001. Serão utilizadas as medições de vazões realizadas nos dias 22 (14,40 m³/s) e 25/08/2000 (5,04 m³/s), que corresponde aos menores valores observados, refletindo a ausência de chuva no período. Aplicando esses valores na equação 4, tem-se:

$$k = \frac{(-1)}{\ln\left(\frac{5,04}{14,40}\right)} = 2,86 \text{ dias}$$

O valor de a é obtido com a aplicação da equação 3:

$$a = e^{\frac{-1}{2,86}} = 0,70$$

Para aplicação dos filtros foi utilizado o valor de BFI_{max} igual a 0,80, por conta das características físicas da bacia hidrográfica dos rios Lontra e Corda.

A figura 16 apresenta o hidrograma das vazões do rio Lontra na Estação 2820000, durante o período de abril de 2000 a maio de 2002.

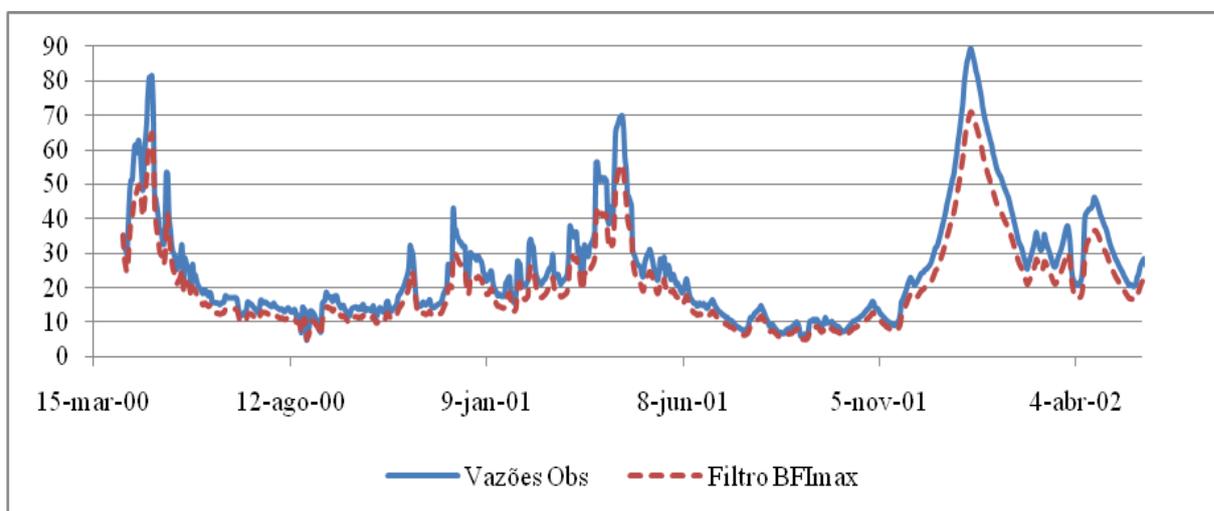


Figura 17 – Hidrograma da Estação 28200000 com separação do escoamento usando filtro.

Os resultados obtidos com a aplicação do filtro indicam que, para o período estudado, a parcela do escoamento proveniente dos aquíferos é da ordem de 80%.

5.2.1.4 Estimativa da separação do escoamento usando filtros – Estação 28240000

Também localizada no rio Lontra, a Estação 28240000 (Piraquê) possui uma série de dados correspondente ao período de setembro de 1974 a maio de 2007, porém, com muitas falhas de medições. Para contornar a falta de continuidade provocada por essas falhas, adotou-se o período de janeiro de 1993 a dezembro de 2002 para a aplicação do filtro.

Para a estimativa da constante de recessão (k) será utilizado o período de estiagem compreendido entre os meses de julho a outubro de 1998. Serão utilizadas as medições de vazões realizadas nos dias 11 (10,90 m³/s) e 15/09/1998 (10,10 m³/s), que correspondem aos menores valores observados, refletindo a ausência de chuva no período. Aplicando-se esses valores na equação 4:

$$k = \frac{(-4)}{\ln\left(\frac{10,10}{10,90}\right)} = 52,47 \text{ dias} \quad (4)$$

O valor de a é obtido com a aplicação da equação 3:

$$a = e^{\frac{-1}{52,47}} = 0,98$$

Para aplicação dos filtros foi utilizado o valor de BFI_{\max} igual a 0,80.

A figura 18 apresenta o hidrograma das vazões do rio Lontra na Estação 28240000, durante o período de janeiro de 1993 a dezembro de 2002.

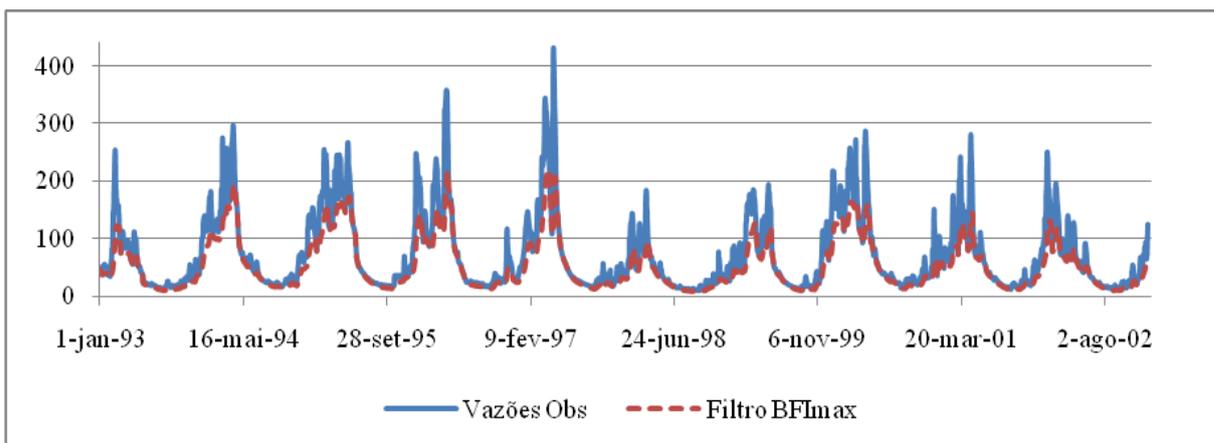


Figura 18 – Hidrograma da Estação 28240000 com separação do escoamento usando filtro

Os resultados obtidos com a aplicação do filtro indicam que, para o período estudado, a parcela do escoamento proveniente dos aquíferos é da ordem de 76%.

5.2.1.4 Estimativa da separação do escoamento usando filtros – Estação 28320000

A Estação 28320000, localizada no rio Corda, possui uma série de dados muito pequena (janeiro de 1988 a dezembro de 1989) e repleta de falhas (abril, maio, setembro e dezembro de 1988 e agosto de 1989). Por não dispor de uma seqüência de dados que abrangesse, pelo menos, um período de estiagem completo, essa estação não pode ser utilizada para estimativa da separação do escoamento de base.

Apesar da importância reconhecida da utilização de métodos estatísticos utilizados para preenchimento de falhas, tal procedimento não foi empregado neste trabalho, uma vez que na bacia do Rio Corda existe apenas a Estação 28320000, não sendo possível a comparação dos dados com uma estação localizada próxima, como determina tais métodos.

Porém, apesar das estimativas terem sido baseadas em poucas estações fluviométricas e com séries consideravelmente pequenas, os resultados apresentados sugerem que 80% e 76% (para os locais das estações 28200000 e 28240000 respectivamente) da vazão média anual do rio Corda, para o período analisado, tenham origem no escoamento subterrâneo.

De uma forma geral, os resultados obtidos corroboram com o presumido pela literatura e pelo conhecimento empírico, onde rios perenes, localizados em aquíferos porosos e sob o substrato formado por rochas sedimentares, apresentam características que propiciam uma

possível interação entre as águas superficiais e subterrâneas, o que ratifica a importância da preservação dos aquíferos para a manutenção da vazão dos rios.

5.3 IDENTIFICAÇÃO DAS POTENCIAIS ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ÁREA EM ESTUDO

Para identificação das áreas de armazenamento de água subterrânea na área em estudo, adotou-se a metodologia proposta por Chiaranda (2002) e Braun (2007), conforme descrito no item 3.5 deste trabalho.

Os dados e informações que adentraram o fluxograma apresentado no item 3.5, figura 7.0, têm sua origem em fontes de dados em arquivos *shapes file* disponibilizados pela SEPLAN do Estado do Tocantins.

Após seleção e tratamento dos dados, os mesmos resultaram em produtos denominados mapas temáticos base (APÊNDICE). Estes constituem a entrada de dados na segunda fase que, após processamento para análise das unidades tipológicas, deram origem aos produtos denominados mapas temáticos derivados (APÊNDICE). Os mapas temáticos derivados constituem o fluxo de entrada da terceira fase do modelo que após integração (soma) resultam no produto denominado mapas intermediários I – Potencial Hidrológico do Relevo e do Solo; mapas intermediários II – Potencial de Armazenamento do Meio Poroso (APÊNDICE); e mapa de síntese final – Capacidade Potencial de Armazenamento da Bacia.

Os mapas temáticos derivados utilizados neste trabalho são a representação da expressão hidrológica das componentes geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal original, e precipitação das bacias dos rios Lontra e Corda. Foram desenvolvidos os seguintes temas derivados:

- Geologia: Permeabilidade das rochas.
- Geomorfologia: Fluxo preferencial em profundidade e declividade.
- Solos: Potencial de infiltração e Potencial de armazenamento.
- Cobertura Vegetal Original: Grau de proteção.
- Precipitação: intensidade.

Para a obtenção dos mapas temáticos derivados, e posteriormente dos demais, foi necessária a conversão dos mapas temáticos básicos do formato vetorial para o formato *raster*.

Para uma melhor visualização, o quadro 9 apresenta as relações das componentes do meio físico (rocha, solos, vegetação e precipitação) com o meio de armazenagem e os critérios utilizados para a caracterização das unidades homogêneas e as respectivas classes.

Quadro 9 – Relações utilizadas para a caracterização dos temas derivados e critérios para a definição das classes (adaptado de Chiaranda, 2002).

ELEMENTO	COMPONENTE	RELAÇÃO COM AS COMPONENTES DE ARMAZENAGEM		TEMA DERIVADO	CRITÉRIOS	CLASSES
		COMPONENTE DA ARMAZENAGEM	ESTRUTURA HIDROLÓGICA			
ROCHA	GEOLOGIA	Armazenagem no freático	Zona de saturação, franja capilar, sistema de fluxo subterrâneo	Permeabilidade das rochas	Granulometria, estratificação, grau de agregação, condições de recarga, potencialidade para aquífero	Alta Média Baixa
	GEOMORFOLOGIA	Armazenagem no solo e nas depressões do terreno	Zona de aeração, áreas de acúmulo e de liberação, rede de drenagem, zona de aeração, zona intermediária, zona de liberação e zona de acúmulo	Fluxo preferencial em profundidade	Formas, componentes do fluxo	Alta Média Baixa
				Declividade	Energia potencial disponível	Muito alta Alta Média Baixa Muito Baixa
SOLOS	SOLOS	Armazenamento no solo, nas depressões do terreno por detenção superficial e por retenção subsuperficial	Zona de aeração, zona intermediária e franja capilar	Potencial de infiltração	Granulometria, porosidade, permeabilidade e armazenamento	Muito alta Alta Média Baixa Muito Baixa
				Profundidade para Armazenamento	Perfil, posicionamento no terreno e profundidade	Muito alta Alta Média Baixa Muito Baixa
VEGETAÇÃO	COBERTURA VEGETAL ORIGINAL	Interceptação, armazenagem por detenção e retenção pela manta orgânica, armazenagem no solo e na superfície	Camada aérea, superfície do solo e zona de aeração	Grau de proteção	Sinergismo entre o solo, clima e a vegetação, manta orgânica, atenuação da precipitação, sazonalidade e usos do solo	Muito alta Alta Média Baixa Muito Baixa
PRECIPITAÇÃO	PRECIPITAÇÃO		Camada aérea e superfície do solo	Intensidade da precipitação	Altura da precipitação anual	Alta Média Baixa

Diante da quantidade de mapas gerados (17 figuras) para confecção do mapa de interesse neste trabalho, será apresentado, neste capítulo, somente o mapa da Capacidade Potencial de Armazenamento das Bacias dos rios Lontra e Corda. As tabelas, contendo as informações necessárias (pesos e classificação) para a elaboração dos referidos mapas, estão organizadas no Apêndice deste trabalho.

Após a análise dos aspectos físico-naturais das bacias dos rios Lontra e Corda, indispensáveis para determinação das áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea, chegou-se ao mapa de interesse nesta pesquisa, que pode melhor ser visualizado pela figura 19.

O produto numérico resultante da integração das componentes hidrológicas foram transformadas em faixas de valores que representam as classes do potencial de armazenamento de água subterrânea, as quais são apresentados na tabela 2.

Tabela 2.0 – Valores das classes de potencial original de armazenamento de água subterrânea

FAIXAS	CLASSES
0,0 – 0,40	Muito Baixa
0,40 – 0,60	Baixa
0,60 – 0,80	Alta
0,80 – 1,0	Muito Alta

FONTE: Chiaranda, 2002.

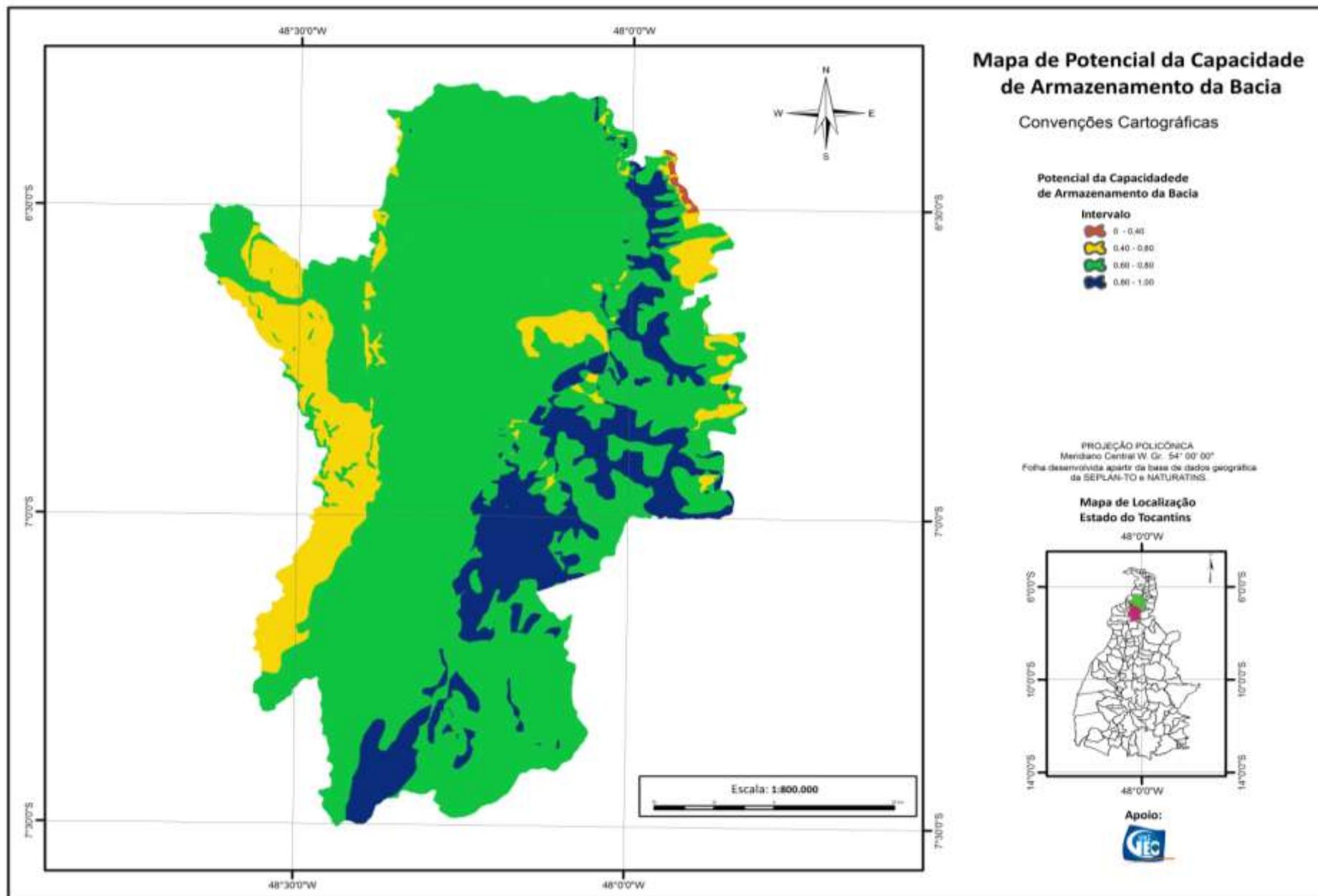


Figura 19 – Mapa da capacidade original de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos rios Lontra e Corda

5.3.1 Análise da Capacidade Potencial Original de Armazenamento das Bacias dos Rios Lontra e Corda

A capacidade potencial original de armazenamento das bacias hidrográficas dos rios Lontra e Corda, elaborada pela integração das expressões potencial de armazenamento do meio poroso (expressão hidrológica que representa as possíveis quantidades de água que o volume poroso existente no meio - rocha e solos - pode armazenar), intensidade da precipitação e grau de proteção da cobertura vegetal original, é aqui considerada como uma expressão da função de armazenagem da bacia.

Mais uma vez, vale salientar, que devem ser tomados alguns cuidados na interpretação e no uso dos mapas da capacidade potencial de armazenamento, que não podem ser considerados como medida direta da capacidade de recarga de um aquífero, mas sim como uma indicação, pois a capacidade potencial de armazenamento refere-se ao volume de água que pode ser acumulado ou retido temporariamente no meio poroso. A capacidade de recarga está relacionada ao balanço existente entre a precipitação incidente e o escoamento superficial, ou seja, a quantidade de água que é necessária para atender às demandas da interceptação, do armazenamento nas depressões superficiais, no solo e no lençol freático (CHIARANDA, 2002).

Deste modo, pode-se dizer que os resultados da integração das expressões hidrológicas indicaram que boa parte da área das bacias apresenta capacidade potencial de armazenamento **muito alta**. As áreas possuem elevada concentração de rochas com permeabilidade alta e muito alta, solos considerados profundos (100-200 cm), bem drenados e o relevo plano a ondulado suave, o que acaba por configurar a área uma grande potencialidade de recarga de aquíferos, a qual proporciona escoamento base para a vazão da rede de drenagem da bacia, moldando-lhe caráter perene no período das secas.

A classe de potencial **alta** para o armazenamento de água subterrânea é predominante nas bacias estudadas. Tal fato deve-se as características físicas da bacia, entre elas destacam-se a baixa declividade; o tipo de solo presente na área (Areia Quartzosa e Latossolos) que apresentam profundidade, em grande parte superior a 200 cm; e o predomínio de rochas sedimentares, pertencentes à Bacia Sedimentar do Parnaíba. Isto implica em dizer que as áreas consideradas de classe alta podem acumular maior quantidade de água, permitindo a movimentação desta em direção ao aquífero, mesmo por algum tempo após o término do

período chuvoso, proporcionando um maior abastecimento, e por conseqüência a manutenção do escoamento base.

A classe **baixa** de potencial de armazenamento está presente em menor extensão na bacia do rio Lontra, porém a mesma é vista, mesmo em pequena quantidade, na bacia do rio Corda. Já a classe de **muito baixo** potencial de armazenamento é observada somente na bacia do rio Corda e em pequena extensão.

De um modo geral, pode-se dizer que as bacias dos Rios Lontra e Corda possuem de muito alta a alta capacidade de armazenamento de água subterrânea. Isto denota a importância da preservação dessas áreas para manutenção dos recursos hídricos subterrâneos e conseqüentemente dos recursos hídricos superficiais, ao considerar a interação existente entre as duas componentes hídricas.

No entanto, há que enfatizar que o processo de armazenamento de água não é estático no decorrer de um dado período, o que é de fundamental importância para se compreender a dinâmica dos fluxos d'água nas bacias. Ocorrem variações nas taxas de infiltração em decorrência das características da precipitação, sua incidência em um dado local (função de captação), da umidade antecedente do solo que determina a tendência deste em saturar mais rapidamente ou não, dando origem a formação de poças e ao escoamento superficial. Essas variações podem ganhar maior amplitude quando se considera os diferentes tipos de usos do solo com atividades sócio-econômicas devido à alteração da densidade aparente, agindo diretamente sobre a porosidade.

Dessa forma, a capacidade potencial de armazenamento da bacia deve ser vista como estável dentro de sua faixa natural de variação e, possivelmente, com capacidade de absorver mudanças das variáveis e persistir num regime de estabilidade dinâmica além do equilíbrio (resiliência).

5.4 – CRUZAMENTO DE INFORMAÇÕES ESTABELECIDO RELAÇÕES CAUSAIS: ÁREAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA VERSUS ZONAS DO ZPB E ZEE DO NORTE

Após a identificação das potenciais áreas de armazenamento de água subterrânea nas áreas das bacias dos rios Lontra e Corda, realizou-se o cruzamento das zonas ecológico-econômicas dos dois instrumentos de políticas, sobre as áreas de armazenamento. Com a

sobreposição, acreditou-se ser possível conhecer as reais interferências dos usos pretendidos do território sobre os recursos hídricos subterrâneos da região em estudo.

Para uma melhor visualização, as zonas foram sobrepostas às áreas de armazenamento, utilizando-se técnicas de geoprocessamento.

5.4.1 Zonas do ZPB sobrepostas às áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos rios Lontra e Corda

Para a escolha das áreas, que posteriormente viriam a ser propostas às zonas do ZPB, o Plano de Bacia estabeleceu condicionantes relacionadas aos fatores do meio físico-biótico e antrópico e as restrições do uso do solo impostas pela legislação. Dentre as condicionantes físico-bióticas consideradas, destaca-se a referência aos recursos hídricos, quanto à distribuição espacial das disponibilidades hídricas e a localização de pontos passíveis de barramento para aproveitamento múltiplo dos recursos hídricos nas bacias. Não foi considerada, para a determinação das zonas e para uma melhor gestão do uso do solo e dos recursos hídricos, a proteção aos recursos hídricos superficiais, bem como a localização das áreas de recargas de aquíferos, e previsão da disponibilidade hídrica desse compartimento.

Como condicionantes Legais e Normativas, a localização das áreas de preservação permanente, dentre elas as matas-de-galeria, nascentes e faixas de vegetação ao longo dos cursos d'água, foram consideradas para a criação das zonas sustentáveis. Como resultado, devido ao alto potencial dos recursos hídricos e as excelentes condições do solo das bacias hidrográficas, foram determinados pelo ZPB como os principais usos dos solos da região, a pecuária e a agricultura.

Para uma melhor visualização, quanto aos usos do solo e ao reflexo nos recursos hídricos subterrâneo, a figura 20 apresenta o comportamento das zonas propostas pelo ZPB sobre as áreas de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos rios Lontra e Corda.

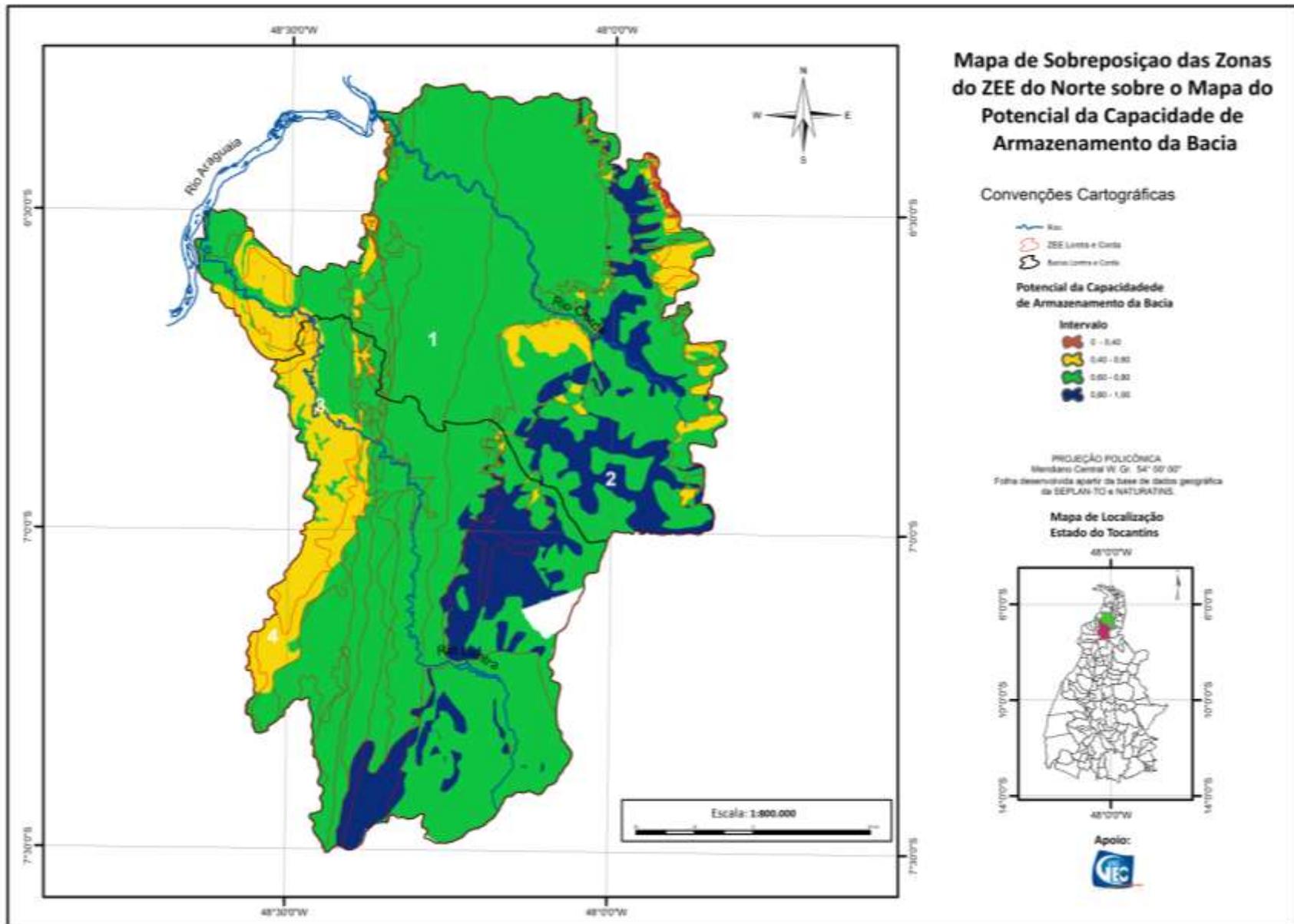


Figura 20 – Sobreposição das zonas do ZPB sobre as potenciais áreas de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos rios Lontra e Corda.

Analisando-se a figura 20, é possível observar que a Zona 1, classificada pelo ZPB como “áreas produtivas”, com características a serem utilizadas para a expansão do potencial produtivo para a agricultura, está localizada em quase toda sua extensão em áreas de alta capacidade de armazenamento de água subterrânea, sendo observado também pequenas áreas de muito alta a baixa capacidade de armazenamento em sua extensão.

Ao se avaliar os impactos oriundos dos usos do solo pretendidos para a zona 1, sobre a cobertura vegetal original da bacia, com a substituição de florestas e cerrado por pastagens e culturas, deve-se considerar as possíveis modificações do solo (desmatamento, urbanização), tendo como reflexo destas modificações a forma de impermeabilização da superfície das bacias, que acabam por causar modificações nos comportamentos da vazão dos rios e conseqüentemente na diminuição da capacidade de armazenamento de água nas bacias, comprometendo o possível abastecimento dos aquíferos existentes na região.

Atenção deve ser dada às proposições da zona 1, onde não foram consideradas a preservação dos recursos hídricos. Para a Zona 1 previu-se a criação de áreas de conservação de ambientes para sua manutenção, tratando do tema recursos hídricos, apenas ao enfatizar a disponibilidade hídrica para atendimento às demandas.

Em relação à Zona 2, é possível observar que toda a classe muito alta de potencial de armazenamento de água subterrânea está localizada em sua abrangência, o que demonstra ser uma área bastante sensível e importante para o abastecimento dos aquíferos da região e, conseqüentemente, para a manutenção dos recursos hídricos superficiais.

Indo de encontro às áreas de mais alta capacidade de armazenamento de água subterrânea nas bacias, o ZPB caracteriza a zona 2, como sendo “áreas de elevada vulnerabilidade natural a erosão, com classes de erodibilidade ligeira, possuindo uma alta a média vulnerabilidade a poluição de aquíferos, localizando em sua extensão áreas de recarga de aquífero.”

Entre as pretensões da Zona 2, a conservação ambiental é prevista, sendo presumida ainda a implantação de empreendimentos agropecuários, porém com a adoção de técnicas avançadas de manejo. Atenção deve ser dada à localização dos referidos empreendimentos para preservação do potencial hídrico destas áreas nas bacias hidrográficas.

A zona 3 está localizada em locais de baixo a alto potencial de armazenamento de água, representando uma pequena área nas bacias. A zona 3, segundo o ZPB, enquadra-se na classificação de áreas institucionais de uso restrito ou controlado, o que possivelmente irá

assegurar as condições essenciais para manter o equilíbrio da capacidade de armazenamento hidrológico das áreas da bacia.

A zona 4 representa a menor área nas bacias, e está localizada sobre as áreas de baixo a alto potencial de armazenamento de água. Assim como na zona 3, o ZPB atribuiu à zona 4 a classificação de áreas institucionais de preservação permanente e /ou áreas institucionais de uso restrito ou controlado, o que possivelmente, se as suas pretensões forem rigorosamente seguidas, não acarretará prejuízos às áreas de armazenamento de água subterrânea, e conseqüentemente aos recursos hídricos das bacias.

5.4.2 Zonas do ZEE do Norte sobrepostas às áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos rios Lontra e Corda

Na definição das zonas ecológico-econômicas do ZEE do Norte o estabelecimento das áreas para conservação e/ou uso, partiu-se da consideração do potencial do solo para aptidão agrícola, não tendo sido considerados a localização dos recursos hídricos, superficial e subterrâneo, e sua relação com o uso do solo.

No entanto, observa-se que apenas a Zona C – “Áreas prioritárias para Unidades de Conservação de Proteção Integral” cita a conservação dos recursos naturais, nele incluindo as “águas jurisdicionais”, porém a citação aos recursos hídricos ocorre de forma muito ampla e não revela interação com as estruturas de gerenciamento dos usos do solo.

Observa-se, no entanto, que na área onde estão inseridas as bacias dos rios Lontra e Corda, encontram-se presentes as zonas A, C e D e sub-zonas B1, B2 e B3, sendo a maior representatividade a zona A, indicada para “Ocupação Humana”.

A figura 21 apresenta a sobreposição das zonas acima descritas sobre as áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea nas bacias em apreço.

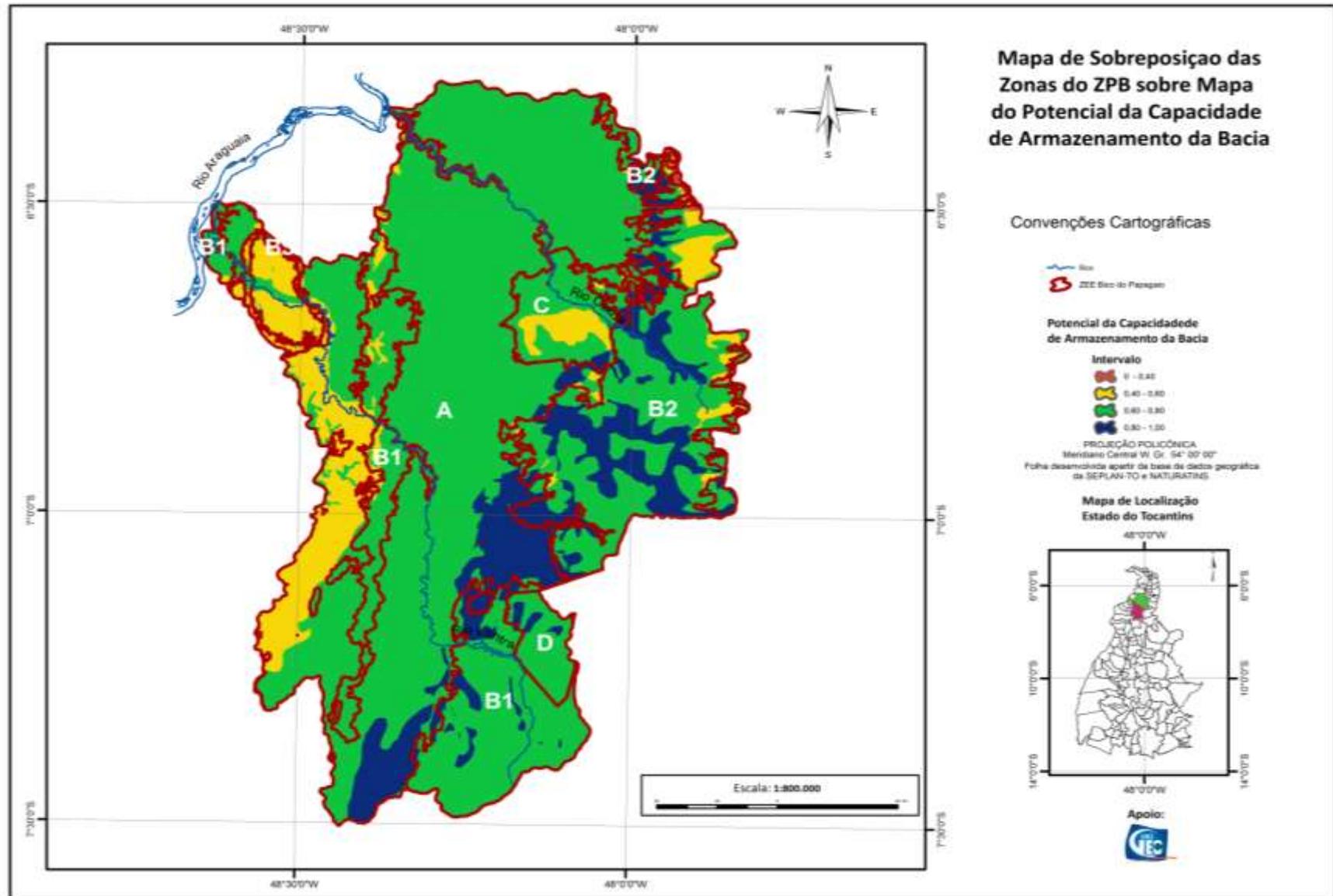


Figura 21 – Sobreposição das zonas do ZEE sobre as potenciais áreas de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos rios Lontra e Corda

Analisando-se a sobreposição das zonas propostas pelo ZEE do Norte sobre as áreas de armazenamento de água subterrânea nas bacias dos rios Lontra e Corda é possível observar que a zona A, indicada para ocupação humana, está inserida sobre as classes muito alta, alta e de baixa capacidade de armazenamento, em maior área sobre a classe de alta capacidade.

A zona A é favorável à realização de atividades diversas e implantação de empreendimentos, de caráter temporário ou permanente, devendo a ocupação do solo dessas áreas serem compatíveis com as diferentes capacidades de suporte ambiental. Atualmente, segundo o plano de zoneamento ecológico-econômico da região, a pecuária e a agricultura de subsistência se configura como as principais atividades econômicas em toda a extensão da zona A.

Ao analisar a tendência dos usos do solo na Zona A (pecuária e agricultura), usos estes que para sua prática é necessário a substituição da cobertura vegetal original, com a modificação das características das componentes do solo e do relevo, é possível dizer que o atendimento a estes usos causa alterações na lógica da dinâmica dos fluxos hidrológicos, conseqüentemente comprometendo o potencial das bacias em armazenar água subterrânea.

Em relação às Sub-zonas B1 e B2, observa-se que as mesmas estão sobrepostas às áreas de classe muito alta, alta e baixa capacidade de armazenamento de água subterrânea. Ambas as sub-zonas foram instituídas para “Conservação dos ambientes naturais e do Patrimônio cultural”, sendo permitido apenas os usos sob condição de restrição de manejo, visando a utilização sustentável dos recursos naturais.

A Zona C está inserida sobre as classes de alto e baixo potencial de armazenamento de água subterrânea, sendo as mesmas determinadas como “Áreas prioritárias para unidade de conservação de proteção integral”, não sendo permitidas alterações causadas por interferência humana, admitindo-se apenas o uso indireto dos seus atributos naturais. Por não ser permitido o uso pela ocupação humana, acredita-se que o armazenamento de água subterrânea na área da zona C não será comprometido, uma vez que as características naturais da área não serão alteradas, isto se sua implementação ocorrer conforme o estabelecido pelo ZEE do Norte.

A Zona D, destinada a “Áreas de Unidades de Conservação de Uso Sustentável”, permite a exploração dos recursos naturais, desde que seja garantida a perenidade dos recursos renováveis. A mesma está localizada sobre áreas de muito alta a alta capacidade de armazenamento de água subterrânea.

De uma forma geral, observa-se que, dentre as zonas pretendidas pelo ZEE do Norte, apenas a Zona A, na fase de implementação do ZEE, poderá acarretar danos as áreas de

armazenamento de água subterrânea se seus usos forem atendidos sem a devida atenção. As demais zonas do ZEE possuem o pressuposto de conservação dos ambientes naturais, sendo os seus usos permitidos sobre restrições de manejo. Sendo assim, acredita-se que os usos pretendidos não acarretaram prejuízos às possíveis áreas de recarga de aquíferos.

5.5 INCORPORAÇÃO DAS RELAÇÕES CAUSAIS ANTERIORES COM AS DIRETRIZES DO PLANO DE BACIA DOS RIOS LONTRA E CORDA E ZEE DO NORTE.

Tendo em vista as peculiaridades ofertadas às bacias dos rios Lontra e Corda quanto ao potencial hídrico existente na região, no que diz respeito a estas rios perenes, mantidos pelo escoamento de base, conseqüentemente pelos aquíferos, ou áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea, torna-se evidente e urgente a necessidade de implementação dos planos de ordenamento territorial e dos recursos hídricos elaborados para as bacias em apreço, para conservação da qualidade ambiental da região.

De um modo geral, o desenvolvimento da presente pesquisa, até aqui, nos proporcionou conhecer a interação existente entre as componentes hídricas (rio-aquífero) das bacias dos rios Lontra e Corda, bem como o potencial de armazenamento de água subterrânea, e conseqüentemente a possível localização das áreas de recarga de aquíferos. Proporcionou-nos ainda, avaliar a interface entre os instrumentos de políticas elaborados para a região das bacias em estudo, colocando à prova a efetividade dos mesmos quando da proposição de suas zonas, bem como a indicação de áreas para uso e/ou conservação, e o reflexo destas nos recursos hídricos.

Em uma análise rigorosa, observou-se que as proposições das zonas dos instrumentos apresentam, em partes, consonância quanto aos anseios pretendidos para o uso do solo da área em estudo. Algumas divergências foram observadas quanto à proposição das zonas, que no ato da implementação de ambos os instrumentos poderá acarretar prejuízos econômicos e/ou ambiental para a região, por exemplo, a indicação para uma mesma localidade de criação de áreas restritas ao uso e de ocupação por atividades humanas.

As divergências quanto à proposição das zonas de ambos os instrumentos poderiam ser evitadas, caso houvesse a integração dos dados e informações providas por ambos os instrumento de planejamento. No entanto, com a análise dos planos, o que se verificou foi a

desarticulação entre as esferas de planejamento (ordenamento do território e recursos hídricos) do governo do Estado, onde, no caso específico, deveria o ZEE do Norte ter considerado as zonas propostas pelo Zoneamento do Plano de Bacia, uma vez que o mesmo antecedeu a elaboração do ZEE do Norte. Ou seja, neste momento admite-se a intersecção de dois instrumentos distintos, atuando no mesmo espaço e com proposições, em síntese, diferentes.

Outro ponto importante observado diz respeito à consideração dos recursos hídricos no âmbito dos instrumentos de políticas. O ZPB, por se tratar especificamente da gestão dos recursos hídricos na área das bacias, trata o assunto de forma incipiente, não focando a necessidade de preservação das áreas mais sensíveis aos recursos hídricos, na abrangência do ZPB, ao considerar os efeitos dos usos do solo da região. Já o ZEE do Norte, apresenta a questão do gerenciamento de recursos hídricos de forma marginal dentro da temática ambiental, não sendo este o fator limitante para a determinação dos usos do solo.

Ao realizar o cruzamento das zonas dos ZEE's sobre as áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea, observou-se que ambos os instrumentos propõe áreas de ocupação humana, sobre as áreas de maior potencial de armazenamento de água subterrânea. Não sendo contemplada nenhuma proposta quanto aos cuidados específicos em relação à preservação destas áreas, não reconhecendo a interação existente entre as águas subterrâneas e superficiais e sua necessidade de gestão integrada.

De uma forma geral, é possível dizer que as proposições de ambos os instrumentos analisados não condizem com as diretrizes estabelecidas, uma vez que, na prática, não foi considerada a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental, assim como a articulação da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo. Não sendo reconhecida, ainda, a interação existente entre as componentes ambientais, consideração importante quando se refere ao planejamento dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Com o desenvolvimento da presente pesquisa, foi possível observar que os instrumentos de políticas analisados possuem relação de reciprocidade entre eles. A correlação do Zoneamento Ecológico-Econômico com os Planos de Recursos Hídricos ocorre em função da necessidade de sinergia entre ambos os instrumentos, onde o ZEE pode estabelecer diretrizes que influenciam o gerenciamento dos recursos hídricos, influenciando a outorga, o enquadramento de corpos d'água, e principalmente, a definição de áreas de controle e restrição de ocupação para as bacias hidrográficas, sendo esta uma exigência dos Planos de Recursos Hídricos.

Este trabalho possibilitou analisar, na prática, a efetividade da relação existente entre os instrumentos de Zoneamento Ecológico-Econômico e Plano de Bacia Hidrográfica, ambos propostos para uma mesma região. Analisou-se o ZEE propriamente dito e as áreas propostas pelo Plano de Bacia para serem as áreas sujeitas a restrição com vista à proteção dos recursos hídricos. Observou-se que, para uma mesma localidade, ocorre a existência de duas forças políticas (ZEE do Norte e ZEE do Plano de Bacia – ZPB), atuando no mesmo espaço físico.

Diante dessa problemática, acredita-se que a dúvida que cabe aos gestores públicos na fase de implementação dos planos de gestão ambiental é: “dentre os instrumentos existentes, propostos para uma mesma localidade e com propósitos em comum, qual deles implantar?” A essa indagação, no caso específico, é possível dizer que em partes as indicações das zonas de ambos os instrumentos divergem, tendo sido observada a proposição para uma mesma área de uso e ocupação do solo e de criação de áreas de conservação ambiental. Cabe aos gestores públicos, neste caso, uma apreciação rigorosa quanto às proposições de ambos os instrumentos buscando-se integrar as suas indicações.

De um modo geral, o que se observa é a desarticulação entre os instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos e os de planejamento do uso do solo, refletindo, talvez, uma certa deslegitimação do planejamento e da legislação ambiental, marcadas por forte grau de informalidade e mesmo de ilegalidade na ocupação do solo.

Revela-se, por tudo isto, imprescindível o desenvolvimento de mecanismos de articulação da atividade de planejamento, que permitam a formulação consistente de planos de Bacia e de planos de ordenamento do território, minimizando incompatibilidades e inconsistências.

Simultaneamente, é necessário construir ferramentas que apoiem o monitoramento de planos aprovados e criem condições de implementabilidade, apoiando as ações de todas as entidades que intervêm no ordenamento do mesmo espaço.

Ao considerar a relação dos recursos hídricos com as diretrizes e propostas dos instrumentos de políticas analisados, é possível constatar que os avanços percebidos dizem respeito, principalmente, à indicação de áreas de proteção nas margens de cursos d'água; todavia, as diretrizes ainda são muito genéricas e não revelam uma interação forte com as estruturas de gerenciamento de recursos hídricos, nem contemplam a utilização de outros instrumentos de controle que não aqueles relacionados a mecanismos diretos de proibição ou de restrição de uso.

Em relação às características físicas, em especial aos recursos hídricos, as bacias dos rios Lontra e Corda possuem peculiaridades que lhes conferem um alto potencial hídrico. É de conhecimento regional a perenidade dos rios das bacias, o que foi confirmado ao se analisar a forte relação existente entre as componentes rio-aquífero, aonde, em alguns pontos, a vazão média anual do rio Corda, chega a ser mantida em até 80% pelo escoamento de base, que corresponde à contribuição do aquífero às águas superficiais.

As bacias estão localizadas predominantemente na Bacia Sedimentar do Parnaíba, sobre rochas sedimentares, com ocorrência de aquíferos porosos. Quanto ao solo, predominam as areias quartzosas e os latossolos, que favorecem a percolação e a infiltração de água no seu perfil. Estas características físicas conferem às bacias dos rios Lontra e Corda uma alta capacidade de armazenamento de água subterrânea, resultando, conseqüentemente em áreas de recarga de aquíferos.

Foram analisadas as zonas indicadas pelos zoneamentos, sobre as áreas potenciais de armazenamento de água subterrânea, onde observou-se que ambos os instrumentos propõem áreas de ocupação humana, sobre as áreas de maior potencial de armazenamento de água subterrânea, não reconhecendo a importância da conservação dessas áreas para manutenção e preservação dos recursos hídricos da região.

Assim, ao verificar o alto potencial de armazenamento de água subterrânea presente na região, ressalta-se a necessidade de criação de áreas de proteção de aquíferos nas bacias, a serem contempladas em ambos os instrumentos de gestão, para que seja garantida a conservação dos recursos hídricos da região.

Sendo assim, acredita-se que, para uma gestão integrada e eficiente dos recursos hídricos e da ocupação do solo, o conhecimento do sistema hidrogeológico deve estar

associado à unidade de planejamento, no caso a bacia hidrográfica. Reconhecendo-se, portanto, que o disciplinamento do uso do solo é importante para se estabelecer áreas de proteção ao aquífero e aos locais de recarga, a fim de maximizar os resultados econômicos e bem estar social de forma equitativa, sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas vitais.

Nesse sentido, a possibilidade de construção de uma gestão sustentável dos recursos hídricos e do ordenamento territorial deve, necessariamente passar por uma articulação clara entre as diretrizes, objetivos e metas dos planos de recursos hídricos e dos planos reguladores do uso do solo.

Diante do exposto, há de se considerar a atualidade deste trabalho, onde recentemente o Conselho Nacional dos Recursos Hídricos, através da Resolução 92/2008, publicada no ano de 2009, resolve estabelecer critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro, dando destaque ao Art. 3, onde os Planos de Recursos Hídricos devem delimitar as áreas de recarga de aquíferos e definir suas zonas de proteção.

Sendo assim, para este trabalho, são apresentadas as seguintes recomendações/sugestões para o caso específico das bacias dos rios Lontra e Corda:

- A proposta de criação de zonas de proteção de aquíferos em etapas posteriores de revisão dos planos de Zoneamento Ecológico-Econômico do Norte e das Bacias dos rios Lontra e Corda, constituindo-se áreas de proteção de aquífero, para uma melhor eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos;
- A implantação de um Comitê de Gestão Integrada, para a implementação das ações previstas nos Planos de Bacia Hidrográfica dos rios Lontra e Corda, juntamente com as diretrizes do ZEE Norte do TO, através de uma gestão integrada e participativa, poderia promover o melhor uso dos recursos hídricos na região, e evitar situações conturbadas no ato de implementação dos instrumentos;
- Seria desejável incluir nas discussões comunitárias a importância das águas subterrâneas, considerando-se o modo como se formam, como utilizá-las e como protegê-las, porque sem o conhecimento não se pode conservar o recurso hídrico;

- Inserção de mais pontos de medição (estações fluviométricas) nas bacias estudadas, tendo em vista as deficiências observadas na rede.

REFERÊNCIAS

ADANE A.; GERD F. **Catchment Characteristics as Predictors of Base Flow Index (BFI) in Wabi-shebele River Basin, East Africa**. In: Conference on International Agricultural Research for Development. University of Siegen, Germany, 2006.

AGUDO, P. A. **Planificación Hidrológica y sostenibilidad: nuevas claves em matéria de gestão de águas**. In: José Maria Cuadrat Prats (coord.). El Agua em El siglo XXI: gestión y planificación. Zaragoza, Institución Fernando el Católico, 2006.

ALMEIDA, C.N. **Implantação de um sistema de apoio ao planejamento e gerenciamento de recursos hídricos na bacia do rio do peixe, com ênfase ao modelo de transformação chuva-vazão**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

ALMEIDA, C.N. **Modelagem integrada de recursos hídricos com apoio de um Sistema de Informações Geográficas**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

ALVIM, A. T. B. **A Contribuição do Comitê do Alto Tietê à Gestão da Bacia Metropolitana entre 1994 e 2002**. Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAU/USP, São Paulo, v. 19, 2006.

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Apresenta legislações, informações hídricas e notícias. <[http:// www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)>

ARANTES, E. J. (2003). **Emprego de Infiltrômetros na Caracterização da Interação entre Rio e Aquífero**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

BARRETO, C. E. A. G. **Balanço Hídrico em zona de afloramento do Sistema Aquífero Guarani a partir de monitoramento hidrogeológico em bacia representativa**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

BELLÍA, V. et al. **Projeto de Gestão Ambiental Integrada da Região do Bico do Papagaio**. Zoneamento Ecológico-Econômico. Plano de Zoneamento Ecológico-Econômico do Norte do Estado do Tocantins. Palmas, SEPLAN/DZE, 2004.

_____. **Plano de zoneamento ecológico-econômico do Norte do estado do Tocantins**. Palmas: Seplan/DZE, 2004a. 202 p. (Zoneamento Ecológico-Econômico. Projeto de Gestão Ambiental Integrada da Região do Bico do Papagaio. Séries ZEE - Tocantins).

BENATTI, J.H. **Direito de Propriedade e Proteção Ambiental no Brasil: Apropriação e o uso dos recursos naturais no imóvel rural**. Tese (Doutorado). Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.

BONGANHA, C. A. **A utilização da modelagem matemática como ferramenta para a gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos subterrâneos: uma proposta para o município de Araraquara – SP.** Dissertação (Mestrado). Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, Araraquara, 2005.

BORGUETTI, N.R.B. et al., **O aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul.** Ed. Maxigráfica. Curitiba, Paraná. 2004.

BRAGA, R. A. P. **Instrumentos para gestão ambiental e de recursos hídricos.** 1. ed. Recife: Editora Universitária UFPE, 2009.

BRASIL, **Lei N° 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília-DF, 31 ago. 1981. **Brasília, 1981.** Disponível em: [http:// www.mma.gov.br/](http://www.mma.gov.br/).

BRASIL. **Lei N° 9.433, de 08. jan. 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da CF, e altera o artigo 1 da Lei 8.001 de 13.03.1990 que modificou a Lei 7.990, de 28.12.1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília-DF, 09. Jan.1997. Disponível em: [http:// www.mma.gov.br/](http://www.mma.gov.br/).

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução n. 15, de 11 de janeiro de 2001.** Delega competência a SINGRH e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Disponível em : www.cnrh-srh.gov.br/.

BRASIL. **Decreto Federal N° 4297, de 10 de julho de 2002.** Regulamenta o art. 9o, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. Brasília, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n ° 396 de 17 de abril de 2008.** Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF. Disponível em : www.mma.gov.br/conama.

CABRAL, J. et al. Recursos Hídricos Subterrâneos. In: PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. (Org.). **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2003.

CAMPOS, N. SOUSA, R. O. Planos de Bacias Hidrográficas. IN: Campos N., Studart T. (Org) **Gestão das Águas: princípios e práticas.** 2. Ed. Porto Alegre: ABRH, 2003.

CAVALCANTE, S. R. **Zoneamento Ecológico-Econômico: Breves notas sobre Zoneamento Ecológico-Econômico.** Brasília-DF, 2003.

CEY, E.E et al. “Quantifying Ground Water Discharge to a Small Perennial Stream in Southern Ontario, Canadá”. Journal of Hidrology. (accepted for publication), 1998.

CHAPMAN, T. G. **Comment on ‘Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses by R. J. Nathan and T. A. McMahon’**. Water Resources Research 27, 1991.

CHIARANDA, R. **Usos da terra e avaliação da capacidade potencial de armazenamento de água na bacia do Rio Cuiabá – MT**. Curitiba: Tese (Doutorado em Eng. Florestal – UFP), 2002.

COLLISCHONN, W. et al. Análise do efeito da extração de água subterrânea sobre a disponibilidade de água superficial na bacia do rio Grande (BA). In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. João Pessoa: ABRH, 2005.

_____, et. al. USO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS: o caso do Alto Rio Paranaíba. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007**, São Paulo. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007.

COLLISCHONN, W. ; TASSI, R.. **Introduzindo Hidrologia**. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila do curso de Hidrologia), Porto Alegre, 2009.

CORREIA, F. N. **Algumas reflexões sobre os mecanismos de gestão de recursos hídricos e a experiência da União européia**. In: Seminário Latino Americano de Políticas Públicas em Recursos Hídricos, Brasília, 2004.

CRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1º ed. São Paulo: Ed. Edgard Bücher Ltda., 1999.

DEL PRETTE, M. E. MATTEO, K. C. Origens e possibilidades do zoneamento ecológico-econômico no Brasil. In: **Caderno de referência: Subsídios ao debate**. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília: MMA, 2006.

DIAS, R.R. **Zoneamento Ecológico-Econômico no Tocantins: contribuição metodológica e processual para sua execução**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 2008.

ECKHARDT, K. **“How to construct recursive digital filters for base flow separation”**. Hydrological Processes 19, 2005.

FEITOSA, A.C et al. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Org. e Coord Científico/Fernando A.C Feitosa. [et.al]. 3 ed. Ver. e ampliada. Rio de Janeiro: CPRM, LABHIDR, 2008.

FIGUEIREDO, A. H. Proposta de atualização da legislação sobre zoneamento ecológico-econômico. **In: Caderno de Referência: Subsídios ao Debate.** Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília: MMA, 2006.

FREIRE, C. C. **Modelo de gestão para água subterrânea.** Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisa Hidráulica, UFRGS, Porto Alegre, 2002.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de águas: disciplina jurídica das águas doces.** São Paulo: Atlas, 1991.

HANNA, K. S.; WEBBER, S. M.; SLOCOMBE, D. S. **Integrated Ecological and Regional Planning in a Rapid-Growth Setting.** *Environmental Management*, Springer New York, v.40, n. 3, p. 339-348, jun. 2007. Disponível em: <www.springer.com>. Acesso em: set. 2009.

INSTITUTE OF HYDROLOGY. **Low flow studies research report.** Institute of Hydrology, Wallingford, U.K. 1980.

IRITANI, M.A. **Modelação matemática tridimensional para a proteção das captações de água subterrânea.** Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

JOURAVLEV, A. **Los municipios y la gestión de los recursos hídricos.** Serie Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile, n. 66, 2003.

KALERIS, V. Quantifying the exchange rate between groundwater and small streams. **Journal of Hydraulic Research**, v. 36, n. 6, 1998.

LERNER, D.N et al. **Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge.** International Contributions to Hydrogeology, v. 8. International Association of Hydrogeologists, Verlag Heinz Heise, 1990.

LIMA, A. **Zoneamento ecológico-Econômico à luz dos direitos socioambientais.** Curitiba: Juruá, 2006.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro.** 12^oed. São Paulo: Malheiros. 2004.

MAGALHÃES, D. S. **Estudo do instrumento de enquadramento de corpos d'água: análise de metodologias empregadas em alguns Estados brasileiros e o caso do estado do Tocantins.** 2006. Monografia (Especialização) Universidade Federal do Tocantins, Palmas.

MAGNA ENGENHARIA LTDA. 2001. **Diagnóstico dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Lontra e Corda, na região do Bico do Papagaio – TO.** Relatório. Palmas.

MAGNA ENGENHARIA LTDA. 2002. **Plano de Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Lontra e Corda, na região do Bico do Papagaio/TO – PDRHLC**: Relatório. Palmas. v1.

MATTOS, C. M. **Uma geopolítica Pan-Amazônica**. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1980. 216 p. (Coleção Gen. Benício, v. 181, publ. 501).

MILLIKAN, B. H. & PRETTE, M. E. (2000). **Seminário: Avaliação da Metodologia do Zoneamento Ecológico-Econômico para a Amazônia Legal**. Documento Base para Discussão. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Coordenação da Amazônia – SCA. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável – SDS. Brasília.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Programa Zoneamento Ecológico Econômico: Diretrizes Metodológicas para Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**, Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável, Brasília – DF, 2001.

MONTERO, S. G. et al. **Collaborative governance for sustainable water resources management: the experience of the Inter-municipal Initiative for the Integrated Management of the Ayuquila River Basin, Mexico**. *Environment and Urbanization*, International Institute for Environment and Development (IIED) London, v. 18, n.2, out. 2006. Disponível em:<[HTTP://eau.sagepub.com](http://eau.sagepub.com)>. Acesso em: nov. 2009.

MOSTERT, E. **Integrated water resources management in the Netherlands: how concepts function**. *Journal of Contemporary water research & Education*, n. 135, dez. 2006.

NATHAN, R. J.; MCMAHON, T. A. **“Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses”**. *Water Resources Research* 26(7), 1990.

NETO et al., Uso dos sistemas de informações geográficas na determinação as características físicas de uma bacia hidrográfica. **Anais: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 2007, INPE.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1983.

OLIVEIRA FILHO, P.C., et al. Implementação de um sistema de informação geográfica para a gestão da empresa florestal. In: **Revista Floresta** 33(1), UFPR, PARANÁ, 2003.

OLIVEIRA, G. C., **Gestão de Recursos Hídricos: Os fatores que influenciam no planejamento**. Dissertação (mestrado) – Universidade de Taubaté. Taubaté, 2003.

OLIVEIRA, I. S. D. **A contribuição do zoneamento ecológico econômico na avaliação de impacto ambiental: bases e propostas conceituais**. 2004. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.

PAIVA, R. C. D. ; et al . Utilização de filtros digitais na separação do escoamento de base de séries históricas de vazão. In: **XX Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia - CRICTE 2005**. Foz do Iguaçu-PR, 2005.

PAULA, F. S; SALES, M. C. L. O Zoneamento Ecológico-Econômico como instrumento de Planejamento Ambiental. **Anais: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**, João Pessoa, 2007.

RAHAMAN, M. M; VARIS, O. **Integrated water resources manegment: evolution, prospects and future challenges**. Sustainability: Science, Practice & Police, Spring, v.1, n.1, 2005.

RAMOS et al. **Engenharia Hidrológica**. Rio de Janeiro: Coleção ABRH, 1989.

REBOUÇAS, A.C. A Política Nacional de Recursos Hídricos e as Águas Subterrâneas. **Rev. Águas Subterrâneas** n. 16, 2002.

REBOUÇAS, A.C. 2008 in água sub

RIZZI, N. E. . **Plano Hidrológico de Bacia Hidrográfica: Diretrizes para elaboração de Programas ou Planos de Recursos Hídricos (Bacia hidrográfica do DUERO)**. 2000. (Relatório de pesquisa).

SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. Editora: oficina de Textos. São Paulo, 2004.

SILVA, D,D e PRUSKI, F.F. **Gestão de Recursos Hídricos: aspectos legais, econômicos, sociais, administrativos, sociais**. Brasília. Secretaria de Recursos Hídricos. 2000.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. do A.. **Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração**. Estud. Av., São Paulo, v. 17, n. 47, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: set. de 2009.

SCHUBART, H. O. R. O zoneamento ecológico-econômico e a gestão dos recursos hídricos. In: MUÑHOZ, H.R (Org.). **Interfaces da Gestão dos Recursos Hídricos: Desafios da Lei das Águas de 1997**. Brasília: SRH/MMA, 2000.

_____. **Biodiversidade e território na Amazônia**. Logo Tempo & Ciência, n. 5, Manaus: ULBRA, 2000.

_____. **O zoneamento Ecológico-Econômico e a Gestão dos Recursos Hídricos: O programa Zoneamento Ecológico-Econômico**. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília: MMA, 2003.

SILVA, D. D; PRUSKI, F.F(orgs). **Gestão de recursos hídricos: Aspectos legais, econômicos e sociais**. 1 ed. Viçosa – MG: Editora Folha de Viçosa, 2000.

SMAKHTIN, V.U. **Estimating continuous monthly base flow time series and their possible applications in the context of the ecological reserve.** Water SA, Vol. 27, No. 2, 213-217. (2001).

SOUZA, M. P. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática.** São Carlos: Riani Costa. 2000.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciências e aplicação.** Ed. Universidade/UFRGS: ABRH. Porto Alegre, RS. 2ª ed.: 2ª reimpressão. 2001.

TUCCI, C.E.E. Escoamento Superficial. In: TUCCI, C.E.E. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3ed., Primeira reimpressão. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

WAHL, K. L., AND WAHL, T. L. **Determining the Flow of Comal Springs at New Braunfels, Texas,** *Texas Water '95*, American Society of Civil Engineers. San Antonio, Texas, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CÁLCULO PARA ESTIMATIVA DO ESCOAMENTO DE BASE UTILIZANDO FILTROS DIGITAIS PARA AS SÉRIES HISTÓRICAS DAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA

Devido à quantidade de dados utilizados para estimativa do escoamento de base das bacias dos rios Lontra e Corda, os mesmos estão organizados em arquivo digital, e são parte integrante desta pesquisa.

APÊNDICE B - MAPAS E TABELAS UTILIZADAS PARA ELABORAÇÃO DO MAPA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA

8.1 MAPAS TEMÁTICO BASE

Entende-se por mapa temático básico todo mapa no seu estado original com a legenda de todas as unidades (tipológicas) ocorrentes na área das bacias. Os mesmos foram obtidos no banco de dados do Programa de Zoneamento Ecológico-Econômico do Norte do Tocantins, tendo sido feito o recorte, através de técnicas de geoprocessamento, das bacias dos rios Lontra e Corda. Os seguintes temas compõem os mapas temáticos base:

- Mapa 01 – Unidades Litoestratigráficas;
- Mapa 02 – Unidades Geomorfológicas;
- Mapa 03 – Altimetria;
- Mapa 04 – Unidades de Solos;
- Mapa 05 – Índices Pluviométricos;
- Mapa 06 – Unidades Fitoecológicas.

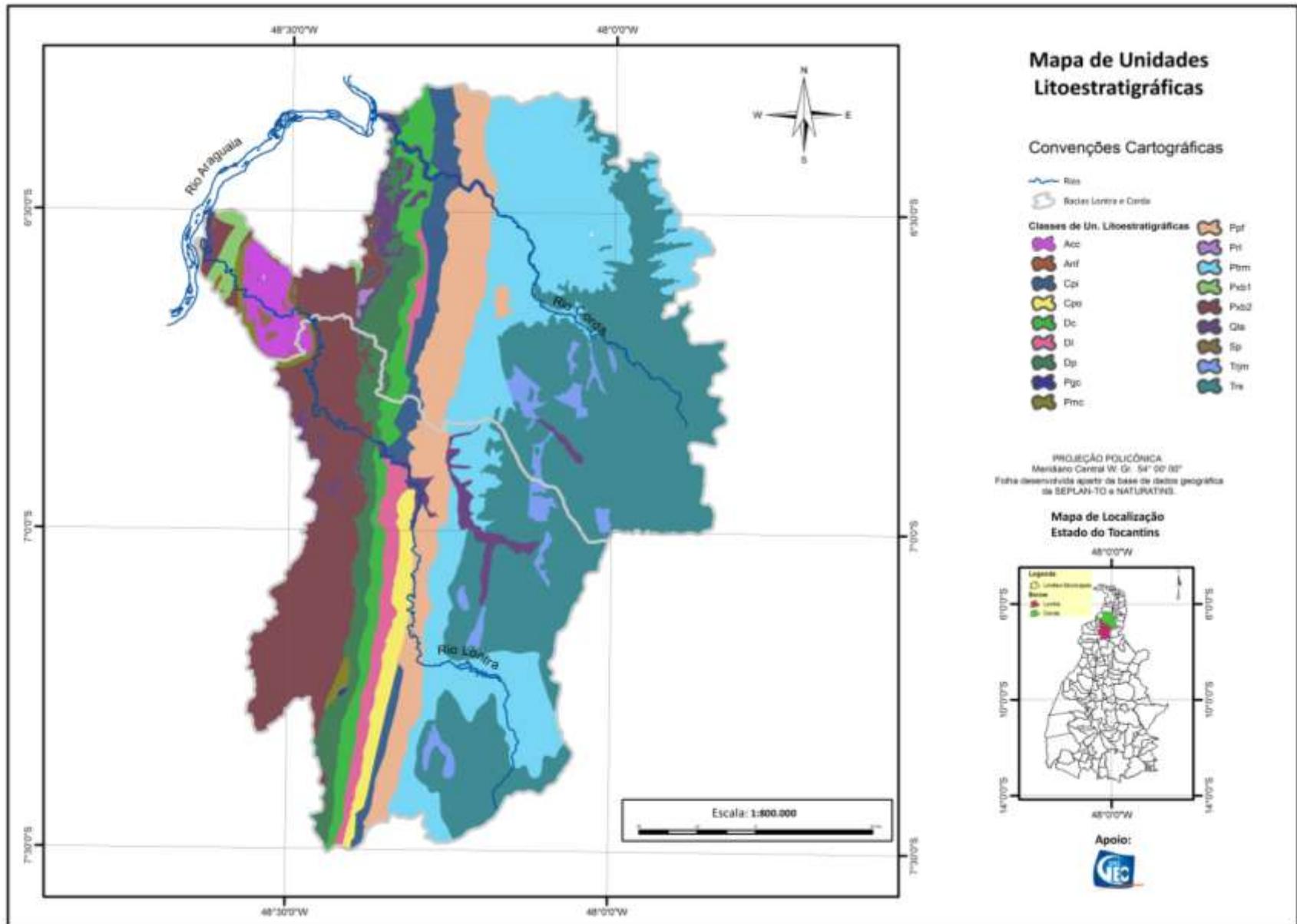


Figura 22 - Mapa 01: Unidades Litoestratigráficas - bacias dos rios Lontra e Corda.

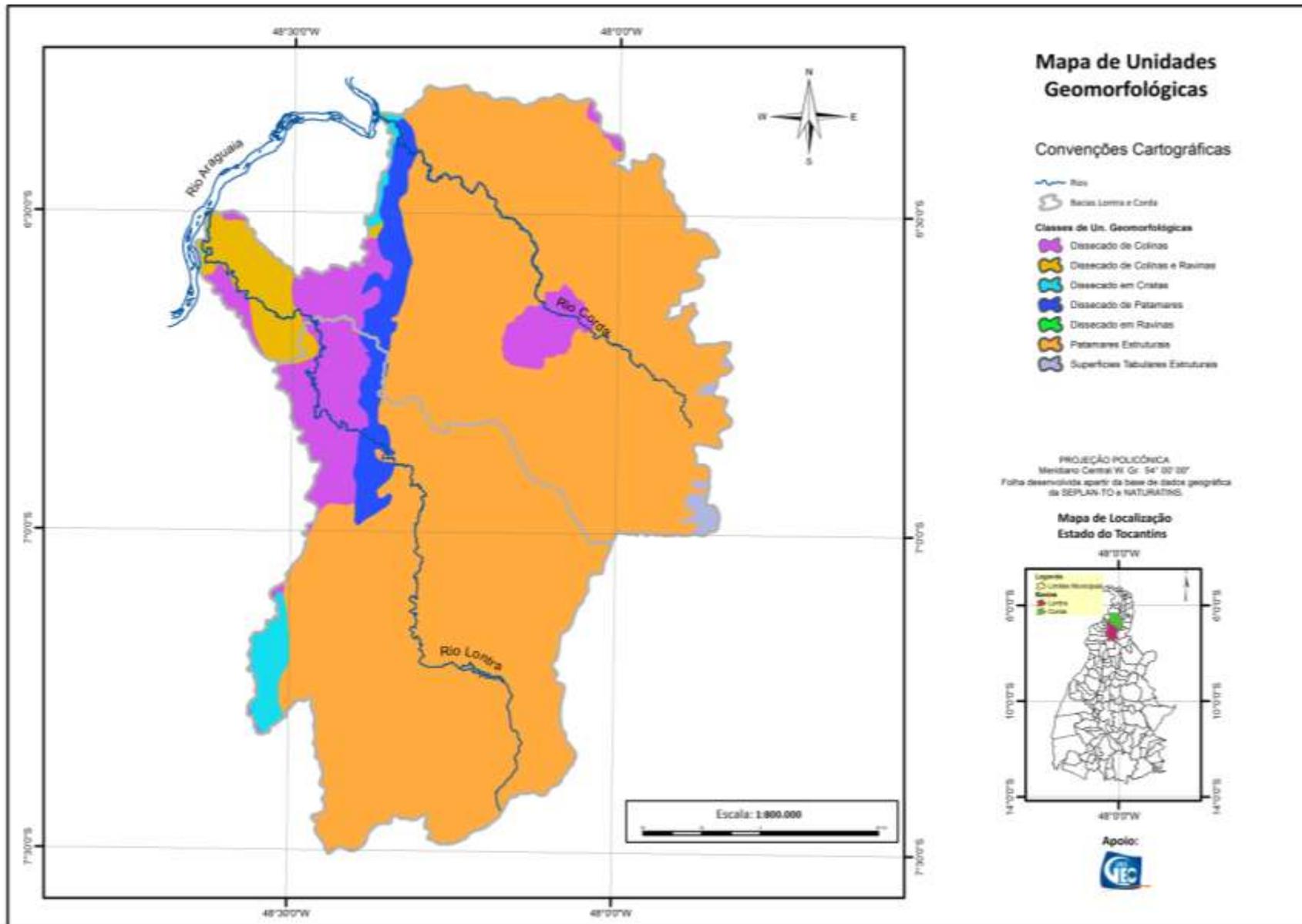


Figura 23 - Mapa 02: Unidades Geomorfológicas - bacias dos rios Lontra e Corda.

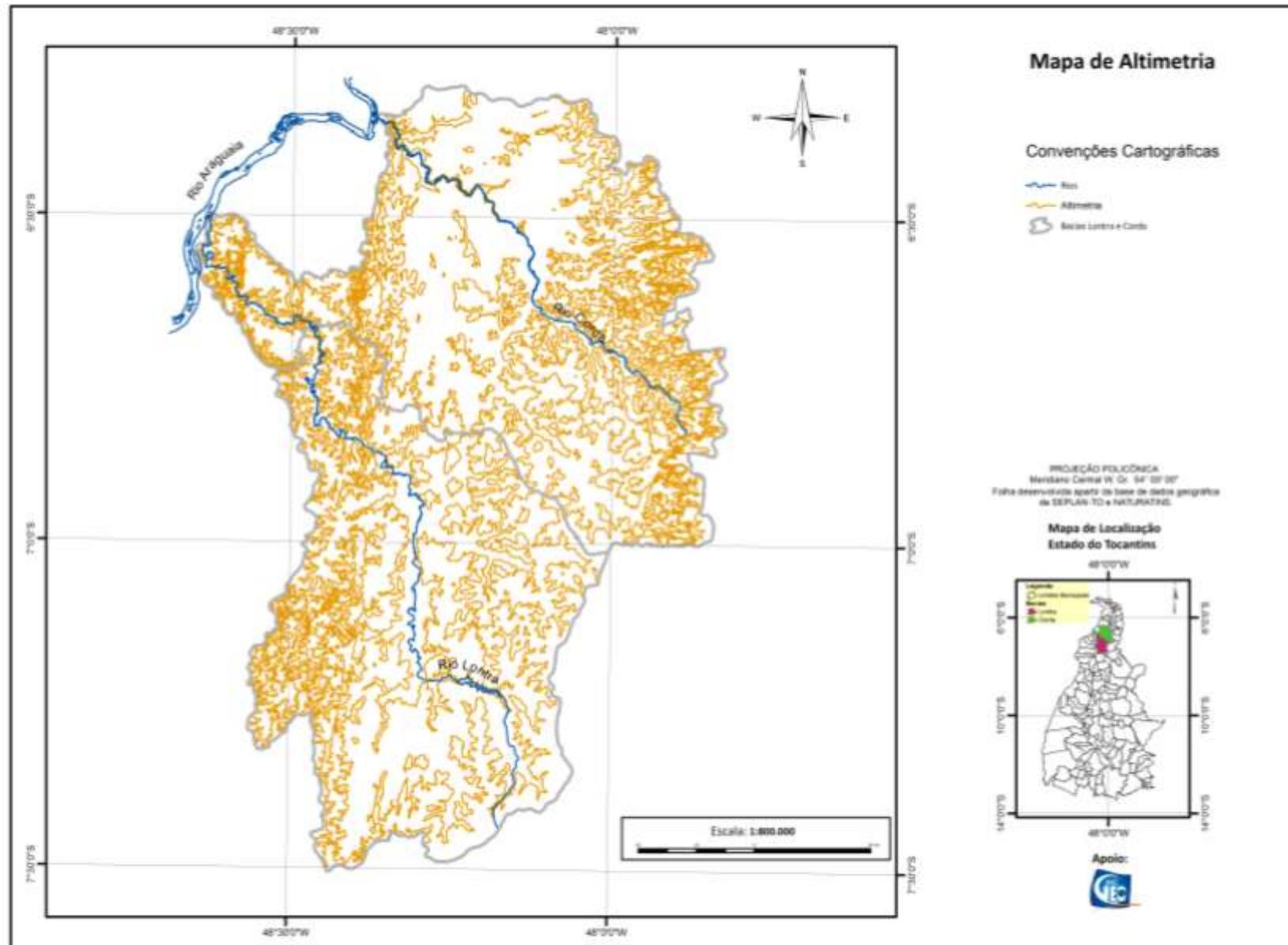


Figura 24 - Mapa 03: Altimetria - bacias dos rios Lontra e Corda.

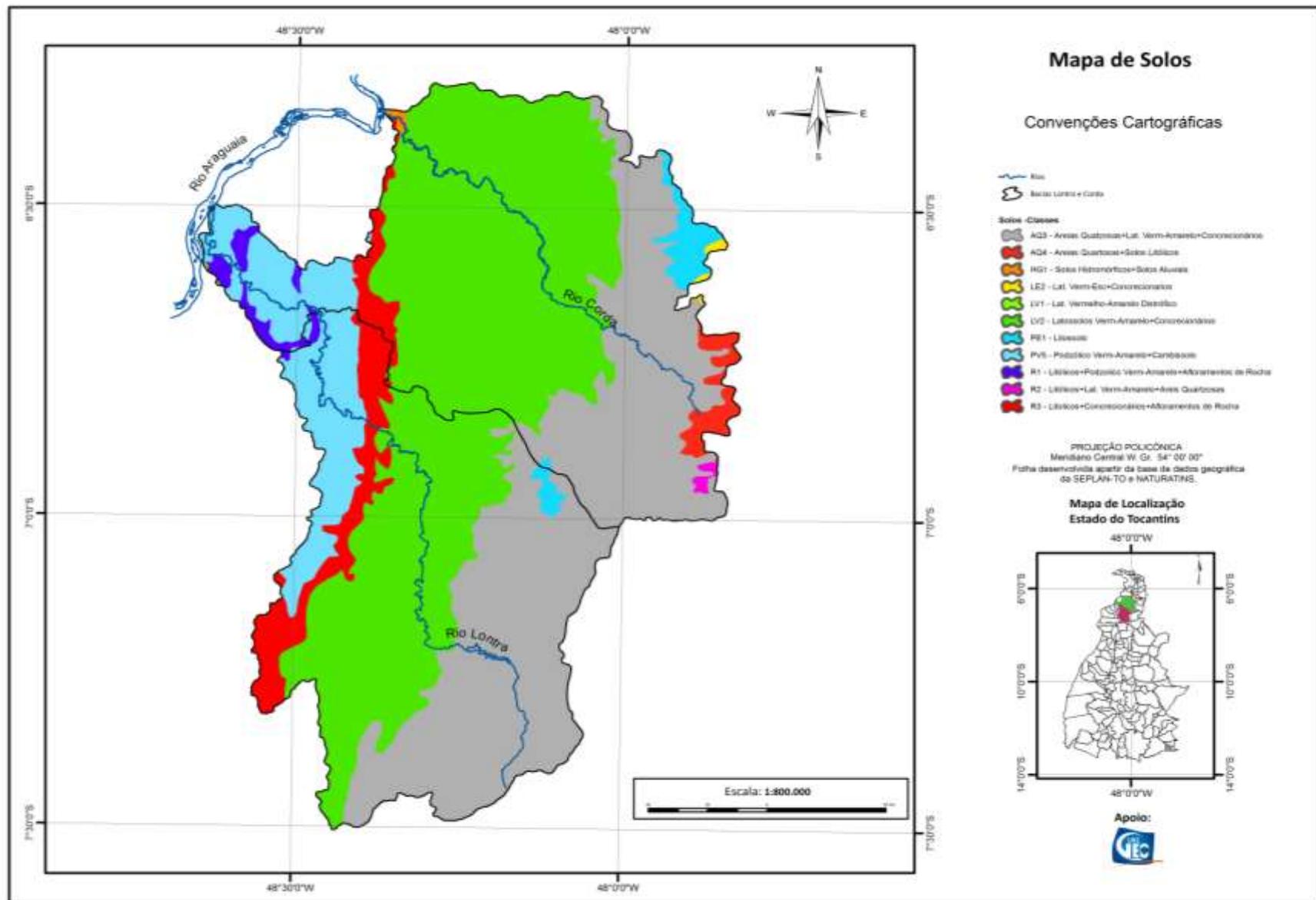


Figura 25 - Mapa 04: Solos - bacias dos rios Lontra e Corda.

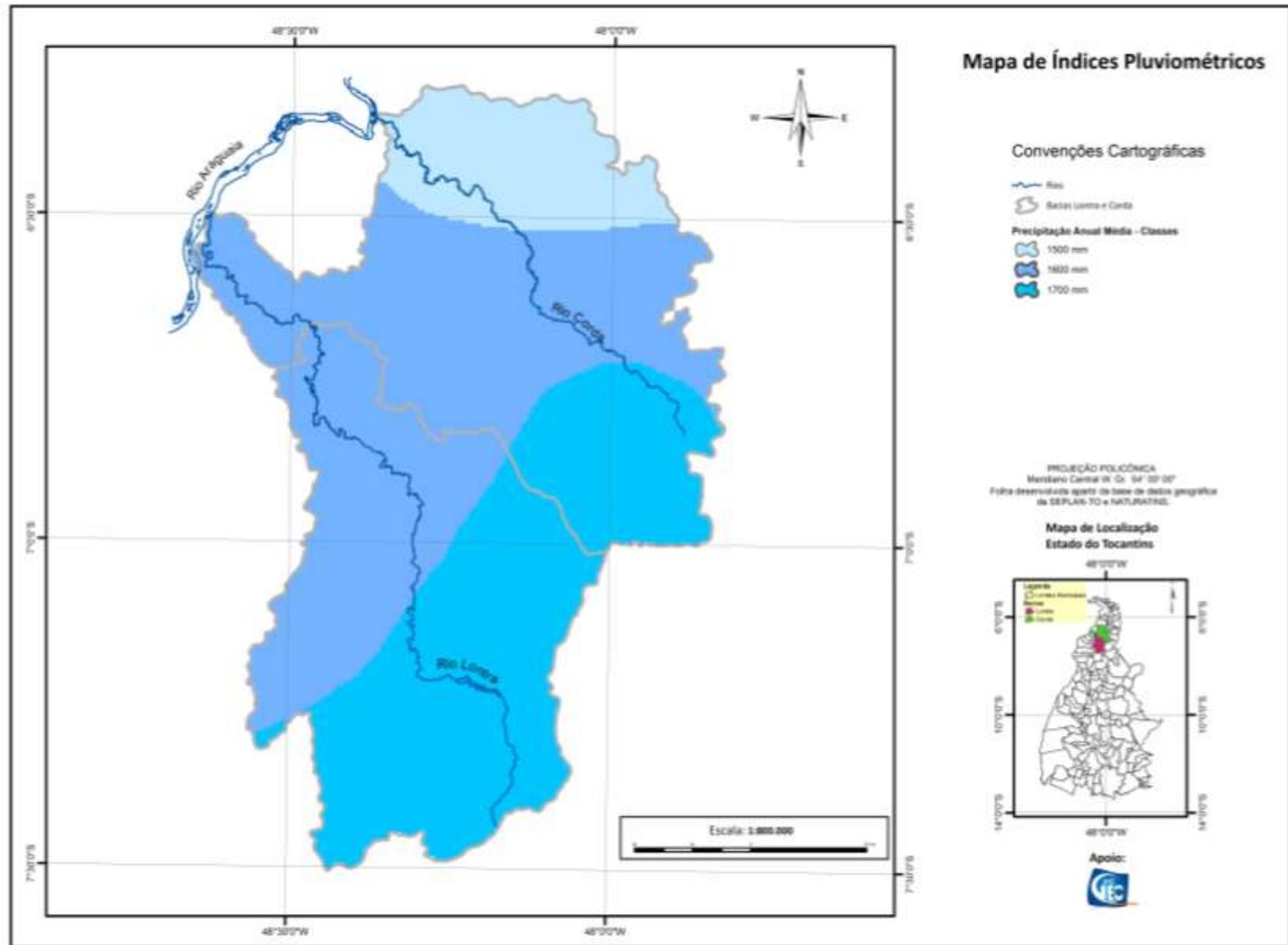


Figura 26 - Mapa 05: Índices pluviométricos - bacias dos rios Lontra e Corda.

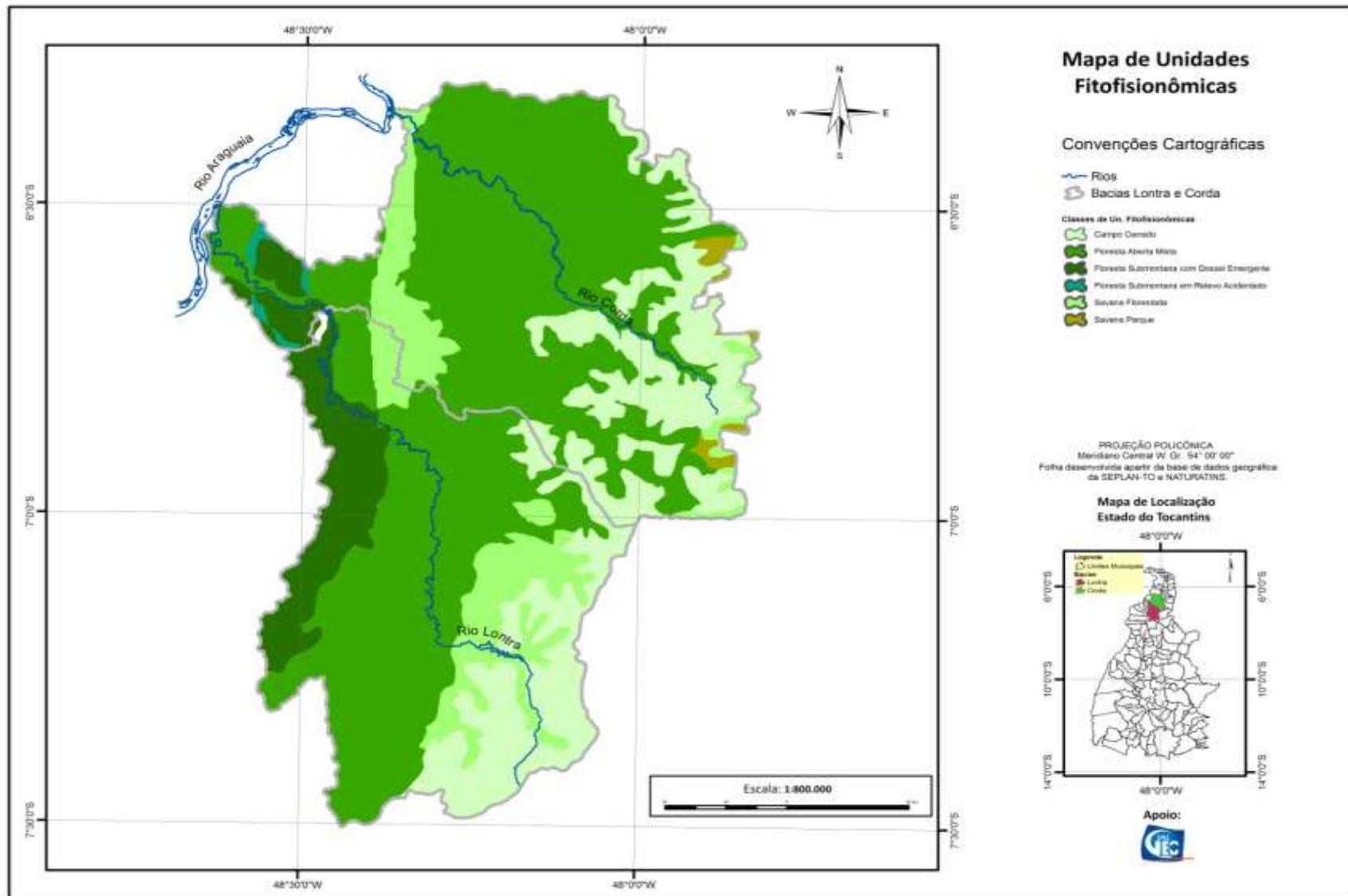


Figura 27 - Mapa 06: Unidades Fitofisionômicas - bacias dos rios Lontra e Corda.

8.2 MAPAS TEMÁTICOS DERIVADOS

Os mapas temáticos derivados são os mapas que contém as unidades tipológicas (geologia, geomorfologia, solos, cobertura vegetal original, usos da terra e precipitação) dos mapas temáticos base, organizadas em classes de importância relativa ao potencial de recarga de aquíferos. Após classificação e ponderação, foram desenvolvidos os seguintes temas derivados:

- Geologia: Permeabilidade das rochas.
- Geomorfologia: Fluxo preferencial em profundidade e declividade.
- Solos: Potencial de infiltração e Potencial de armazenamento.
- Precipitação: intensidade.
- Cobertura Vegetal Original: Grau de proteção.

As classes de valores utilizadas para caracterizar as unidades homogêneas dentro de cada tema derivado foram estabelecidas com base em revisão documental, bibliográfica e de conhecimento empírico de especialistas.

8.2.1 Elemento Rochas

8.2.1.1 Geologia

Para valoração do mapa das Unidades Litoestratigráficas (Figura 22 - mapa 01) das bacias dos rios Lontra e Corda, quanto a permeabilidade utilizou-se uma escala de valores comparativos, com o menor correspondendo a classe de menor permeabilidade, e as demais classes intermediárias (Tabela 03). O resultado desta valoração é o mapa temático derivado de permeabilidade das rochas (Figura 28 – Mapa Temático Derivado: Permeabilidade das rochas).

Tabela 3.0 – Classificação e valoração das unidades geológicas quanto à permeabilidade.

UNIDADE GEOLÓGICA/CLASSE	ROCHA	CLASSE PERMEABILIDADE	PESO
Formação Mosquito -TRjm	Basalto / arenito	Baixa	0,40
Formação Sambaíba - Trs	Arenito	Alta	0,80
Anfibolitos subordinados - Anf	Anfibolito	Baixa	0,40
Complexo Colméia - Acc	Biotita / migmatitos	Baixa	0,40
Formação Piauí - Cpi	Arenito / argilito / calcário	Médio	0,60
Formação Poti - Cpo	Arenito / silito / folhelos	Médio	0,60
Formação Cabeças - Dc	Arenitos / silito / folhelos	Médio	0,60
Coberturas Lateríticas - Qla	Arenito / argilito Arenito / silito / folhelos	Alta	0,80
Formação Longá - Dl		Médio	0,60
Formação Pimenteiras – Dp	Siltitos / folhelos / arenitos	Médio	0,60
Formação Motuca - Ptm	Arenito / argilito /siltitos / calcário / gpsita / anidrita	Baixa	0,40
Formação Morro do Campo - Pmc	Quartzitos / quartzos / anfibolitos	Baixa	0,4
Formação Pedra de Fogo- Ppf	Siltitos / calcário / arenito / folhelos	Baixo	0,4
Granito Ramal do Lontra - Prl	granito Micaxistos / xisto / anfibolitos / mármore /	Baixa	0,4
Formação Xambioá – Pxb1	quartzito	Baixa	0,4

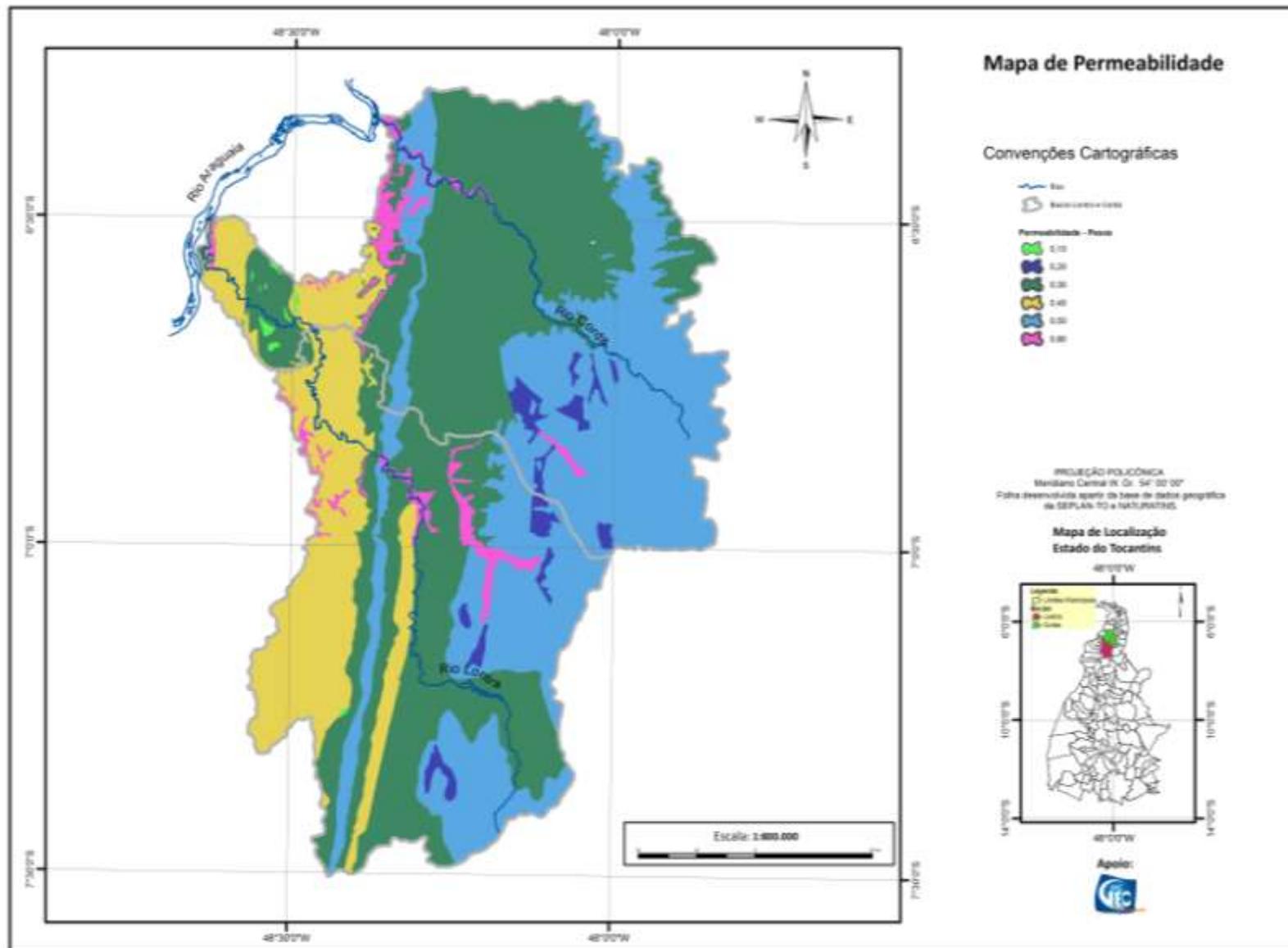


Figura 28 - Mapa Temático Derivado: Permeabilidade das rochas

8.2.1.2 Geomorfologia

A classificação e valoração das formas de relevo – Unidades Geomorfológicas (Figura 23 – Mapa 02: Geomorfologia) quanto ao fluxo preferencial em profundidade é a apresentada na Tabela 4.0 e o resultado apresentado na figura 29 – Mapa Temático Derivado Fluxo Preferencial de Profundidade.

Tabela 4.0 – Formas de relevo (Unidades geomorfológicas) quanto ao fluxo preferencial em profundidade.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	CLASSES	PESO
Patamares Estruturais	Alta	0,8
Dissecado em Colinas	Baixa	0,4
Dissecado em Cristais	Muito Baixa	0,2
Dissecado em Ravinas	Baixa	0,4
Dissecado em Patamares	Baixa	0,4
Dissecado em Ravinas e Mesas	Baixa	0,4
Superfícies Tabulares Estruturais	Alta	0,8

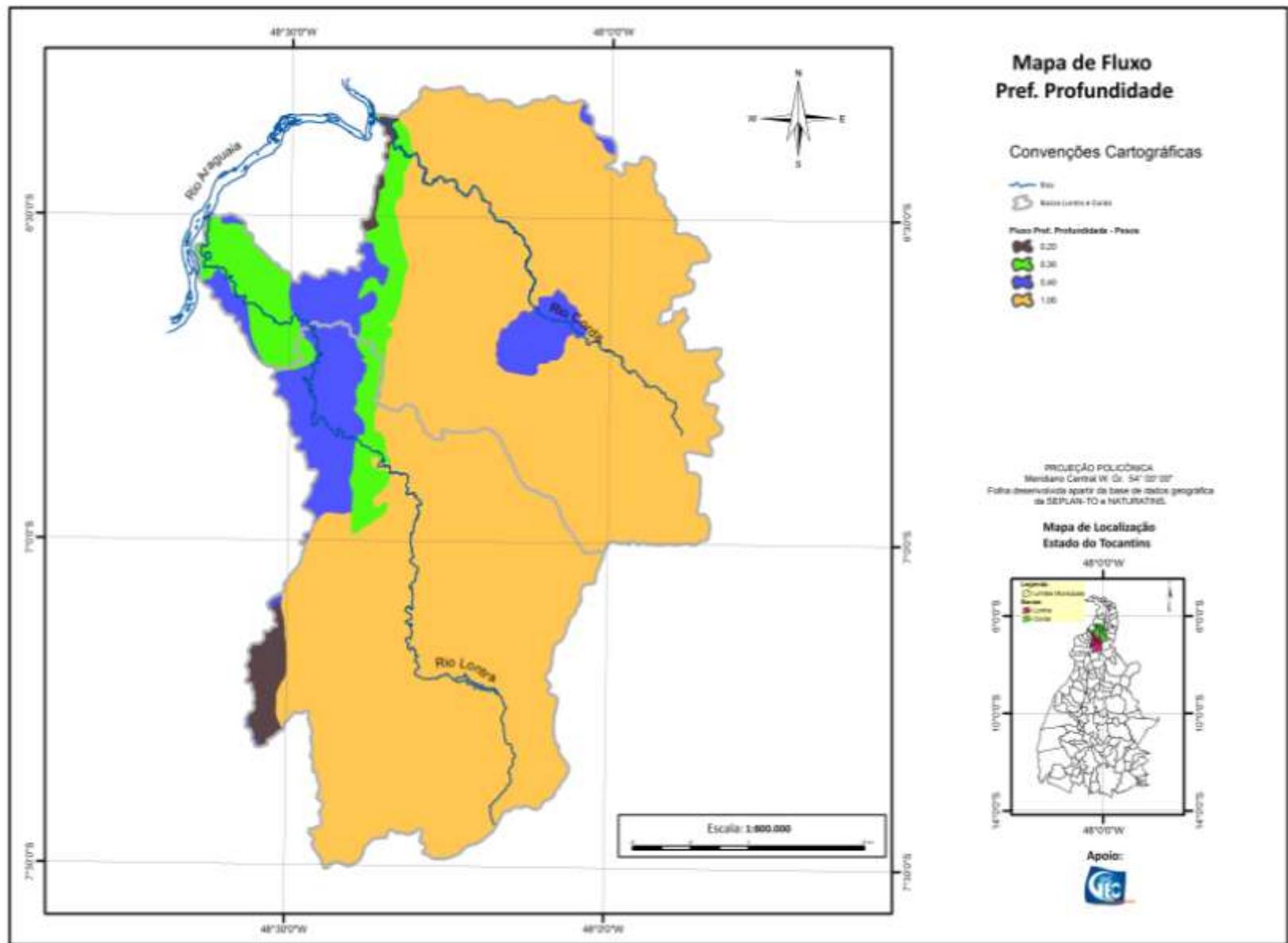


Figura 29 - Mapa Temático Derivado: Fluxo Preferencial de Profundidade

O mapa temático derivado de declividade foi obtido a partir do mapa temático base de altimetria (Figura 24 - Mapa 03). Os intervalos de classes de declividade utilizados para a classificação são os recomendados pela literatura. Optou-se por expressar as declividades em percentagem devido a essa unidade de valor ser a mais utilizada no planejamento, implantação e condução das atividades no setor produtivo primário. Em função disso, os terrenos das bacias com declividade superior a 45 % são aqueles que apresentam inclinação de rampa superior a 24 %. As classes de declividade e seus respectivos pesos são apresentados na tabela 5.0 e o mapa temático derivado de declividade na Figura 8.9 – Mapa Temático Derivado de Declividade.

Tabela 5.0 – Declividade das vertentes das bacias.

INTERVALO DE CLASSES DE DECLIVIDADE		PESO	ENERGIA DISPONÍVEL (Quantidade Relativa)
QUANTITATIVO*	QUALITATIVO		
Mosaico com predomínio de A sobre B	Muito Baixa	1	Muito Pouca
Mosaico com predomínio de B sobre A	Baixo	0,8	Pouca
Declive maior 45%	Muito Alta	0,2	Muito alta
Declive maior que 5% e igual ou inferior a 10%	Muito Baixo	0,8	Pouca
Mosaico com predomínio de C sobre D	Alto	0,4	Grande
Mosaico com predomínio de B sobre C	Baixo	0,6	Médio
Declive maior que 30% e igual ou inferior a 45%	Alto	0,4	Grande
Declive maior que 10% e igual ou inferior a 15%	Baixo	0,6	Médio
Declive maior que 15% e igual ou inferior a 30%	Alto	0,4	Grande
Mosaico com predomínio de D sobre C	Muito Alto	0,2	Muito Alta

* Nomenclatura utilizada conforme ZEE do Norte do TO (Anexo).

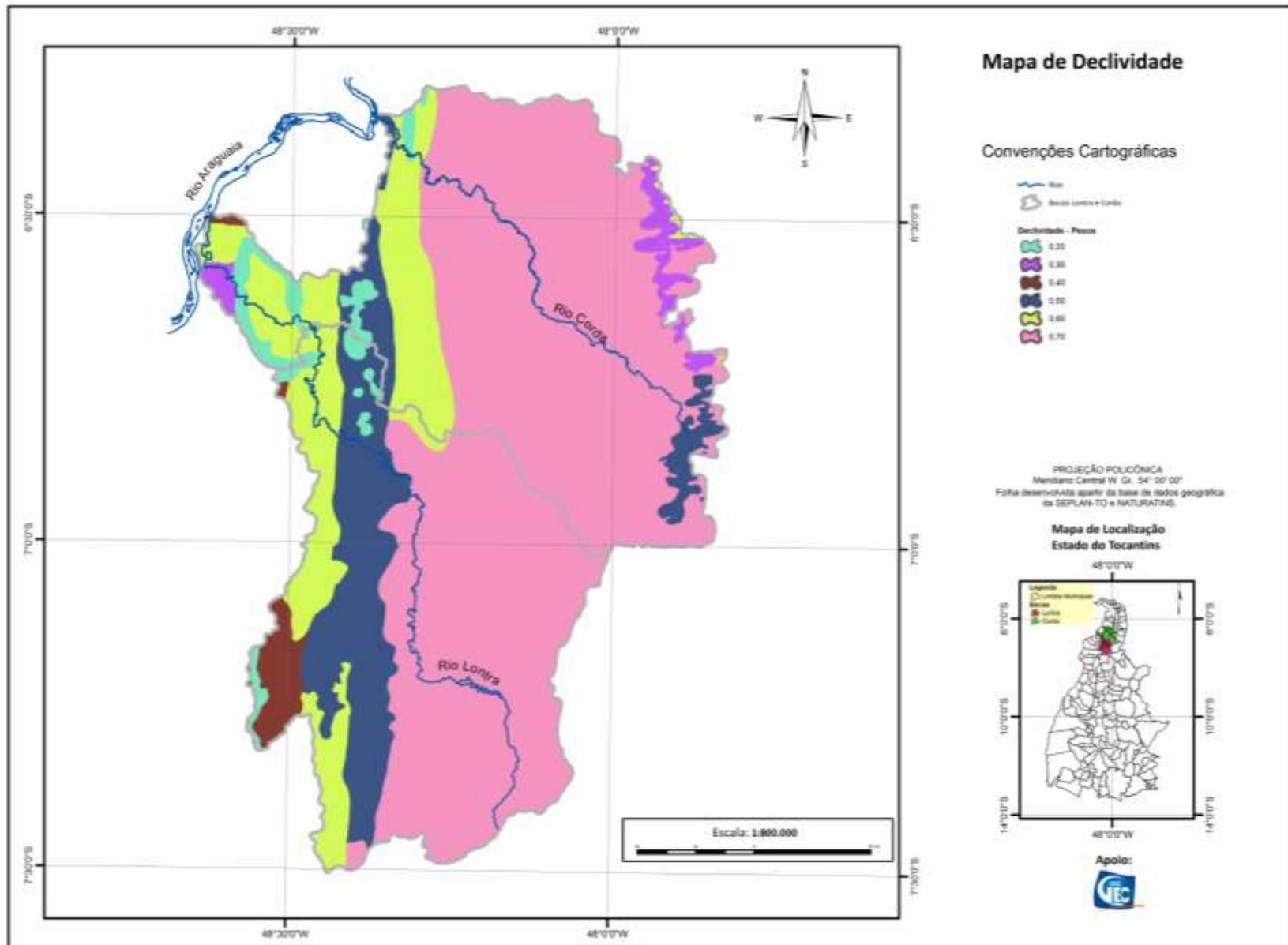


Figura 30 - Mapa Temático Derivado: Declividade

8.2.2 Elemento Solos

No componente solo foram determinadas duas variáveis: potencial de infiltração e potencial de profundidade para armazenamento, a partir do mapa temático base de classes de solos (Figura 25- Mapa 04) dada a sua importância.

Frente às características dos grupos de solos que ocorrem na bacia (Areias quartzosas, Latossolos, Litossolos, Podzólicos) foram determinadas as classes de potencial de infiltração, que são apresentadas na tabela 6.0. Posteriormente o Mapa Temático Básico de Solos foi ponderado, levando-se em conta as classes de potencial de infiltração. O resultado desta valoração é o mapa temático derivado potencial de infiltração do solo (Figura 31 – Mapa Temático Derivado do Potencial de Infiltração).

Tabela 6.0 – Potencial de Infiltração dos Solos

TIPOS DE SOLOS **	TEXTURAS	RELEVO	POTENCIAL DE INFILTRAÇÃO	PESO
AQ3 + HG1	Arenosa	Plano	Muito Alto	1,0
LV2 + LE2+ LV1	Média	Plano e ondulado	Alto	0,8
PV5+ R3 + AQ4 + R2	Argilosa	Suave ondulado e ondulado	Médio	0,6
PE1	Argilosa Cascalhenta	Forte ondulado	Médio	0,6
AQ3 + HG1	Média	Ondulado, forte ondulado e montanhoso	Médio	0,6
LV2 + LE2 + LV1	Argilosa	Ondulado e forte ondulado	Baixo	0,4
PV5+ R3 + R1 + AQ4 + R2	Argilosa e Média	Plano	Muito Baixo	0,2
PE1	Argilosa	Forte ondulado e montanhoso	Muito Baixo	0,2

**Tipos de Solos conforme nomenclatura do ZEE do Norte do TO (ANEXO)

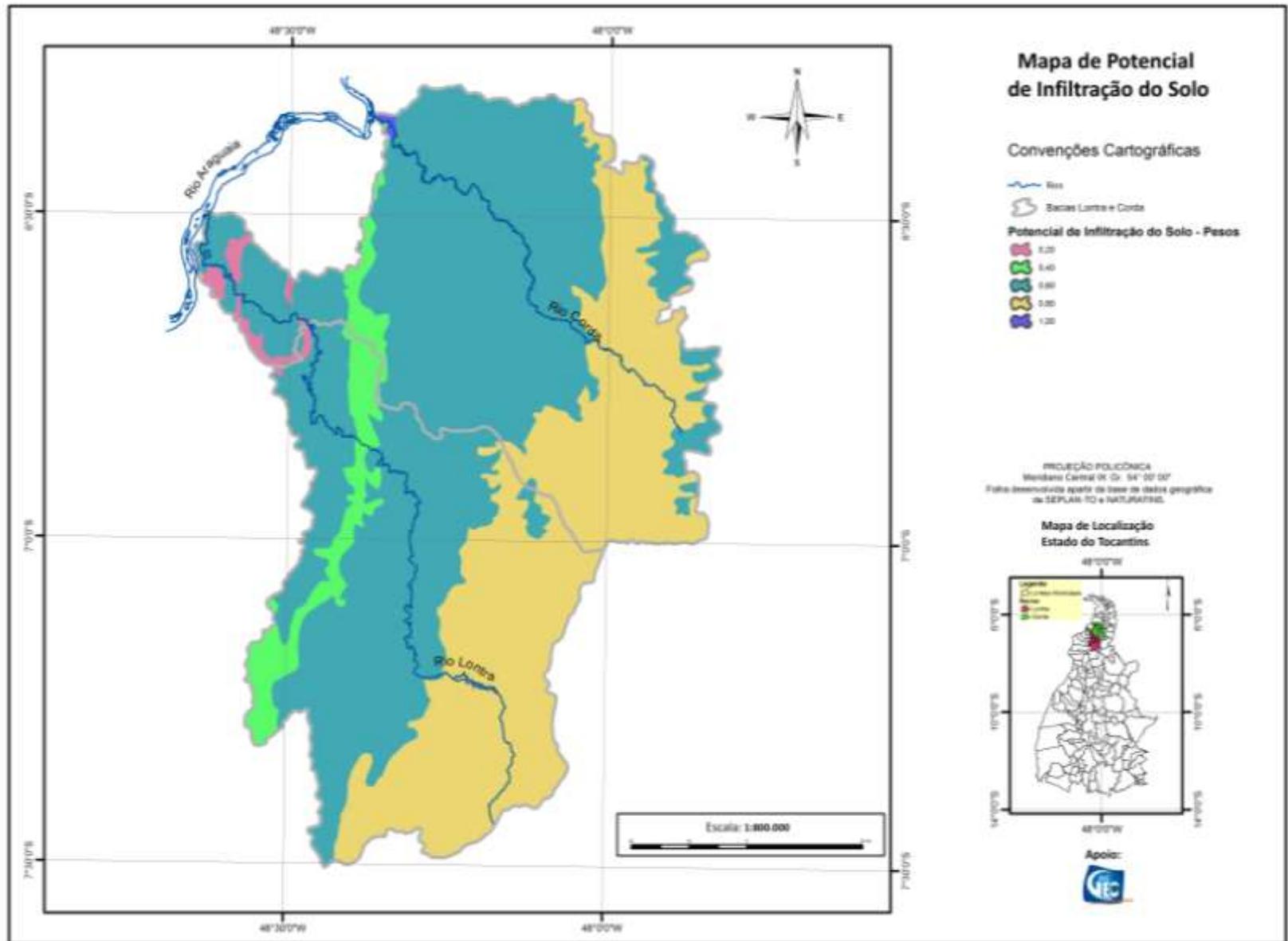


Figura 31 - Mapa Temático Derivado: Potencial de Infiltração do solo.

A variável potencial de profundidade para armazenamento do solo foi obtida da mesma forma que a variável potencial de infiltração do solo. Foram obtidas quatro classes de potencial para a profundidade dos solos a partir das características dos grupos de solos que ocorrem na bacia. As classes de potencial da profundidade para armazenamento no solo são apresentadas na Tabela 7.0 e o respectivo mapa temático derivado na figura 32 – Mapa do Potencial de Profundidade para armazenamento.

Tabela 7.0 – Potencial da profundidade para armazenamento dos solos

CLASSES DE PROFUNDIDADE		CLASSE DE POTENCIAL DA PROFUNDIDADE	CLASSES/TIPOS DE SOLOS **	PESO
DENOMINAÇÃO	INTERVALO (cm)			
Muito profundo	> 200	Muito Alto	AQ3 + HG1	1,0
Profundo	> 150	Alto	LV2 + LE2+ LV1	0,80
Pouco profundo	150 - 60	Baixo	PV5+ R3 + AQ4 + R2	0,50
Raso	< 60	Muito baixo	PE1	0,20

**Tipos de Solos conforme nomenclatura do ZEE do Norte do TO (ANEXO)

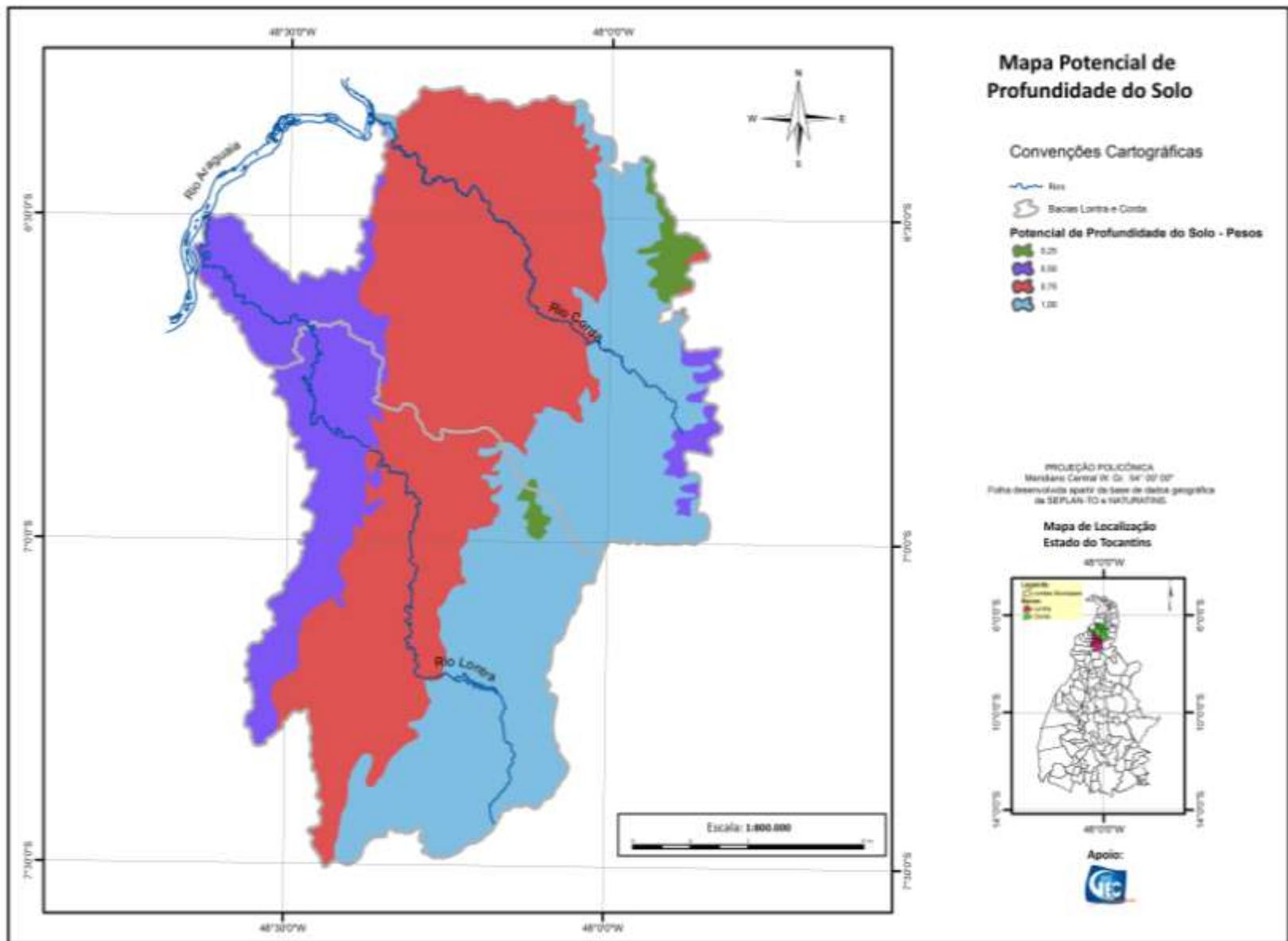


Figura 32 - Mapa Temático Derivado: Potencial de profundidade para armazenamento.

8.2.3 - Elemento Precipitação

Frente as características de precipitação (Figura 26 – Mapa 05) foram obtidas as classes de intensidade de precipitação apresentadas na Tabela 8.0. O resultado é o mapa temático derivado intensidade de precipitação (Figura 33 – Mapa Temático Derivado Intensidade da Precipitação).

Tabela 8.0 – Classes de intensidade de Precipitação

PRECIPITAÇÃO ANUAL (mm)	CLASSES	PESO
1700	Alta	0,80
1600	Média	0,60
1500	Baixa	0,40

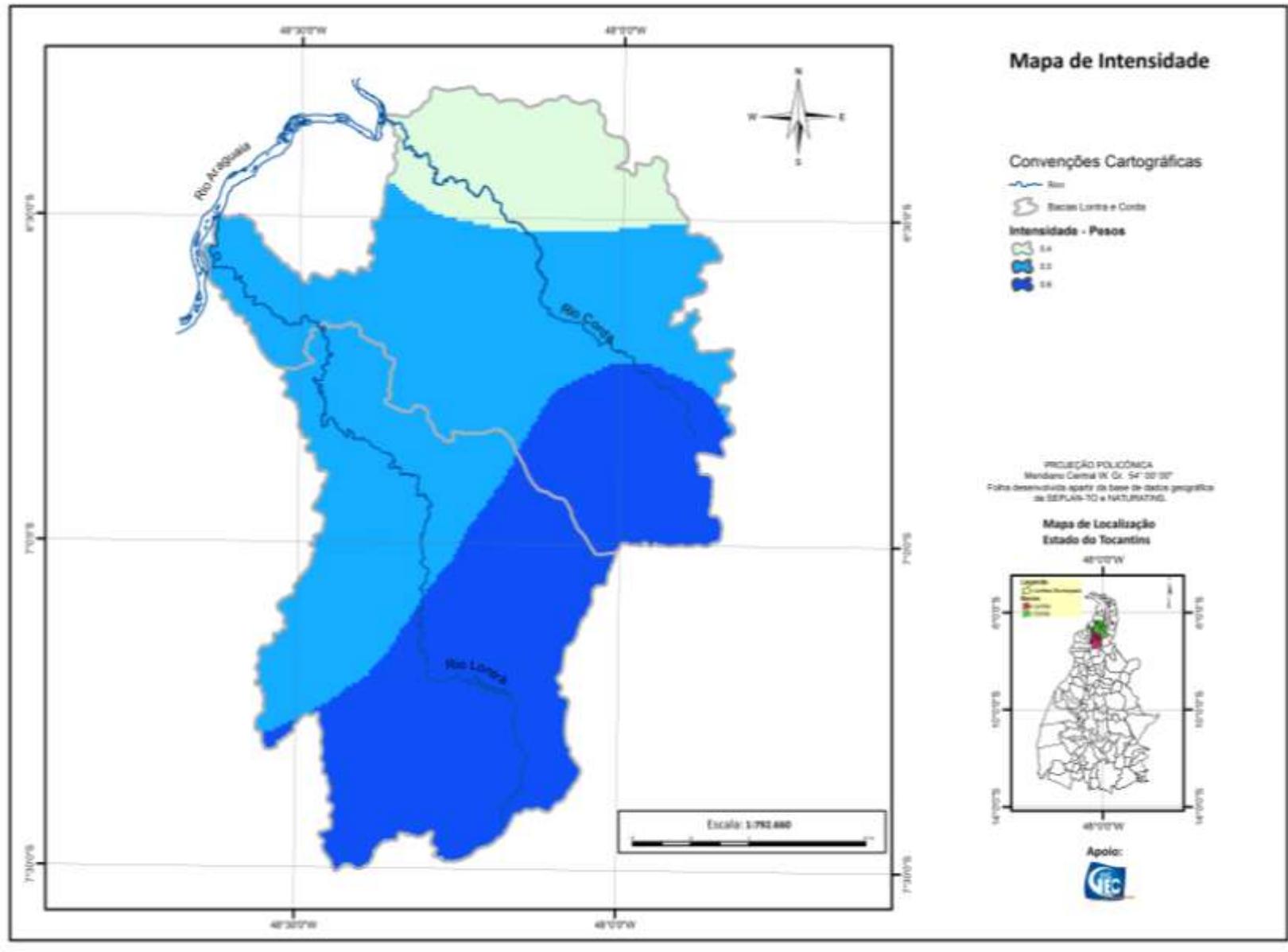


Figura 33 - Mapa Temático Derivado: Intensidade da Precipitação.

8.2.4 Elemento Vegetação

Para o elemento Vegetação, a variável de interesse é o grau de proteção que cada classe de vegetação impõe ao solo. A classificação das unidades fitofisionômicas (Figura 27 – Mapa 06) foi efetuada utilizando-se uma escala de 5 (cinco) graus de proteção, com valor máximo de 1,00 e mínimo de zero, conforme apresentado na Tabela 9.0. O resultado desta valoração é o mapa Temático Derivado Graus de Proteção da Cobertura Vegetal Original (Figura 34).

Tabela 9.0 – Graus de Proteção Unidades Fitofisionômicas

UNIDADES FITOFISIONÔMICAS	CLASSES	PESO
Floresta Aberta Mista	Alta	1,0
Campo Cerrado	Baixo	0,4
Savana Florestada	alta	0,80
Savana Parque	Média	0,6
Floresta Submontana em Relevo Acidentado	Alta	0,8
Floresta Submontana com Dossel Emergente	Média	0,7
Floresta Submontana em Relevo Acidentado Floresta Submontana	Alta	0,8

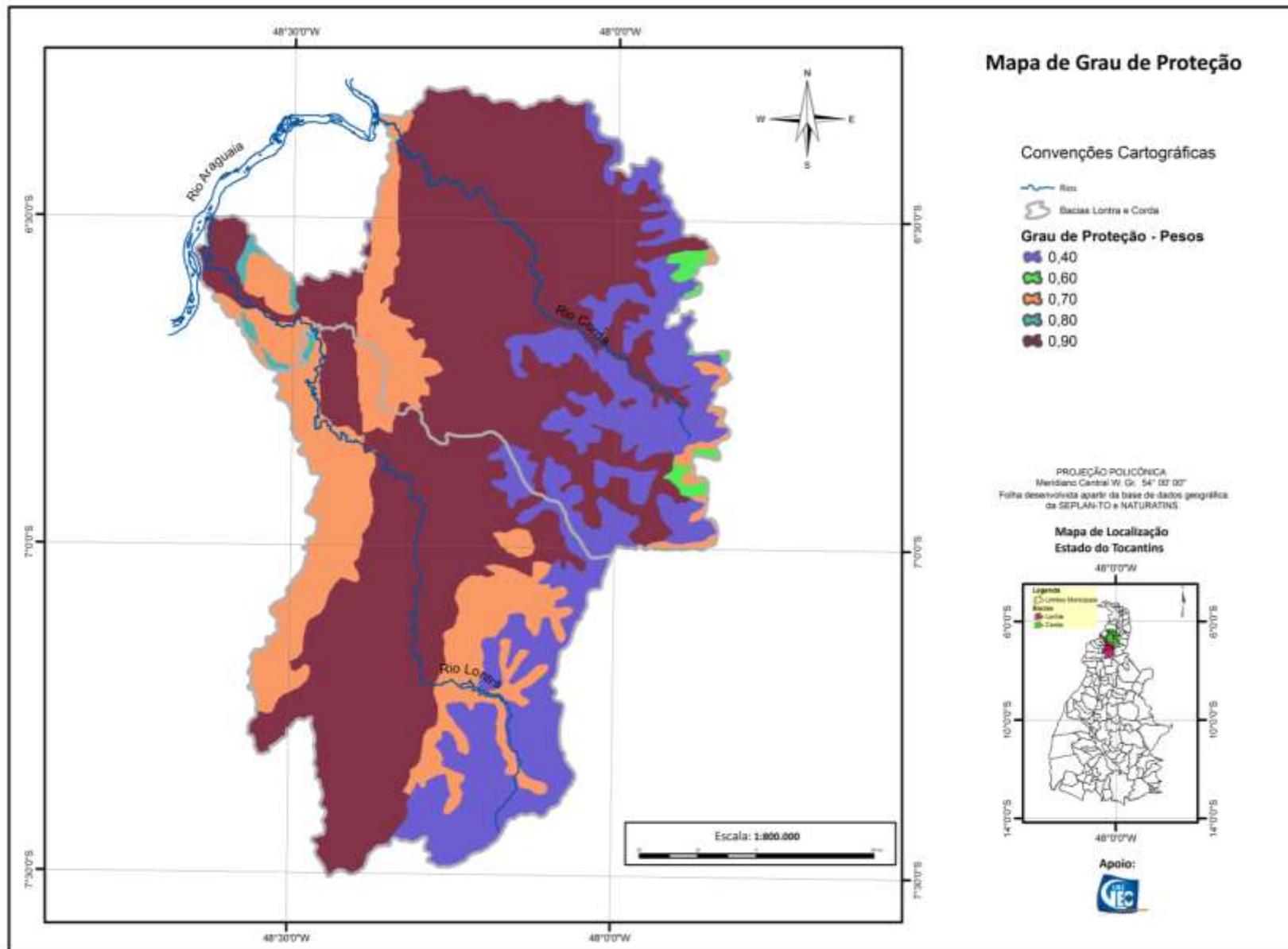


Figura 34 - Mapa Temático Derivado: Graus de Proteção da Cobertura Vegetal Original.

8.3 MAPAS INTERMEDIÁRIOS E MAPA DE SÍNTESE FINAL

Os mapas intermediários e o mapa de síntese final são os resultados de um conjunto de temas oriundos das componentes hidrológicas. Para a geração dos mapas intermediários e do mapa final foi utilizada a operação de sobreposição de mapas em formato *raster*, com a soma das informações contidas em cada um deles, atribuindo pesos percentuais diferenciados aos mapas temáticos derivados (CHIARANDA, 2002).

Os mapas intermediários de nível I são a representação do *status* do potencial hidrológico do solo, do potencial hidrológico do relevo. O mapa intermediário de nível II é a representação do *status* do potencial de armazenamento do meio poroso e o mapa de síntese final são as representações do status da capacidade potenciais de armazenamento da bacia hidrográfica. Para este trabalho, é considerado como “status”, o conjunto das expressões hidrológicas resultantes da interação das componentes e processos (BRAUN, 2007). Os mapas temáticos de síntese são executados do modelo de análise de dados espaciais, conforme segue:

a) potencial hidrológico do relevo e potencial hidrológico do solo: o potencial hidrológico do relevo (Figura 35) foi considerado como sendo a expressão hidrológica integrada (soma), que caracteriza a componente física geomorfológica, e é o resultado da interação das variáveis, fluxo preferencial em profundidade (rota preferencial de fluxo) e declividade, conforme tabela 10. O mesmo será considerado para o potencial hidrológico do solo (Figura 36), frente as suas duas variáveis analisadas, potencial de infiltração e potencial da profundidade para armazenamento (Tabela 11).

Tabela 10 – Potencial hidrológico do relevo

COMPONENTE	PESO
Fluxo Preferencial	0,333
Declividade	0,667

Fonte: Chiaranda, 2002.

Tabela 11 – Potencial hidrológico dos solos

COMPONENTE	PESO
Infiltração	0,50
Profundidade	0,50

A integração das duas variáveis (expressões hidrológicas) de cada componente foi efetuado com o uso de operador de lógica ponderado. As classes de potencial hidrológico referentes aos valores numéricos, a serem utilizados no processo de caracterização são os apresentados na Tabela 12

Tabela 12 – Valores para o potencial hidrológico do relevo e para o potencial hidrológico do solo.

FAIXAS	CLASSES
1,00 – 0,80	Muito alto
0,80 – 0,60	Alto
0,60 – 0,40	Médio
0,40 – 0,20	Baixo
0,20 – 0,00	Muito baixo

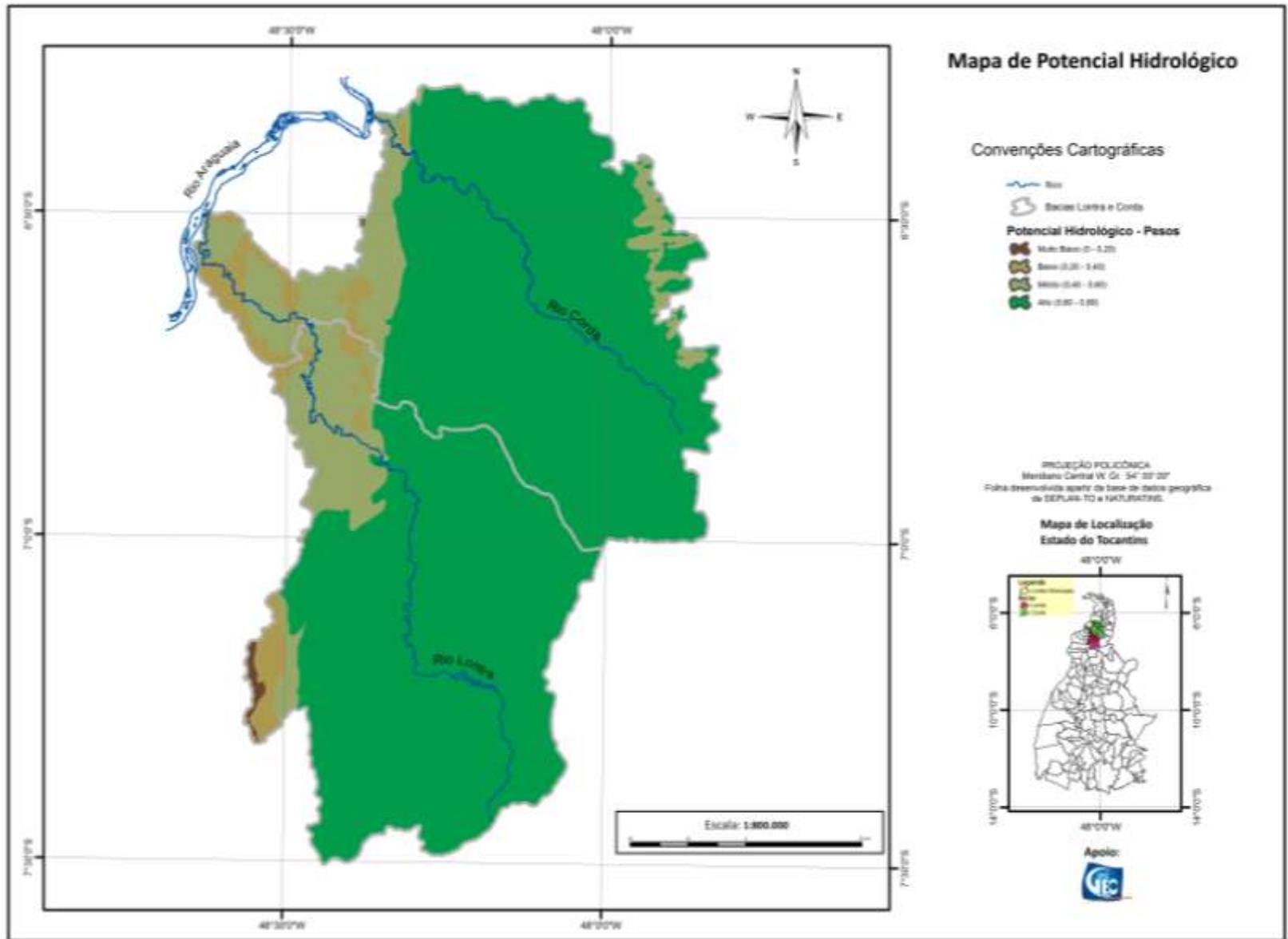


Figura 35 - Mapa do Potencial Hidrológico do Relevo.

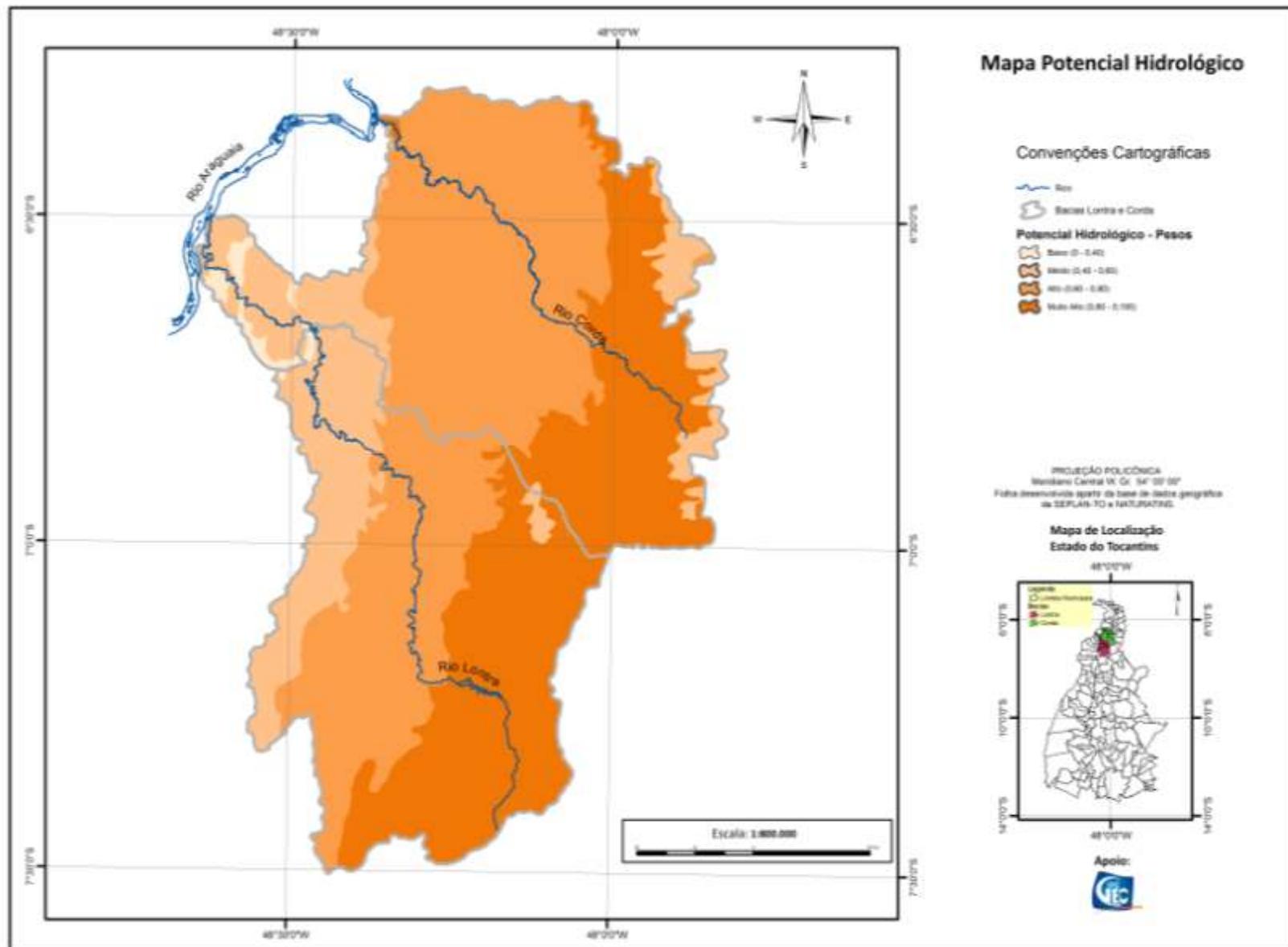


Figura 36 - Mapa do Potencial Hidrológico do Solo

b) Mapas intermediários nível II – potencial de armazenamento do meio poroso (Figura 37): é considerado como sendo a expressão hidrológica que representa as possíveis quantidades potenciais de água que o volume poroso existente no meio (rochas e solo) pode armazenar. Ele foi elaborado pela integração (soma) das variáveis, permeabilidade das rochas dos temas derivados Potencial Hidrológico do Relevo e Potencial Hidrológico do solo. Foram atribuídos pesos a cada um dos temas e a integração foi executada com a ajuda de um operador de lógica ponderada. Os pesos atribuídos aos temas têm como base o processo analítico hierárquico, de maior importância para o armazenamento, e são os apresentados na tabela 13.

Tabela 13 – Pesos atribuídos às variáveis para obtenção do potencial de armazenamento do meio poroso.

VARIÁVEIS E TEMAS DERIVADOS	PESOS
Permeabilidade das Rochas	0,30
Potencial Hidrológico do Relevo	0,20
Potencial Hidrológico do Solo	0,50

Os pesos foram atribuídos, tendo como base, a hierarquia das componentes do fluxo hidrológico. A primeira interação ocorre entre os fluxos da água oriundos da precipitação com o componente solo, sendo o relevo o responsável pela rota preferencial e as rochas como meio de armazenagem e liberação. As interações iniciais ocorrem na superfície e apresentam maior velocidade e menor tempo de duração (CHIARANDA, 2002).

O produto numérico resultante da integração foi transformado em faixas de valores que representam as classes de potencial de armazenamento do meio poroso, os quais são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 – Valores do potencial de armazenamento do meio Poroso

FAIXAS	CLASSES
0,80 – 1,00	Muito Alta
0,60 – 0,80	Alta
0,40 – 0,60	Média
0,20 – 0,40	Baixa
0,05 – 0,20	Muito Baixa

Fonte: Chiaranda, 2002.

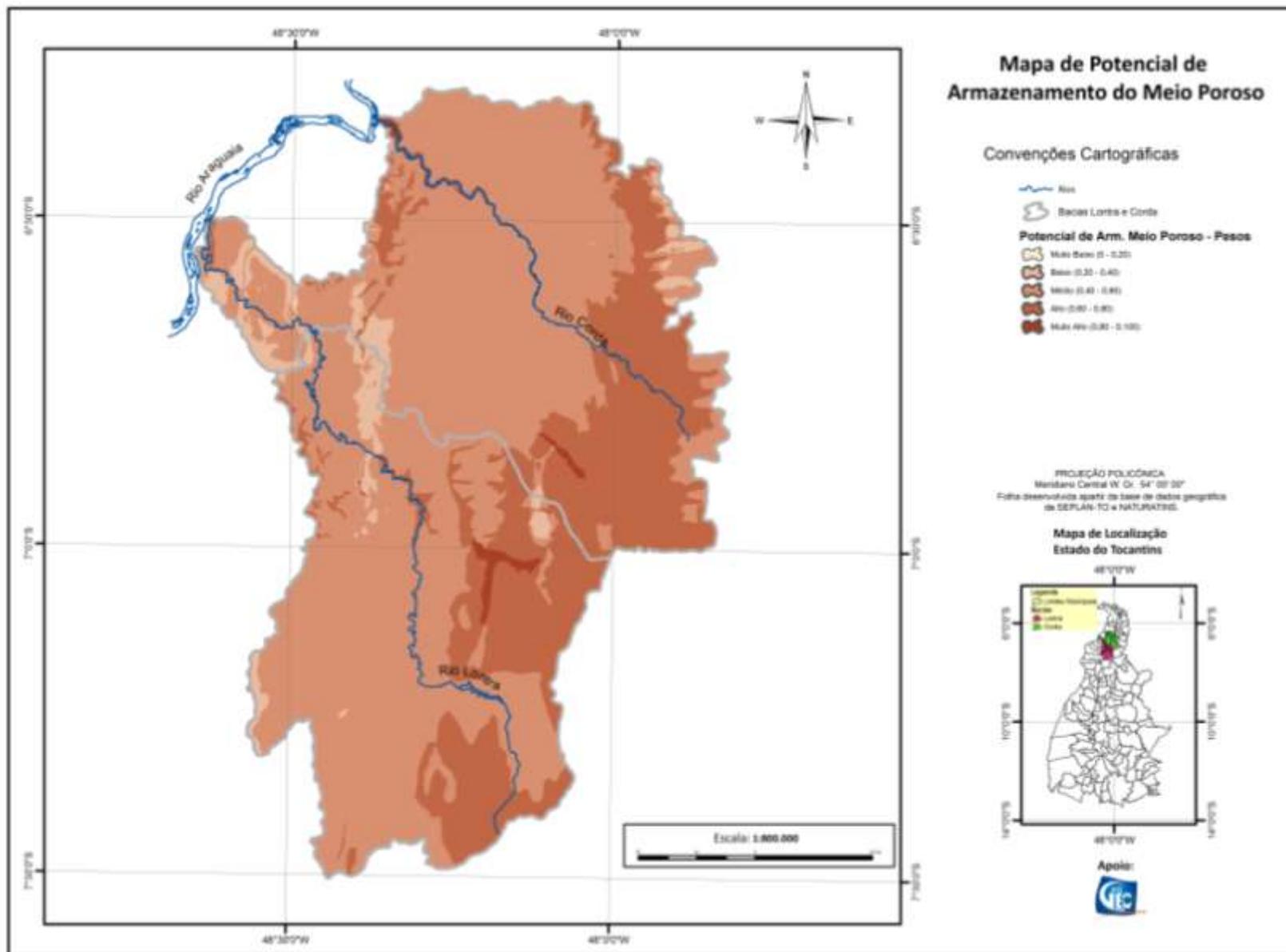


Figura 37 - Mapa do Potencial de Armazenamento do Meio Poroso.

O Mapa de Síntese Final – Capacidade Potencial de Armazenamento Original da Bacia (Figura 38) foi obtido pela integração (soma) do Mapa Intermediário de nível II – Potencial Armazenamento do Meio Poroso com os Mapas Temáticos derivados, precipitação e cobertura vegetal original, para a determinação da capacidade potencial de armazenamento original da bacia.. Os procedimentos utilizados são os mesmos do potencial de armazenamento do meio poroso. Foram atribuídos pesos a cada um dos temas e a integração será executada com a ajuda de um operador de lógica ponderada. Os pesos atribuídos aos temas são os apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Pesos atribuídos as variáveis para obtenção da capacidade de armazenamento original das bacias.

VARIÁVEIS E TEMAS DERIVADOS	PESOS
Potencial de Armazenamento do Meio Poroso	0,50
Precipitação	0,20
Cobertura Vegetal Original	0,30

Fonte: BRAUN, 2007.

O produto numérico resultante da integração das variáveis e temas derivados foram transformados em faixas de valores que representam as classes do potencial original de armazenamento de água subterrânea nas bacias, os quais são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Valores das classes de potencial original de armazenamento de água subterrânea

FAIXAS	CLASSES
0,0 – 0,40	Muito Baixa
0,40 – 0,60	Baixa
0,60 – 0,80	Alta
0,80 – 1,0	Muito Alta

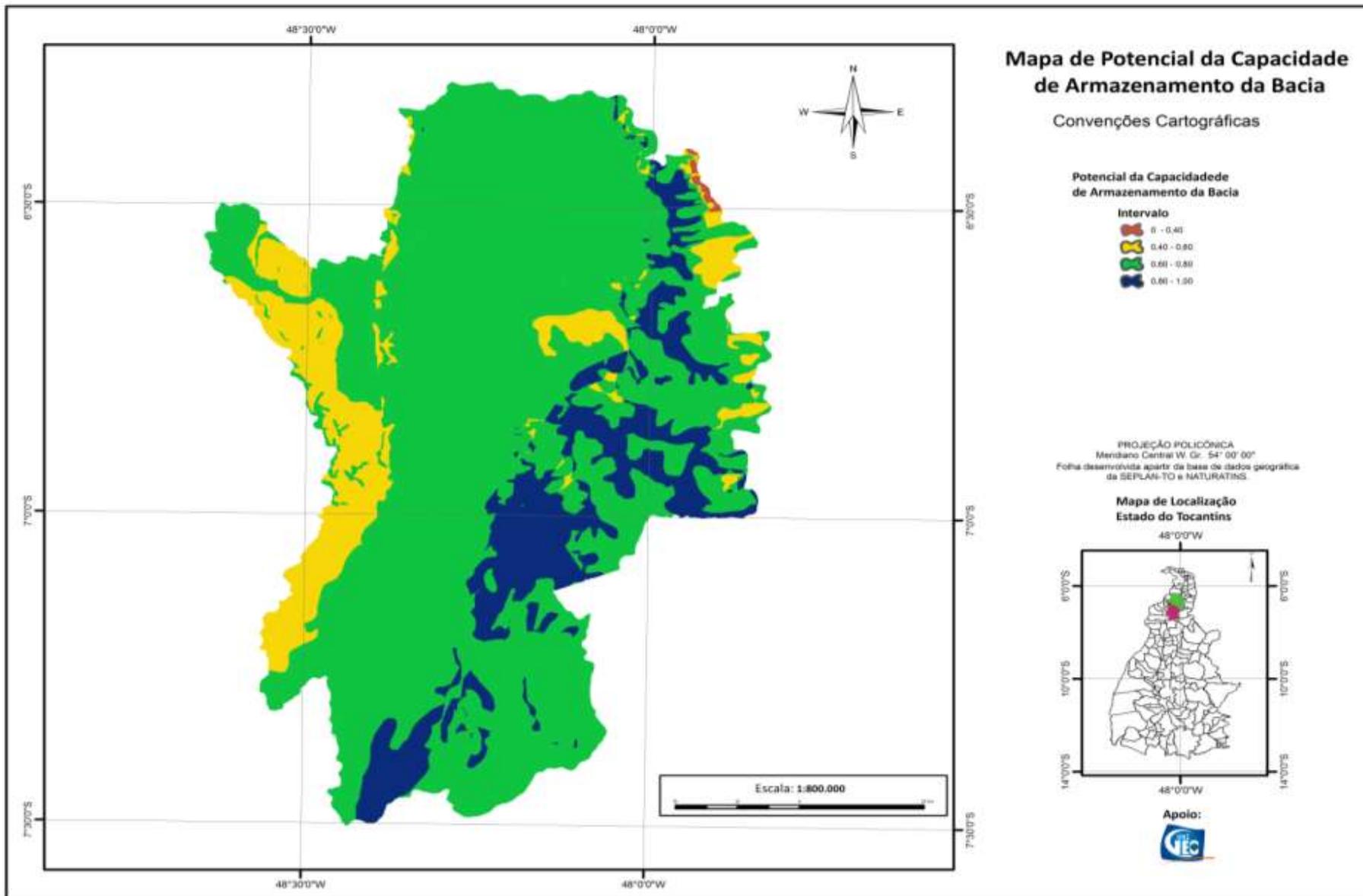


Figura 38 – Mapa da capacidade potencial de armazenamento de água subterrânea das bacias dos rios Lontra e Corda

ANEXO

ANEXO A

PLANO DE INFORMAÇÃO DE DECLIVIDADE DAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA

Classes de Declividade (Conforme Banco de dados do ZEE do Norte do TO)

A (declive igual ou inferior a 5%): predominância de áreas com declives suaves, nos quais, na maior parte dos solos, o escoamento superficial é lento ou médio. O declive, por si só, não impede ou dificulta o trabalho de qualquer tipo de máquina agrícola mais usual. A erosão hídrica não oferece maiores problemas. Em alguns tipos de solos, práticas mais simples de conservação são recomendáveis. Para aqueles muito erodíveis com comprimentos de rampa muito longos, práticas complexas podem ser necessárias, tais como sistemas de terraços e faixas de retenção.

B (declive maior que 5% e igual ou inferior a 10%): predominância de áreas com superfícies inclinadas, geralmente com relevo ondulado, nos quais o escoamento superficial, para a maior parte dos solos, é médio ou rápido. O declive, por si só, normalmente não prejudica o uso de máquinas agrícolas. Em alguns casos, a erosão hídrica oferece pequenos problemas que podem ser controlados com práticas simples, mas na maior parte das vezes, práticas complexas de conservação do solo são necessárias para que terras com esse declive possam ser cultivadas intensivamente.

C (declive maior que 10% e igual ou inferior a 15%): predominância de áreas inclinadas ou colinosas, onde o escoamento superficial é rápido na maior parte dos solos. A não ser que o declive seja muito complexo, a maior parte das máquinas agrícolas podem ser usadas. Solos desta classe são facilmente erodíveis, exceto aqueles muito permeáveis e não muito arenosos, como alguns latossolos. Em todas estas situações, práticas de conservação do solo são recomendadas e necessárias.

D (declive maior que 15% e igual ou inferior a 30%): predominância de áreas inclinadas a fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é rápido a muito rápido na maior parte dos solos. Podem ser trabalhados mecanicamente apenas em curvas de nível por máquinas simples de tração animal ou com limitações e cuidados especiais por tratores de esteira. Em terras nessa situação não é recomendável a prática de agricultura intensiva. São mais indicadas para pastagem natural e/ou silvicultura.

E (declive maior que 30% e igual ou inferior a 45%): predominância de áreas fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido. Os solos podem ser trabalhados mecanicamente somente por máquinas simples de tração animal, assim mesmo com sérias limitações. Terras nessa situação são impróprias para a agricultura e restritas para pastagem. São mais indicadas para silvicultura.

F (declive maior 45%): predominância de áreas íngremes, de regiões montanhosas, onde nenhum tipo de máquina agrícola pode trafegar. O escoamento superficial é sempre muito rápido e os solos, extremamente suscetíveis à erosão hídrica. Não podem ser trabalhados mecanicamente, nem mesmo pelas máquinas simples de tração animal; somente trabalháveis com instrumentos e ferramentas manuais. Terras nessa situação são inadequadas para o uso agrícola.

ANEXO B

CLASSES DE SOLOS ENCONTRADOS NAS BACIAS DOS RIOS LONTRA E CORDA

CLASSES/TIPOS DE SOLOS

AQ3 + HG1

AQ3 - Associação de Areias Quartzosas + Latossolo Vermelho-Amarelo + Solos Concrecionários Indiscriminados;

HG1 - areias quartzosas hidromórficas álicas

LV2 + LE2+ LV1

LV2 - Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo Concrecionário + Solos Concrecionários Indiscriminados

LE2 - Associação de Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico A moderado + Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico A moderado.

LV1 - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico Areias Quartzosas

PV5+ R3 + AQ4 + R2

PV5 - Associação Complexa de Podzólicos Vermelho-Amarelo Tb Concrecionários Pedregoso + Solos Litólicos + Cambissolo todos Distróficos Ou Álicos

R3 - Associação de Solos Litólicos + Solos Concrecionários Indiscriminados Tb Textura Indiscriminada + Afloramento de Rocha Todos Distróficos

AQ4 - Associação de Areias Quartzosas + Solos Litólicos Ambos Distróficos

R2 - Associação de Solos Litólicos + Latossolo Vermelho-Amarelo + Areias Quartzosas Todos Distróficos

R1 - Associação de Solos Litólicos + Podzólico Vermelho-Amarelo Textura + Afloramento De Rocha Todos Distróficos

PE1

PE1 - Associação de PODZÓLICO Vermelho-Escuro Eutrófico A moderado e proeminente + Podzólico Vermelho-Escuro Distrófico e Álico A moderado e proeminente + Solo Litólico Eutrófico A