

## ANEXO II

**METODOLOGIA DE DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO PROGRAMA TODOS PELO ARAGUAIA**

(<http://www.sema.mt.gov.br/site/index.php/component/phocadownload/category/1016-juntos-pelo-araguaia>).

## ANEXO III

**REDE DE GOVERNANÇA DO PROGRAMA TODOS PELO ARAGUAIA**

(<http://www.sema.mt.gov.br/site/index.php/component/phocadownload/category/1016-juntos-pelo-araguaia>).

## ANEXO IV

**MODELO DE REQUERIMENTO DE CREDENCIAMENTO**

(<http://www.sema.mt.gov.br/site/index.php/component/phocadownload/category/1016-juntos-pelo-araguaia>).

À

Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA - MT Rua C esquina com rua F, Centro Político Administrativo CEP 78050-970 Cuiabá Mato Grosso  
**Assunto:** Requerimento de Credenciamento

Após examinar todas as cláusulas e condições estipuladas no Edital de Credenciamento nº XXX /2024 e seus anexos, a Instituição XXX - CNPJ nº XXX, vem por meio deste requerer credenciamento como instituição executora para implementar as ações previstas no Projeto Executivo do Programa Todos Pelo Araguaia: Inovação em Restauração Florestal, Conservação de Solo Integrados para a Revitalização da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Araguaia nos termos consignados no mencionado ato convocatório, com os quais concordamos plenamente.

Encaminha-se o presente pedido de credenciamento e os demais documentos exigidos no Edital de Credenciamento nº XXX /2024, listados abaixo à SEMA- MT.

**Da instituição executora:****Qualificação jurídica:**

- Registro comercial, no caso de empresa individual;
- Ato constitutivo, estatuto ou contrato social em vigor, devidamente registrado, que poderá ser substituído por documento consolidado das alterações, devidamente comprovado o último registro no órgão próprio e, no caso de sociedades por ações, acompanhado dos documentos de eleição de seus administradores;
- Inscrição do ato constitutivo, no caso de sociedades civis, acompanhada de prova da diretoria em exercício;
- Decreto de autorização, em se tratando de empresa ou sociedade estrangeira em funcionamento no País, e ato de registro ou autorização para funcionamento expedido pelo órgão competente, quando a atividade assim o exigir;
- Cédula de identidade do sócio ou representante legal da empresa;
- Indicação do representante legal que atuará na prática de todos os atos necessários durante o Credenciamento, com a apresentação da cédula de identidade, documentação que lhe confira poderes para tanto, contato telefônico e endereço eletrônico.

**Documentação:**

- Prova de inscrição no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ) do Ministério da Fazenda e prova de inscrição no Cadastro de Pessoas Físicas (CPF);
- Prova de inscrição no Cadastro de Contribuintes estadual ou municipal, relativo a sede do Credenciado, pertinente ao seu ramo de atividade e compatível com o objeto do Edital de Credenciamento;
- Cópias das certidões negativas de débitos ou equivalentes na forma da lei, relativas:
  - à Seguridade Social - INSS (Certidão Conjunta da PGFN/RFB/INSS/Dívida Ativa da União, emitida pela RFB);

- ao Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS);
  - Comprovação de regularidade perante o CADIN Estadual;
  - CND Tribunal de Contas do Estado de Mato Grosso - TCE;
  - à Fazenda Pública do Estado da sede da Instituição Executora e do Estado de Mato Grosso (Certidão de Débito em Dívida Ativa);
  - à Fazenda Pública do Município da sede da Instituição Executora;
  - à Débitos Trabalhistas - Certidão Negativa de Débitos Trabalhistas (CNDT).
- Caso a participação no Edital de Credenciamento se dê através da matriz, com possibilidade de que a execução contratual se dê por filial, ou vice-versa, a prova de regularidade fiscal, mediante apresentação do CRC, deverá ser de ambas;
  - Certidões de regularidade perante o CADIN Estadual e CND de Suspensão e/ou Impedimento de Licitar ou Contratar, como condição para a contratação;
  - Certidão negativa de falência e recuperação judicial, emitida pelo distribuidor da sede da pessoa jurídica;
  - Balanço patrimonial e demonstrações contábeis do último exercício social, já exigíveis e apresentados na forma da lei, que comprovem a boa situação financeira da empresa, vedada a sua substituição por balancetes ou balanços provisórios, podendo ser atualizados, através de índices oficiais, quando encerrado há mais de três meses da data da apresentação da proposta;
  - Comprovação da boa situação financeira da empresa através de no mínimo um dos índices contábeis a seguir, o qual deverá ser maior ou igual a 1: - ILC: Índice de Liquidez Corrente ou, - ILG: Índice de Liquidez Geral ou, - GS: Grau de Solvência;

**QUADRO 2 - INDICES DA SITUAÇÃO FINANCEIRA**

$ILC = \left( \frac{AC}{PC} \right) = \left( \frac{\text{Ativo Circulante}}{\text{Passivo Circulante}} \right)$
$ILG = \left( \frac{AC + RLP}{PC + PNC} \right) = \left( \frac{\text{Ativo Circulante} + \text{Realizável a Longo Prazo}}{\text{Passivo Circulante} + \text{Passivo Não Circulante}} \right)$
$GS = \left( \frac{AT}{PC + PNC} \right) = \left( \frac{\text{Ativo Total}}{\text{Passivo Circulante} + \text{Passivo Não Circulante}} \right)$

- Certidão Negativa - Improbidade CNJ (Acórdão nº 1.793/2011, Plenário do TCU);
  - Consulta Quadro de Sócios e Administradores - QSA;
  - Certidão de regularidade com CEIS-CGU e CNEP;
  - Comprovante de endereço da sede da instituição/empresa (matriz e filial);
  - Declaração de que os sócios e acionistas não estão enquadrados em nenhuma das vedações contidas no art. 9º da Lei nº 14.133/2021 (Acórdão 2837, Plenário TCU);
  - Declaração de cumprimento do art. 7º, XXXIII, CF/88 (não emprega menor), conforme modelo do Anexo VII;
  - Declaração de Inexistência de Fatos Impeditivos e Ciência das Cláusulas do Edital conforme modelo do Anexo VI;
- Atestados de Capacidade Técnica emitidos por instituições públicas ou privadas para quem a instituição prestou serviço para comprovação de:
    - Experiência mínima de 3 (três) anos em operações de recomposição da vegetação nativa no bioma Cerrado;
    - Experiência mínima de 2 (dois) anos em operações de conservação de solo e água.
  - Atestados de Capacidade Técnica emitidos por instituições públicas ou privadas para quem a instituição prestou serviço para comprovação de execução por meio da implementação e monitoramento, aos moldes da descrição do Projeto Executivo do Programa Todos pelo Araguaia, de ações de restauração e/ou recomposição florestal, para uma área de mínima de XXX (XXX) hectares dentro de uma área de abrangência mínima de XXX.XXX (XXX XXX) hectares.



Inovação em Recomposição Florestal, Conservação de Solo e Água, Engajamento Social, Enfrentamento dos Efeitos das Mudanças Climáticas, Desenvolvimento Sustentável e Fortalecimento do Agronegócio para a Revitalização da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia, nos Estados de Goiás e Mato Grosso

## **METODOLOGIA DE DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL**



Inovação em Recomposição Florestal,  
Conservação de Solo e Água,  
Engajamento Social, Enfrentamento  
dos Efeitos das Mudanças Climáticas,  
Desenvolvimento Sustentável e  
Fortalecimento do Agronegócio para  
a Revitalização da Bacia Hidrográfica  
do Rio Araguaia, nos Estados de  
Goiás e Mato Grosso

## METODOLOGIA DE DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL



RELATÓRIO  
FINAL





**República Federativa do Brasil**

**Jair Bolsonaro**

Presidente da República

Ministério do Desenvolvimento Regional

**Rogério Simonetti Marinho**

Ministro

Secretaria Nacional de Segurança Hídrica

**Marcelo Pereira Borges**

Secretário

**Departamento de Recursos Hídricos e  
Revitalização de Bacias Hidrográficas (DRHB)**

Diretor de Recursos Hídricos e Bacias Hidrográficas

**Renato Saraiva Pereira**

Coordenador Geral de Revitalização de Bacias Hidrográficas (CGRB)

**Henrique Pinheiro Veiga**

Equipe Técnica

**Darlan Mesquita**

**José Alencar Simões**

**Josana de Oliveira Lima Esser**

**Larissa Alves da Silva Rosa**

**Universidade Federal de Viçosa**

**Demetrius David da Silva**

Reitor da Universidade Federal de Viçosa

**José Ambrósio Ferreira Neto**

Pró-Reitor de Extensão e Cultura

## EQUIPE DE TRABALHO DO PROJETO

### **Prof. José Ambrósio Ferreira Neto**

DSc. Cientista Social, Coordenador Geral  
Departamento de Economia Rural

### **Prof. Demetrius David da Silva**

DSc. Engenheiro Agrônomo  
Departamento de Engenharia Agrícola

### **Prof. Ricardo Santos Silva Amorim**

DSc. Engenheiro Agrônomo  
Departamento de Engenharia Agrícola

### **Prof. Elpídio Inácio Fernandes Silva**

DSc. Engenheiro Agrônomo  
Departamento de Solos

### **Prof. Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer**

DSc. Engenheiro Agrônomo  
Departamento de Solos

### **Prof. Wilson da Cruz Vieira**

DSc. Engenheiro Agrônomo  
Departamento de Economia Rural

### **Ernani Lopes Possato**

DSc. Engenheiro Florestal  
Departamento de Engenharia Florestal

### **Arthur Telles Calegario**

MSc. Engenheiro Agrícola  
Departamento de Engenharia Agrícola

### **Clívia Dias Coelho**

MSc. Engenheira Agrícola  
Departamento de Engenharia Agrícola

### **Mariane Paulina Batalha Roque**

MSc. Geógrafa  
Departamento de Economia Rural

### **Thais Helena Teixeira**

MSc. Cooperativismo  
Departamento de Economia Rural

### **Alisson Oliveira Lopes**

Geógrafo  
Departamento de Solos

### **Bianca Diniz da Rocha**

Engenheira Florestal  
Departamento de Economia Rural

### **Lucas Vieira Silva**

Graduando de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica

### **Manuelle de Freitas Galvão**

Graduanda de Engenharia Agrícola e Ambiental

Projeto Gráfico e Diagramação

### **Carlos Joaquim Einloft**

Editora Asa Pequena

Juntos pelo Araguaia



# sumário

1. APRESENTAÇÃO.....	9	3.3.2. INFRAESTRUTURA E MORADIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO ARAGUAIA.....	44
2. ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO.....	10	3.3.3. RENDA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO ARAGUAIA.....	44
3. METODOLOGIA PARA PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA DO ALTO ARAGUAIA .....	12	3.3.4. CÁLCULO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL – IVS.....	47
3.1. ÁREAS DE RECARGA .....	12	3.4. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL - IVSA.....	50
3.1.1. BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO .....	13	3.5. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA INTERVENÇÃO .....	50
3.1.2. DISTÂNCIA À HIDROGRAFIA .....	16	3.5.1. RESERVAS DE RECARGA .....	53
3.1.3. DECLIVIDADE .....	16	3.5.2. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES HÍDRICAS - APPS.....	53
3.1.4. POTENCIAL PEDOGEOLOGÍCO À RECARGA .....	20	3.5.3. PASTAGEM EM ÁREAS DE RECARGA.....	55
3.1.5. ANÁLISE MULTICRITÉRIO AHP PARA AS ÁREAS DE RECARGA.....	23	3.5.4. AGRICULTURA EM ÁREAS DE RECARGA .....	56
3.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL - IVA.....	27	3.5.5. RESUMO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS À RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO ALTO ARAGUAIA .....	56
3.2.1. ADEQUAÇÃO DO USO DA TERRA .....	28	3.6. CAMPANHAS DE CAMPO .....	61
3.2.1.1. Intensidade de uso exercido sobre a terra.....	28	4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
3.2.1.2. Uso e cobertura do solo na bacia do Alto Araguaia.....	28	APÊNDICES .....	76
3.2.1.3. Capacidade de uso da terra .....	31	Apêndice I .....	76
3.2.1.4. Número de classes excedentes.....	31	Apêndice II .....	80
3.2.2. DENSIDADE DE FOCOS DE CALOR.....	32	Apêndice III.....	89
3.2.3. POTENCIAL NATURAL DE EROÇÃO .....	32	Apêndice IV.....	117
3.2.4. ANÁLISE AHP PARA O IVA.....	37		
3.3. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL - IVS .....	38		
3.3.1. CAPITAL HUMANO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO ARAGUAIA.....	44		



# figuras

<b>Figura 1</b> Localização da área de estudo.....	11	<b>Figura 18</b> Focos de calor reescalonado.....	36
<b>Figura 2</b> Fluxograma das etapas para criação do mapa de áreas de recarga na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	13	<b>Figura 19</b> Potencial natural de erosão.....	39
<b>Figura 3</b> Balanço hídrico climatológico na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	14	<b>Figura 20</b> Potencial natural de erosão reescalonado.....	40
<b>Figura 4</b> Balanço hídrico climatológico na bacia hidrográfica do Alto Araguaia reescalonado de 0 a 1.....	15	<b>Figura 21</b> Mapa do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	41
<b>Figura 5</b> Distância em relação à hidrografia na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	17	<b>Figura 22</b> Fluxograma das etapas para criação do mapa de vulnerabilidade social na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	43
<b>Figura 6</b> Distância em relação à hidrografia na bacia hidrográfica do Alto Araguaia reescalonado para o intervalo de 0 a 1.....	18	<b>Figura 23</b> Mapa de Capital humano da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	45
<b>Figura 7</b> Declividade na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	19	<b>Figura 24</b> Mapa de Infraestrutura e moradia da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	46
<b>Figura 8</b> Declividade na bacia hidrográfica do Alto Araguaia inversamente reescalonada de 0 a 1.....	21	<b>Figura 25</b> Mapa de Renda da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	48
<b>Figura 9</b> Borda norte da bacia geológica do Paraná, nas escarpas do alinhamento da Serra dos Caiapós, com chapadas embasadas em Arenitos (Cretáceos) e soleiras de Basalto (Jurássico), sobrepostas à sequência de sedimentos Paleozóicos (Permiano até Carbonífero) constituído de Siltitos, Arenitos e Folhelhos.....	22	<b>Figura 26</b> Mapa do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	49
<b>Figura 10</b> Setores pedo-hidrológicos da bacia do Alto Araguaia.....	24	<b>Figura 27</b> Mapa do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) por município da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	51
<b>Figura 11</b> Potencial pedogeológico em relação à recarga na bacia hidrográfica do Alto Araguaia na escala de 0 a 1.....	25	<b>Figura 28</b> Mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	52
<b>Figura 12</b> Mapa das áreas de recarga preferenciais na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	26	<b>Figura 29</b> Fluxograma metodológico para seleção de reservas de recarga prioritárias à recuperação.....	53
<b>Figura 13</b> Fluxograma das etapas para criação do mapa de vulnerabilidade Ambiental na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	27	<b>Figura 30</b> Fluxograma metodológico para seleção de APPs hídricas prioritárias à recuperação.....	53
<b>Figura 14</b> Classificação do uso e cobertura do solo da Bacia do Alto Araguaia.....	30	<b>Figura 31</b> Setores utilizados para seleção de APPs associadas e dissociadas às áreas de recarga.....	54
<b>Figura 15</b> Adequação do uso da terra na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.....	33	<b>Figura 32</b> Fluxograma metodológico para seleção de pastagens em áreas de recarga prioritárias à recuperação.....	55
<b>Figura 16</b> Adequação do uso da terra na bacia hidrográfica do Alto Araguaia reescalonado de 0 a 1.....	34	<b>Figura 33</b> Fluxograma metodológico para seleção de áreas agrícolas em zonas de recarga prioritárias à recuperação.....	56
<b>Figura 17</b> Focos de calor.....	35	<b>Figura 34</b> Áreas prioritárias.....	57
		<b>Figura 35</b> Áreas prioritárias selecionadas para a recuperação ambiental da bacia hidrográfica Alto Araguaia, por estado e por tipo de área.....	59
		<b>Figura 36</b> Rotas das campanhas de campo realizadas na bacia do Alto Araguaia.....	62

# tabelas

**Figura 37** Exemplos que evidenciam a baixa concentração de população no campo ..... 63

**Figura 38** Imagens representativas de algumas cidades visitadas na viagem de campo ..... 64

**Figura 39** Imagens representativas de moradia observadas em campo ..... 66

**Figura 40** Imagens de parte da rede hidrográfica documentada em campo....67

**Figura 41** Imagens de perfis de solo documentados em campo..... 68

**Figura 42** Imagens representativas de algumas feições do relevo encontradas na campanha de campo ..... 70

**Figura 43** Exemplos de formações vegetais encontradas em campo..... 71

**Figura 44** Situações de potencial de degradação ambiental encontradas durante a viagem de campo ..... 72

**Tabela 1** Municípios abrangidos pelo estudo e suas respectivas áreas no interior da área de estudo, na bacia hidrográfica do Alto Araguaia ..... 10

**Tabela 2** Pesos relativos da análise AHP para a obtenção das áreas de recarga na bacia hidrográfica do Alto Araguaia ..... 23

**Tabela 3** Pesos finais atribuídos a cada critério da análise AHP para a obtenção das áreas de recarga na bacia hidrográfica do Alto Araguaia ..... 27

**Tabela 4** Representatividade das classes mapeadas..... 29

**Tabela 5** Classes de Capacidade de Uso da Terra ..... 31

**Tabela 6** Pesos relativos da análise AHP para a obtenção do Índice de Vulnerabilidade Ambiental na bacia hidrográfica do Alto Araguaia..... 38

**Tabela 7** Pesos finais atribuídos a cada critério da análise AHP para a obtenção do Índice de Vulnerabilidade Ambiental bacia hidrográfica do Alto Araguaia..... 38

**Tabela 8** Resultados médios dos setores censitários da Bacia do Alto Araguaia..... 42

**Tabela 9** Pesos atribuídos às variáveis para a obtenção do Índice de Vulnerabilidade Social para a bacia hidrográfica do Alto Araguaia ..... 50

**Tabela 10** Totais de Áreas de preservação permanente hídricas prioritárias à recuperação ambiental na bacia hidrográfica do Alto Araguaia, associadas e dissociadas à recarga ..... 55

**Tabela 11** Total de áreas prioritárias por tipo e município da área de estudo..58

**Tabela 12** Total de áreas prioritárias por grupo e sub-bacia do Alto Araguaia 59

**Tabela 13** Total de áreas prioritárias em reserva de recarga, app hídricas (associadas e dissociadas à recarga), pastagem e agricultura em recarga nas unidades de conservação..... 60

Juntos pelo Araguaia



# 1. APRESENTAÇÃO

O Programa Juntos Pelo Araguaia, iniciativa dos governos de Goiás e Mato Grosso, com o apoio do governo federal, contempla a revitalização da bacia do Alto Araguaia por meio de ações de recomposição da vegetação nativa em áreas de nascentes dos corpos d'água, áreas de recarga hídrica e reserva legal, além de ações de conservação do solo e da água tais como terraceamentos e bacias de contenção de água e redução dos processos erosivos do solo e assoreamento de cursos d'água. O objetivo é promover a disponibilidade de água com qualidade para apoio e fortalecimento dos serviços ecossistêmicos, garantia de segurança hídrica para o abastecimento humano e das atividades agropecuárias na bacia. As áreas a serem recuperadas pelo Programa totalizam 10 (dez) mil hectares, sendo 5 (cinco) mil em Goiás e 5 (cinco) mil em Mato Grosso, na região da Bacia do Alto Araguaia.

Dentre os, aproximadamente, 5,4 milhões de hectares da Bacia do Alto Araguaia, as áreas (10.000 hectares) que serão beneficiadas pelo Programa nos próximos anos devem seguir critérios rigorosos de seleção e priorização, para que os esforços de restauração sejam efetivos e proporcionem os ganhos esperados de revitalização da Bacia. Neste contexto, o presente estudo, fruto de um Termo de Execução Descentralizada (TED) firmado entre o Ministério do Desenvolvimento Regional e a Universidade Federal de Viçosa (UFV), consiste na identificação de áreas prioritárias para as ações de restauração nas propriedades rurais localizadas no interior da Bacia. Esta metodologia multidisciplinar proposta pela UFV seleciona áreas com maior potencial na revitalização da Bacia do Alto Araguaia, as quais serão priorizadas para intervenções de recuperação, considerando aspectos ambientais e socioeconômicos.

Em continuidade, uma segunda etapa de planejamento prevista no Plano de Trabalho que orienta o TED (MDR/UFV) envolve a elaboração de Projeto Executivo com os elementos estruturantes para a implantação do Programa Juntos pelo Araguaia de forma segura e efetiva, com o estabelecimento das métricas, custos, metodologias, logística, cronogramas e serviços de modo a garantir a exequibilidade e eficácia das ações de conservação do solo e da água e a revitalização da bacia hidrográfica.

## 2. ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

A área de estudo está localizada na bacia do Alto Araguaia (Figura 1), com extensão total de 54.133,4 km<sup>2</sup> (5.413.343,8 ha) e contempla 28 municípios dos Estados de Goiás e Mato Grosso, na região Centro-Oeste do Brasil (Tabela 1). De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é Aw - zona tropical de monções com inverno seco (Alvarez et al., 2014). A vegetação é característica do bioma Cerrado, com presença de formações de cerrado *stricto sensu*, florestas estacionais, formações campestres (campo, campo limpo, campo sujo e campo rupestre), além de veredas associadas à rede de drenagem.

**Tabela 1** Municípios abrangidos pelo estudo e suas respectivas áreas no interior da área de estudo, na bacia hidrográfica do Alto Araguaia

Município	Área (ha)
Alto Araguaia (MT)	213.490
Alto Garças (MT)	196.600
Alto Taquari (MT)	72.540
Amorinópolis	408.20
Aragarças (GO)	66.430
Araguainha (MT)	6.890
Arenópolis (GO)	107.380
Baliza (GO)	178.450
Barra do Garças (MT)	22.040
Bom Jardim de Goiás (GO)	189.860
Caiapônia (GO)	689.040
Diorama (GO)	68.680
Doverlândia (GO)	322.070
General Carneiro (MT)	13.253

Município	Área (ha)
Guiratinga (MT)	38.080
Iporá (GO)	102.560
Ivolândia (GO)	125.480
Mineiros (GO)	376.590
Montes claros de Goiás (GO)	290.180
Palestina de Goiás (GO)	131.970
Piranhas (GO)	204.650
Pontal do Araguaia (MT)	273.680
Ponte Branca (MT)	6.870
Portelândia (GO)	33.270
Ribeirãozinho (MT)	62.590
Santa Rita do Araguaia (GO)	135.630
Tesouro (MT)	422.280
Torixoréu (MT)	239.870

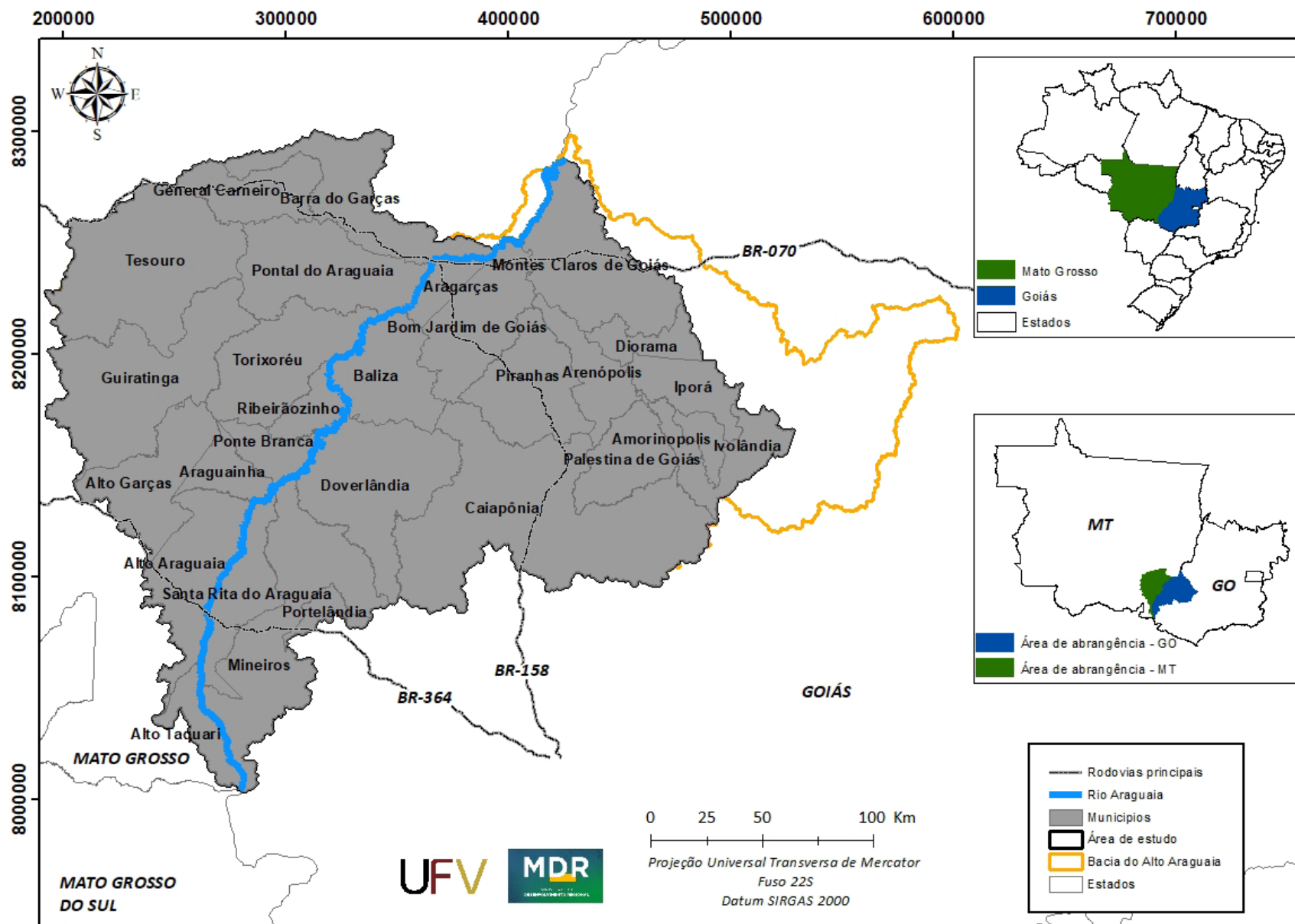


Figura 1 Localização da área de estudo com identificação dos municípios contemplados nesta etapa do Programa Juntos pelo Araguaia.

### 3. METODOLOGIA PARA PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA DO ALTO ARAGUAIA

A sistematização e análise de variáveis do meio físico e biótico, assim como das características sociais e econômicas, são fundamentais para a definição das áreas prioritárias para a recuperação ambiental, sendo que sua combinação pode produzir diferentes alternativas de ação. O planejamento para uma efetiva recuperação ambiental pressupõe, portanto, conhecer os recursos existentes em escala adequada, integrar diversas informações geoespacializadas e propor soluções baseadas em uma inteligência territorial.

A metodologia para a identificação das áreas prioritárias para a recuperação ambiental na bacia do Alto Araguaia, cuja finalidade primordial é a revitalização dos recursos hídricos, teve como ponto de partida o delineamento das áreas com maior potencial de recarga, de maneira a garantir maior segurança hídrica para a bacia, principalmente nos períodos de

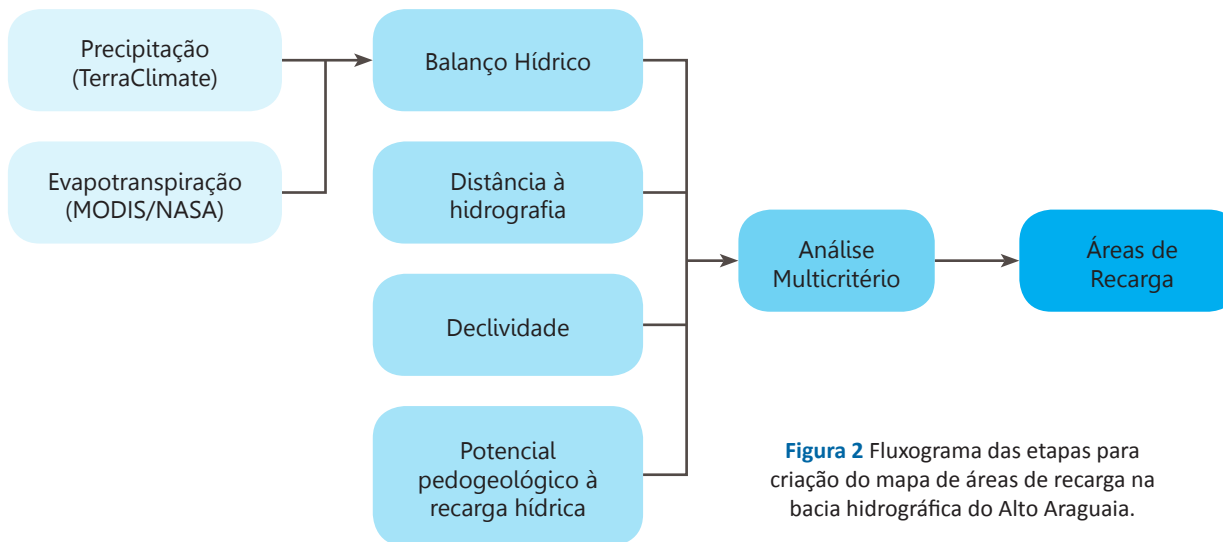
estiagem. Essas áreas com maior potencial de recarga foram utilizadas como referência para aplicação das outras métricas empregadas no processo de identificação das áreas prioritárias. Nesse sentido, foram construídos o Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) e o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) para delinear, de forma integrada, os elementos de maior vulnerabilidade ambiental e socioeconômicos que caracterizam a bacia e, assim, propor a priorização de áreas de maior vulnerabilidade socioambiental, resultando no Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA). A descrição das variáveis, das metodologias e das bases de dados utilizadas, bem como dos resultados obtidos, estão apresentadas a seguir.

#### 3.1. ÁREAS DE RECARGA

As zonas de recarga podem ser definidas como áreas do terreno sobre as quais uma elevada fração da precipitação na forma de chuva in-

filtra no solo e reabastece o lençol freático (Freezy e Cherry, 1979). A manutenção da vegetação e o manejo do solo em áreas predominantes de recarga de aquíferos são cruciais para a preservação dos recursos hídricos. O uso e manejo sustentável dessas áreas favorecem a infiltração e, conseqüentemente, permitem a percolação da água no subsolo, garantindo um fluxo mais estável para os corpos de água, especialmente na época de seca (Vasconcelos et al., 2013).

Neste trabalho uma metodologia foi estabelecida para mapear e classificar locais adequados para recarga hídrica utilizando análise multicritério e sistema de informações geográficas (SIG), como apresentado na Figura 2. Com base na literatura, bases de dados disponíveis e condições edafoclimáticas, foram selecionadas quatro variáveis como principais critérios para definição de áreas de recarga na bacia



**Figura 2** Fluxograma das etapas para criação do mapa de áreas de recarga na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

do Alto Araguaia: balanço hídrico, distância à hidrografia, declividade e potencial pedogeológico à recarga.

Cada critério foi representado por uma camada temática espacial derivada de imagens de satélite ou de dados espaciais oficiais. Para padronização da análise de decisão, os valores e classes de todos os mapas foram convertidos em uma escala comum de 0 a 1, adimensional. Desta forma, as células em um mapa com alta adequação para atingir o objetivo receberam valores padronizados elevados e as células menos adequadas receberam valores padronizados baixos.

Após a padronização, a importância relativa dos critérios (pesos finais) nas camadas foi obtida por meio da análise multicritério AHP (*Analytical hierarchy process*) e os mapas foram multiplicados em ambiente SIG, para a obtenção do mapa final. Na sequência tem-se a descrição detalhada das fontes de dados e procedimentos de análises de cada um dos critérios, bem como a obtenção dos pesos da análise AHP.

### 3.1.1. BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico é uma informação importante para se determinar o déficit ou o excedente hídrico (Carvalho et al., 2011) e

compreende a diferença entre as entradas e as saídas de água em uma bacia hidrográfica. Para a obtenção do balanço hídrico (BH) (Figura 3) na área de estudo, foram utilizadas como entrada e saída de água a precipitação pluvial e a evapotranspiração real, respectivamente. A base de dados utilizada para confecção do mapa de precipitação foi o TerraClimate (Abatzoglou et al., 2018), disponibilizado pelo Laboratório Climatológico da Universidade de Idaho, com resolução espacial de 4 quilômetros, enquanto que para a evapotranspiração real foi o utilizado produto MOD16A2.006 (Running, Mu e Zhao, 2017), disponibilizado pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) e possui resolução espacial de 500m. O período considerado para a análise foi de 2001 a 2018. Posteriormente o BH foi reescalado de 0 a 1, de maneira a alocar zonas de recarga em locais com maior balanço hídrico, como apresentado na Figura 4. Para o reescalamento do BH os valores menores que 600 mm e maiores que 1400 mm foram convertidos para 600 e 1400 mm, respectivamente, a fim de reduzir valores extremos pouco frequentes.

### 3.1.2. DISTÂNCIA À HIDROGRAFIA

A conservação de solo e água baseia-se, fundamentalmente, em assegurar à água o



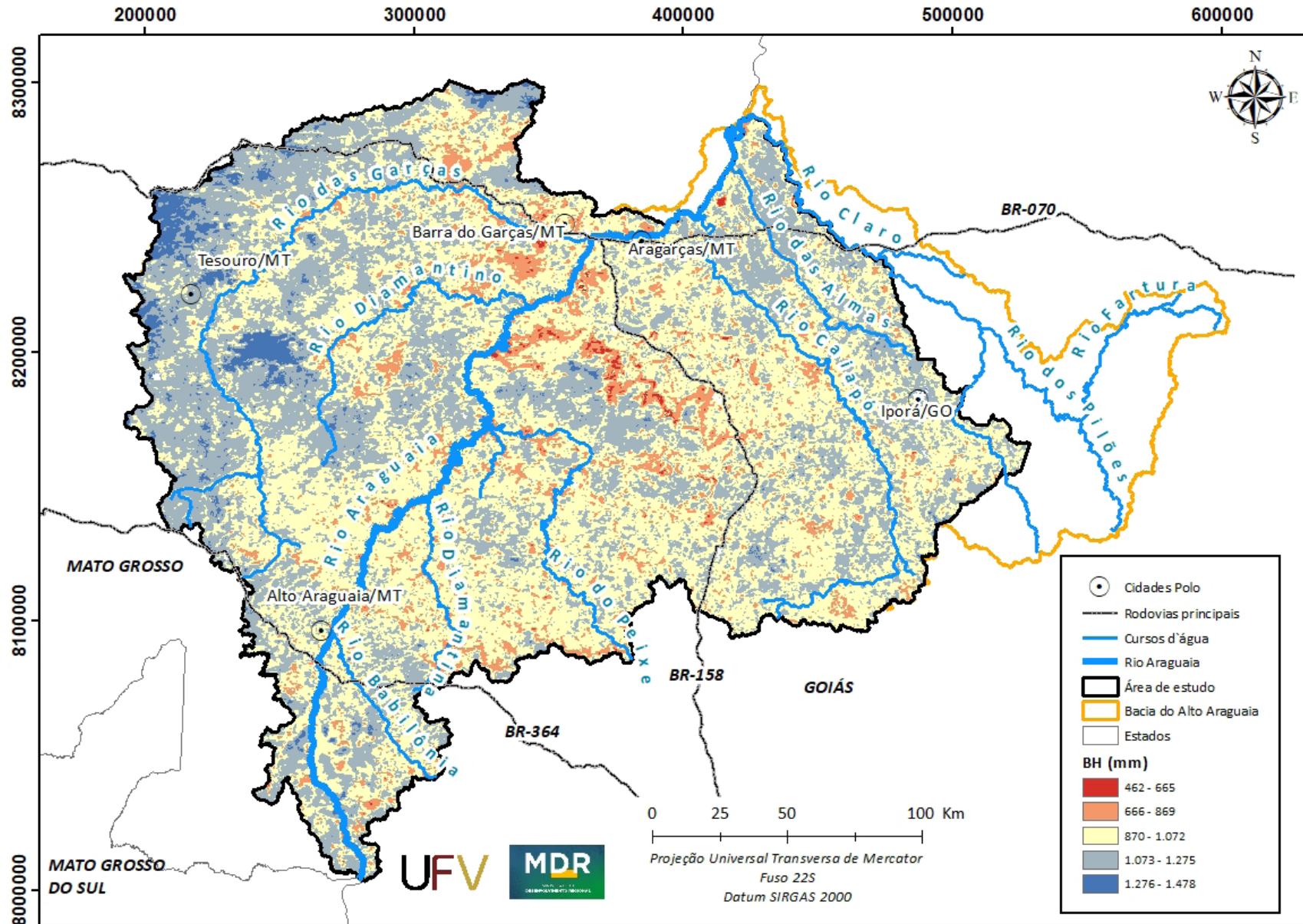


Figura 3 Balanço hídrico na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

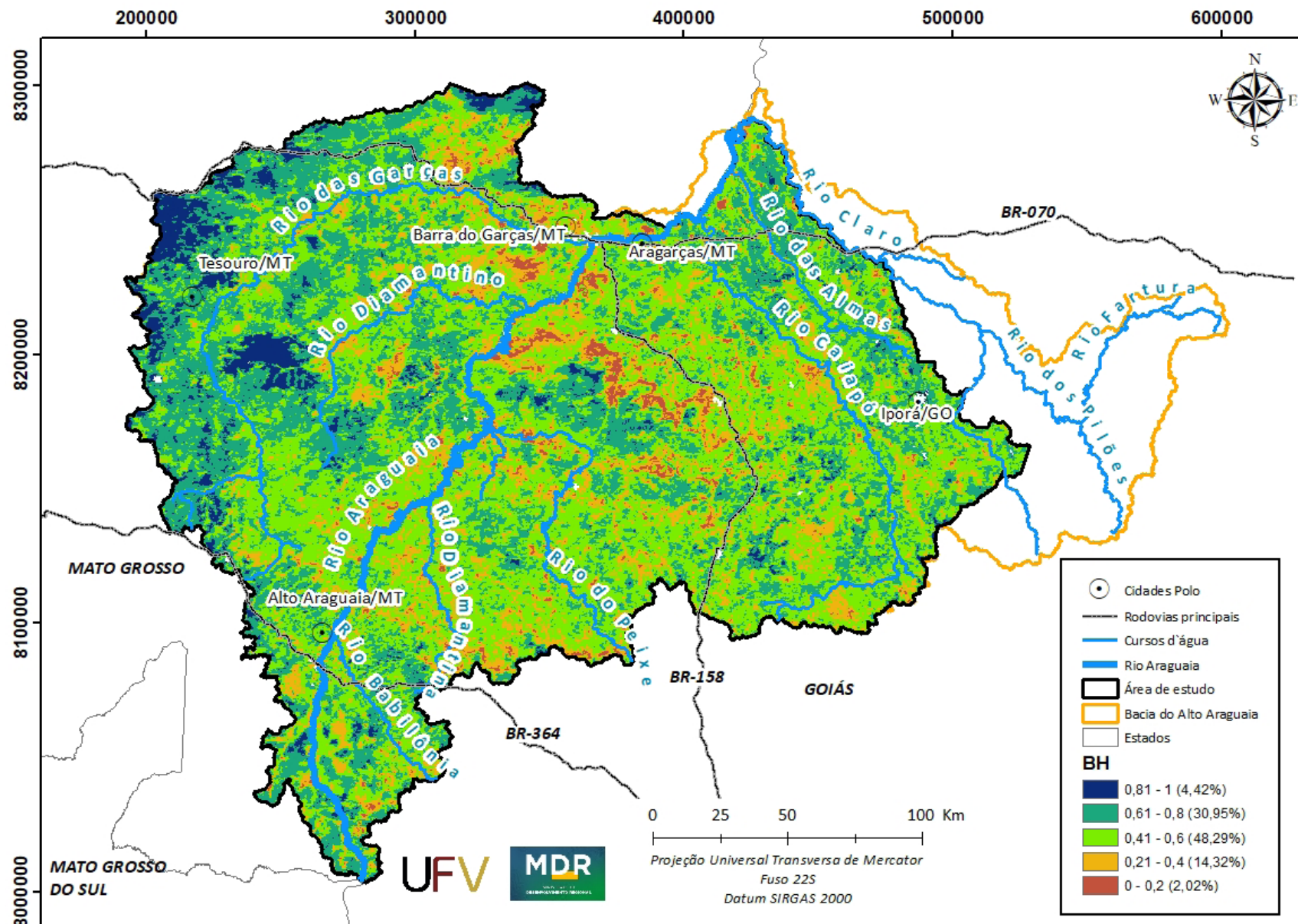


Figura 4 Balanço hídrico na bacia hidrográfica do Alto Araguaia reescalado de 0 a 1.

maior nível energético possível no sistema hidrológico (Pruski, 2009). Portanto, as práticas conservacionistas de solo e água devem propiciar uma boa infiltração da água no solo nas posições mais elevadas do relevo, assegurando à água maior potencial e retardando a sua chegada aos cursos de água. Dessa maneira, a água subterrânea abastecerá nascentes e mananciais em períodos com maior déficit hídrico e, conseqüentemente, aumentará a disponibilidade hídrica em períodos de escassez (Pruski, 2009; Falkenmark et al., 2011). Além disso, as zonas mais elevadas do relevo que favorecem a infiltração da água no solo, reduzindo a distância percorrida pela água via escoamento superficial e, conseqüentemente, a capacidade de desprendimento e arraste de partículas do solo (Pereira et al., 2003; Pruski, 2009). Portanto, a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos nas posições inferiores do relevo dependem, dentre outros fatores, da água transferida das zonas superiores (Paula e Oscar, 2012), que podem ser considerados reservatórios naturais de água do sistema hidrológico (Falkenmark et al., 1999).

As zonas superiores do relevo foram contempladas indiretamente através da distância euclidiana aos cursos d'água, pois, dessa

forma é possível identificar áreas de maior distância ao canal de drenagem. Assim, com o aumento do comprimento da vertente onde há infiltração, nas regiões mais elevadas do relevo, maior será o retardo da chegada da água infiltrada aos cursos d'água. A distância à drenagem foi calculada considerando a hidrografia mapeada pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável (FBDS) para os estados de Goiás e Mato Grosso, a qual foi realizada na escala de 1:10.000 (Figura 5).

A densidade de drenagem da bacia do Alto Araguaia é muito heterogênea, sendo influenciada pelo relevo, classes de solos e seus substratos. As chapadas e divisores tabulares, assim como os terraços e planícies de aluviais, apresentam menor densidade de drenagem em relação aos patamares elevados e ao embasamento cristalino. A partir disso, pode-se considerar que a infiltração é relativamente maior naqueles do que nestes últimos. Tal fato pressupõe que a distância dos cursos d'água ao ponto mais elevado é igualmente variável ao longo da bacia. Além disso, a infiltração em regiões mais distantes à hidrografia, nas chapadas e divisores tabulares, tende a contribuir para a percolação profunda de água, contribuindo para

recarga e estabilização de aquíferos profundos, o que não é o objetivo do presente trabalho. Portanto para utilização da distância de drenagem foi necessário utilizar um reescalonamento de maneira a alocar a recarga nos topos de morros do embasamento cristalino e patamares elevados e, ao mesmo tempo, distanciar dos pontos de interflúvio mais elevados nas chapadas. Para isso esta foi reescalada considerando uma função triangular adotando a altitude de 650 m como ponto de inflexão. Desta forma, pontos com valores de distância à drenagem de 0 a 650 m foram reescalados de 0 a 1 e valores de 650 m a 4.576 m foram reescalados de 1 a 0 (Figura 6).

### 3.1.3. DECLIVIDADE

A declividade foi utilizada na definição das áreas de recarga, pois a infiltração tende a ser maior em áreas planas do que nas declivosas (Fang, Sun e Tang, 2014), devido ao menor tempo de permanência da água nestas áreas declivosas.

O mapa de declividade foi obtido através do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo, obtido através de imagens SRTM de 30 metros de resolução (Figura 7).

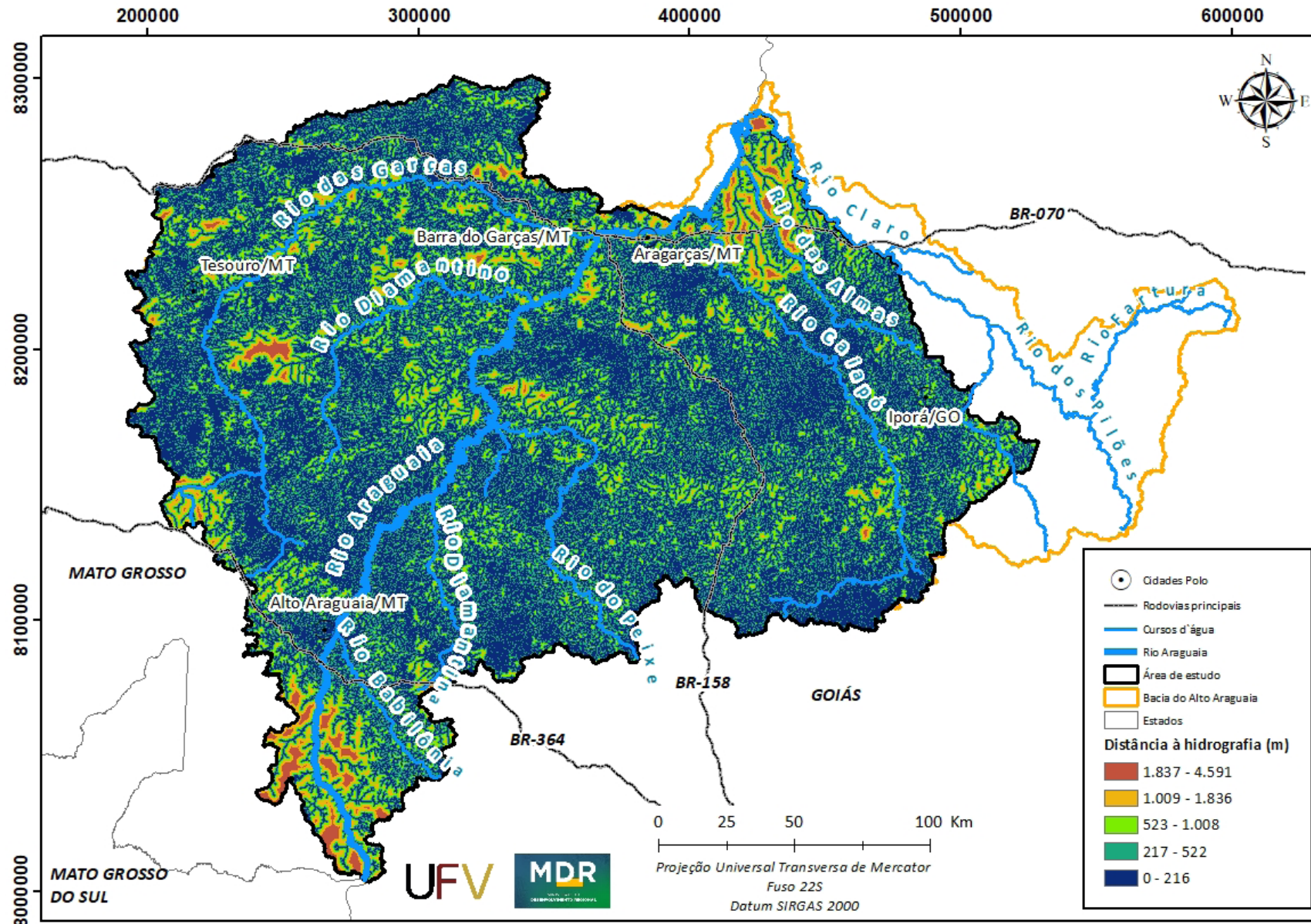


Figura 5 Distância em relação à hidrografia na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

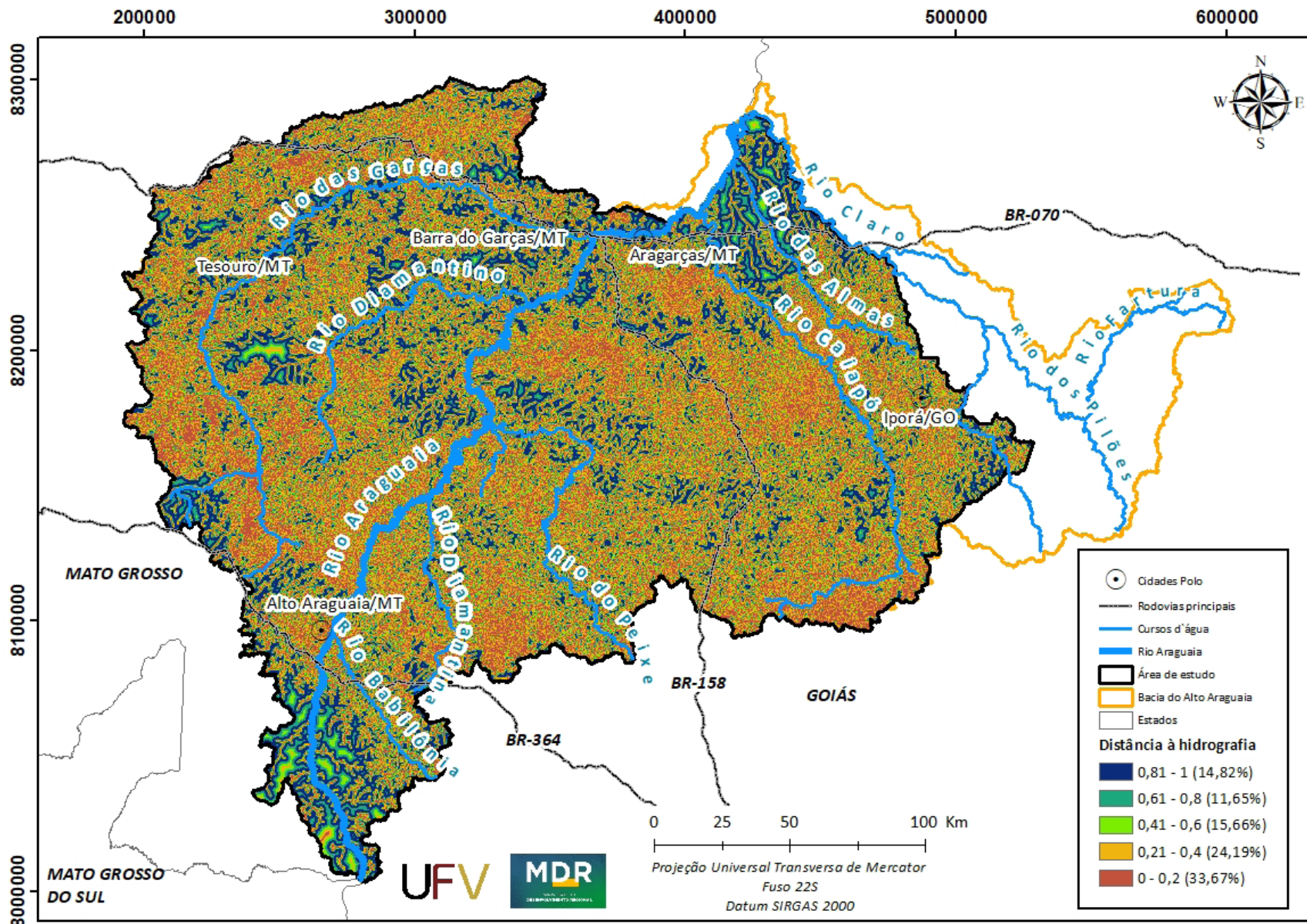


Figura 6 Distância em relação à hidrografia na bacia hidrográfica do Alto Araguaia reescalado para o intervalo de 0 a 1.

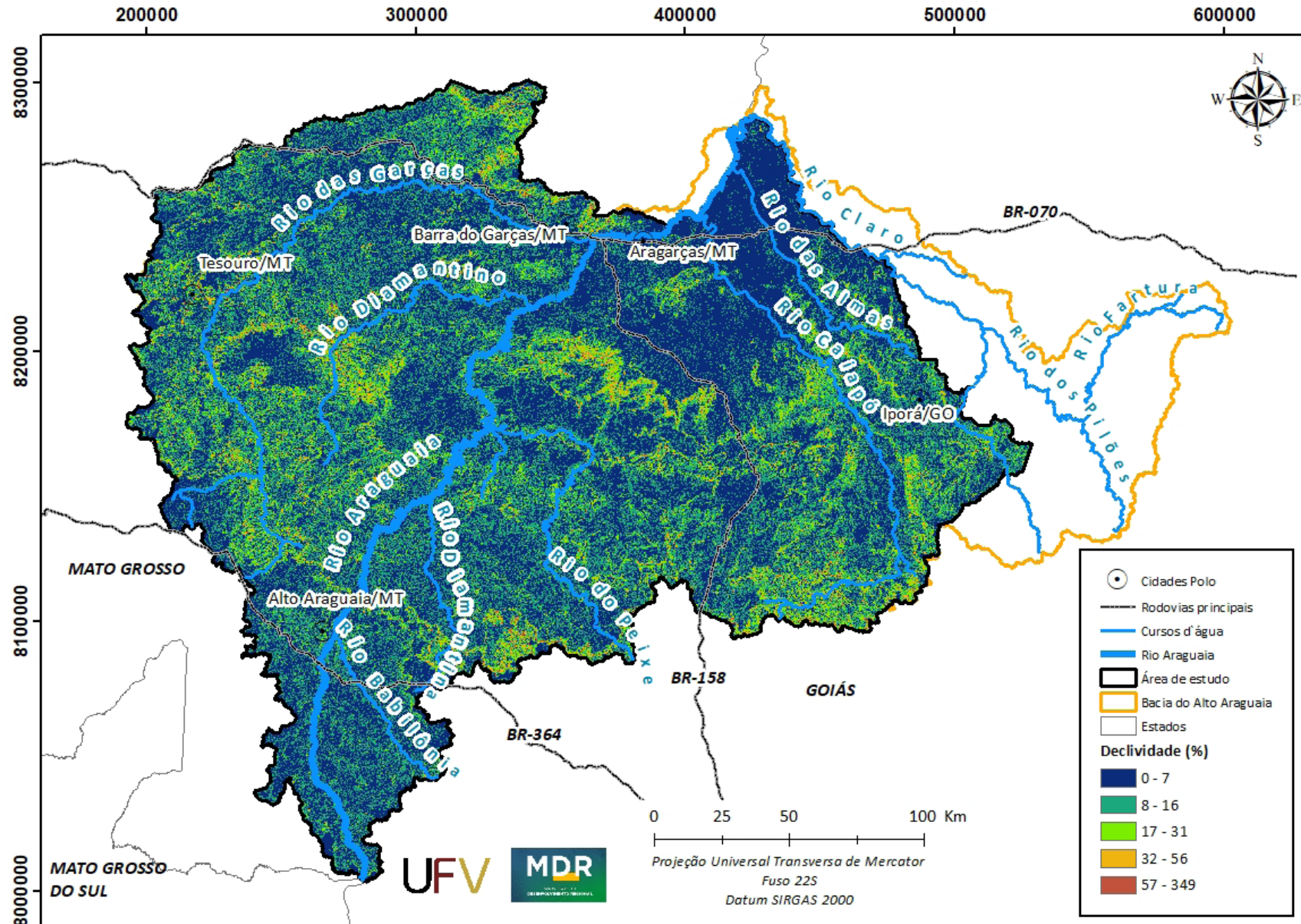


Figura 7 Declividade na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

Juntos pelo Araguaia

Antes do reescalonamento do mapa de declividade, aqueles valores superiores a 70% foram convertidos para 70% a fim de reduzir os valores extremos pouco frequentes. Posteriormente a declividade foi reescalada para o intervalo de 0 a 1, de maneira inversamente proporcional à declividade, com fim de alocar zonas de recarga em locais mais planos, conforme ilustrado na Figura 8.

#### 3.1.4. POTENCIAL PEDOGEOLÓGICO À RECARGA

A dinâmica hidrológica do Alto Araguaia é basicamente condicionada pelos remanescentes de chapadas e testemunhos tabulares elevados, representados por coberturas Cenozóicas (Terciário-Quaternário, TQ) ou rochas sedimentares quartzosas e arenosas do Cretáceo, normalmente sotopostas aos referidos sedimentos argilo-arenosos do Cenozóico, como ilustrado na Figura 9. Subordinadamente ocorrem também nos topos aplainados solos desenvolvidos de rochas pelíticas ou arenosas do Paleozóico (de idades do Devoniano ao Permiano). Os dois primeiros substratos (TQ e Cretáceo) representam os principais ambientes de recarga hídrica no bioma Cerrado (de maneira geral) e no Alto Araguaia (em particular), tanto superficial, quanto profunda. Tal recarga ocorre em função da sua elevada

porosidade, boa permeabilidade e ocorrência de solos profundos e maduros desenvolvidos desses materiais, principalmente Latossolos Vermelhos (LV), Vermelho-Amarelos (LVA) e Neossolos Quartzarênicos (RQ). Os LV e LVA são mais comuns nas coberturas TQ e nos sedimentos do Paleozóico, enquanto os RQ são mais frequentes em materiais areníticos e quartzosos do Cretáceo. Nos dois casos ocorrem drenagem superficiais em forma de veredas, normalmente pouco encaixadas nos topos tabulares, como representado na Figura 9. Essas veredas formam grandes Cânions erosivos nas escarpas dos chapadões, onde drenam em trechos encachoeirados nos arenitos silicificados em direção às áreas dissecadas à jusante.

Nas escarpas e encostas íngremes de transição encontram-se solos muito rasos (Neossolos Litólicos), revestidos de uma vegetação baixa arbustiva de cerrado carrascado, ou campos rupestres areníticos, ambos relativamente bem preservados em função da elevada declividade e menor frequência de fogo. Tais áreas, assim como as áreas imediatamente abaixo, na base das escarpas, representam as zonas de surgência dos aquíferos que são alimentadas pela recarga dos chapadões à montante.

A perenidade dos rios, ribeirões e córregos do Alto Araguaia é fortemente dependente dessa recarga, pois ela tem capacidade tamponante e regulada, mantendo o nível freático relativamente estável e propiciando boa regularidade hídrica ao longo do ano. Já nas partes baixas, onde dominam Cambissolos e Argissolos, mais rasos e menos permeáveis, a dinâmica de infiltração é restrita aos topos das colinas onde existem remanescentes de coberturas latossólicas. Da meia encosta para baixo, os solos são geralmente rasos, muito erodidos, com feições frequentes de ravinamento e voçorocamento, indicando que o escoamento superficial difuso e concentrado é predominante, reduzindo assim a infiltração. Tal fato faz com que as drenagens locais tenham uma capacidade de tamponamento menor. Consequentemente, a recuperação das nascentes e cursos d'água nas áreas de chapadas e testemunhos tabulares, bem como na zona de transição para os relevos mais dissecados nas partes baixas tornam-se um foco importante do trabalho. Como as zonas de transição representam focos de surgência hídrica, representam zonas críticas para a perenidade dos recursos hídricos na bacia do Alto Araguaia. Cabe também mencionar que os Gleissolos das várzeas, associados aos Neossolos Flúvicos, são alimentados tanto pela recarga local menor, tanto quanto a recarga das chapadas e surgências nas escarpas dos mesmos.

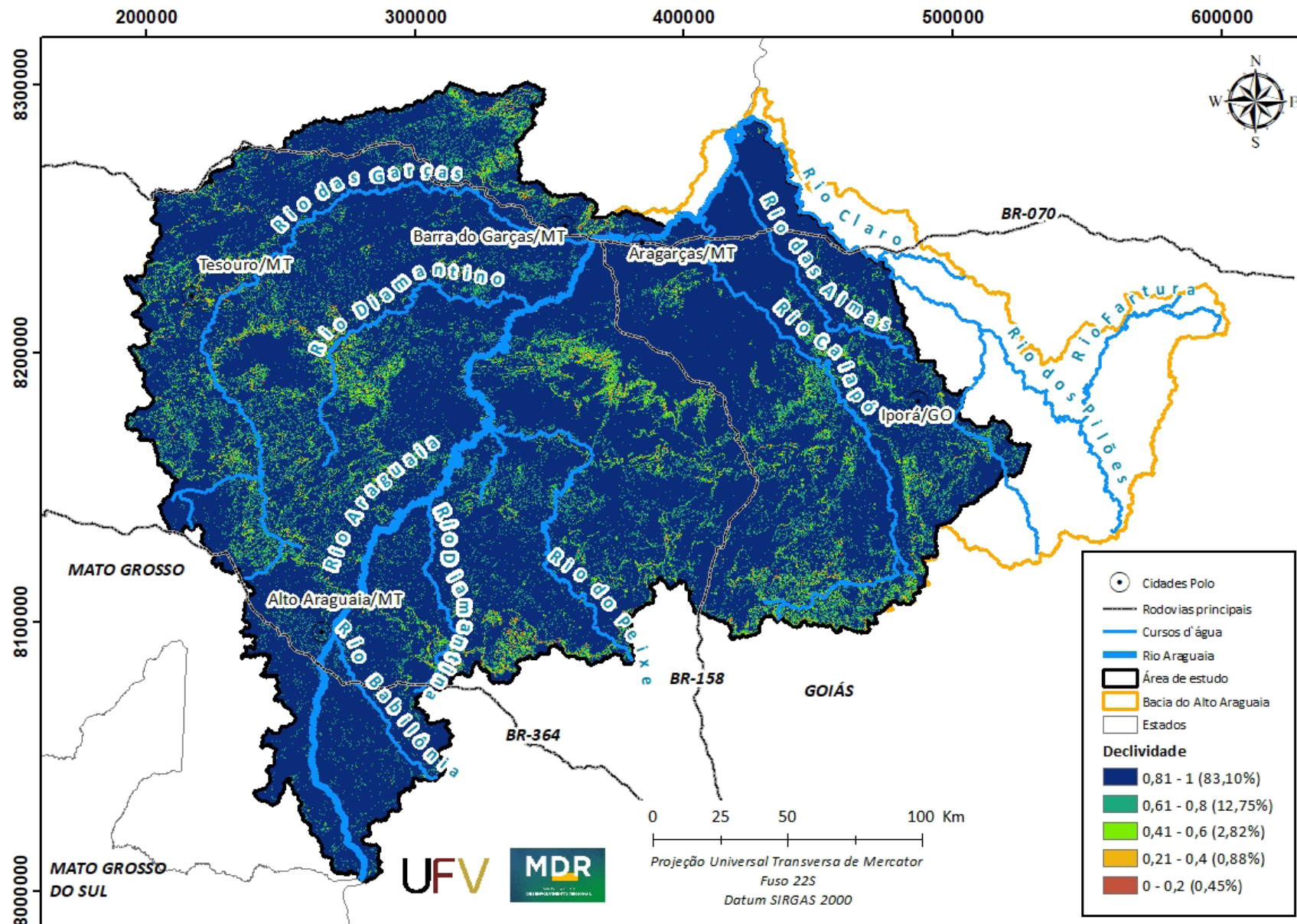


Figura 8 Declividade na bacia hidrográfica do Alto Araguaia inversamente reescalada de 0 a 1.



Ressalta-se que tanto os basaltos do Jurássico (Serra Geral), quanto as rochas pelíticas do Paleozóico, especialmente Folhelhos e siltitos do Permiano, representam zonas menos permeáveis que sustentam e retêm os lençóis freáticos, em níveis superiores. Cabe ressaltar também que todo o domínio das rochas Devonianas, Carboníferas, Permianas, bem como do Cretáceo e TQ representam sedimentos de natureza química muito pobre, que se encontram profundamente alterados. Portanto, a

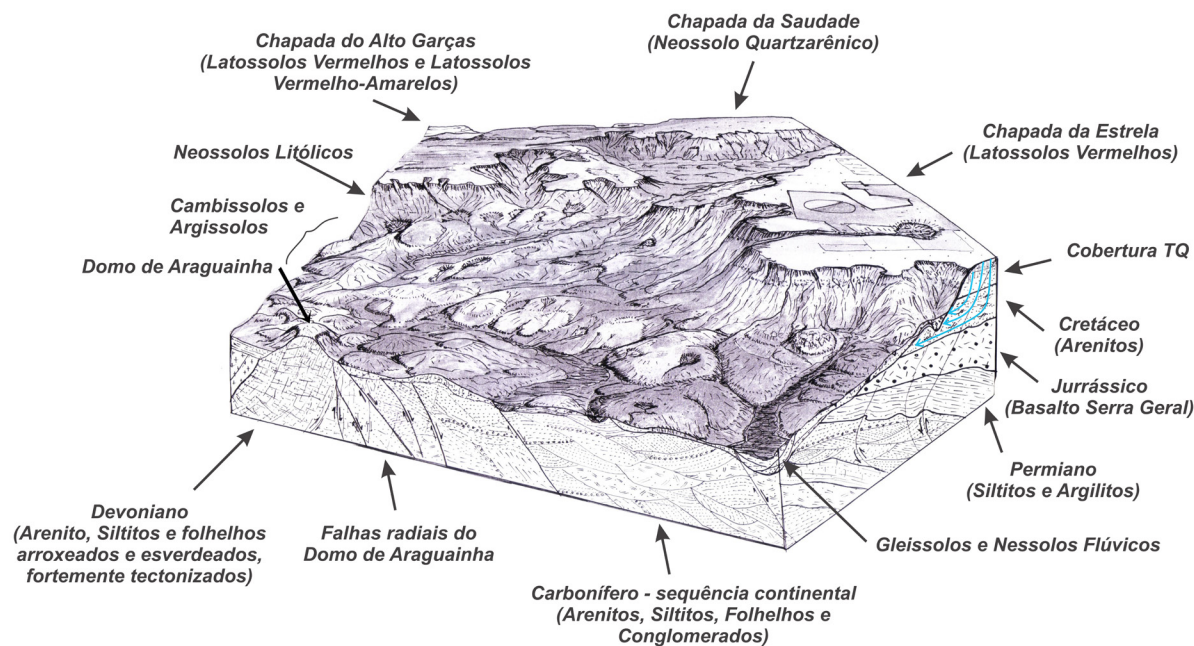
água drenada é de excelente qualidade e baixa salinidade. A única exceção são os basaltos da Formação Serra Geral, mesmo profundamente alterados em função do extremo fraturamento e falhamento à que estiveram submetidos na borda da bacia geológica do Paraná.

No bloco diagrama da Figura 9 também está representado o Domo de Araguainha com sua estrutura de impacto, que se acredita ser responsável pela maior extinção em massa da Ter-

ra (final do Permiano/início do Triássico), com o núcleo central com rochas mais antigas do embasamento goiano (Arqueano), as quais afloram do centro do domo. A partir do centro do Domo, até uma distância de até 40 km do mesmo, verifica-se intenso fraturamento radial com falhas de grande projeção. As falhas condicionam a captura das águas superficiais e sua infiltração em profundidade. Por essa razão há poucos cursos d'água próximos ao Domo de Araguainha, o qual é contornado pelo curso do rio Araguaia, não sendo diretamente alimentado de forma significativa pelas águas ali precipitadas.

Em suma, dois domínios principais se destacam no Alto Araguaia: (i) os topos tabulares e chapadas; e (ii) os planaltos rebaixados e dissecados, localizados à jusante. Esses domínios possuem características hidrológicas bem distintas. Entre os dois domínios, temos as áreas críticas para conservação do recursos hídricos, por representarem a conexão entre as surgência das águas infiltradas nas chapadas e o domínio de solos mais rasos com forte escoamento superficial, vales encaixados nas rochas menos permeáveis do Paleozóico.

Os solos que predominam nos dois domínios possuem, em geral, argilas de baixa CTC, elevado grau de intemperismo e teores de argila al-



**Figura 9** Borda norte da bacia geológica do Paraná, nas escarpas do alinhamento da Serra dos Caiapós, com chapadas embaçadas em Arenitos (Cretáceos) e soleiras de Basalto (Jurássico), sobrepostas à sequência de sedimentos Paleozóicos (Permiano até Carbonífero) constituído de Siltitos, Arenitos e Folhelhos

tos. Na maior parte dos modelos de recarga utilizados na Europa, considera-se forte o peso na granulometria (textura) do solo superficial para predição da recarga, o que gera grandes distorções quando aplicado às condições tropicais, em que solos muito argilosos possuem boa capacidade de infiltração, boa porosidade e expressivo volume de solo com potencial de transmissão e armazenamento (LV e LVA). Com base nessa premissa, reconheceu-se a necessidade de uma abordagem que considerasse os potenciais reais de cada classe de solo na recarga. Para melhor hierarquização das classes de solos, a bacia do Alto Araguaia foi segmentada em 4 setores para fins de avaliação pedohidrológica, como segue: (1) terraços e planícies fluviais; (2) colinas e depressões do embasamento cristalino; (3) chapadas e divisores tabulares; e (4) patamares do Alto Araguaia (Figura 10).

Os quatro setores permitem identificar condições pedoclimáticas específicas onde as mesmas classes de solos podem apresentar comportamento de recarga diferenciado em função de variações de textura, profundidade e mineralogia. Como exemplo prático, um mesmo LVA textura argilosa nas chapadas e divisores tabulares, será sempre mais intemperizado, microestruturado, profundo, poroso e desenvolvido que outro LVA em posição alti-

métrica bem inferior, nos patamares dissecados do Alto Araguaia. Portanto, a mesma classe foi ranqueada de forma distinta em cada compartimento pedohidrológico (APÊNDICE I). Por fim, o mapa de potencial pedogeológico em relação à recarga na bacia do Alto Araguaia, foi reescalado de 0 a 1, conforme apresentado na Figura 11.

### 3.1.5. ANÁLISE MULTICRITÉRIO AHP PARA AS ÁREAS DE RECARGA

Para a definição das áreas de recarga na bacia do Alto Araguaia foi utilizada a metodologia de análise multicritério AHP (*Analytical hierarchy process*) criada por Saaty (1989), a qual visa auxiliar na tomada de decisão de problemas complexos. O método consiste na redução do estudo de sistemas a uma sequência de comparação aos pares, a fim de realizar o processo de tomada de decisão, minimizando suas falhas (Agápito, 2016).

Para a presente análise, o objetivo foi a obtenção das áreas de recarga da bacia do Alto Araguaia e os critérios utilizados foram: balanço hídrico, a distância à hidrografia, a declividade e o potencial pedogeológico à recarga. As comparações foram derivadas de uma escala de classificação que reflete as preferências dos tomadores de decisão, as quais foram expressas por meio de notas relativas que variaram de 1 a 9, em que 1 indica que os pesos (importância) das variáveis são equivalentes e 9 indica que a primeira das variáveis comparadas tem preferência forte em relação a outra. Na Tabela 2 está a matriz de comparação dos critérios utilizada na obtenção das áreas de recarga da bacia do Alto Araguaia.

Com base nos dados da Tabela 2, um vetor de prioridade foi computado, dividindo-se cada uma das colunas pela sua soma correspondente. A estimativa da importância relativa das va-

**Tabela 2** Pesos relativos da análise AHP para a obtenção das áreas de recarga na bacia hidrográfica do Alto Araguaia

Pesos relativos - AHP	Balanço hídrico climatológico	Distância à hidrografia	Declividade	Potencial pedológico à recarga
Balanço hídrico climatológico	1	2	2	1
Distância à hidrografia	0,5	1	1	2
Declividade	0,5	1	1	0,5
Potencial pedológico à recarga	1	0,5	2	1

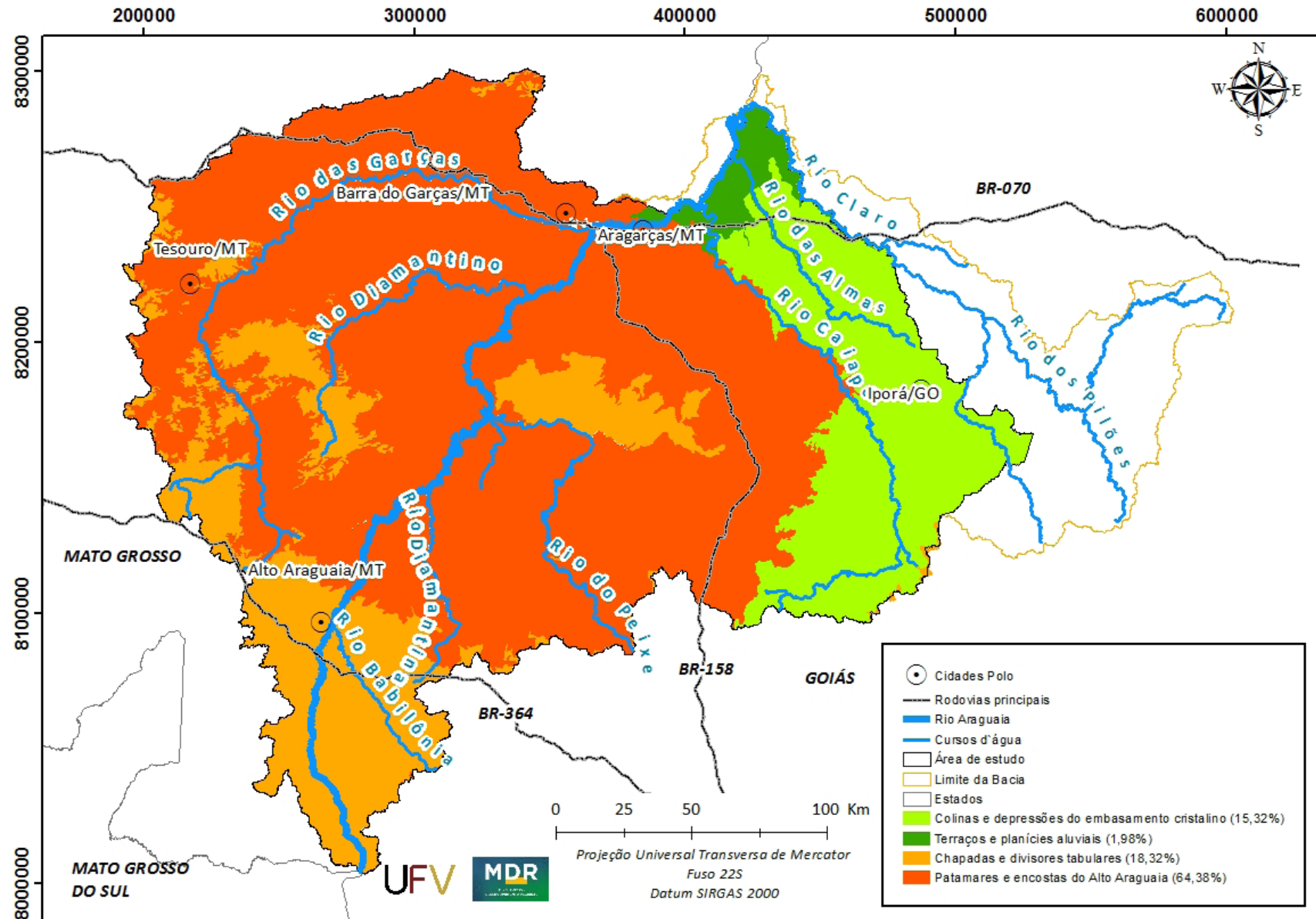


Figura 10 Setores pedo-hidrológicos da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

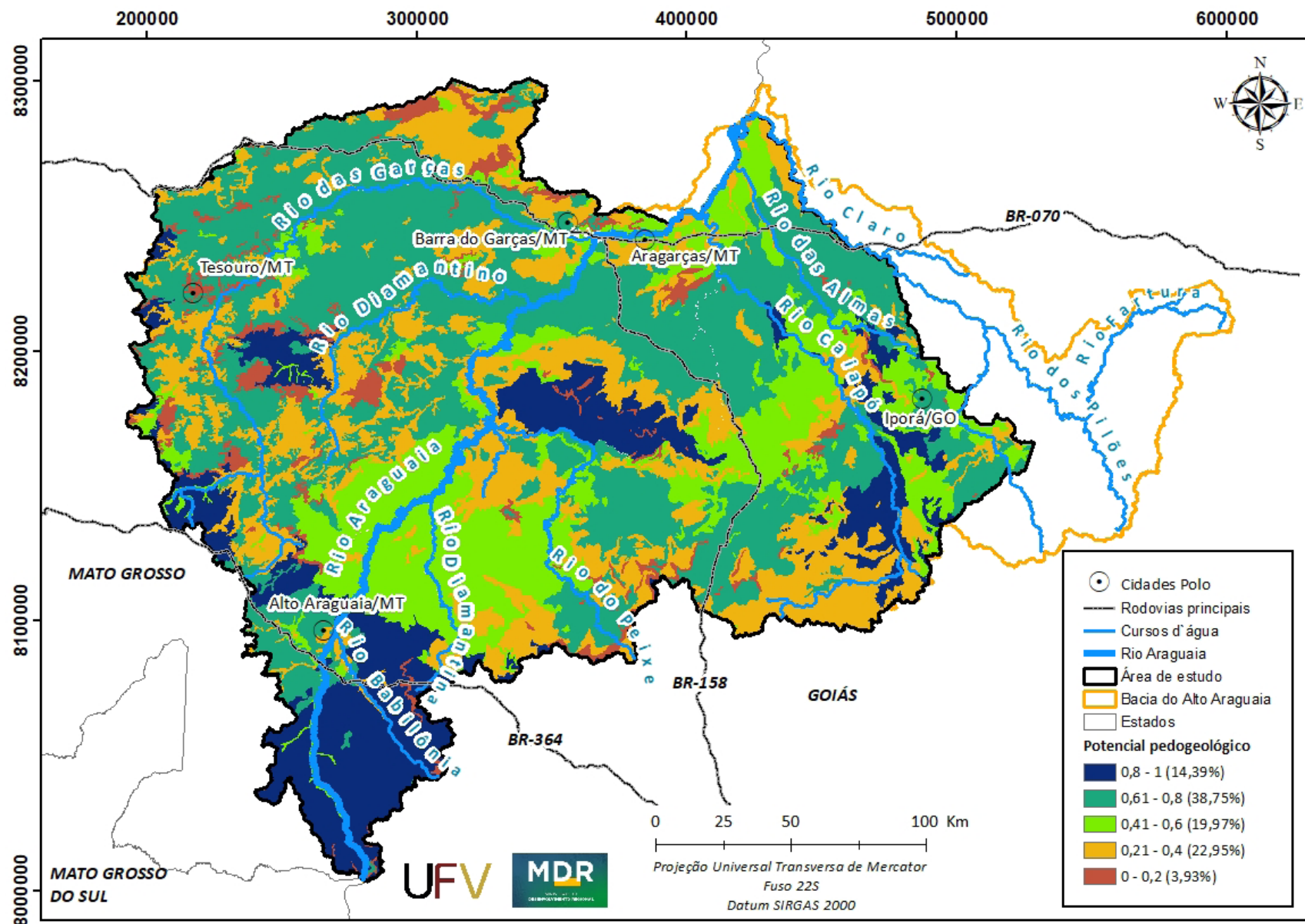


Figura 11 Potencial pedogeológico em relação à recarga na bacia hidrográfica do Alto Araguaia na escala de 0 a 1.

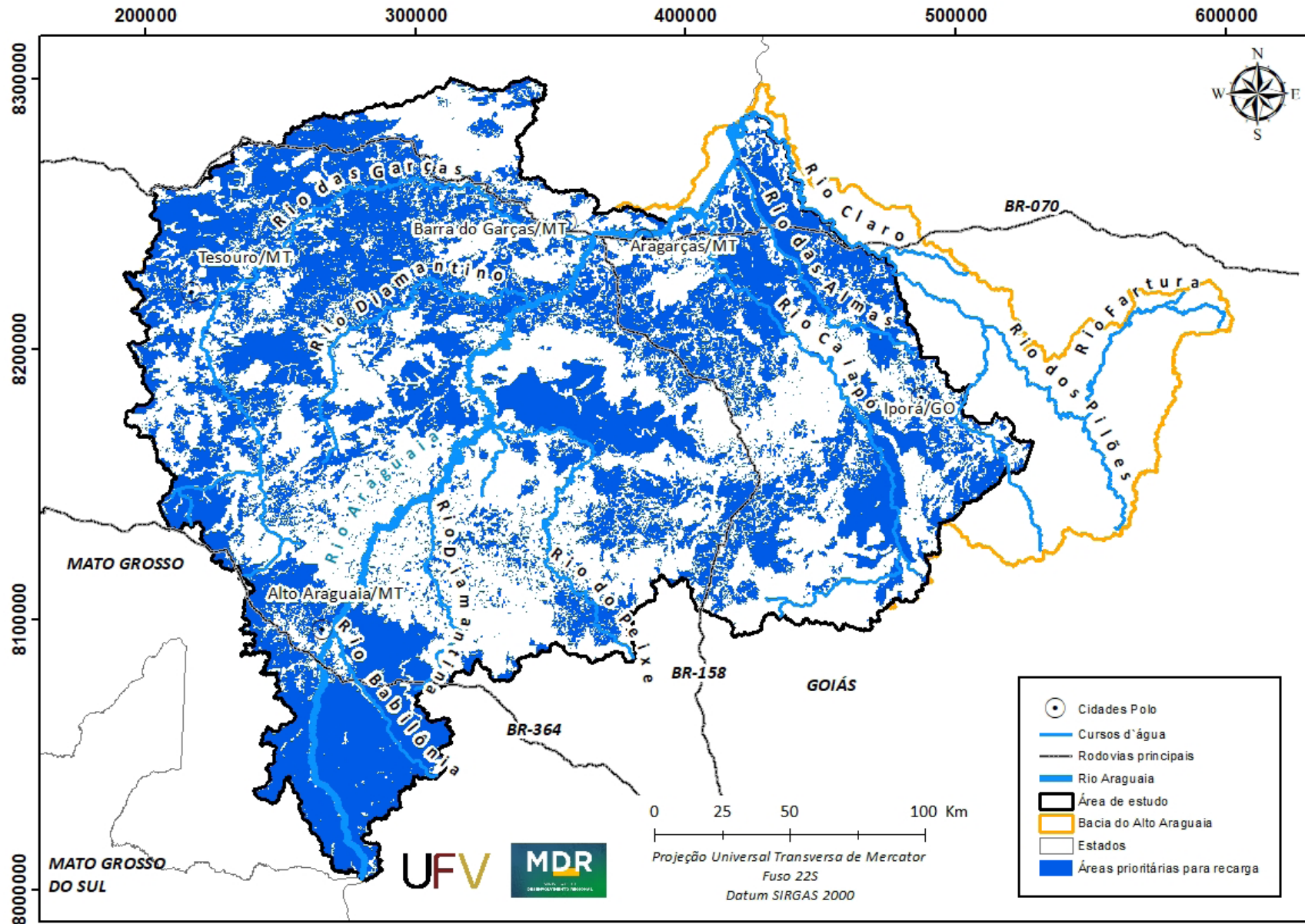


Figura 12 Mapa das áreas de recarga preferenciais na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

**Tabela 3** Pesos finais atribuídos a cada critério da análise AHP para a obtenção das áreas de recarga na bacia hidrográfica do Alto Araguaia

Critério	Pesos finais (%)
Potencial pedológico à recarga	33,4
Balanço hídrico climatológico	25,4
Distância à hidrografia	16,7
Declividade	24,5

riáveis (pesos finais) foi, portanto, obtida através da média dos valores de cada linha do vetor de prioridade e é apresentada na Tabela 3.

A multiplicação dos mapas, com seus respectivos pesos, resultou na classificação do potencial de recarga nas áreas da bacia do Alto Araguaia. Para este estudo, a Área de Recarga foi definida em 50% da área da bacia com maior potencial à recarga hídrica, conforme é apresentado na Figura 12.

### 3.2. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL - IVA

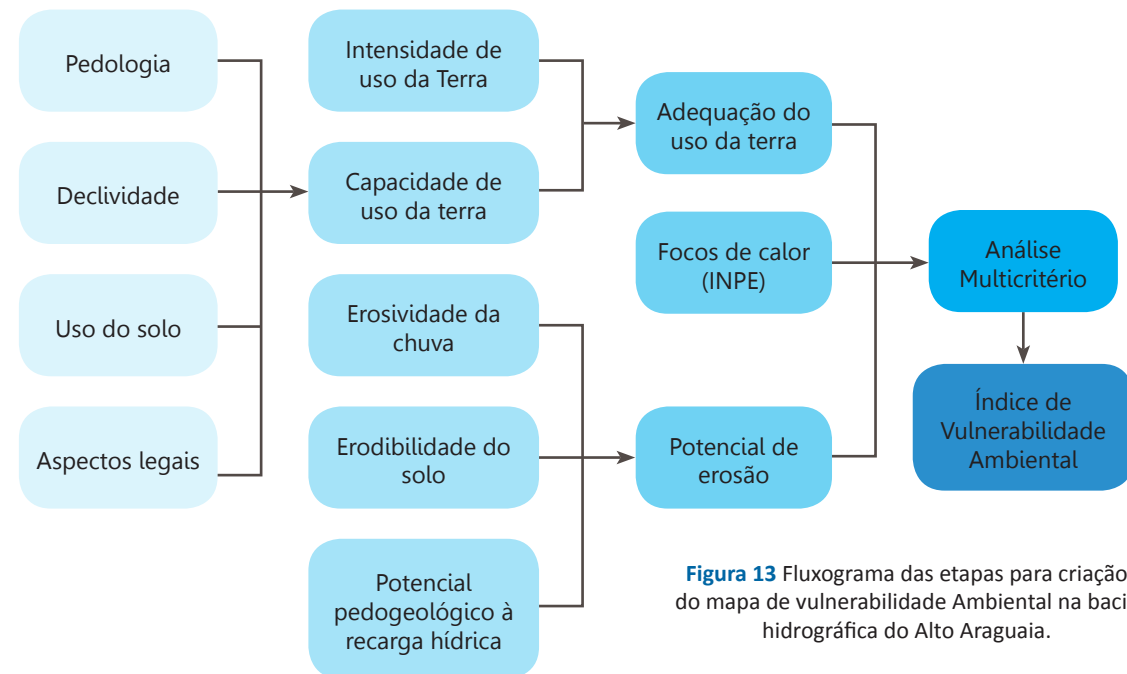
A avaliação da vulnerabilidade ambiental em uma bacia hidrográfica é fundamental para a sua gestão, pois permite a identificação de áreas ou recursos em risco e as ameaças impostas pela diminuição ou perda de tais recursos (Wang, Liu e Yang, 2008). O estudo da vulnerabilidade ambiental pode fornecer in-

formações cruciais para que os tomadores de decisão aloquem recursos limitados na implementação de medidas alternativas de redução dessa vulnerabilidade (IPCC, 2001).

Neste trabalho foi estabelecida uma metodologia para mapear a vulnerabilidade ambiental na bacia do Alto Araguaia utilizando análise multicritério e sistema de informações geográficas (SIG), como apresentado na Figura 13. Com base na literatura, base de dados disponíveis e condições edafoclimáticas, foram

selecionadas três variáveis como principais critérios para definição da vulnerabilidade ambiental: adequação do uso do solo, potencial natural de erosão e queimadas (focos de calor).

Cada critério foi representado por uma camada temática espacial derivada de imagens de satélite ou de dados espaciais oficiais. Para a análise de decisão, os valores e classes de todos os mapas foram convertidos em uma escala comum de 0 a 1 para reduzir a dimensio-



**Figura 13** Fluxograma das etapas para criação do mapa de vulnerabilidade Ambiental na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

nalidade. Desta forma, as células em um mapa com alta vulnerabilidade ambiental receberam valores padronizados elevados e as células correspondentes às áreas menos vulneráveis receberam valores padronizados baixos.

Após a padronização, a importância relativa dos critérios (pesos finais) das camadas foi obtida por meio do Processo Analítico Hierárquico (AHP), e os mapas foram multiplicados em ambiente SIG, para a obtenção do mapa final. Nos itens subsequentes é apresentada a descrição detalhada das fontes de dados e procedimentos de análise de cada um dos critérios utilizados para definição do índice de vulnerabilidade ambiental, bem como a obtenção dos seus respectivos pesos na análise AHP.

### 3.2.1. ADEQUAÇÃO DO USO DA TERRA

Na bacia hidrográfica do Alto Araguaia, desde a década de 1970, ocorreu substituição de extensas áreas de vegetação nativa de Cerrado por atividades agropecuárias, acarretando fragmentação das fitofisionomias originais, principalmente savanas e campos (Cabacinha et al., 2010). A conversão do uso do solo para pastagens ou culturas agrícolas muitas vezes de forma divergente da sua aptidão e sem adoção de práticas conservacionistas favorece a degradação do solo.

De acordo com o mapeamento do uso e cobertura do solo realizado pela equipe técnica da UFV (Item 3.2.1.2), 56% da área de estudo está ocupada com usos agropecuários, sendo este, portanto, responsável pela mudança mais expressiva na estrutura natural dos ecossistemas na bacia. Considerando que o solo é um dos principais reguladores dos serviços ecossistêmicos (Adhikari e Hartemink, 2016), o planejamento territorial pode atenuar as externalidades negativas associadas à mudança de uso e cobertura, assim como identificar áreas em que os usos e coberturas apresentam-se como vetores de degradação ambiental mais intensa. Portanto, a adequação do uso da terra foi utilizada a fim de identificar áreas em que cujos usos e coberturas estão em acordo ou desacordo com o indicado pela capacidade de uso da terra. A adequação do solo foi estimada a partir da comparação do mapa de capacidade de uso da terra e da intensidade de uso exercida pelo uso e cobertura atual, conforme descrito a seguir.

#### 3.2.1.1. Intensidade de uso exercido sobre a terra

A intensidade de uso da terra visa estimar o grau com que determinado uso e cobertura contribui para a redução de processos erosivos e foi estimada considerando o sistema de

classificação da capacidade de uso da terra (Lepsch et al., 2015) a partir do mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo confeccionado pela equipe de trabalho, assim como o índice de degradação de pastagens disponibilizados pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (Santos, Ferreira Júnior e Parente, 2019). Os usos e cobertura referentes à agricultura anual, silvicultura e vegetação nativa foram, respectivamente, classificados como classe II, VI e VIII, enquanto as pastagens foram divididas em 7 classes de intensidade (I a VII).

#### 3.2.1.2 Uso e cobertura do solo na bacia do Alto Araguaia

Para a realização do mapeamento de uso e ocupação do solo na área de estudo da Bacia do Alto Araguaia foram utilizadas as imagens de satélite do LandSat 8, as quais foram adquiridas no repositório digital do Serviço Geológico dos EUA (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Foi levado em consideração o menor intervalo temporal entre as cenas, além da baixa cobertura de nuvens. Para compor toda a área de estudo foram necessárias 9 cenas, todas elas do mês de junho de 2019, utilizando as bandas com 30 m de resolução espacial, as quais foram analisadas em diferentes composições.

As classes de uso da terra mapeadas foram agricultura, área urbana, reflorestamento, corpo d'água, formação savânica, formação florestal, mata de galeria, pastagem, formação campestre e solo exposto. Todos estes usos tiveram amostras coletadas na imagem de trabalho e, quando necessário, foi realizada a consulta em imagem de alta resolução. O número de amostras foi definido pela diversidade dos padrões espectrais dos alvos dentro da área de estudo e a coleta se deu a partir da representatividade de cada uso dentro da bacia, com mais de 800 amostras distribuídas por toda a área.

A abordagem metodológica de classificação utilizada foi a Orientada a Objetos (OBIA), que é uma técnica de sensoriamento remoto desenvolvida para analisar imagens de alta resolução espacial, que utiliza características espectrais, espaciais e topológicas (Lang, 2008).

A OBIA baseia-se em segmentar toda a imagem e cada segmento é denominado de objeto. Durante a segmentação, são consideradas a heterogeneidade espacial (forma), a cor (espectral) e a diferenciação do entorno, a partir do método de crescimento de regiões. São estabelecidos valores para estes critérios, definidos pelo foto-intérprete até alcançar o

nível de segmentação que atenda às exigências definidas. Para a área do mapeamento, os valores que atenderam foram 18 (Detalhe espectral), 13 (Detalhe espacial) e 100 (Número mínimo de pixels por segmento).

Realizada a segmentação de toda a imagem, a etapa seguinte consistiu na nomeação das fitofisionomias de uma pequena parcela dos segmentos, para o treinamento do classificador. Para obtenção dos segmentos de controle, nos orientamos a partir do Zoneamento Ecológico-Econômico - ZEE dos Estados de GO e MT, Mapbiomas e, nos casos de dúvidas, consulta a imagem de alta resolução.

Para mapear as áreas cultivadas com algodão foram utilizadas imagens LandSat dos anos 2019 e 2018, em diferentes estações. Esta cultura tem diferentes respostas espectrais num pequeno intervalo de tempo e pode ser confundida com o mesmo padrão de resposta de áreas com solo exposto.

Das 22 variáveis utilizadas para a classificação, a partir da metodologia adotada, 17 foram as mais representativas. Os índices de vegetação EVI e NDVI, bandas do infravermelho dos dois anos avaliados (2018 e 2019) e o modelo digital de elevação destacaram-se entre os mais im-

portantes para a predição de toda a área, além das imagens de diferentes anos e estações.

Toda a metodologia foi realizada com a utilização dos *softwares* Arcmap 10.7.1 e ArcGIS Pro, ambos da Esri, além do software R (R Core Team, 2019). O algoritmo utilizado foi o Random Forest (BREIMAN, 2001).

A classificação do uso e cobertura do solo da Bacia do Alto Araguaia (Figura 14) foi considerada muito boa (Landis e Kock, 1973), com índice Kappa igual a 0,76. As áreas naturais (corpo d'água, formação campestre, formação Savânica, formação florestal e mata de galeria) ocu-

**Tabela 4** Representatividade das classes mapeadas

Classe	Área (ha)	Área de contribuição
Agricultura	735.942,96	13,59
Área Urbana	10.948,23	0,20
Reflorestamento	12.592,44	0,23
Corpo D'água	20.043,90	0,37
Formação Savânica	792.934,92	14,64
Formação Florestal	547.265,70	10,10
Mata de Galeria	626.093,37	11,56
Pastagem	2.295.686,20	42,40
Formação Campestre	337.623,39	6,23
Solo Exposto	34.212,69	0,63
<b>Total</b>	<b>5.413.343,85</b>	<b>100</b>



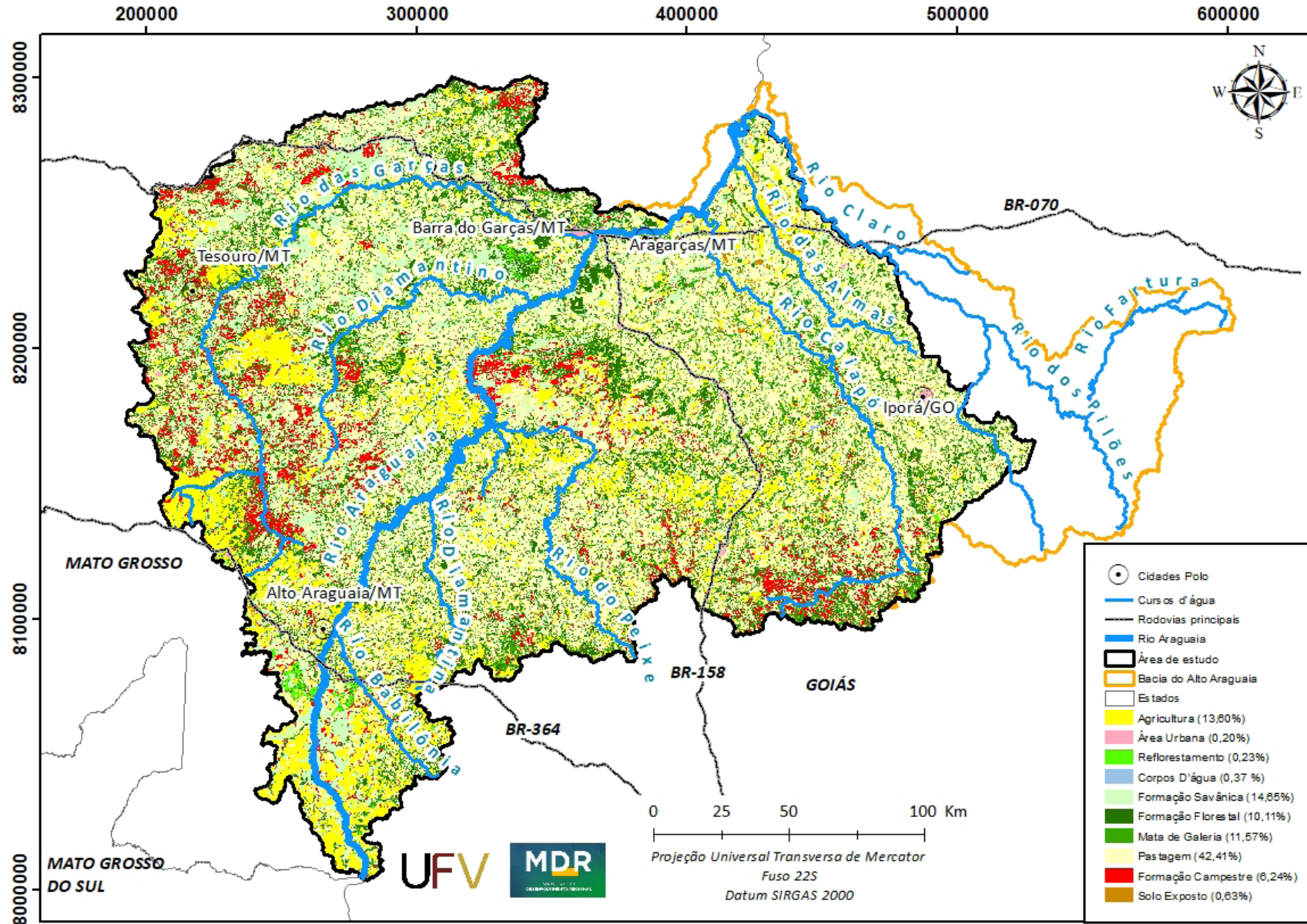


Figura 14 Classificação do uso e cobertura do solo da Bacia do Alto Araguaia.

pam 42,93% de toda a bacia, seguida das áreas de pastagens com 42,40%, e das áreas de agricultura, com 13,59%. As áreas de pastagens estão espalhadas por toda a bacia, exceto nas regiões de chapada onde predomina a agricultura.

### 3.2.1.3. Capacidade de uso da terra

A capacidade de uso da terra é uma metodologia utilizada para fins de planejamento conservacionista em uma série de sistemas de classificação e consiste na determinação da intensidade com que a terra pode ser utilizada sem que ocorra a redução da sua capacidade produtiva em decorrência da erosão do solo (Lepsch et al., 2015;

Pruski, 2009). As classes de capacidade de uso e manejo da terra seguem a ordem crescente de limitação, variando de I a VIII (Tabela 5).

A capacidade de uso foi determinada a partir da sobreposição de critérios relacionados ao solo, relevo (Lepsch et al., 2015; Rio Grande do Sul, 1979) e aspectos legais. Com relação ao solo, os fatores utilizados na determinação da capacidade foram a profundidade efetiva, a drenagem interna, o risco de inundação e a fertilidade aparente, sendo o enquadramento realizado a partir do agrupamento das unidades pedológicas no terceiro nível categórico

(grandes grupos). Salienta-se que o fator fertilidade natural foi desconsiderado quando o uso e cobertura associado era agricultura e silvicultura, visto que nesses usos predomina a prática de fertilização.

Em relação ao relevo, considerou-se a declividade subdividida em intervalos de classes conforme proposto em Monteiro et al. (2018). Quanto aos aspectos legais, considerou-se as limitações de uso em Áreas de Preservação Permanente hídricas (nascentes e cursos d'água) e de Reserva Legal (áreas autodeclaradas no Cadastro Ambiental Rural - CAR) impostas pela Lei de proteção da vegetação nativa (Lei 12.651/2012).

**Tabela 5** Classes de Capacidade de Uso da Terra

Classe	Descrição
I	Terras próprias para todos os usos, inclusive para cultivos agrícolas intensivos sem necessitar de práticas intensivas de conservação
II	Terras próprias para culturas com práticas simples de conservação
III	Terras próprias para culturas com práticas intensivas ou complexas de conservação
IV	Terras próprias para culturas anuais ocasionais, cultivos perenes limitados e culturas em rotação com pastagens, florestas e proteção de fauna e floras silvestre
V	Terras com pouco ou nenhum risco de erosão, mas com limitações impraticáveis de serem removidas, o que limita muito a sua utilização, sendo, por isso, mais apropriadas para pastagens, reflorestamento ou vida silvestre
VI	Terras com limitações severas, geralmente inadequadas para cultivos e uso limitado para pastagens, florestas cultivadas ou nativas para refúgio de flora e fauna silvestre
VII	Terras com limitações muito severas, inadequadas para lavouras e de uso restrito para pastagens, florestas cultivadas e refúgio de flora e fauna silvestre
VIII	Terras com limitações que impedem seu uso para qualquer atividade agrícola, restringindo-as à recreação e/ou proteção da flora e fauna silvestres ou ainda armazenamento de águas (represamentos)

### 3.2.1.4. Número de classes excedentes

A partir da capacidade de uso da terra e da intensidade de uso exercida pelo uso e cobertura atual, obtidos nos tópicos anteriores, determinou-se o número de classes excedentes (NCE) que representa o quanto o solo está sendo utilizado em relação à sua capacidade (Equação 1).

$$NCE = CCU - CUA \quad \text{Equação 1}$$

Em que *CCU* = classe de capacidade de uso do solo, adimensional; e *CUA* = classe associada ao uso e cobertura atual, adimensional.

Como existem oito classes de capacidade de uso da terra no sistema de classificação utilizado, a equação permite obter resultados que variam de 7 a -7, sendo que resultados positivos, negativos e nulos indicam, respectivamente, que o solo está sendo utilizado acima, abaixo e de acordo com sua capacidade de uso e manejo. Os valores negativos foram convertidos em nulos, por não serem áreas prioritárias e os valores das classes de adequação de 0 a 7 (Figura 15) foram convertidos em uma escala de 0 a 1, a fim de padronização com os demais mapas utilizados na análise multicritério AHP (Figura 16).

### 3.2.2. DENSIDADE DE FOCOS DE CALOR

O fogo é uma característica comum na região do Cerrado, especialmente nas formas fisionômicas mais abertas que apresentam uma camada herbácea bem desenvolvida. Muitas espécies de plantas apresentam adaptações ao fogo relacionadas, principalmente, à frequência desses incêndios, que podem afetar o seu ciclo de crescimento (Miranda et al., 2009). As queimadas, no entanto, podem ter efeitos adversos para a vegetação, dependendo da sua frequência e intensidade. Entre os efeitos negativos de queimadas frequentes no Cerrado, tem-se redução na densidade arbórea, aumento do entouceiramento e diminuição

da diversidade de espécies (Sambuichi, 1991). O estudo e avaliação das consequências das queimadas na bacia do Alto Araguaia são, portanto, fundamentais para mitigar os impactos sobre a fauna, a flora e sobre as propriedades dos solos, caracterizando-se como uma fonte de degradação relevante.

Para confecção do mapa de densidade de focos de calor na bacia do Alto Araguaia foram utilizados todos os dados de focos de calor obtidos por meio dos satélites AQUA e TERRA para a bacia. Esses dados foram obtidos para o período de janeiro de 2014 a outubro de 2019 do banco de queimadas do INPE disponibilizados no site desse órgão (<https://prodwww.queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas/>).

Para amenizar a multiplicidade dos focos de calor foram realizados processamentos de identificação, agrupamento e retirada de informações repetidas. Os focos de calor que foram registrados na mesma data e estavam a menos de 1 km (resolução espacial dos satélites) de distância entre si, foram agrupados como sendo um único foco de calor (Figura 17). A distribuição das queimadas foi, então, avaliada por meio do Índice de Densidade de Kernel (IDK), com raio de busca de 5 km. O mapa de densidade de focos de calor na ba-

cia do Alto Araguaia foi, então, reescalado de 0 a 1 de maneira que locais como maior densidade de focos receberam valor igual à 1, conforme apresentado na Figura 18. Para o reescalamento da densidade de focos de calor os valores maiores que 0,8 focos/km<sup>2</sup> foram convertidos para 0,8 focos/km<sup>2</sup> a fim de reduzir valores extremos pouco frequentes.

### 3.2.3. POTENCIAL NATURAL DE EROSÃO

A erosão dos solos em bacias hidrográficas é um dos principais problemas ambientais da atualidade, uma vez que reduz a capacidade produtiva, acelera o processo de desertificação e compromete as práticas agropecuárias e florestais. Sendo assim, para mitigar os processos erosivos é necessário o conhecimento dos tipos de solos, topografia, drenagem natural ou artificial e as condições de estabilidade dos taludes, visando adequar a cobertura do solo.

Nesse contexto, uma das maneiras de fornecer subsídios para a seleção de áreas prioritárias para conservação e recuperação da vegetação nativa é a utilização de mapas espacializados da erosão potencial do solo. Nesse estudo, o mapa de Potencial Natural de Erosão foi calculado com base na Equação Universal de Perda de solos (USLE), formulada por Wischmeier e Smith (1978), não levando em consideração o

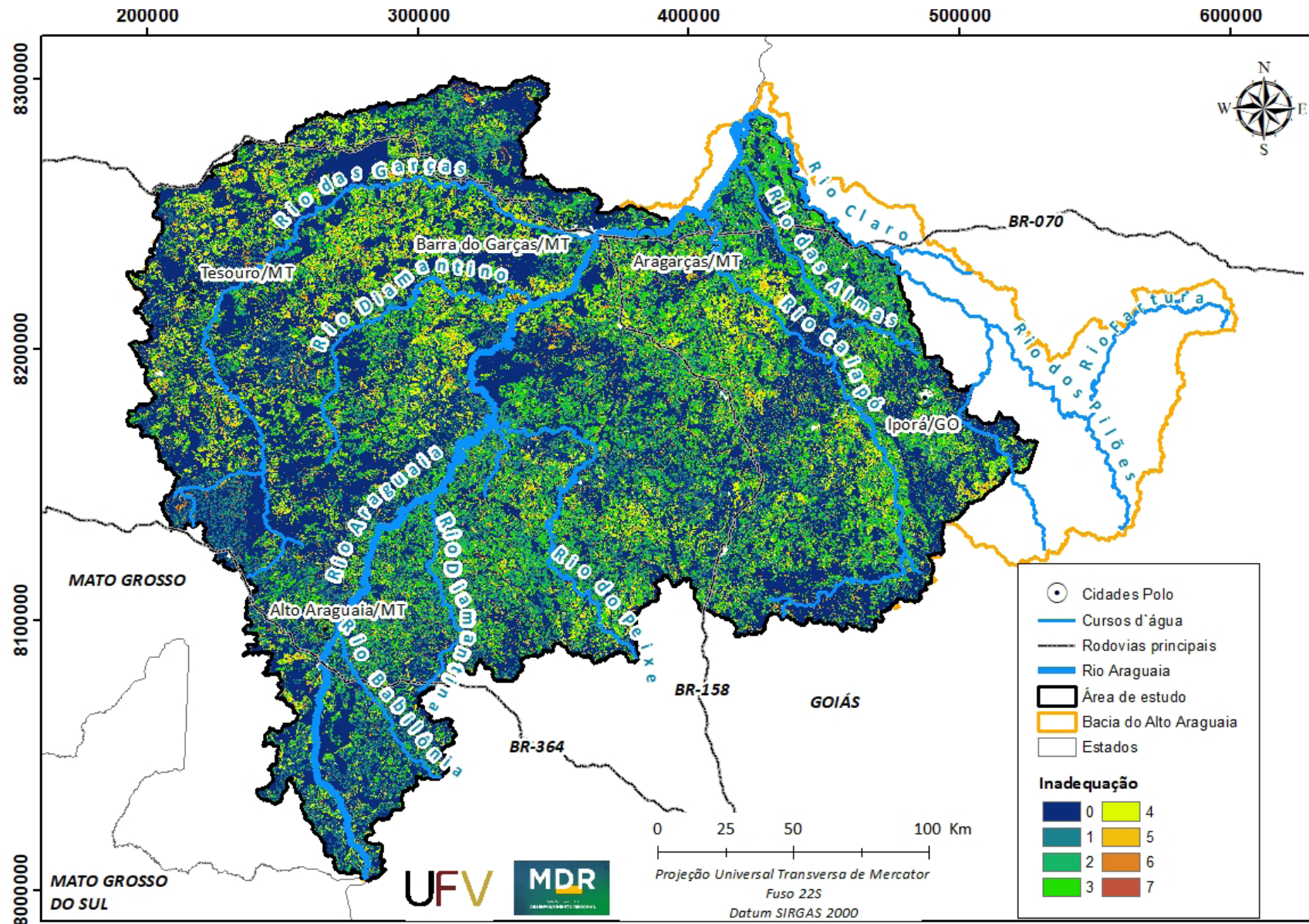


Figura 15 Adequação do uso da terra na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

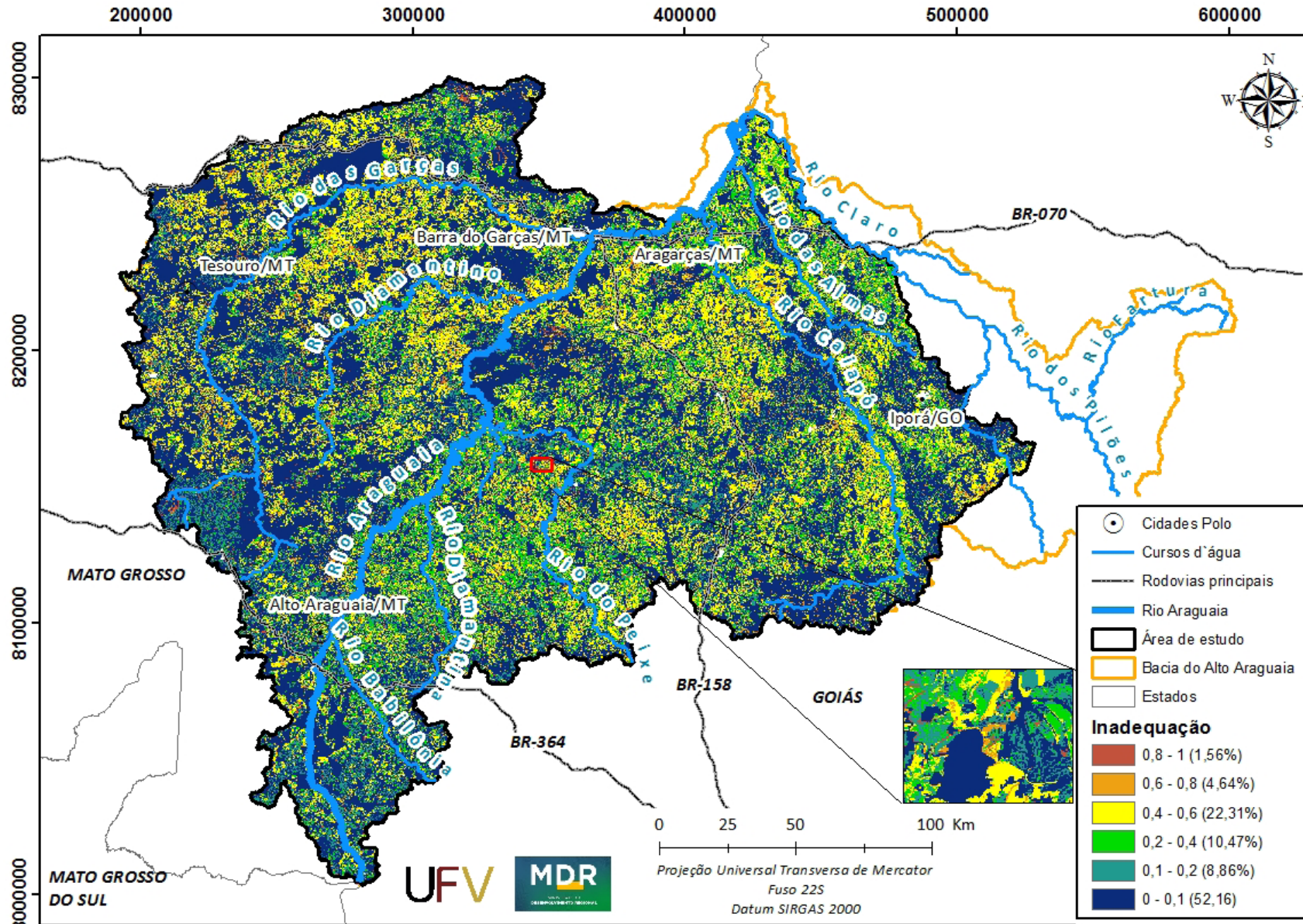


Figura 16 Adequação do uso da terra na bacia hidrográfica do Alto Araguaia reescalonado de 0 a 1.

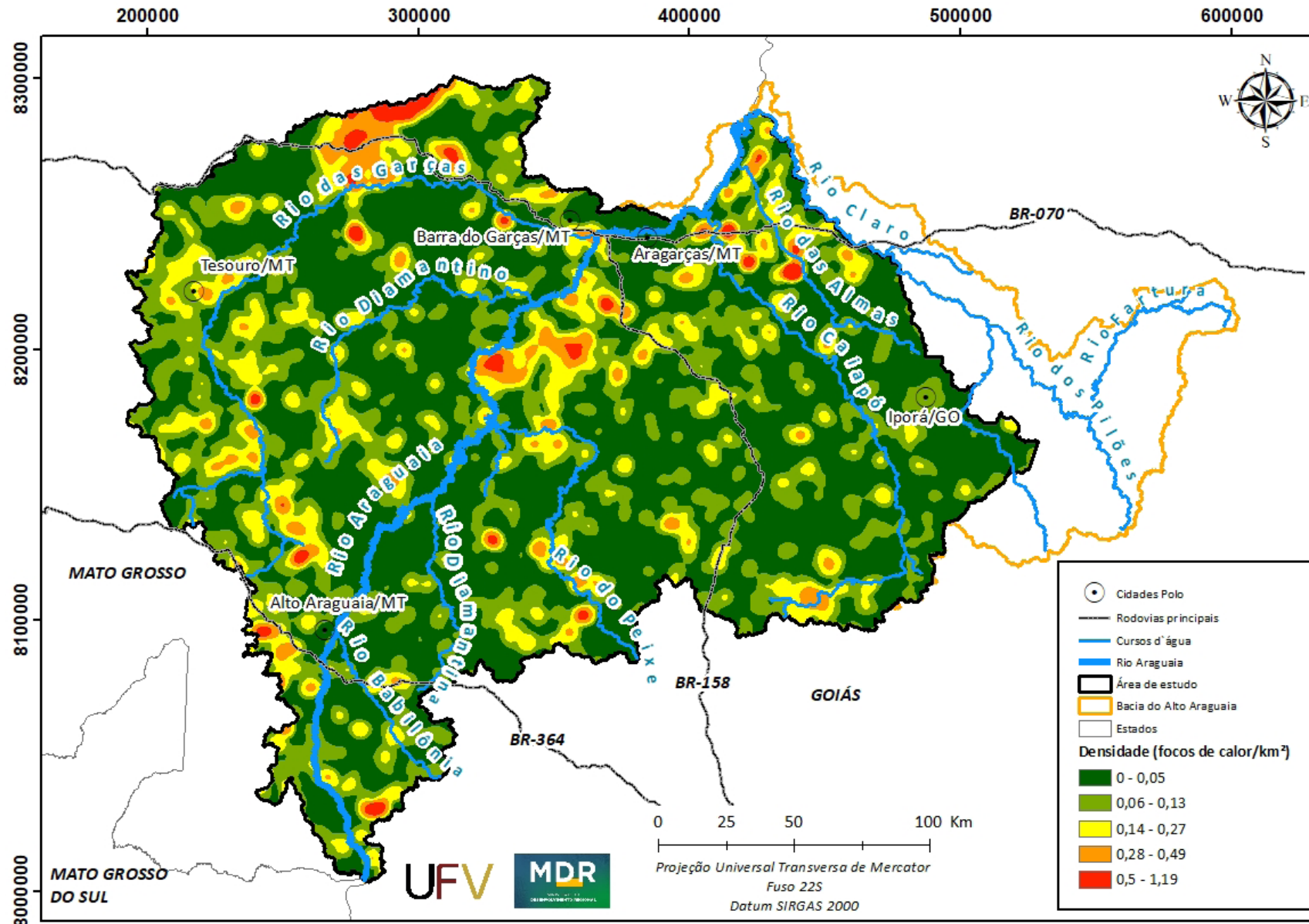


Figura 17 Focos de calor registrados entre janeiro de 2014 e outubro de 2019 na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

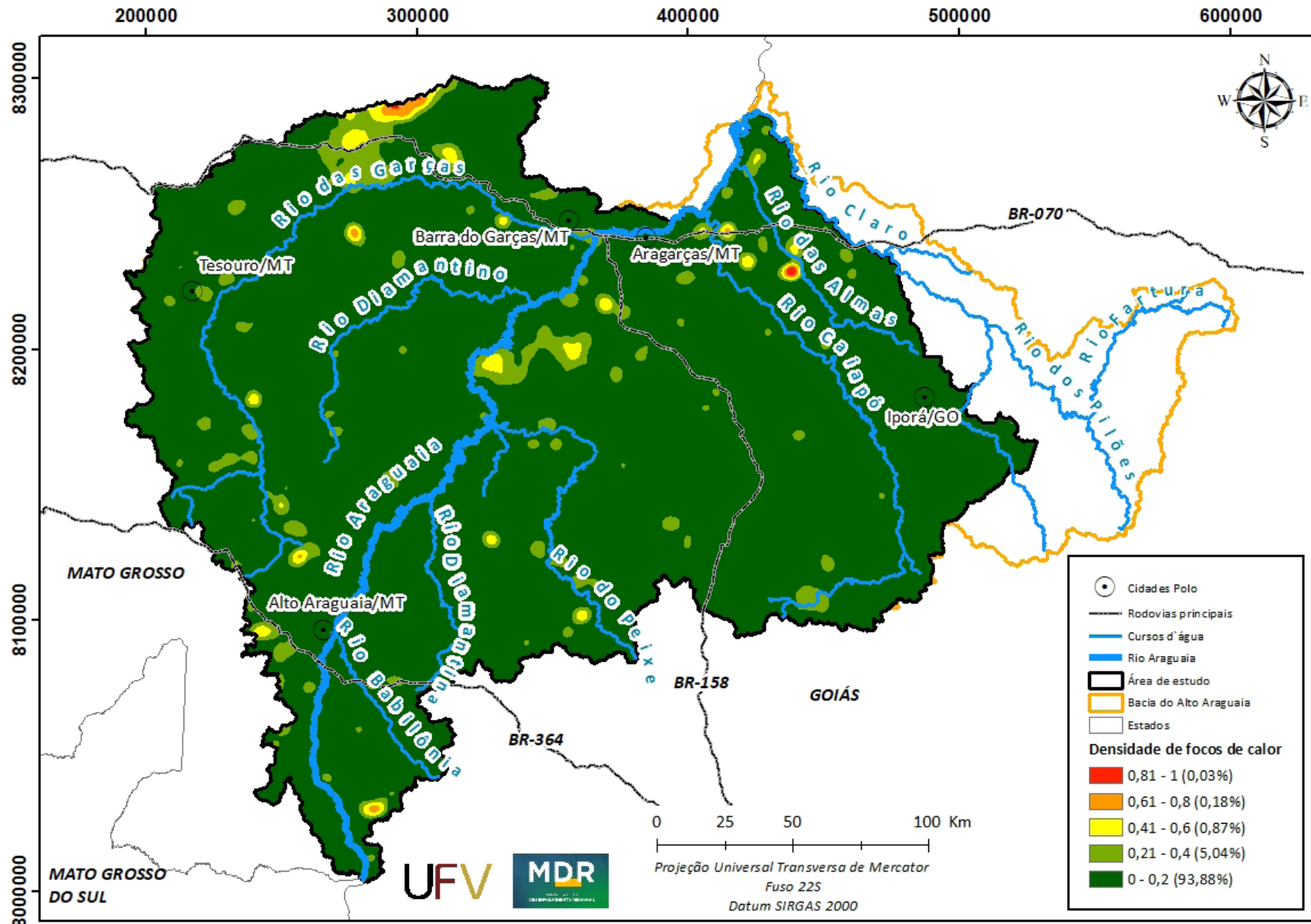


Figura 18 Focos de calor registrados entre janeiro de 2014 e outubro de 2019 na bacia hidrográfica do Alto Araguaia, reescalonado de 0 a 1.

uso e cobertura da terra, conforme apresentado na Equação 2.

$$PNE = R.K.L.S \quad \text{Equação 2}$$

Em que:  $PNE$  = potencial natural de erosão, em  $t.ha^{-1}.ano^{-1}$ ;  $R$  = fator erosividade da chuva, em  $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}$ ;  $K$  = fator erodibilidade do solo, em  $t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}$ ,  $L$  = fator comprimento da encosta (adimensional);  $S$  = fator de declividade.

A erosividade da chuva, denominada de fator  $R$ , expressa capacidade da chuva, em uma determinada localidade, causar erosão em um solo descoberto (Bertoni e Lombardi Neto, 2014). O fator  $R$  está relacionada ao impacto das gotas que, devido à sua energia cinética, quebra os agregados do solo, tornando-os mais leves e susceptíveis ao arraste pela água. A erosividade da chuva foi obtida pela soma dos valores mensais dos índices de erosão ( $EI_{30}$ ), os quais foram calculados com a Equação 3 proposta por Almeida et al. (2011), com dados de precipitação do TerraClimate, referentes ao período de 2000 a 2018.

$$EI_{30} = 172,6326451 \times \left(\frac{p^2}{p}\right)^{0,5245258}$$

Equação 3

Em que:  $EI_{30}$  = média mensal do índice de erosão, em  $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}$ ;  $p$  = precipitação média mensal, em mm;  $P$  = precipitação média anual.

A erodibilidade do solo, denominada de fator  $K$ , representa a susceptibilidade que um determinado tipo de solo apresenta aos processos erosivos, ou seja, a facilidade com que as partículas do solo são desprendidas e transportadas pelo impacto das gotas de chuva e pelo escoamento superficial (Durães e Mello, 2016; Morais e Sales, 2017). Essa característica está relacionada com as propriedades físicas do solo como, por exemplo: textura, estrutura, densidade e permeabilidade; assim como com as propriedades químicas, biológicas e mineralógicas dos solos (Salomão, 2005). A erodibilidade do solo ( $K$ ) neste estudo foi obtida através da análise e classificação apresentada por Di Raimo (2017) para erosividade de diversos tipos de solos do estado do Mato Grosso e do mapa de solos do IBGE (2018).

A influência do relevo no Potencial Natural de Erosão é representada pelo fator  $LS$ , em que  $L$  é o comprimento da rampa, em metros, e  $S$  é a declividade do terreno, em porcentagem. De maneira resumida, o fator  $LS$  é uma comparação, em termos de perdas esperadas, entre uma parcela qualquer e uma parcela padrão de 25 m

de comprimento com 9% de declividade (Bertoni e Lombardi Neto, 2014). O fator Comprimento e Declividade da Encosta ( $LS$ ) foi calculado com auxílio da equação de Bertoni e Lombardi Neto (2014) e do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo, obtido através de imagens SRTM de 30 metros de resolução.

O mapa de potencial natural de erosão da bacia do Alto Araguaia foi obtido pela multiplicação dos fatores  $R$ ,  $K$  e  $LS$  (equação 2) e é apresentado na Figura 19. Posteriormente, esse mapa foi reescalado de 0 a 1 de maneira que locais com maior potencial erosivo receberam valor 1 (Figura 20). Para o reescalamento do potencial natural de erosão, os valores maiores que 4000 t/(ha ano) foram convertidos a fim de reduzir valores extremos pouco frequentes.

### 3.2.4. ANÁLISE AHP PARA O IVA

Após a obtenção das variáveis adequação do uso da terra, queimadas (focos de calor) e potencial natural de erosão utilizou-se a metodologia de análise multicritério AHP (*Analytical hierarchy process*) para determinação do Índice de Vulnerabilidade Ambiental. Na Tabela 6 está a matriz de comparação das variáveis utilizada na obtenção do Índice de Vulnerabilidade Ambiental na bacia do Alto Araguaia.



**Tabela 6** Pesos relativos da análise AHP para a obtenção do Índice de Vulnerabilidade Ambiental na bacia hidrográfica do Alto Araguaia

Pesos relativos - AHP	Adequação do uso da terra	Focos de calor	Potencial natural de erosão
Adequação do uso da terra	1	4	7
Focos de calor	0,25	1	0,5
Potencial natural de erosão	0,5	0,14	1
Potencial pedológico à recarga	1	0,5	2

Com base nos pesos atribuídos às variáveis (Tabela 5), um vetor de prioridade foi computado, dividindo-se cada uma das colunas pela sua soma correspondente. A estimativa da importância relativa das variáveis (pesos finais) foi, portanto, obtida através da média dos valores de cada linha do vetor de prioridade e é apresentada na Tabela 7.

O mapa do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) da bacia do Alto Araguaia, classificado em quatro classes de vulnerabilidade (muito alta, alta, média e baixa), é apresentado na Figura 21.

**Tabela 7** Pesos finais atribuídos a cada critério da análise AHP para a obtenção do Índice de Vulnerabilidade Ambiental bacia hidrográfica do Alto Araguaia

Critério	Pesos finais (%)
Adequação do uso da terra	69,5
Focos de calor	7,5
Potencial de erosão	23

### 3.3. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL - IVS

A incorporação da dimensão socioeconômica na definição de áreas para recuperação ambiental e implantação de projetos de recomposição florestal tem sido destacada como fundamental para que os resultados das ações sejam sustentáveis e duradouros. A opção pela utilização de índices de vulnerabilidade na definição de áreas prioritárias para ações de prevenção, enfrentamento ou mitigação de situações de risco ambiental de comunidades ou povoamentos, está alicerçada na ampla reflexão conceitual e metodológica sobre o tema da “vulnerabilidade”. Assim, planejar ações que tenham como foco o impacto na condição ambiental de determinada região ou território traz a necessidade de pensar como essas ações influenciam no bem-estar das pessoas que ali vivem, seja no que tange à qualidade de serviços ou nos benefícios associados às

novas fontes de renda e trabalho, investimentos em saúde, educação e saneamento, entre outros. Nesse sentido, dentre os diversos índices utilizados internacionalmente para discutir a qualidade de acesso a serviços e bem-estar das pessoas, tem-se o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), delineado e proposto pelo Banco Mundial; ou outros índices que medem a vulnerabilidade de comunidades, como os Índices de Vulnerabilidade Socioeconômica, proposto por Ahsan e Warner (2014) ou o delineado por Salgado et al. (2014); no caso do presente estudo, calculou-se o Índice de Vulnerabilidade Social, adaptado da metodologia proposta por Costa e Marguti (2015).

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) mostra-se metodologicamente adequado, pois auxilia na compreensão da distribuição dos riscos e das perdas potenciais, ou seja, a relação existente entre as populações vulneráveis e os ambientes naturais e sociais onde vivem, possibilitando, assim, a definição das regiões onde a realização de ações pode ter resultados mais efetivos e de maior impacto positivo no bem-estar das pessoas. Assim, o Índice de Vulnerabilidade Social é uma clara referência na formulação de políticas e ações que pretendem ter foco na equidade, de forma a diminuir as desigualdades locais.

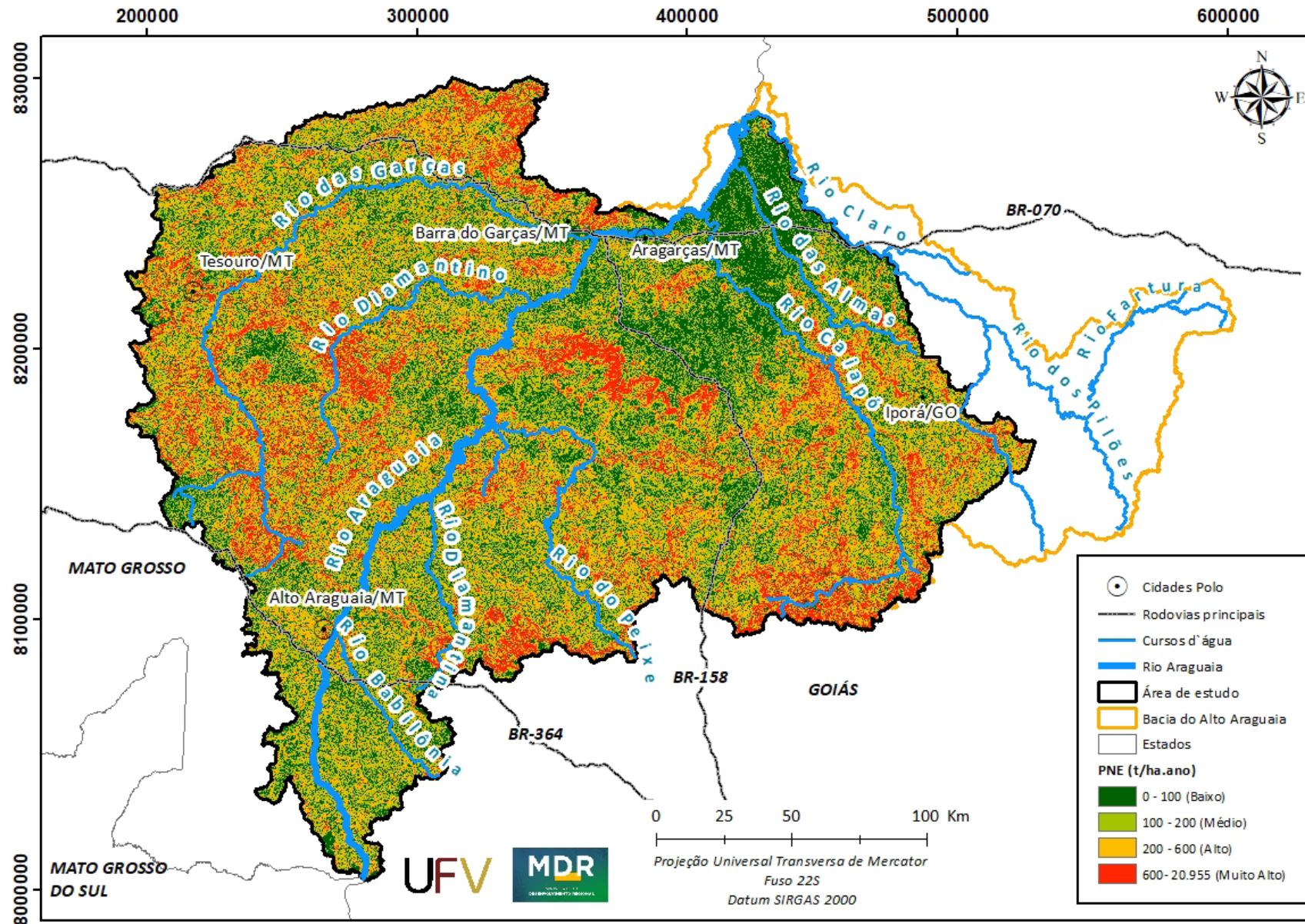


Figura 19 Potencial natural de erosão na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

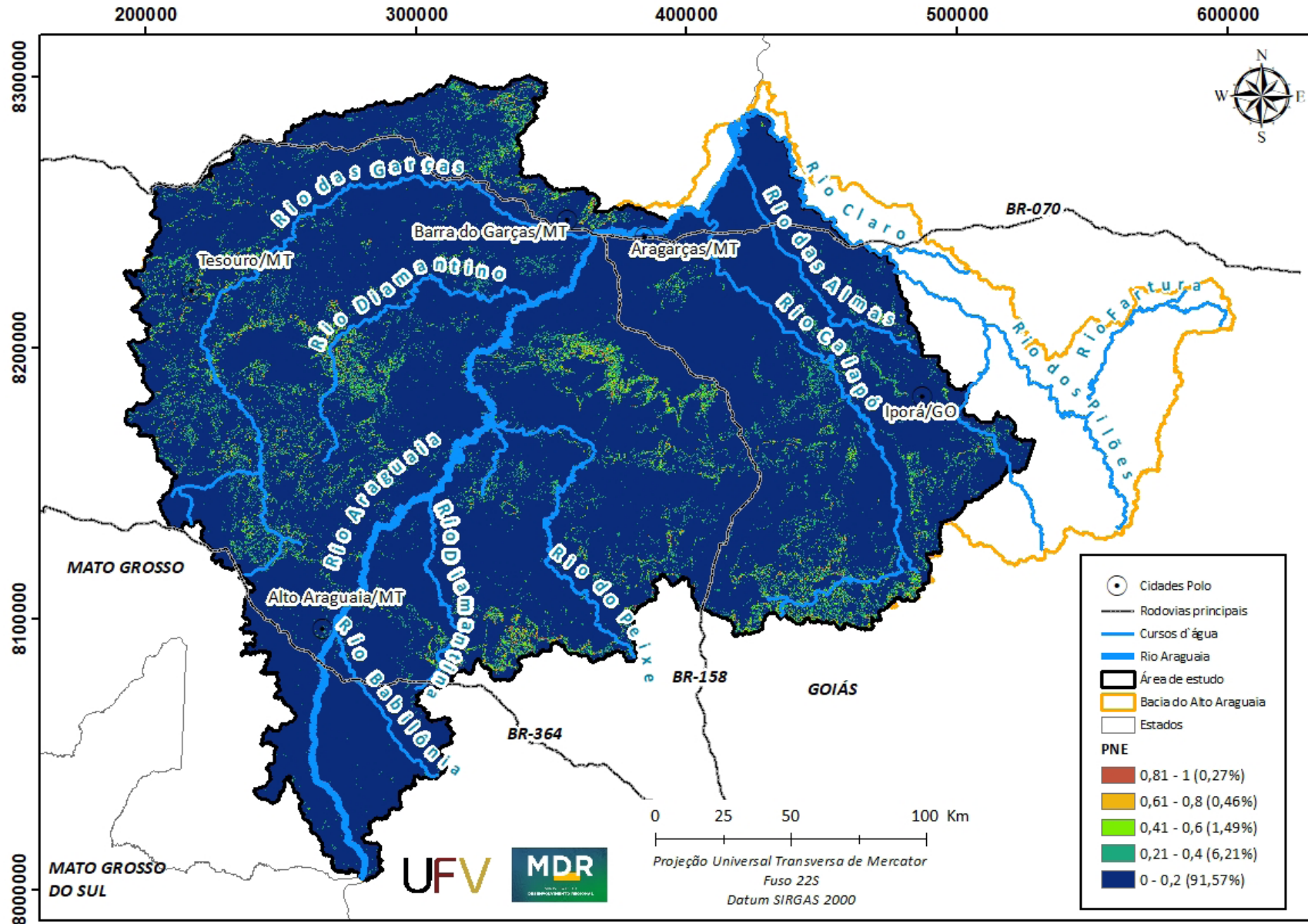


Figura 20 Potencial natural de erosão reescalado, entre 0 e 1, na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

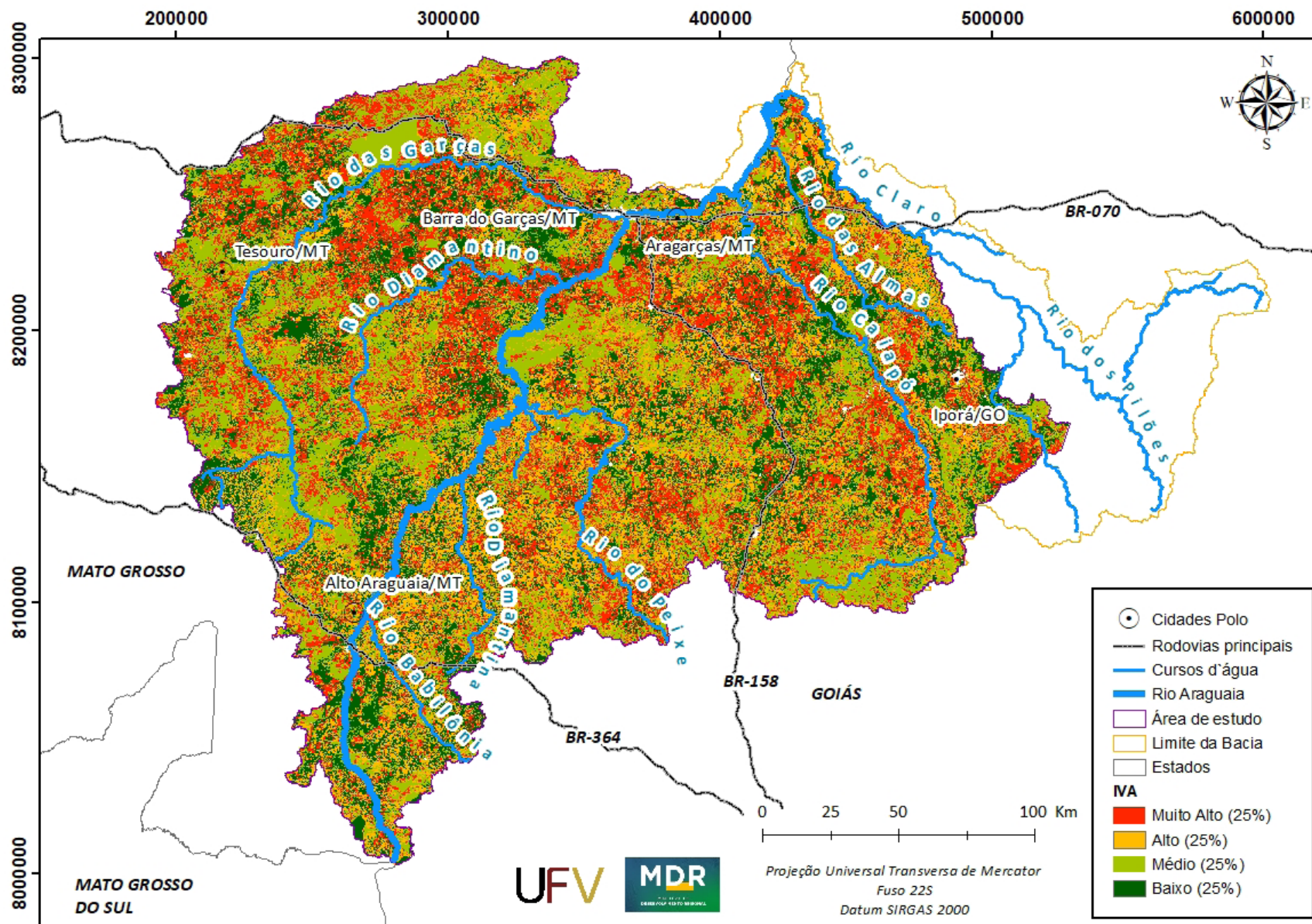


Figura 21 Mapa do Índice de Vulnerabilidade Ambiental (IVA) da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

O IVS permite a identificação de situações indicativas de exclusão e vulnerabilidade sobrepostas, uma vez que são articuladas dimensões distintas no que se refere às condições de acesso a serviços, renda e trabalho e questões sociais, como educação e composição etária, as quais podem ser localizadas espacialmente com a utilização de Sistemas de Informação Geográfica - SIG (Costa e Marguti (2015). O que se pretende com essa abordagem, portanto, é ultrapassar a mera constatação e identificação da pobreza, de forma que o índice possa evidenciar as especificidades e necessidades locais.

Neste estudo foi estabelecida uma metodologia para mapear e classificar a vulnerabilidade social nos municípios selecionados com base na distribuição das informações sociodemográficas por setores censitários. O setor censitário é definido pelo IBGE (2011) como a menor unidade territorial, localizada em área rural ou urbana, cuja área é contínua e sua dimensão adequada à operação de pesquisas. Esse nível de detalhamento das informações permite fugir das generalizações que ocorrem quando se trabalha em nível de município, demonstrando a heterogeneidade existente. O IVS foi estruturado na forma de uma “árvore” de decisão, onde informações socioeconômicas e demográficas básicas de cada setor censitário foram agregadas em três subíndices (capital hu-

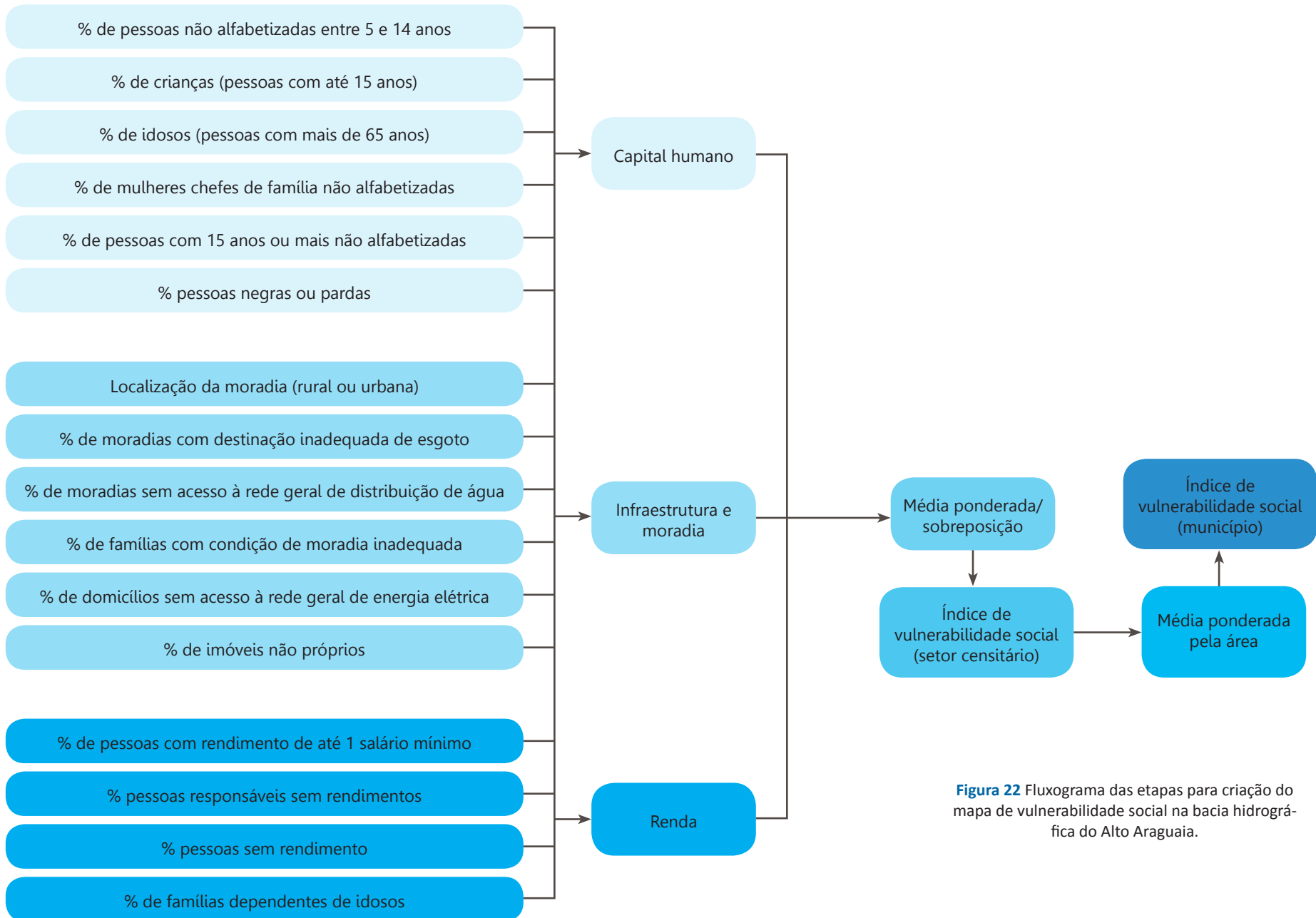
mano; infraestrutura e moradia; e renda), que representam aspectos distintos da vulnerabilidade social, para compor, ao final, mediante média ponderada, o índice final. Tomaram-se como base, na escolha desses subíndices, tanto a literatura que trata do tema da vulnerabilidade social quanto as condições locais da região. O fluxograma que ilustra o cálculo do IVS é apresentado na Figura 22.

Foram selecionadas 16 variáveis socioeconômicas e demográficas básicas para um total de 559 setores censitários. Dessas variáveis, seis foram agregadas para compor o subíndice

“Capital Humano” (Grupo A), seis foram agregadas para compor o subíndice “Infraestrutura e Moradia” (Grupo B) e quatro foram agregadas para compor o subíndice “Renda” (Grupo C). A escolha dessas variáveis teve como base a literatura, as condições locais da região, com foco principal no meio rural, tendo em vista a definição de áreas prioritárias para recuperação ambiental e conservação do solo e água na bacia do Alto Araguaia. Os resultados médios dos indicadores utilizados no cálculo do IVS, para os setores censitários dos municípios da Bacia do Alto Araguaia, por grupo (A, B e C), podem ser verificados na Tabela 8. A seguir

**Tabela 8** Resultados médios dos setores censitários da Bacia do Alto Araguaia

Grupos	Variáveis	Mínimo	Média	Máximo
GRUPO A Capital Humano	1. % de pessoas não alfabetizadas entre 5 a 14 anos	0	0,1157	1
	2. % de crianças (pessoas com até 15 anos)	0	0,2314	0,5540
	3. % de idosos (pessoas com mais de 65 anos)	0	0,0819	0,2307
	4. % de mulheres chefes de família não alfabetizadas	0	0,1620	1
	5. % de pessoas com 15 anos ou mais não alfabetizadas	0	0,1173	0,4062
	6. % pessoas negras ou pardas	0	0,5804	1
GRUPO B Infraestrutura e moradia	7. Localização da moradia (rural ou urbana)	0	0,3781	1
	8. % de moradias com destinação inadequada do esgoto	0	0,7580	1
	9. % de moradias sem acesso a rede geral de distribuição de água	0	0,4008	1
	10. % de famílias com condição de moradia inadequada	0	0,4177	1
	11. % de domicílios sem acesso a rede geral de energia elétrica	0	0,0663	1
	12. % de imóveis não próprios	0	0,3750	1
GRUPO C Renda	13. % de pessoas com rendimento de até 1 salário mínimo (de 2010)	0	0,3098	0,7222
	14. % pessoas responsáveis sem rendimentos	0	0,1112	0,9169
	15. % pessoas sem rendimento	0	0,3608	0,9398
	16. % de famílias dependentes de idosos	0	0,1529	0,3448



**Figura 22** Fluxograma das etapas para criação do mapa de vulnerabilidade social na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

são apresentados cada um desses grupos de variáveis que foram utilizadas na construção do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS).

### 3.3.1. CAPITAL HUMANO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO ARAGUAIA

O capital humano dos indivíduos é calculado a partir de variáveis que retratam aspectos como educação e composição etária e racial, que interferem nas perspectivas, atuais e futuras, em relação à inclusão e vulnerabilidade sociais. O estudo parte do pressuposto que as populações caracterizadas como minorias raciais, idosos, crianças e com baixa escolaridade são mais vulneráveis socialmente. Os indicadores utilizados para o cálculo são: % de pessoas não alfabetizadas entre 5 a 14 anos, % de crianças (pessoas com até 15 anos), % de idosos (pessoas com mais de 65 anos), % de mulheres chefes de família não alfabetizadas, % de pessoas com 15 anos ou mais não alfabetizadas e % pessoas negras ou pardas. As variáveis utilizadas para o grupo Capital Humano tomaram como base a tipologia do IBGE (2010). Para o cálculo desse indicador (subíndice), foi utilizada a seguinte expressão matemática (Equação 4).

#### Grupo A: IVS – Capital Humano

$$\text{Grupo A} = \sum_{i=1}^{n=6} x_i \times Pa_i \quad \text{Equação 4}$$

Em que  $x_i$  representa a variável  $i$  e  $Pa_i$  é o peso atribuído à variável  $i$ .

O mapa do indicador Capital Humano (Grupo A) da bacia do Alto Araguaia classificado em cinco classes de vulnerabilidade (muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo) é apresentado na Figura 23.

### 3.3.2. INFRAESTRUTURA E MORADIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO ARAGUAIA

Esse segundo subíndice (indicador) evidencia condições de acesso básico de saneamento e infraestrutura de moradia, como fornecimento de água tratada, energia elétrica, coleta de lixo e esgotamento sanitário adequado, visto que tais serviços impactam de forma significativa no bem-estar dos indivíduos. A localização das moradias, se em áreas rurais ou urbanas, e as condições dessas moradias também são consideradas fatores cruciais na identificação das áreas mais vulneráveis. Estas se justificam, pois as localidades rurais encontram-se em maior situação de isolamento físico, econômico e social, quando comparadas às áreas urbanas, determinando peso maior na composição do IVS para os setores censitários que se encontram nessa situação. As variáveis utilizadas para o cálculo são: localização da moradia (rural ou urbana), % de moradias com destinação

inadequada do esgoto, % de moradias sem acesso à rede geral de distribuição de água, % de famílias com condição de moradia inadequada, % de domicílios sem acesso à rede geral de energia elétrica e % de imóveis não próprios. As categorias associadas ao grupo Moradia e Infraestrutura tomou como base a tipologia do IBGE (2010). Para o cálculo do subíndice “Infraestrutura e Moradia” foi utilizada a seguinte expressão matemática (Equação 5).

#### Grupo B: IVS – Infraestrutura e Moradia

$$\text{Grupo B} = \sum_{i=1}^{n=6} y_i * Pb_i \quad \text{Equação 5}$$

Em que  $y_i$  representa a variável  $i$ ;  $Pb_i$  é o peso atribuído à variável  $i$ .

O mapa do indicador Infraestrutura e Moradia (Grupo B) da bacia do Alto Araguaia classificado em cinco classes de vulnerabilidade (muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo) é apresentado na Figura 24.

### 3.3.3. RENDA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO ARAGUAIA

Buscou medir a vulnerabilidade em relação à insuficiência de renda, principalmente,

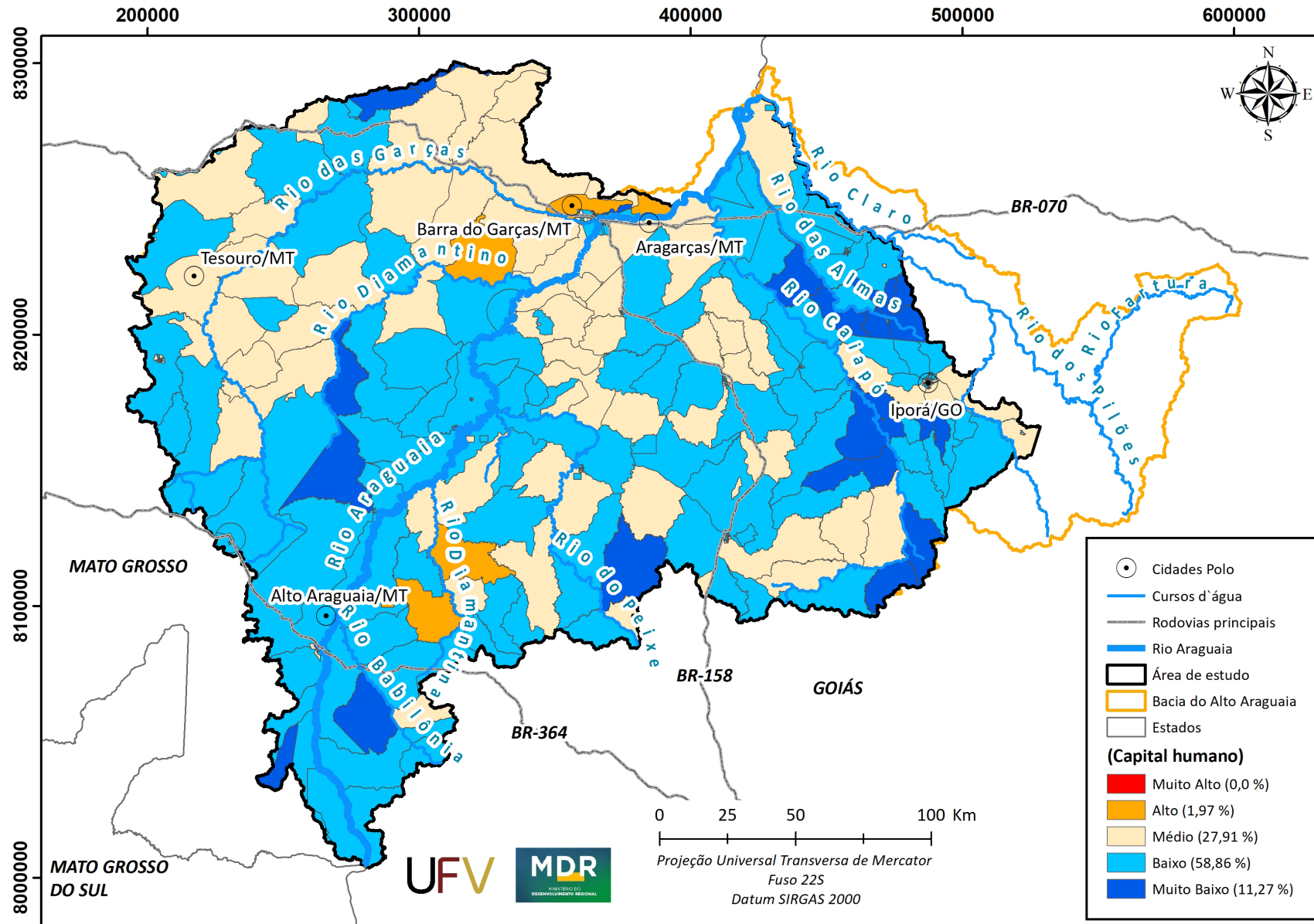


Figura 23 Mapa de Capital humano da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.



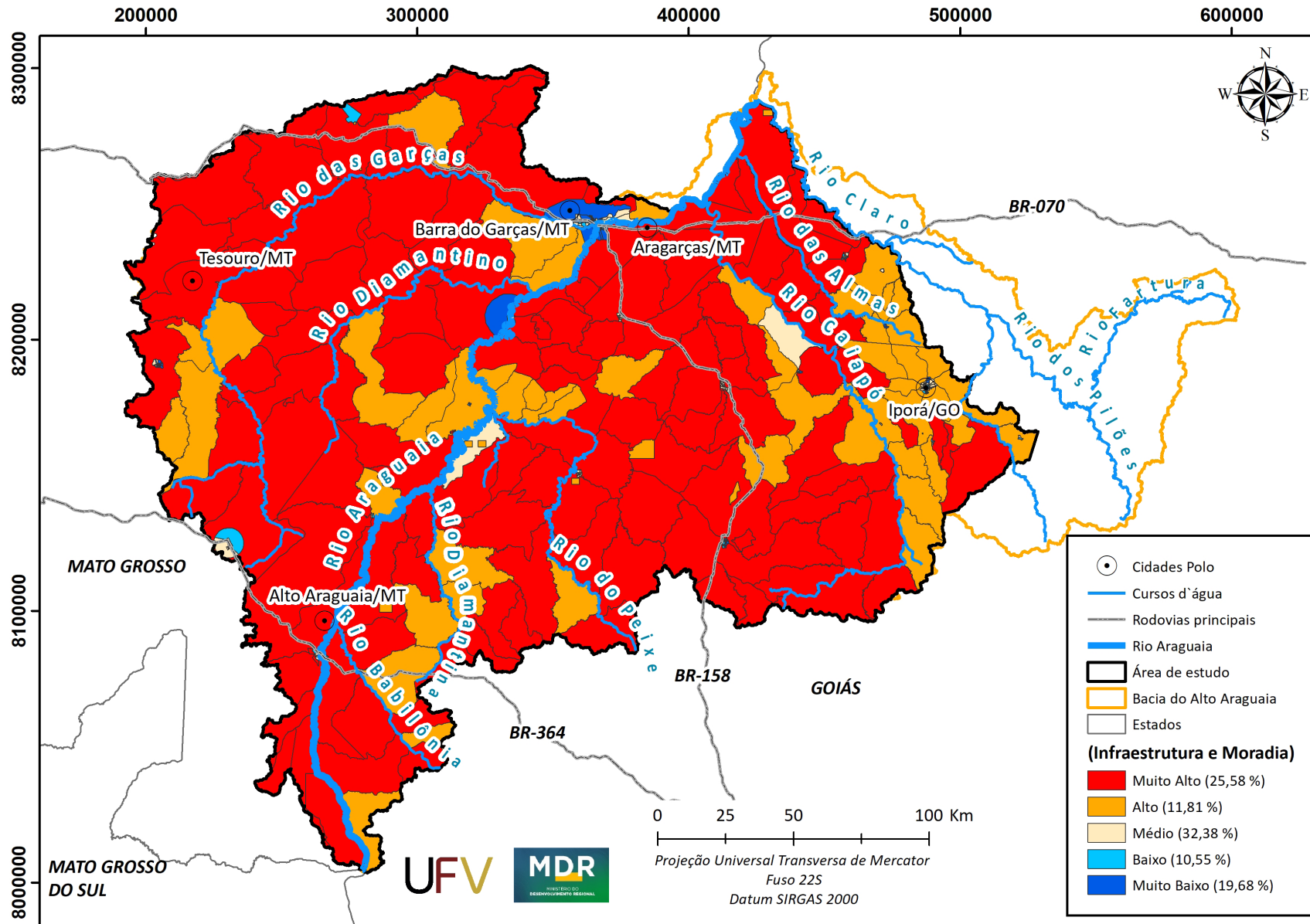


Figura 24 Mapa de Infraestrutura e moradia da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

em relação aos chefes de família, fator que impacta no grau de vulnerabilidade social, pois pode determinar as condições de vida das famílias no que se refere à moradia, alimentação, educação, entre outros. Fatores que impactam diretamente no acesso a bens e serviços e auxiliam na identificação da situação de vulnerabilidade das populações. As variáveis utilizadas para o cálculo desse subíndice são: % de pessoas com rendimento de até 1 salário mínimo (de 2010), % pessoas responsáveis sem rendimentos, % pessoas sem rendimento e % de famílias dependentes de idosos. Assim como nos grupos de Capital Humano e Moradia e Infraestrutura, as variáveis utilizadas tomaram como base a tipologia do IBGE (2010). Para o cálculo desse subíndice, foi utilizada a seguinte expressão matemática (Equação 6).

#### Grupo C: IVS – Renda

$$\text{Grupo C} = \sum_{i=1}^{n=4} z_i * P_{C_i} \quad \text{Equação 6}$$

Em que  $z_i$  representa a variável  $i$ ; e  $P_{C_i}$  é peso atribuído à variável  $i$ .

O mapa do indicador Renda (Grupo C) da bacia do Alto Araguaia classificado em cinco classes

de vulnerabilidade (muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo) é apresentado na Figura 25.

#### 3.3.4. CÁLCULO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL – IVS

O Índice de Vulnerabilidade Social foi calculado pela média aritmética dos subíndices - IVS Capital Humano, IVS Infraestrutura e Moradia e IVS Renda, no qual cada um desses subíndices contribuiu para o cálculo final do IVS com o mesmo peso. É importante destacar que as variáveis dos três Grupos (A, B e C) tiveram pesos distintos. O Índice de Vulnerabilidade Social foi calculado com base nos três grupos de indicadores (subíndices) apresentados (Grupo A, Grupo B e Grupo C). Como o cálculo do IVS é a média aritmética simples entre os resultados obtidos no cálculo dos grupos de indicadores, tem-se:

$$IVS = \frac{1}{3} \left[ \sum_{i=1}^3 \text{Grupo}_i \right] \quad \text{Equação 7}$$

O mapa do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) da bacia do Alto Araguaia classificado em cinco classes de vulnerabilidade (muito alto, alto, médio, baixo e muito baixo) é apresentado na Figura 26.

Na definição dos pesos de cada uma das variáveis dos grupos utilizados para o cálculo do IVS final, foi atribuído maior valor àquelas relacionadas ao meio rural, tendo em vista que essas regiões dos municípios poderão melhor aproveitar as oportunidades de trabalho e renda eventualmente geradas pelo processo de recomposição florestal e conservação de solo e água. Os pesos atribuídos às variáveis para obtenção do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) para a Bacia do Alto Araguaia estão apresentados na Tabela 9.

Não há um critério único para a escolha dos pesos das variáveis utilizadas para o cálculo do IVS. Existe certa margem para ajustar os valores desses pesos tendo em vista a obtenção de resultados coerentes para a região sob estudo. Essa coerência, por exemplo, pode ser constatada a partir da comparação com outros indicadores, como o IVA, que foi calculado para a mesma região. No caso do presente estudo, os pesos das variáveis para o cálculo do IVS foram escolhidos tomando-se por base as características socioeconômicas e demográficas da região do Alto Araguaia, o trabalho de Costa e Marguti (2015), que calculou o Índice de Vulnerabilidade Social dos municípios brasileiros, e estudos anteriores, como os realizados para a bacia do Rio Doce.

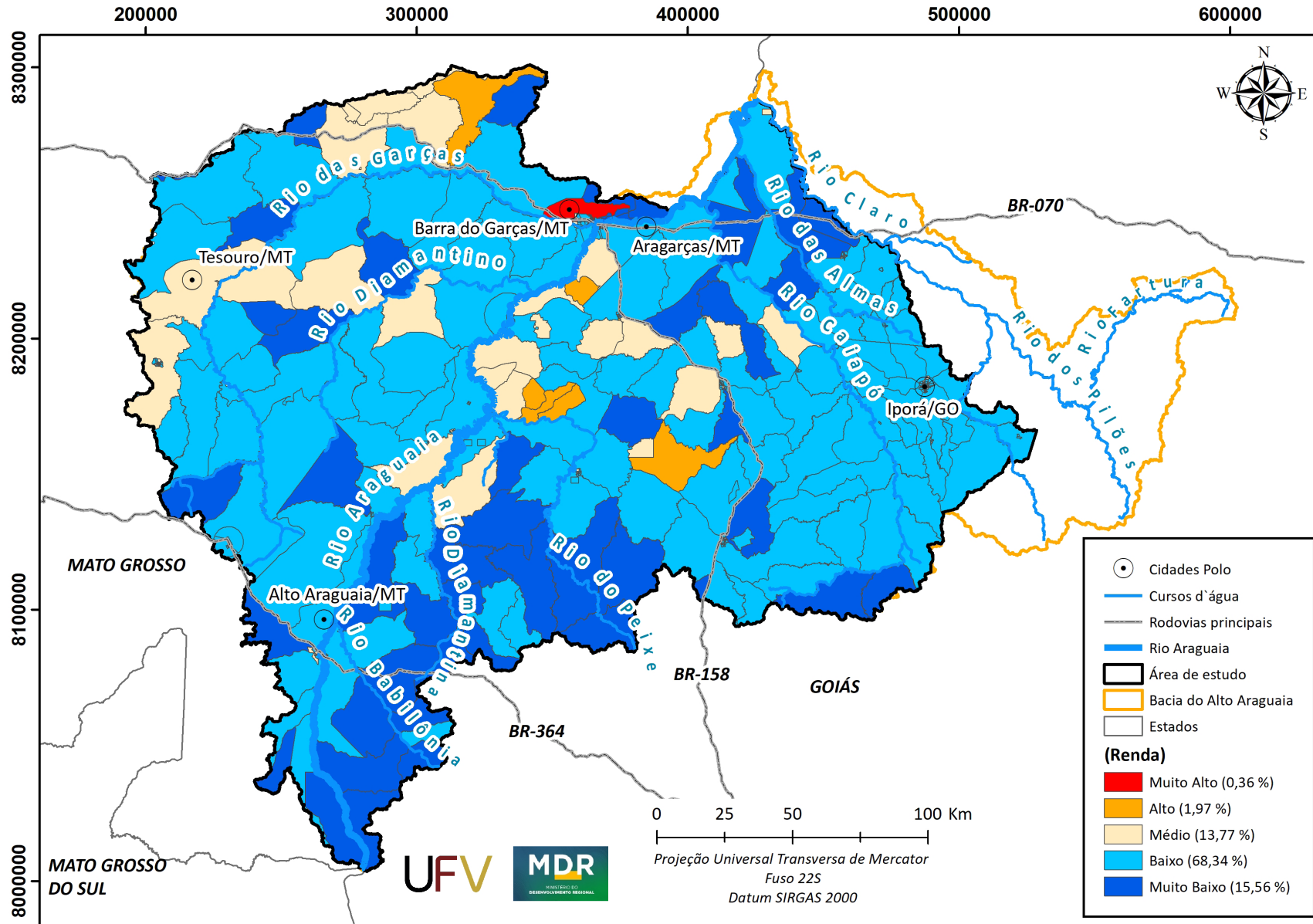


Figura 25 Mapa de Renda da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

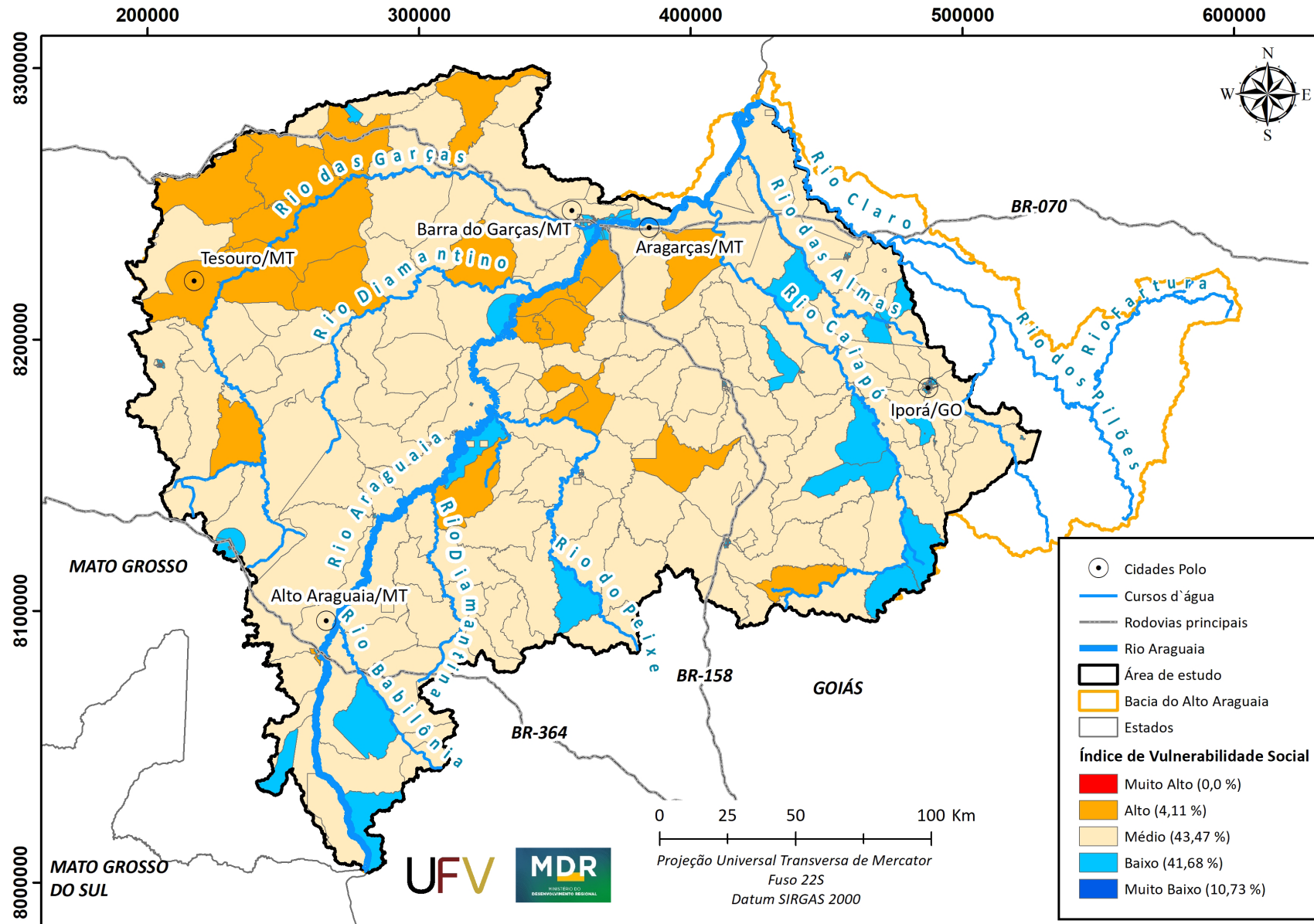


Figura 26 Mapa do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

**Tabela 9** Pesos atribuídos às variáveis para a obtenção do Índice de Vulnerabilidade Social para a bacia hidrográfica do Alto Araguaia

Grupos	Variáveis	Pesos %
GRUPO A Capital Humano	1. % de pessoas não alfabetizadas entre 5 a 14 anos	0,1
	2. % de crianças (pessoas com até 15 anos)	0,1
	3. % de idosos (pessoas com mais de 65 anos)	0,1
	4. % de mulheres chefes de família não alfabetizadas	0,1
	5. % de pessoas com 15 anos ou mais não alfabetizadas	0,3
	6. % pessoas negras ou pardas	0,3
GRUPO B Infraestrutura e Moradia	7. Localização da moradia (rural ou urbana)	0,3
	8. % de moradias com destinação inadequada do esgoto	0,1
	9. % de moradias sem acesso a rede geral de distribuição de água	0,05
	10. % de famílias com condição de moradia inadequada	0,2
	11. % de domicílios sem acesso a rede geral de energia elétrica	0,25
	12. % de imóveis não próprios	0,1
GRUPO C Renda	13. % de pessoas com rendimento de até 1 salário mínimo (de 2010)	0,3
	14. % pessoas responsáveis sem rendimentos	0,3
	15. % pessoas sem rendimento	0,3
	16. % de famílias dependentes de idosos	0,1

Como procedimento final de análise dos dados, foi feita a conversão do IVS por setor censitário para IVS por município. Tal procedimento consistiu no cálculo da média do IVS dos setores censitários de cada município, ponderada pela área (em hectares) dos setores. O mapa do Índice de Vulnerabilidade Social por município da bacia do Alto Araguaia foi classificado em cinco classes de vulnerabilidade (Muito alto, Alto, Médio,

Baixo e Muito baixo) é apresentado na Figura 27.

### 3.4. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL - IVSA

Para a obtenção do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da bacia do Alto Araguaia, foi calculada uma média ponderada entre os mapas do IVA e o IVS, sendo escolhido pela equipe técnica, dentre os vários cenários

testados, um peso de 0,8 para o IVA e um peso de 0,2 para o IVS. A decisão de alocar um peso menor ao IVS se deu pelo fato de os dados socioeconômicos possuírem alta correlação com a vulnerabilidade ambiental. O mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da bacia do Alto Araguaia, classificado em quatro classes (quartis) de vulnerabilidade (muito alto, alto, médio e baixo), é apresentado na Figura 28.

### 3.5. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA INTERVENÇÃO

Considerando que o objetivo do Programa Juntos pelo Araguaia é restaurar a vegetação nativa em 5.000 ha no estado de Goiás e a mesma área em Mato Grosso, buscou-se, nesta fase da proposta, determinar um total de áreas prioritárias de 40 a 50 vezes superior a este valor. Assim, será possível maior flexibilidade na escolha das áreas prioritárias a serem recuperadas por parte dos executores do Programa.

A área prioritária proposta está dividida em 5 grupos, de acordo com as suas características inerentes: (1) Reservas de Recarga; (2) Áreas de Preservação Permanente hídricas (APPs) associadas às Áreas de Recarga; (3) APPs hídricas dissociadas às Áreas de Recarga; (4) pastagens em Áreas de Recarga; e (5) uso agrícola

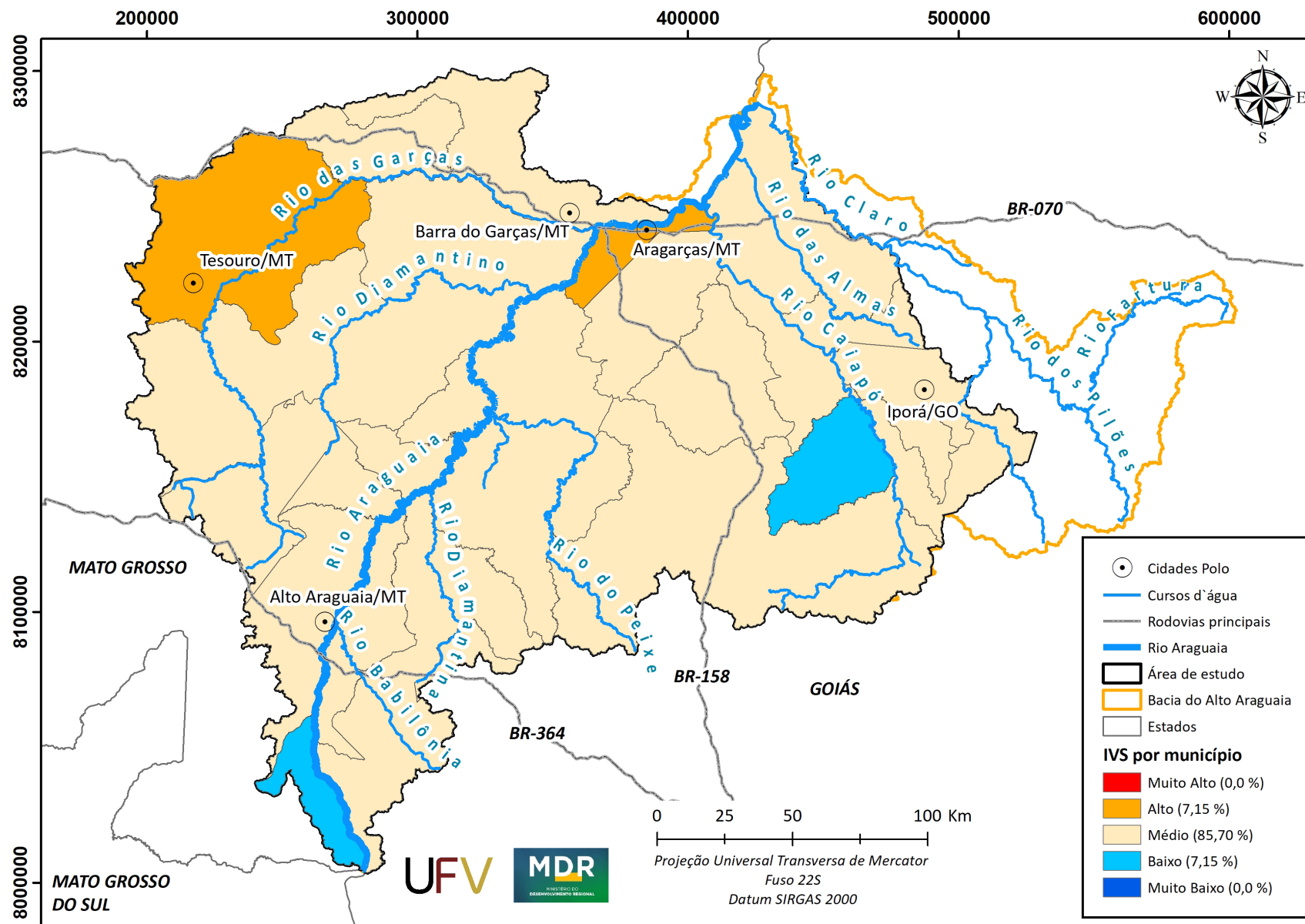


Figura 27 Mapa do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) por município da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

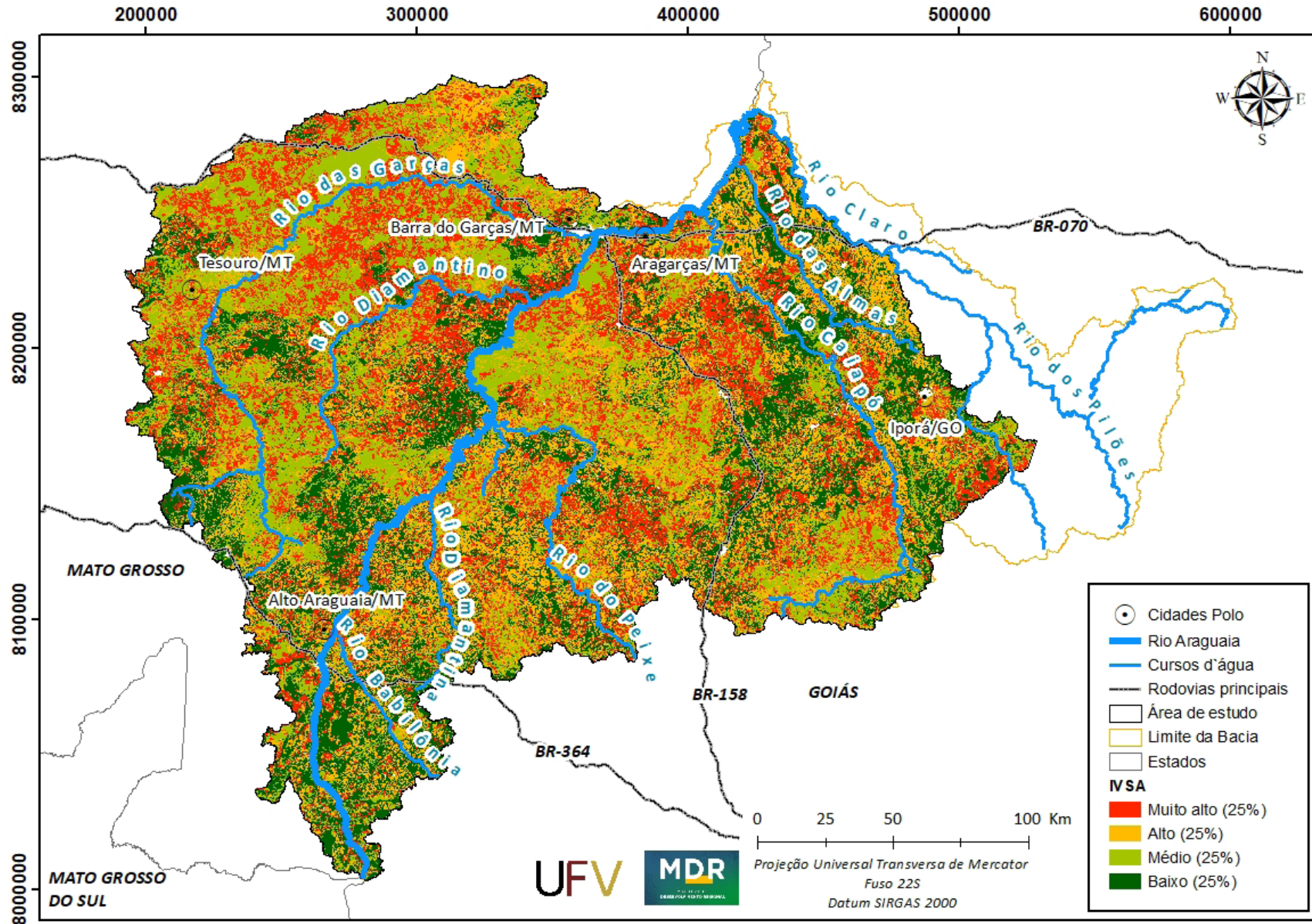


Figura 28 Mapa do Índice de Vulnerabilidade Socioambiental (IVSA) da bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

em Áreas de Recarga. As metodologias adotadas para seleção das áreas prioritárias são apresentadas nos subitens abaixo.

### 3.5.1. RESERVAS DE RECARGA

As áreas de Reserva Legal (RL) disponíveis na base de dados autodeclaratórios do Cadastro Ambiental Rural (CAR), localizadas em Áreas de Recarga (Figura 8) foram selecionadas como prioritárias e denominadas como Reservas de Recarga (RR). Segundo a legislação brasileira, as RL têm, entre outras funções, auxiliar na conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e deve ser mantida com cobertura vegetal nativa pelos proprietários, sendo necessária sua restauração em casos de usos incompatíveis, até o percentual da área do imóvel rural exigido nos termos da Lei 12.651/2012. Nesse contexto, é estratégica a escolha das RL como áreas prioritárias para as ações de restauração do Programa, uma vez que são previamente indicadas pelos proprietários rurais como áreas destinadas à cobertura vegetal nativa. O fluxograma metodológico da determinação das áreas de Reserva de Recarga é apresentado na Figura 29.

Para determinação das áreas de Reserva de Recarga prioritárias à intervenção foram selecionadas aquelas com IVSA alto e muito alto, com áreas superiores à 5ha. As RR prioritárias

totalizaram 54.860 ha, sendo 24.786 ha em Goiás e 30.075 ha em Mato Grosso.

### 3.5.2. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES HÍDRICAS - APPS

As Áreas de Preservação Permanente hídricas (APPs) são potenciais à recuperação no âmbito deste Programa em razão da sua proteção prevista em lei federal (12.651/2012) e devido às suas funções eco-hidrológicas, como a regulação do microclima, provisão de materiais alóctones aos ambientes aquáticos, estabilização físico-química dos recursos hídricos, conservação dos canais e equilíbrio do fluxo superficial e subsuperficial da água (Tambosi et al., 2015). Na Figura 30 é apresentado o fluxograma metodológico para seleção de APPs prioritárias à restauração.

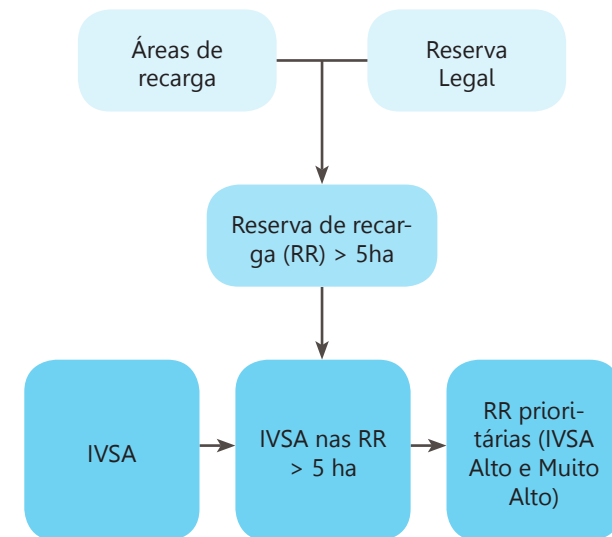


Figura 29 Fluxograma metodológico para seleção de reservas de recarga prioritárias à recuperação.

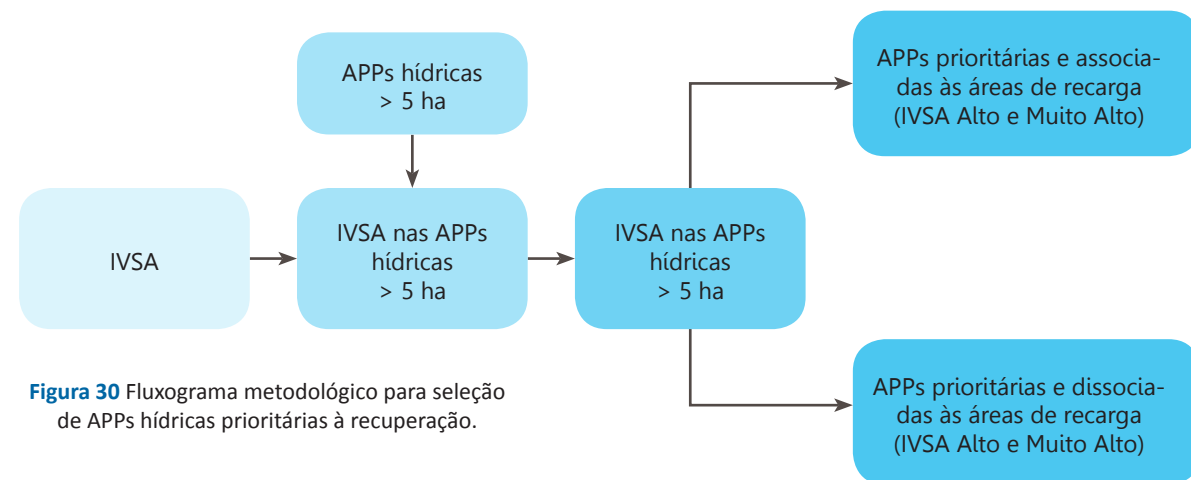


Figura 30 Fluxograma metodológico para seleção de APPs hídricas prioritárias à recuperação.



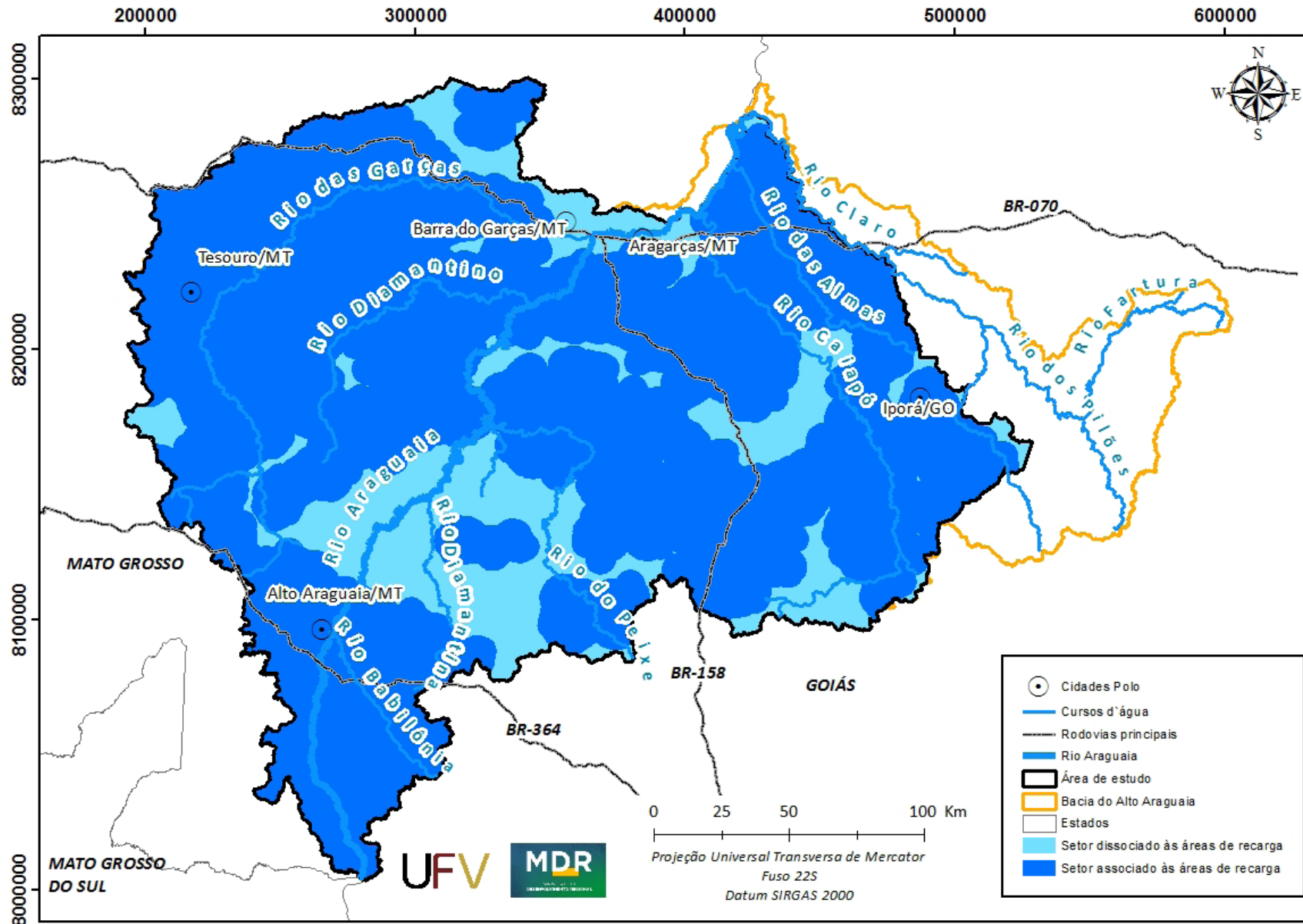


Figura 31 Setores utilizados para seleção de APPs associadas e dissociadas às áreas de recarga.

A determinação das APPs prioritárias à restauração foi realizada considerando dois setores (Figura 31): o primeiro corresponde às APPs associadas à Área de Recarga e o segundo às APPs dissociadas da Área de Recarga. Essa divisão foi realizada com intuito de priorizar as APPs associadas às Áreas de Recarga em função das outras áreas da bacia, de maneira a garantir a manutenção do fluxo superficial e subsuperficial de água advindo das Áreas de Recarga, e ainda, fomentar a conectividade entre os fragmentos prioritários à restauração selecionados nessa área, por meio das APPs.

Foram consideradas APPs associadas à recarga aquelas localizadas no interior das Áreas de Recarga (Figura 8) e em até 5 km dos limites destas, enquanto as demais APPs foram consideradas como não associadas à recarga. As Áreas de Recargas com área inferiores à 4.000 ha foram desconsideradas ao realizar o buffer de 5 km, para priorizar as áreas mais extensas de recarga e evitar a inclusão de quase a totalidade da área da bacia.

Para determinação das APPs prioritárias à intervenção foram selecionadas aquelas com IVSA alto e muito alto, com áreas superiores à 5 ha. No total, as APPs prioritárias foram iguais a 24.957,3 hectares, distribuídas em

**Tabela 10** Totais de Áreas de preservação permanente hídricas prioritárias à recuperação ambiental na bacia hidrográfica do Alto Araguaia, associadas e dissociadas à recarga

Tipo de área	Goiás	Mato Grosso	Total (ha)
APPs Associadas à Recarga (ha)	16.035	3.624	19.659 (78,8%)
APPs Dissociadas à Recarga (ha)	4.712	586	5.298 (21,2%)
Total (ha)	20.747	4.210	24.957

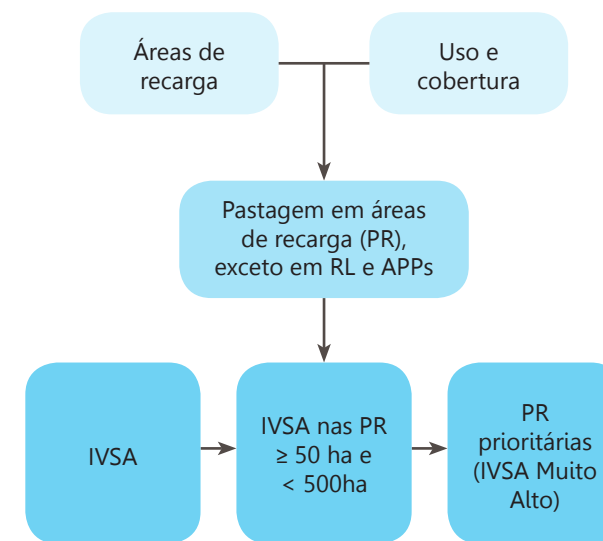
maior parte em APPs Associadas à Recarga (78,8%) (Tabela 10).

### 3.5.3. PASTAGEM EM ÁREAS DE RECARGA

Os solos cobertos por pastagens, localizados em áreas de recarga, são importantes para as ações de recuperação na bacia do Alto Araguaia, principalmente em função das práticas de manejo extensivas e com baixo nível de insu- mos, contribuindo para redução da capacidade de suporte dessas áreas. Para priorizar as áreas cobertas por pastagem e evitar sobreposição com os demais tipos já apresentados, foram excluídas as pastagens encontradas em áreas de RL e APPs. As áreas resultantes dessa etapa foram utilizadas como máscara para extrair as classes de IVSA. Na Figura 32 é apresentado o fluxograma metodológico para seleção de pastagens prioritárias à recuperação ambiental.

Para determinação das áreas de pastagem prioritárias à intervenção foram selecionadas apenas aquelas com IVSA muito alto, com

áreas superiores à 50 ha e inferiores à 500 ha. Esse procedimento foi adotado em função da extensa área de pastagens totalizadas em áreas de recarga. A área total de pastagens prioritárias em áreas de recarga foi de 296.704,2 ha, sendo 132.609,1 e 164.095,1 ha em Goiás e Mato Grosso, respectivamente.



**Figura 32** Fluxograma metodológico para seleção de pastagens em áreas de recarga prioritárias à recuperação.

### 3.5.4. AGRICULTURA EM ÁREAS DE RECARGA

A agricultura e as indústrias a ela associadas consistem em um dos pilares da economia na região da área de estudo. O manejo agrícola dessas áreas normalmente está associado ao elevado nível tecnológico, com uso intensivo da terra ao longo do ano e elevado uso de insumos e máquinas agrícolas. Parte das consequências disso está na exposição do solo ao processo erosivo resultando no assoreamento de cursos d'água. Nesse sentido, a seleção de áreas com uso agrícola como prioritárias, para o Programa Juntos pelo Araguaia, tem a finalidade de identificar áreas com fins de adoção de práticas conservacionistas do solo e da água, uma vez que são áreas com elevado potencial de efeito na conservação dos recursos hídricos da bacia.

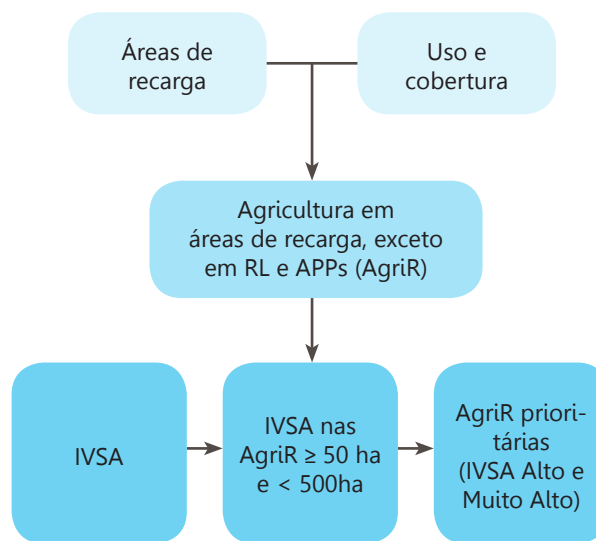
Para priorizar as áreas com uso agrícola e evitar sobreposição com os demais tipos já apresentados, foram excluídas as áreas com cultivo agrícola encontradas em RL e APPs. As áreas resultantes dessa etapa foram utilizadas como máscara para extrair as classes de IVSA. Na Figura 33 é apresentado o fluxograma metodológico para seleção de áreas com cultivo agrícola, prioritárias à intervenção.

Para determinação das áreas agrícolas prioritárias à intervenção foram selecionadas aquelas

com IVSA alto e muito alto, com áreas superiores à 50 ha e inferiores à 500 ha. A área total de áreas agrícolas prioritárias em áreas de recarga foi de 74.785,3 ha, sendo 30.529,1 e 44.256,2 ha em Goiás e Mato Grosso, respectivamente.

### 3.5.5. RESUMO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS À RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO ALTO ARAGUAIA

Na Figura 34 são apresentadas as áreas prioritárias à recuperação ambiental na bacia do Alto Araguaia, totalizando 451.307 ha, sendo 208.671 e 242.635 ha para Goiás e Mato Grosso, respectivamente. Ao considerar a demanda



**Figura 33** Fluxograma metodológico para seleção de áreas agrícolas em zonas de recarga prioritárias à recuperação.

proposta pelo Programa Juntos Pelo Araguaia, de 5.000 ha por estado, esses valores excedem em 41,7 vezes para Goiás e em 48,5 vezes para o Mato Grosso. A proposta desta metodologia foi apresentar área maior do que a demandada pelo Programa, proporcionando opções de escolhas dentre as áreas prioritárias pelos executores, que poderão considerar aspectos logísticos, conectividade de fragmentos, dentre outras variáveis práticas. Na Figura 35 são apresentadas o total de áreas prioritárias por estado e por grupo (Reservas de Recarga, APPs Associadas ou não à Recarga, Pastagem em Recarga e Agricultura em Recarga).

O total de áreas prioritárias selecionadas a restauração e intervenção na bacia do Alto Araguaia, segundo a metodologia proposta, são apresentadas por grupo para cada município, sub-bacia e de Unidades de Conservação, consideradas possíveis unidades de manejo e gerenciamento das ações do Programa (Tabela 11, Tabela 12 e Tabela 13).

Nos Apêndices II, III e IV estão apresentadas, respectivamente, as áreas prioritárias selecionadas à recuperação ambiental por sub-bacias dos principais afluentes do rio Araguaia; por municípios; e por Unidade de Conservação da bacia do Alto Araguaia.

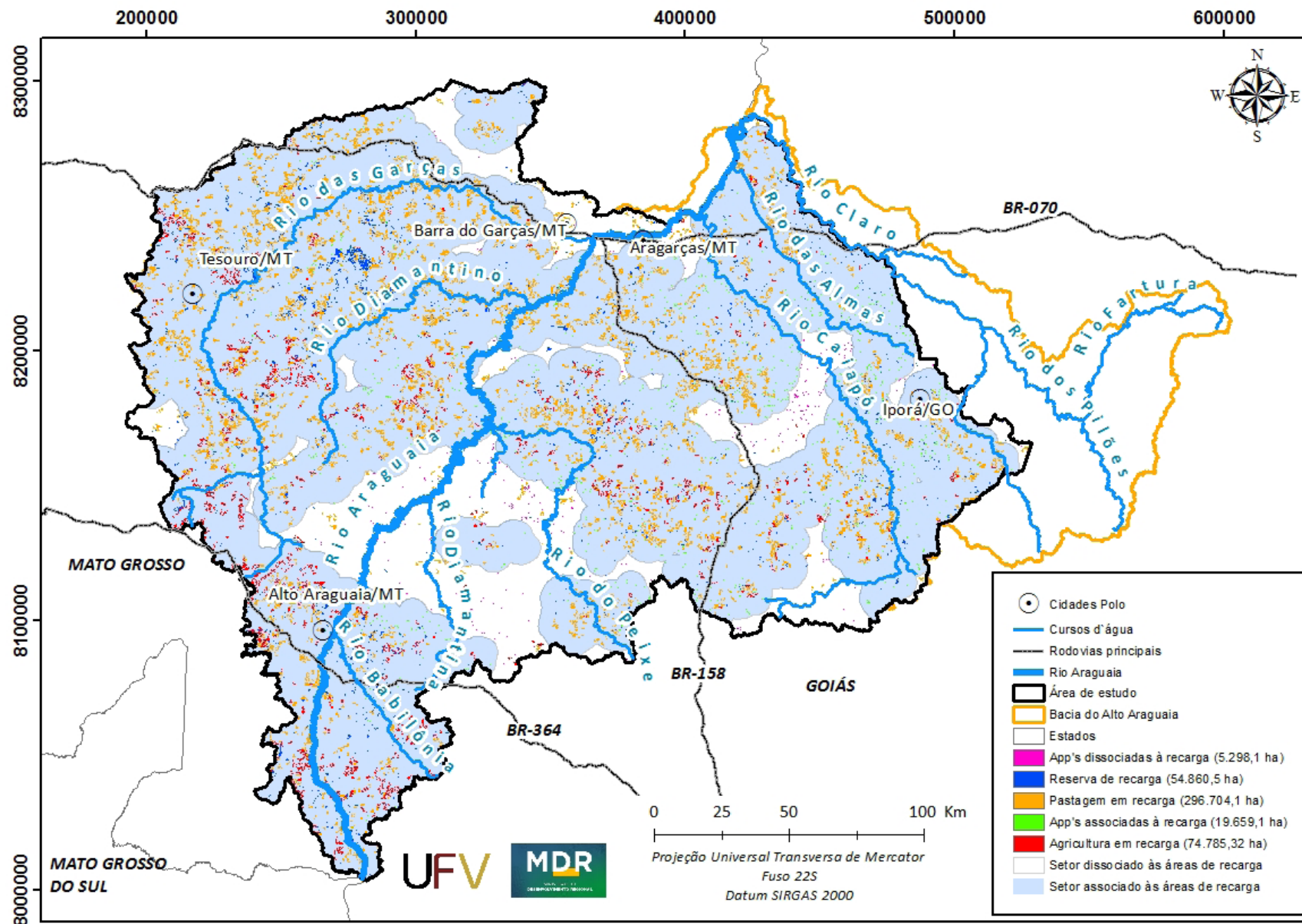


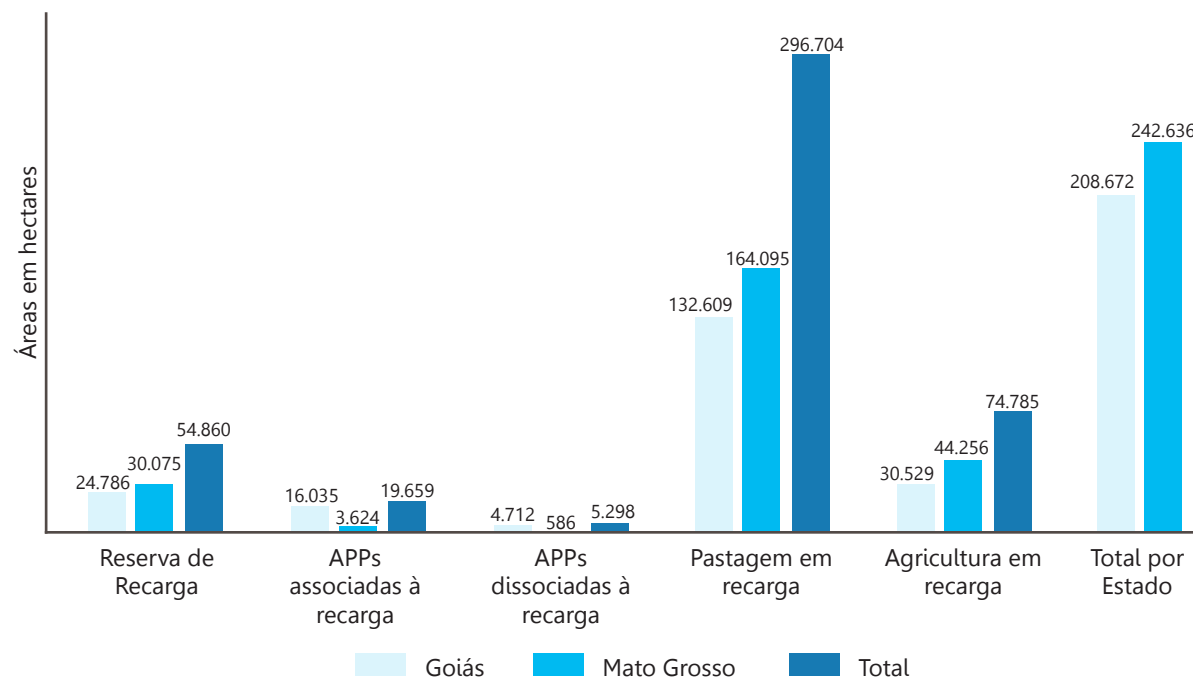
Figura 34 Áreas prioritárias para recuperação ambiental na bacia hidrográfica do Alto Araguaia.

**Tabela 11** Total de áreas prioritárias por tipo e município da área de estudo

Município, UF	Reserva de Recarga (ha)	APPs Associadas à Recarga (ha)	APPs Dissociadas à Recarga (ha)	Pastagem em Recarga (ha)	Agricultura em Recarga (ha)	Total (ha)
ARAGARÇAS, GO	67,86	139,5	49,86	1425,42	31,23	1713,87
ARENÓPOLIS, GO	282,33	2403,27	257,4	604,8	0	3547,8
BALIZA, GO	31,14	204,21	514,08	1464,21	308,79	2522,43
BOM JARDIM DE GOIÁS, GO	1175,13	1384,2	479,43	792,45	61,47	3892,68
CAIAPÔNIA, GO	5847,84	1048,5	3348,63	3466,26	1329,12	15040,35
DIORAMA, GO	211,32	1031,67	557,01	0	13,59	1813,59
DOVERLÂNDIA, GO	617,49	2125,08	923,94	660,51	31,59	4358,61
IPORÁ, GO	760,68	919,17	1703,7	46,26	17,46	3447,27
IVOLÂNDIA, GO	1223,73	346,5	525,51	2404,26	45,63	4545,63
MINEIROS, GO	3076,56	706,14	1025,55	595,62	429,03	5832,9
MONTES CLAROS DE GOIÁS, GO	2384,55	175,23	2275,38	1578,96	35,64	6449,76
PALESTINA DE GOIÁS, GO	1422,99	200,88	1516,59	956,52	141,21	4238,19
PIRANHAS, GO	1140,12	2137,5	660,87	1781,1	76,77	5796,36
PORTELÂNDIA, GO	174,96	53,91	74,25	0	46,26	349,38
SANTA RITA DO ARAGUAIA, GO	1756,89	119,25	833,76	308,07	198,9	3216,87
ALTO ARAGUAIA, MT	2538,9	201,78	442,35	2744,37	417,24	6344,64
ALTO GARÇAS, MT	2099,88	93,06	512,64	1302,39	878,67	4886,64
ALTO TAQUARI, MT	1052,64	0	37,62	479,52	697,68	2267,46
ARAGUAINHA, MT	253,62	216,45	81,81	97,56	7,29	656,73
BARRA DO GARÇAS, MT	833,58	277,2	423	1817,82	272,7	3624,3
GENERAL CARNEIRO, MT	827,82	96,39	264,51	3580,74	96,03	4865,49
GUIRATINGA, MT	7427,07	171,72	1177,92	11747,97	1387,62	21912,3
PONTAL DO ARAGUAIA, MT	5041,53	125,37	693,18	10210,5	127,44	16198,02
PONTE BRANCA, MT	106,11	297,27	41,94	59,49	0	504,81
RIBEIRÃOZINHO, MT	101,88	53,19	240,66	1086,3	0	1482,03
TESOURO, MT	11925	7,29	1937,52	22256,82	3280,77	39407,4
TORIXORÉU, MT	1276,11	330,03	1175,04	4268,97	75,33	7125,48

**Tabela 12** Total de áreas prioritárias por grupo e sub-bacia do Alto Araguaia

Sub-bacia	Reserva de Recarga (ha)	APPs Associadas à Recarga (ha)	APPs Dissociadas à Recarga (ha)	Pastagem em Recarga (ha)	Agricultura em Recarga (ha)	Total (ha)
Bacia do rio Araguaia	7.504	3.166	2.094	11.359	1.799	25.924
Bacia do rio Babilônia	2.377	568	25	84	116	3.170
Bacia do rio Caiapó	8.877	6.442	7.495	6.722	885	30.421
Bacia do rio Claro	1.929	1.783	560	2.579	79	6.931
Bacia do rio das Garças	20.302	4.231	664	41.438	5.306	71.941
Bacia do rio Diamantina	415	526	958	10.909	150	12.957
Bacia do rio Diamantino	8.440	1.357	252	2.221	748	13.018
Bacia do rio do Peixe	2.710	2.312	1.992	426	908	8.348
Bacia do rio das Almas	1.104	1.389	823	0	16	3.333



**Figura 35** Áreas prioritárias selecionadas para a recuperação ambiental da bacia hidrográfica do Alto Araguaia, por estado e por tipo de área.

**Tabela 13** Total de áreas prioritárias em reserva de recarga, app hídricas (associadas e dissociadas à recarga), pastagem e agricultura em recarga nas unidades de conservação

Área Protegida (Unidades de Conservação)	Município (UF)	Reserva de Recarga (ha)	APPs Associadas à Recarga (ha)	APPs Dissociadas à Recarga (ha)	Pastagem em Recarga (ha)	Agricultura em Recarga (ha)	Total (ha)
APA Rio Araguaia, Córrego Rico, Couto Magalhães e Rio Araguainha	Alto Araguaia	439,3	208,5	160,6	27,5	0,0	835,8
APA Ribeirão Claro, Água Emendada, Paraíso e Rio Araguainha	Alto Araguaia	1177,1	203,0	34,8	129,1	172,6	1716,7
APA Ribeirãozinho e Alcantilado do Rio Araguaia	Ribeirãozinho	10,9	9,1	0,0	16,7	0,0	36,6
APA Cachoeira da Fumaça	Tesouro	31,8	0,0	0,0	8,2	0,0	40,0
APA Córrego do Mato	Ponte Branca	6,4	0,0	10,0	0,0	0,0	16,4
APA Córrego Gordura e Córrego Boiadeiro	Alto Araguaia	45,5	0,5	0,0	815,9	0,0	861,8
APA Nascente do Rio Araguaia	Alto Taquari	570,5	18,9	0,0	234,9	217,4	1041,7
APA Rio Bandeira, Rio das Garças e Rio Taboca	Guiratinga	461,3	125,4	31,0	1126,7	32,1	1776,4
APA Ribeirão da Aldeia e Rio das Garças	Guiratinga	193,6	69,5	0,0	511,8	22,1	797,0
APA Ribeirão do Sapo	Alto Taquari	388,0	0,0	0,0	78,8	100,5	567,3
APA Ribeirão do Sapo e Rio Araguaia	Alto Araguaia	309,7	0,0	0,0	243,9	385,7	939,3
APA Tadarimana	Guiratinga	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Parque Estadual Serra Azul	Araguaiana/Barra do Garças	0,0	0,0	9,1	0,0	0,0	9,1
Monumento Natural Confusão	Tesouro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Parque Natural Celebra	Tesouro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Parque Natural Córrego Boiadeiro	Alto Araguaia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>TOTAL</b>		<b>3634,0</b>	<b>634,9</b>	<b>245,4</b>	<b>3193,3</b>	<b>930,4</b>	<b>8638,0</b>

### 3.6. CAMPANHAS DE CAMPO

Com o objetivo de conhecer as paisagens, documentar e validar algumas informações referentes às classes de solo, seu uso e ocupação, características da vegetação natural, formação do relevo, características socioeconômicas e demográficas da região, dentre outras informações relevantes ao trabalho, foram realizadas duas campanhas de campo na bacia do Alto Araguaia no mês de outubro de 2019.

As atividades foram divididas e executadas por duas equipes de campo, compostas por 10 membros do projeto, entre professores, técnicos e estudantes de graduação, mestrado e doutorado da Universidade Federal de Viçosa, com conhecimentos em diferentes áreas de estudo relacionadas ao projeto, como hidrologia, hidráulica, geoprocessamento, ciências do solo, ciências florestais e ciências econômicas. Entre os dias 05 e 12 de outubro de 2019, na Rota 1, foram percorridos aproximadamente 1.100 km de estradas, contemplando os diferentes ambientes próximos aos limites da área de estudo. Na Rota 2, entre os dias 12 e 15 de outubro foram 700 km percorridos, contemplando os ambientes localizados no interior da área de estudo (Figura 36). Ao todo, nas Rotas 1 e 2, foram 1.800 km de estradas, percorrendo parte do território de 24 dos 28 municípios da área de

estudo (12 em Goiás e 12 no Mato Grosso), nas porções alto, médio e baixo curso da bacia, com elevações que variaram entre 296 e 943 metros de altitude.

Entre as atividades que foram desenvolvidas em campo estão a documentação da paisagem com fotografias digitais e vídeos aéreos feitos com Drone (DJI-Phantom 4) para validação e reconhecimento de informações mapeadas remotamente, marcação de pontos em GPS de locais relevantes para validação de características da bacia, como uso e cobertura do solo, solo exposto, voçorocas, pastagens degradadas, além de análise *in situ* de características pedológicas e geomorfológicas pelos especialistas de solos da equipe. Dentre os aspectos relacionados à vulnerabilidade social, o objetivo foi validar os resultados mapeados remotamente a fim de verificar questões que influenciam no bem-estar da população, seja no que tange à qualidade de serviços ou nos benefícios associados à fonte de renda e trabalho, como os investimentos em saúde, educação, saneamento, mas, principalmente, a infraestrutura. As informações levantadas a campo relacionadas à socioeconomia foram fundamentais para avaliar se as tipologias determinadas no cálculo do IVS refletiam a realidade dos setores censitários.

Os Estados em questão se caracterizam por uma baixa densidade populacional nas áreas rurais. Enquanto Mato Grosso possui cerca de 80% da sua população residindo nas áreas urbanas, Goiás apresenta um percentual de 90% de pessoas vivendo em cidades ou outras tipologias consideradas urbanas. Essa realidade ficou evidente nos 24 (vinte e quatro) municípios visitados. As imagens apresentadas abaixo ilustram essa realidade (Figura 37).

Dentre os municípios visitados, Tesouro, General Carneiro e Guiratinga, do Estado de Mato Grosso, apresentam os setores censitários com os mais elevados índices de vulnerabilidade social. Enquanto os municípios, também mato-grossenses, de Alto Taquari, Portelândia e Iporá de Goiás, figuram-se entre os municípios com setores menos vulneráveis (Figura 38).

Alto Taquari (MT), Alto Garças (MT), Portelândia (GO) e Alto Araguaia (MT), são as cidades com os maiores PIB *per capita*, o que reflete melhores padrões de bens e serviços oferecidos à população. Em diferentes regiões da bacia foi possível observar situações precárias de ocupação, moradia e infraestrutura. A infraestrutura dos núcleos urbanos e rurais das cidades percorridas é distinta. O setor rural é



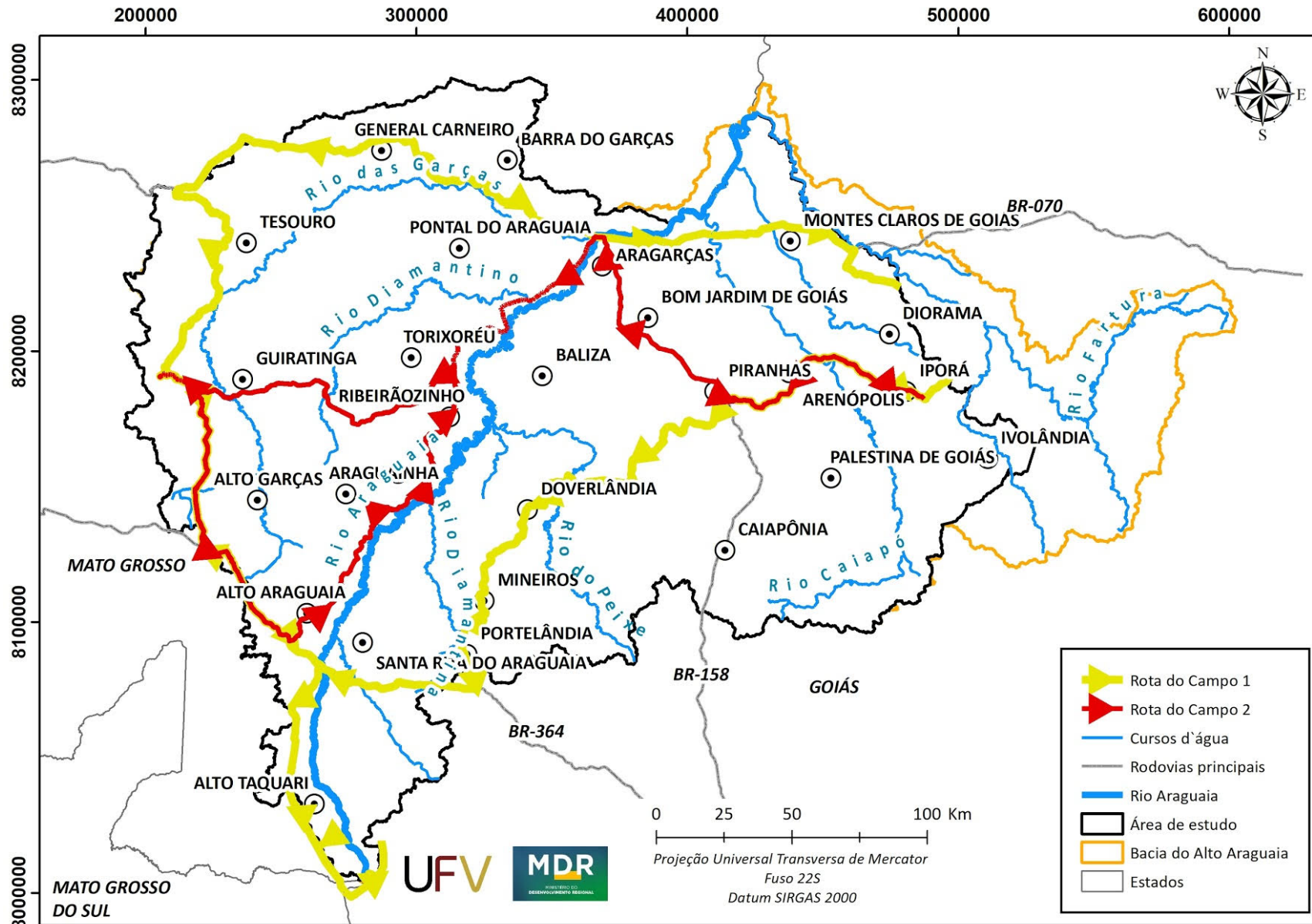
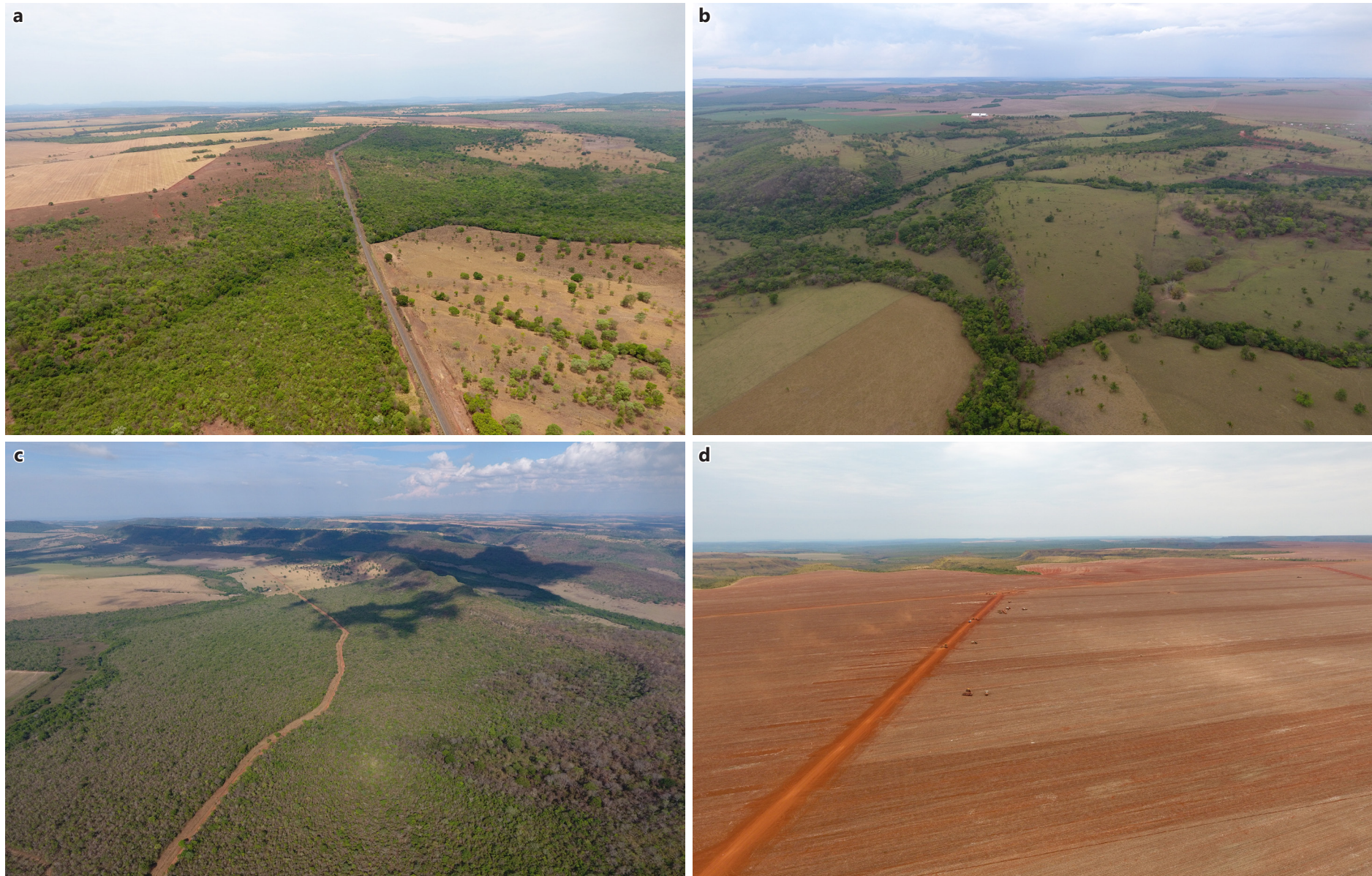


Figura 36 Rotas das campanhas de campo realizadas na bacia do Alto Araguaia.



**Figura 37** Exemplos que evidenciam a baixa concentração de população no campo: (a) Montes Claros de Goiás; (b) Alto Taquari; (c) Sobrevoos de drone no município de Portelândia evidenciando a tendência dos municípios de Mato Grosso e Goiás em possuírem baixa densidade demográfica; (d) padrão de agricultura mecanizada para produção de grãos que demanda baixo uso de mão-de-obra, o que acaba gerando poucos empregos no campo, sendo um fator importante para compreender a baixa densidade populacional na zona rural.



Figura 38 Imagens representativas de algumas cidades visitadas na viagem de campo: (a) Tesouro (MT); (b) General Carneiro (MT); (c) Alto Taquari (MT); (d) Iporá (GO).

caracterizado por baixa densidade demográfica, economia baseada na pecuária, cadeia produtiva de soja, milho, algodão, cana-de-açúcar com agricultura altamente mecanizada, notadamente nas áreas de chapadões do Araguaia. A respeito do acesso a infraestruturas nas áreas rural e urbana, percebe-se a presença de energia elétrica na maioria das residências, a água tratada é presente de forma mais expressiva na área urbana do que a rural, que também apresenta melhor saneamento básico, corroborando com os dados mapeados (Figura 39).

Quanto aos aspectos ambientais, o curso de água principal da área de estudo é o Rio Araguaia, que apresenta extensão total de cerca de 600 km no limite da bacia do Alto Araguaia. Esse rio nasce na Serra dos Caiapós, na divisa de Goiás e Mato Grosso do Sul e corre de Sul para o Norte, até desaguar no rio Tocantins. A Figura 40 mostra uma das suas nascentes próxima ao Parque Nacional das Emas, em Goiás.

Seus principais afluentes pela margem direita são o os rios Claro, Caiapó, das Almas, do Peixe, Diamantina e Babilônia e, pela margem esquerda, os rios das Garças e Diamantino. Durante o trabalho de campo foi possível documentar algumas dessas drenagens princi-

pais da bacia, entre elas o rio Caiapó, o rio das Garças e o rio Araguaia, conforme apresentado nas Figura 40b, Figura 40c e Figura 40d.

A bacia do Rio Araguaia já possui uma classificação pedológica da bacia numa escala de 1:250.000, onde as classes: RQo - Neossolo Quartzarênico Órtico (22,86%), CXbd - Cambissolo Háptico Tb Distrófico (20,97%), LVd - Latossolo Vermelho Distrófico (19,34%) e LVAd - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (13,41%) representam pouco mais que 75% da área de estudo, sendo elas as mais representativas. Com exceção do Cambissolo, nessas classes concentra-se a maior parte da produção agrícola da bacia, como plantios de soja, milho, cana-de-açúcar e algodão, além de significativas áreas de pastagem.

Um dos objetivos do trabalho de campo foi observar algumas classes de solos e avaliar sua relação com a paisagem, observando sua interação com áreas antrópicas e naturais, além de aspectos relacionados ao manejo e conservação do solo.

Nas proximidades do município de Torixoréu, no Estado do MT, observamos um perfil de solo em talude de estrada, caracterizado por uma vegetação de baixa densidade e sinais de

erosão em sulco no horizonte C (Figura 41a). Esta classe de solo ocorre em relevo plano ou suave ondulado, com textura arenosa ao longo do perfil e cor amarelada abaixo do horizonte A, que é ligeiramente escuro. O fato de sua textura ser arenosa torna esse solo mais susceptível a processos erosivos, sendo necessário a adoção de medidas de controle e prevenção. Sua profundidade contribui para o desenvolvimento radicular, não impondo limitações físicas as plantas.

Na Figura 41b temos um Nitossolo, localizado na MT-100, entre os municípios de Alto Araguaia e Araguinha. Essa classe de solo apresenta cores vermelhas e vermelho-escuras, sendo argilosos ou muito argilosos, de estrutura em blocos fortemente desenvolvidos, derivados de rochas básicas e ultrabásicas. São adequados a agricultura, mesmo que apresentem necessidade de aplicação de corretivos, porém, apresentam alto risco de erosão devido aos relevos acidentados a que estão associados.

Na MT-270, nas proximidades de Guiratinga, foi possível observar um Latossolo Vermelho Amarelo sob um grande plantio de algodão recém colhido (Figura 41c). Os latossolos são responsáveis por grande parte da produção



**Figura 39** Imagens representativas de moradia observadas em campo: (a) Moradia padrão em área de cultivo agrícola, no qual apresenta boas condições de infraestrutura no meio rural com cerca de árvores de Eucalipto; (b) Ocupações encontradas nas proximidades das estradas principais que ligam os municípios nas cidades percorridas; (c) Exemplos de moradias localizadas nas proximidades de Torixoréu em Mato Grosso. Área com alta vulnerabilidade social e ambiental; evidenciando a correlação entre social e ambiental.



**Figura 40** Imagens de parte da rede hidrográfica documentada em campo: (a) uma das nascentes do rio Araguaia, próxima ao Parque Nacional das Emas, GO (E=282192 N=8007108) (b) rio Caiapó, na divisa entre os municípios Diorama e Arenópolis, Goiás (E=0450242 e N=8197577); (c) rio das Garças, em Guiratinga, MT (E=230457, N=8182670); e (d) rio Araguaia, em Pontal do Araguaia, MT (E=365802 e N=8241470). SIRGAS2000, FUSO 22 S.



**Figura 41** Imagens de perfis de solo documentados em campo: (a) perfil de Neossolo Quartzarênico em Torixoréu, MT (E= 335246 e N= 8217860); (b); perfil de Nitossolo na MT-100, entre os municípios de Alto Araguaia e Araguaína (E= 271731 e N= 8109452); (c) Latossolo Vermelho Amarelo nas proximidades de Guiratinga, MT (E= 256130 e N=8187432). SIRGAS2000, FUSO 22 S.

de grãos do país, pois ocorrem predominante em áreas de relevo plano e suave ondulado, propiciando a mecanização agrícola, atividade muito comum nos chapadões do Araguaia.

No percurso percorrido nas duas rotas de campo foi possível observar as distintas paisagens que compõem a bacia na área de estudo. Parte da paisagem é formada por grandes extensões de relevo suave ondulado, formando chapadões, que favorecem o uso agrícola intensivo com produção de grãos e biomassa (Figura 42a). Em diferentes regiões da bacia, a presença da chapada está associada a regiões de ruptura do relevo em suas bordas, com aumento abrupto da declividade, em que a maior parte a cobertura vegetal é preservada em função da baixa aptidão para outros usos (Figura 42b). Em outras regiões distribuída pela bacia foi possível encontrar relevos ondulados, com intensa rede de drenagem, associadas ou não às bordas de chapadas (Figura 42c). Na região do baixo curso da bacia, os terraços fluviais compõem a paisagem, como em Aragarças, MT (Figura 42d).

Nas regiões percorridas em campo, foi possível identificar algumas das formações vegetais características do bioma (Figura 43), como por exemplo, o Cerrado *stricto sensu*, Florestas

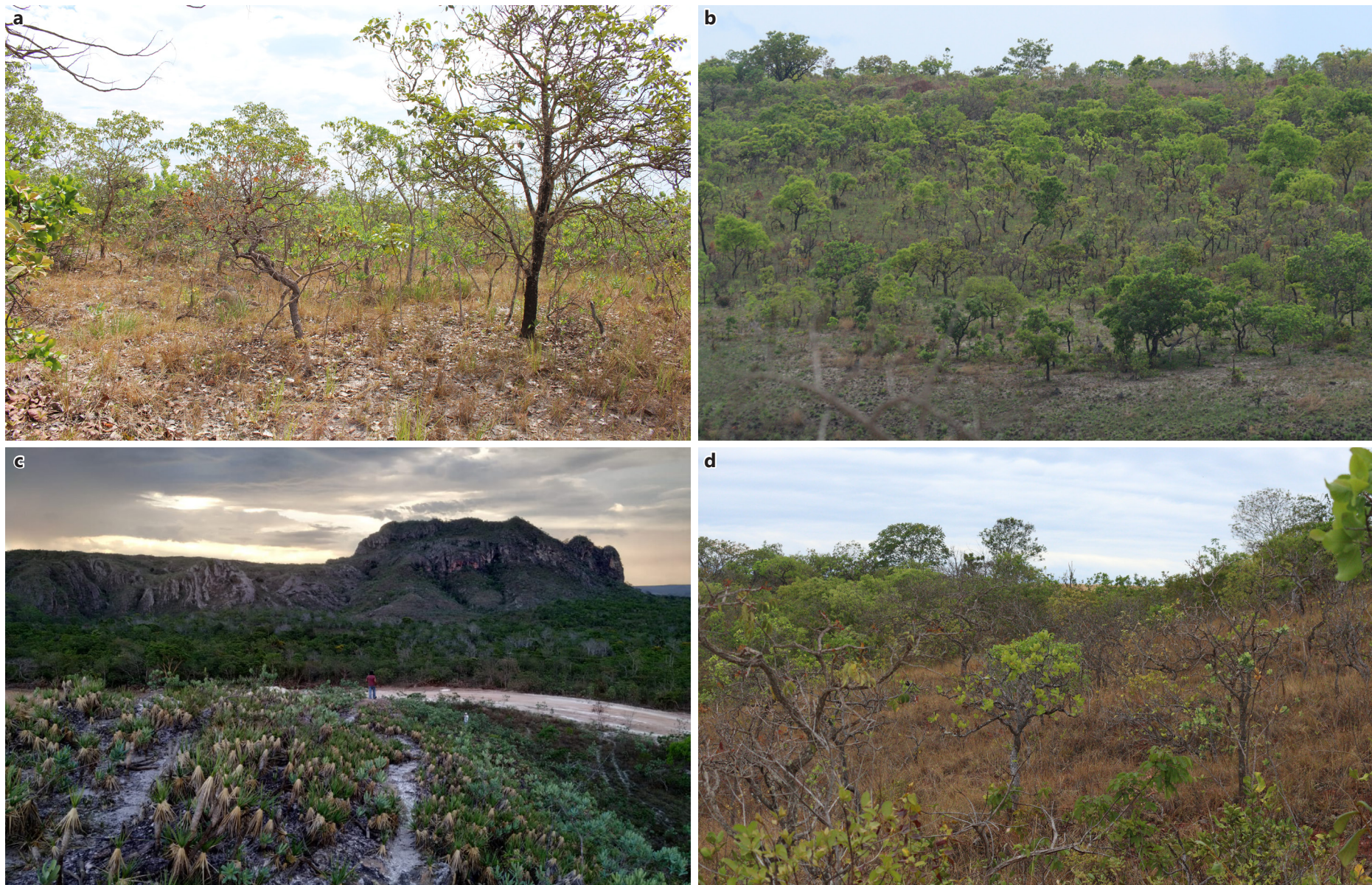
Estacionais Semidecíduais e Campo Rupestre, além da presença de veredas associadas à rede de drenagem em toda a extensão da área da bacia. Na maior parte das vezes, a cobertura vegetal nativa estava associada à rede de drenagem, ao relevo declivoso e ao solo raso (pedregoso), em pequenos fragmentos na maior parte das áreas percorridas, mas em extensas áreas contínuas em regiões mais distantes da malha de transporte estaduais e federais, principalmente pavimentada.

Dentre os objetivos da ida à campo estava a identificação das degradações ambientais existentes na área da bacia. Foram identificados diferentes níveis de degradação em função de possíveis intervenções e manejos inadequados. O solo exposto foi a principal degradação encontrada, principalmente associada às pastagens. Em outras áreas, foi possível observar a ausência de cobertura florestal em Áreas de Preservação Permanente hídricas (APP) hídricas, com processo erosivo avançado e efeito direto no assoreamento dos cursos d'água. No período das atividades em campo algumas áreas estavam em processo de conversão da vegetação nativa para outro uso do solo, utilizando técnicas de derrubada, enleiramento e queima do material lenhoso (Figura 44).





**Figura 42** Imagens representativas de algumas feições do relevo encontradas na campanha de campo: (a) Chapadão com latossolo e uso agrícola em extensas áreas, Guiratinga, MT (E=263.174 e N=8.188.895); (b) Região de borda de chapada, Mineiros, GO (E=297.588 e N=8.077.217); (c) Região de intensa rede de drenagem, coberta com vegetação nativa, próxima à borda de chapada, Guiratinga, MT (E=218.044 e N=8.167.780); (d) Terraço da bacia do Alto Araguaia, Aragarças, GO (E=376.867 e N=8.240.835). Datum: SIRGAS2000, FUSO 22 S.



**Figura 43** Exemplos de formações vegetais encontradas em campo: (a) Cerrado *stricto sensu*, Piranhas, GO, altitude de 755 metros (E=398.742 e N=8.171.063); (b) Cerrado em reserva indígena, General Carneiro, MT (E=280.583 e N=8.275.014); (c) Campo rupestre sob arenito metamorfozido no astroblema de Araguaína, GO. (E=288.713 e N=8.142.419); (d) Cobertura campestre sobre solo pedregoso Guiratinga, MT (E=218.044 e N=8.167.780). Datum: SIRGAS2000, FUSO 22 S.



**Figura 44** Situações de potencial de degradação ambiental encontradas durante a viagem de campo. (a) Erosão em solo de Área de Preservação Permanente hídrica do rio Caiapó na divisa entre os municípios Diorama e Arenópolis, Goiás (E=450.242 e N=8.197.577); (b) Solo exposto em área de pastagem, Piranhas, GO (E=412.183 e N=8.180.787); (c) Alteração recente do uso e cobertura do solo, corte, enleiramento da vegetação nativa, Doverlândia, GO (E=397.901 e N=8.148.111); (d) Assoreamento no rio Caiapó, Aragarças, GO (E=408.769 e N=8.242.977). Datum: SIRGAS2000, FUSO 22 S.

## 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abatzoglou, J.T.; S.Z. Dobrowski, S.A. Parks; K.C. Hegewisch. Terraclimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015, *Scientific Data* 5:170191, 2018, doi: 10.1038/sdata.2017.191.
- Adhikari, K.; Hartemink, A. Linking soils to ecosystem services - A global review. *Geoderma*, v. 262, p. 101-111, 2016.
- Almeida, C.O.S.; Amorin, R.S.S.; Eltz, F.L.F.; Couto, E.G.; Pelissari, A.L. Correlação do índice de erosividade (EI30) com o coeficiente de chuvas em Cáceres (MT) e Rondonópolis (MT). *Proc. XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, Uberlândia, pp. 1-4, 2011.
- Alvarez, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L.D.M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711-728. 2014. doi: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Agápito, A. O.; Vianna, D. S.; Candido, L. A.; Meza, E. B. M.; Vianna, M. D. F. D., 2016. Utilização do Método de Análise Hierárquica (Ahp) Como Ferramenta de Auxílio Multicritério no Processo de Decisão de Priorização de Projetos de Ciência, Tecnologia e Inovação na Amazônia Azul. *Blucher Marine Engineering Proceedings*, v. 2, n. 1, p. 474-483.
- Ahsan, N.; Warner, J. The socioeconomic vulnerability index: A pragmatic approach for assessing climate change led risks - A case study in the south-western coastal Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 8, p.32-49. 2014.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. *Conservação do solo*. 9. ed. São Paulo: Ícone. 355 p. 2014.
- Cabacinha, C. D.; Castro, S.S; Gonçalves, D.A. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Rio Araguaia na Savana brasileira. *FLORESTA*, V.40, N.4, p. 676-690, 2010.
- Carvalho, H. de P.; Dourado Neto, D.; Teodoro, R. E. F.; Melo, B. de. Balanço hídrico climático, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. *Bioscience Journal*, v. 27, n. 2, p. 221-229, 2011.
- Corta, M.; Marguti, B.O. *Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros*, Brasília: IPEA. 2015.
- Di Raimo, L.A.L. *Potencial Natural de Erosão Hídrica Para o Estado de Mato Grosso*. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Mato Grosso, 125 p., 2017.
- Durães, M. F.; Mello, C. R. Distribuição espacial da erosão potencial e atual do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí, MG. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v. 21, n. 4, p. 677-685. 2016.
- Falkenmark, B.M.; Andersson, L.; Castensson, R.; Sundblad, K.; Batchelor, C.; Gardiner,

- J.; Lyle, C.; Peters, N.; Pettersen, B.; Quinn, P.; Rockstrom, J.; Yapijakis, C. Water: A Reflection of Land Use. Options for Counteracting Land and Water Mismanagement. Stockholm, *Swedish Natural Science Research Council*. 1999.
- Falkenmark, M. Water a reflection of land use: Understanding of water pathways and quality genesis. *International Journal of Water Resources Development*, 27, 13–32. 2011. doi: <https://doi.org/10.1080/07900627.2010.536943>
- Fang, H.; Sun, L.; Tang, Z. Effects of rainfall and slope on runoff, soil erosion and rill development: an experimental study using two loess soils. *Hydrological Processes*, 29(11), 2649–2658. 2014. doi:10.1002/hyp.10392
- Freeze, R. A.; Cherry, J. A. 1979. *Groundwater*. Prentice Hall Englewood Cliffs, traduzido por Gomes, R. M.; Galvão, P. e Oliveira Everton, 681p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Mapeamento de recursos natural do Brasil*. Escala 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE. 2018.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário*. 2011. Rio de Janeiro: IBGE.
- Landis, J.r. E Koch, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.
- Lang, S. Object-based image analysis for remote sensing applications: Modeling reality — Dealing with complexity. In: Blaschke, T; Lang, S; Hay, G.J. (Eds.), *Object Based Image Analysis*, Springer, Heidelberg, Berlin, New York (2008), pp. 1-25.
- Lepsch, I.F.; Espindola, C.R.; Vischi Filho, O.J.; Hernani, L.C.; Siqueira, D.S. *Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2015.
- MapBiomas. *MapBiomas Project collection 3 of Brazilian land cover & use map series*. 2019. <http://mapbiomas.org>.
- Miranda, H. S.; Sato, M. N.; Neto, W. N.; Aires, F. S. Fires in the cerrado, the Brazilian savanna. *Tropical fire ecology*. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 427-450. 2009.
- Monteiro, L.I.B.; Pruski, F.F.; Calegario, A.T.; Oliveira, A.N.G.; Pereira, S.B. Methodology for payment for ecosystem services based on the concept of land use and management capability. *Soil Use and Management*, 34, 515-524. 2018. doi: <https://doi.org/10.1111/sum.12442>
- Morais, R.C.S.; Sales, M.C.L.; Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí -Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica/Estimation of the Natural Soil Erosion Potential of the Upper Gurguéia Basin, Piauí-Brazil (...). *Caderno de Geografia*. PUC Minas, 27(1), 84-105. 2017.
- Paula, M.B.; Oscar, N.M. Land-use planning based on ecosystem service assessment: A case study in the Southeast Pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 154, 34-43. 2012. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.07.010>
- Pereira, S.B.; Pruski, F.F.; Silva, D.D.; Matos, A.T. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7, 423–429. 2003. doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300003>
- Pruski, F.F. *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. Viçosa: UFV. 2009.
- RIO GRANDE DO SUL. *Manual de conservação do solo*. 1. ed. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura. 1979.
- Running, S., Mu, Q., Zhao, M. 2017. MOD16A2 MODIS/Terra Net Evapotranspiration 8-Day L4 Global 500m SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC.

- <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD16A2.006>
- Saaty, R.W. The analytic hierarchy process - what it is and how it is used. *Mathematical modelling*, v. 9, n. 3-5, p. 161-176. 1987.
- Salgado, H.; Bailey, J.; Tiller, R.; De Kok, J.; Richards, R. General model for socio-economic vulnerability, *OCEAN CERTAIN*, FP7-ENV-2013.6.1-1, 2014. Project number 603773.
- Santos O.C.; Ferreira Júnior, G.F.; Parente, L.L. Detecção de processo de degradação em áreas de pastagens no bioma cerrado: uma análise baseada em dados de sensoriamento remoto de resolução espacial moderada. In: ANAIS DO XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais eletrônicos... Campinas, GALOÁ, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/trabalhos/deteccao-de-processo-de-degradacao-em-areas-de-pastagens-no-bioma-cerrado--uma-analise-baseada-em-dados-de-sensoriamento>> Acesso em: 12 fev. 2020.
- Tambosi, L.R.; Vidal, M.M.; Ferraz, S.F. de B.; Metzger, J.P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estud. av.*, São Paulo, v.29, n.84, p.151-162. 2015. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010>.
- Vasconcelos, V.V; Martins Junior, P.P.; Hadad, R.M. Methodology for rapid assessment of aquifer recharge areas. *Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 6-6. 2013.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington: USDA, 58 p. 1978.

# APÊNDICES

## Apêndice I

**Tabela I.1** Unidade de mapeamento de solos (UMS) e classe de potencial pedogeológico à recarga hídrica (Classe) nos terraços e planícies aluviais

UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe
CXbd66*	3	FXd5*	2	LVAAd21*	3	LVd9*	4
FTd3*	2	GMbe	2	LVAAd22*	3	LVw14	4
FTd4*	2	GMbe1*	2	LVAAd7	3	RQo10*	3
FXd1*	2	GXbd11*	2	LVd10*	4	RQo16*	3

**Tabela I.2** Unidade de mapeamento de solos (UMS) e classe de potencial pedogeológico à recarga hídrica (Classe) no embasamento cristalino

UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe
CXbd1	2	LVd11	4	PVAd11	5	PVAe9	3
CXbd12	2	LVd18	5	PVAd14	5	PVAe9*	3
CXbd16	2	LVd18*	5	PVAd22	3	PVd1*	3
CXbd25	2	LVd26	5	PVAd8	3	RLd1	1
CXbd26	2	LVd29	4	PVAe1	3	RLd10	1
CXbd29	2	LVd32	5	PVAe11	3	RLd11	1
CXbd43	2	LVd34	5	PVAe14	3	RLd14	1
CXbd45	2	LVd7	4	PVAe17	3	RLd20*	1
CXbd54	2	LVdf3*	4	PVAe2	3	RLd27	1
CXbd9	2	LVdf9	4	PVAe23	3	RLd9	1

continua... →

continuação... →

UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe
CXbe2	2	LVw11	4	PVAe24	3	RLe1*	1
CXbe3	2	LVw12	4	PVAe25	3	RLe5	1
CXbe6	2	LVw18	4	PVAe29	3	RQo14	4
LVAAd12*	4	LVw2	4	PVAe4	3	RQo19	4
LVAAd4	4	LVw9	4	PVAe6	3	RQo22	4
LVAAd6	4	NVef1	4	PVAe7	3	RQo4*	4
LVd10*	4	PVAd1	5	PVAe8	3		

**Tabela I.3** Unidade de mapeamento de solos (UMS) e classe de potencial pedogeológico à recarga hídrica (Classe) nas chapadas e divisores tabulares

UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe
CXbd10	2	LVAAd6	4	OXs2	3	RQo1	4
CXbd31	2	LVd10	5	PVAd2	3	RQo14*	4
CXbd4	2	LVd12	5	PVAd27	3	RQo16	5
CXbd40	2	LVd19	5	PVAe16	3	RQo2	4
CXbd43	2	LVd2	5	PVAe6	3	RQo22	4
CXbd52	2	LVd20	5	RLd1	1	RQo22*	4
FFc3	1	LVd22	5	RLd11	1	RQo23	4
FFc32*	1	LVd27	5	RLd12	1	RQo31	4
GMbd4	3	LVd28	5	RLd16	1	RQo5	4
GXbd2	3	LVd9*	5	RLd20	1	RQo5*	4
LVAAd13	4	LVdf5	5	RLd23	1	RQo6	4
LVAAd18	4	LVdf9	5	RLd24	1	RQo8	4
LVAAd33*	4	LVw2	5	RLd35*	1	RQo9	4
LVAAd52*	4	LVw3	5	RLd5	1	SXd	2
LVAAd53*	4	LVw5	5	RLd6	1		
LVAAd57*	4	LVw7	5	RLe2	1		



**Tabela I.4** Unidade de mapeamento de solos (UMS) e classe de potencial pedogeológico à recarga hídrica (Classe) nas encostas e patamares elevados do Alto Araguaia

Encostas e patamares do Alto Araguaia											
UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe
CXbd10	2	CXbd47	2	LVA4*	3	NVef5	3	RLd26*	1	RQo29	4
CXbd12	2	CXbd48*	2	LVA40*	3	OXs*	3	RLd27*	1	RQo29*	4
CXbd12*	2	CXbd51	2	LVA52*	3	PVAd1	3	RLd33*	1	RQo3	4
CXbd13	2	CXbd52	2	LVA53*	3	PVAd17	3	RLd5	1	RQo3*	4
CXbd16	2	CXbd53	2	LVA56*	3	PVAd19	3	RLe2	1	RQo31	4
CXbd19	2	CXbd54	2	LVA6	3	PVAd20	3	RQo1	4	RQo32	4
CXbd19*	2	CXbd54*	2	LVA7	3	PVAd21	3	RQo1*	4	RQo33	4
CXbd21	2	CXbd55*	2	LVA9	3	PVAd25	3	RQo11	4	RQo4*	4
CXbd22*	2	CXbd57*	2	LVd10	4	PVAd27	3	RQo12	4	RQo5*	4
CXbd24	2	CXbd58*	2	LVd15	4	PVAd28	3	RQo12*	4	RQo6	4
CXbd24*	2	CXbd59*	2	LVd18	4	PVAd29	3	RQo14	4	RQo9	4
CXbd26	2	CXbd60*	2	LVd2	4	PVAd3	3	RQo14*	4		
CXbd27*	2	CXbd62*	2	LVd20	4	PVAd4	3	RQo15	4		
CXbd28*	2	CXbd65*	2	LVd21*	4	PVAd5	3	RQo15*	4		
CXbd29	2	CXbd67*	2	LVd22	4	PVAd8	3	RQo17	4		
CXbd30	2	CXbd68*	2	LVd22*	4	PVAe15	3	RQo17*	4		
CXbd31	2	CXbd74*	2	LVd25	4	PVAe23	3	RQo18*	4		
CXbd31*	2	CXbd76*	2	LVd26	4	PVAe25	3	RQo19*	4		
CXbd32	2	CXbd77*	2	LVd29	4	PVAe3	3	RQo2	4		
CXbd33	2	CXbd78*	2	LVd30	4	PVAe6	3	RQo20	4		
CXbd34	2	CXbd8	2	LVd31	4	PVAe9	3	RQo20*	4		
CXbd35	2	CXbd9	2	LVd32	4	RLd1	1	RQo21*	4		
CXbd36	2	CXbe6	2	LVd35	4	RLd11	1	RQo22	4		
CXbd37	2	FFc32*	1	LVd8	4	RLd11*	1	RQo22*	4		
CXbd38	2	FFc5*	1	LVd9*	4	RLd12	1	RQo23	4		
CXbd39	2	LVA13	3	LVdf5	4	RLd13	1	RQo23*	4		
CXbd40	2	LVA15	3	LVdf6	4	RLd16*	1	RQo24	4		

continua... →

continuação... →

Encostas e patamares do Alto Araguaia											
UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe	UMS	Classe
CXbd40*	2	LVAd16	3	LVdf9	4	RLd17*	1	RQo25	4		
CXbd42*	2	LVAd21*	3	LVw11	4	RLd19	1	RQo25*	4		
CXbd43	2	LVAd22*	3	LVw12	4	RLd21	1	RQo26	4		
CXbd44	2	LVAd23*	3	LVw18	4	RLd22	1	RQo27	4		
CXbd44*	2	LVAd25*	3	NVef1	3	RLd23	1	RQo27*	4		
CXbd45*	2	LVAd26*	3	NVef2	3	RLd24	1	RQo28	4		
CXbd46*	2	LVAd33*	3	NVef4	3	RLd24*	1	RQo28*	4		

Apêndice II

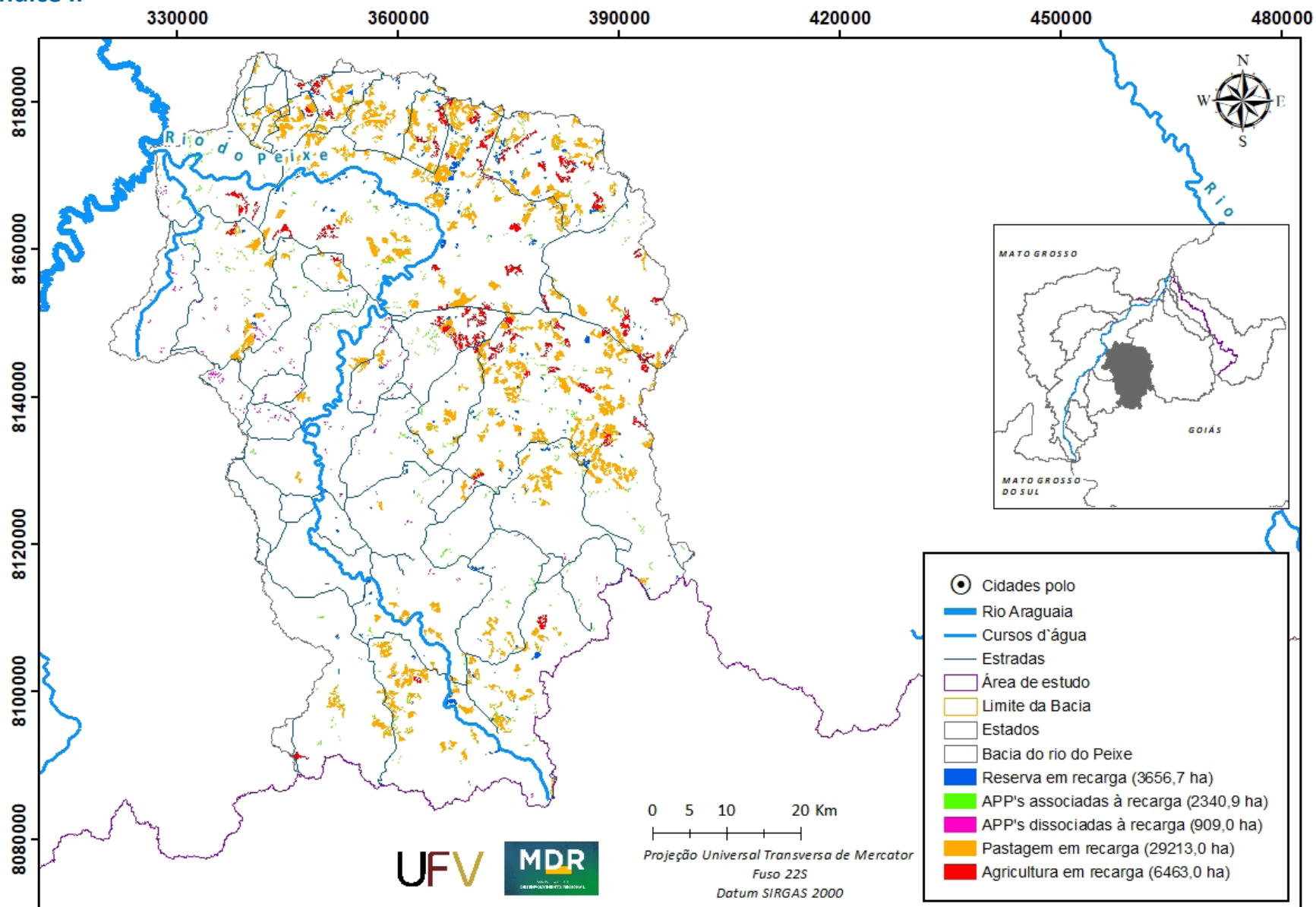


Figura II.1 Áreas prioritárias selecionadas na sub-bacia do rio do Peixe, GO.

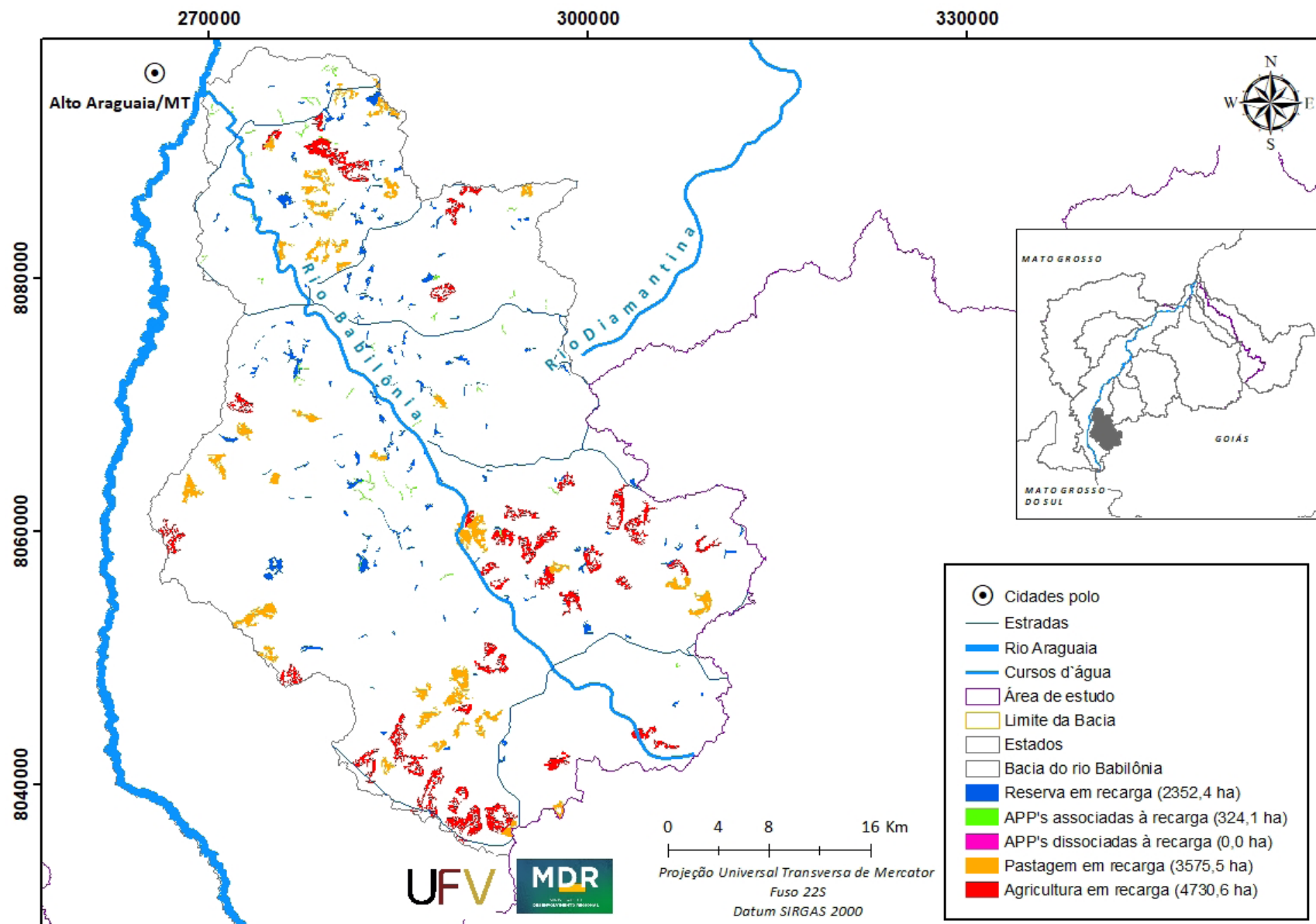


Figura II.2 Áreas prioritárias selecionadas na sub-bacia do rio Babilônia, GO.

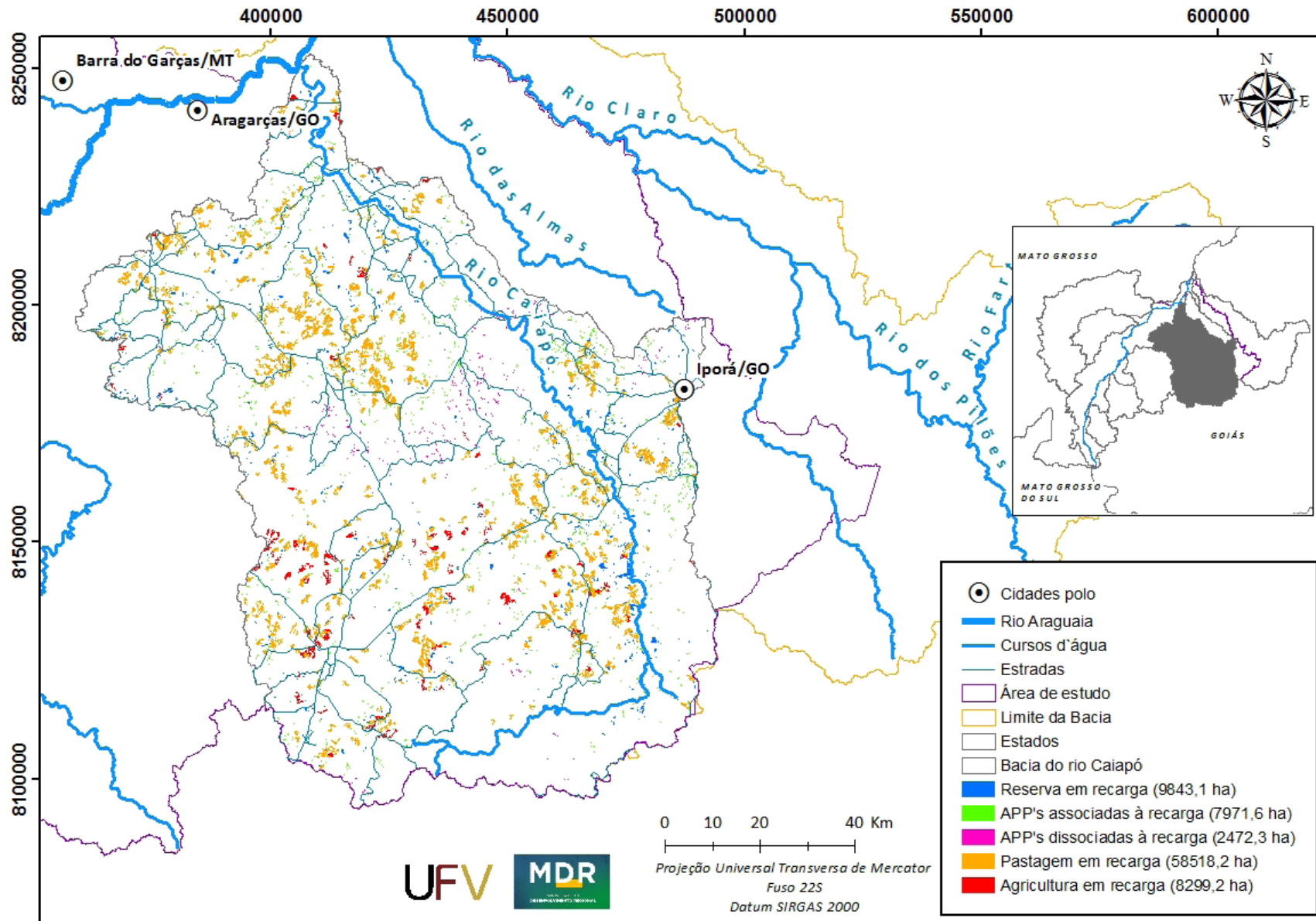


Figura II.3 Áreas prioritárias selecionadas na sub-bacia do rio Caiapó, GO.

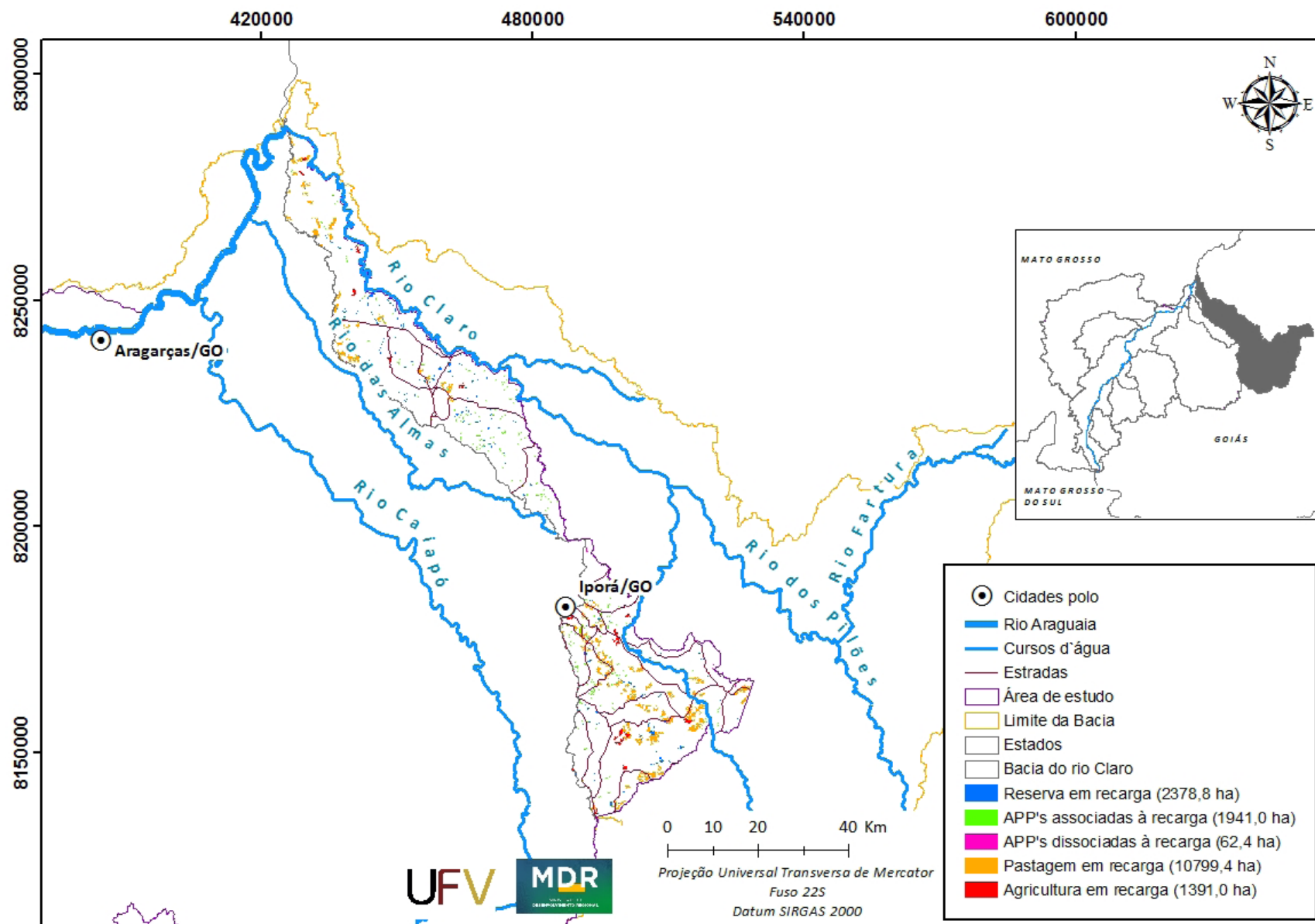


Figura II.4 Áreas prioritárias selecionadas na sub-bacia do rio Claro, GO.

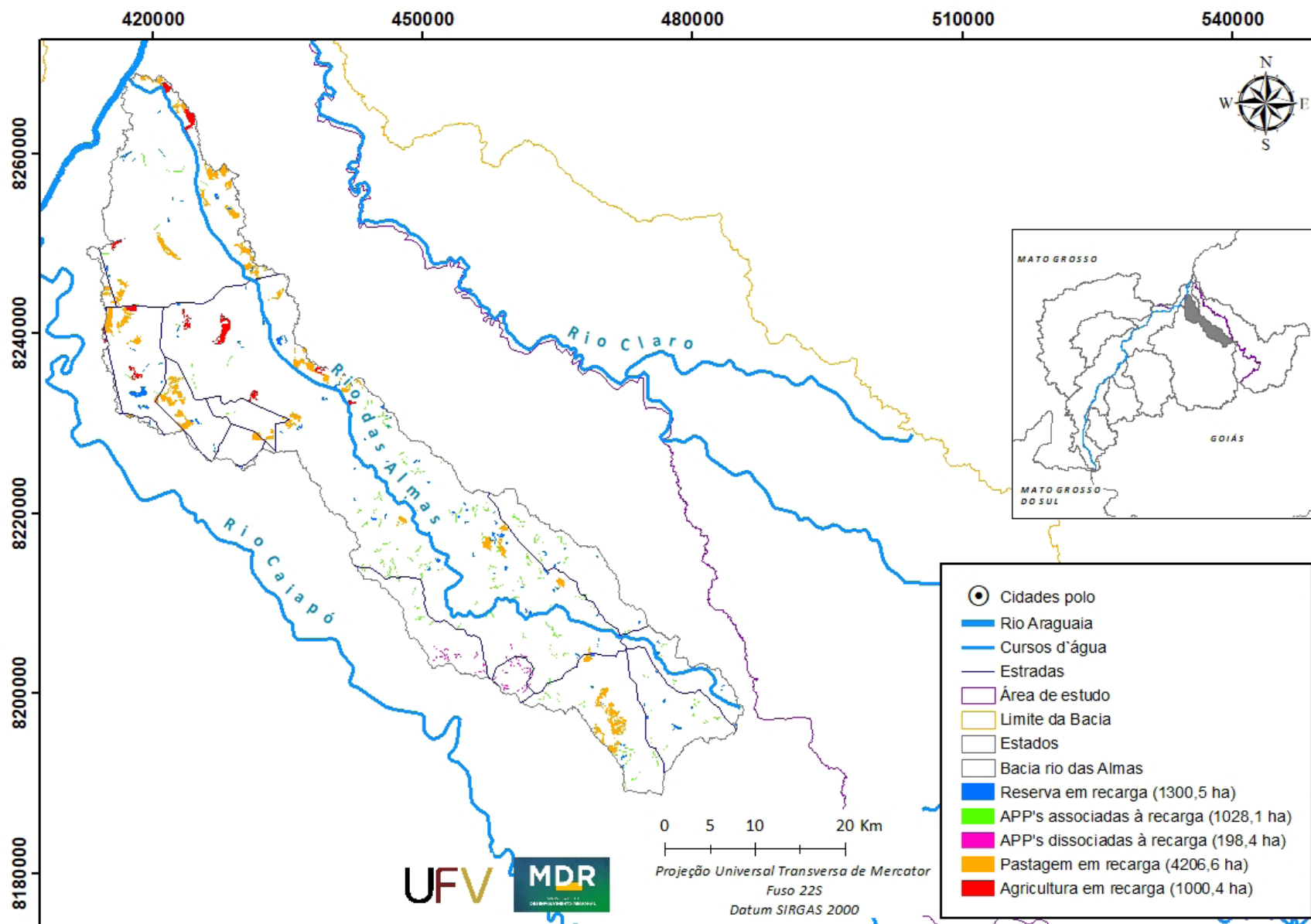


Figura II.5 Áreas prioritárias selecionadas na sub-bacia do rio das Almas, GO.

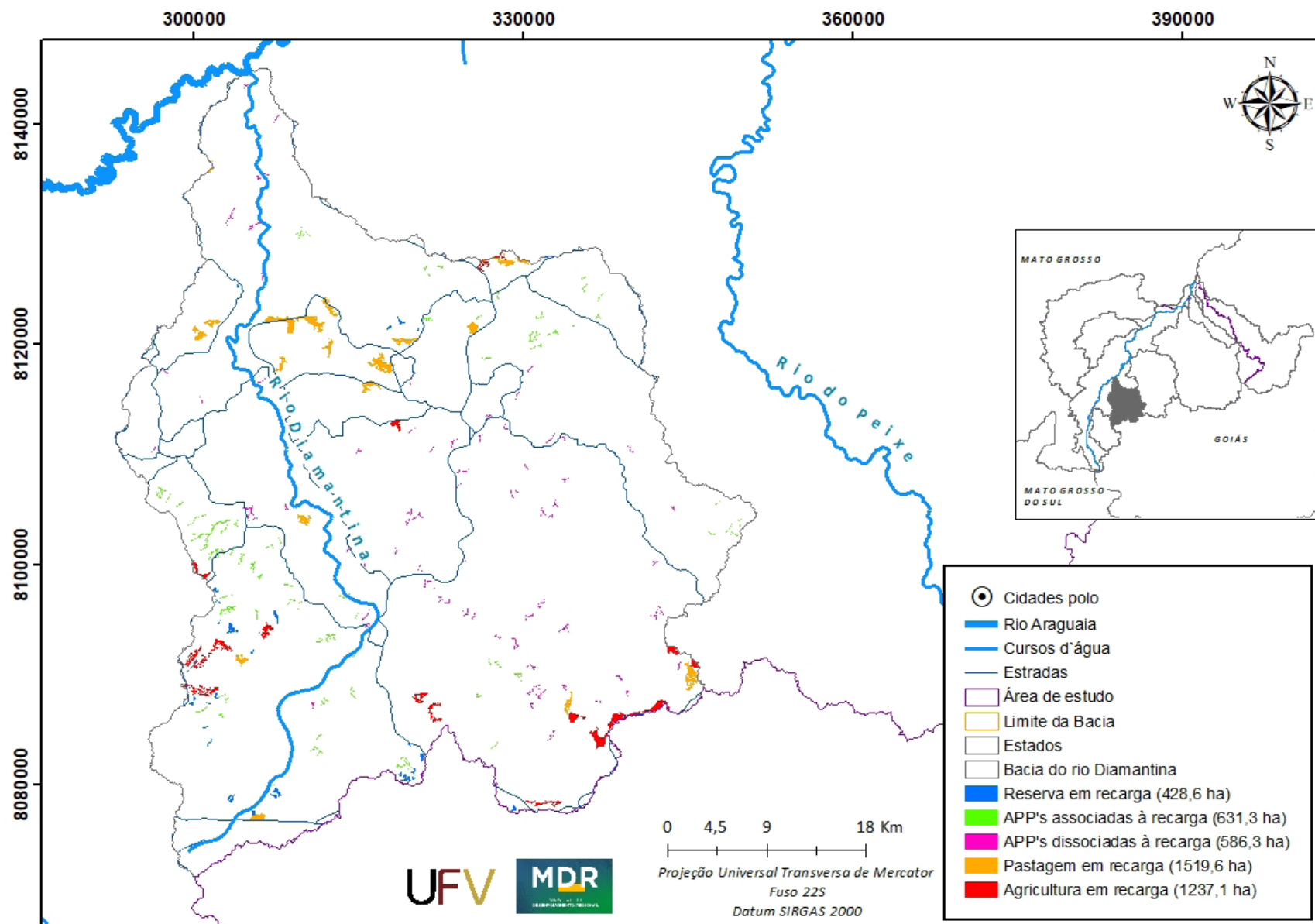


Figura II.6 Áreas prioritárias selecionadas na sub-bacia do rio Diamantina, GO.



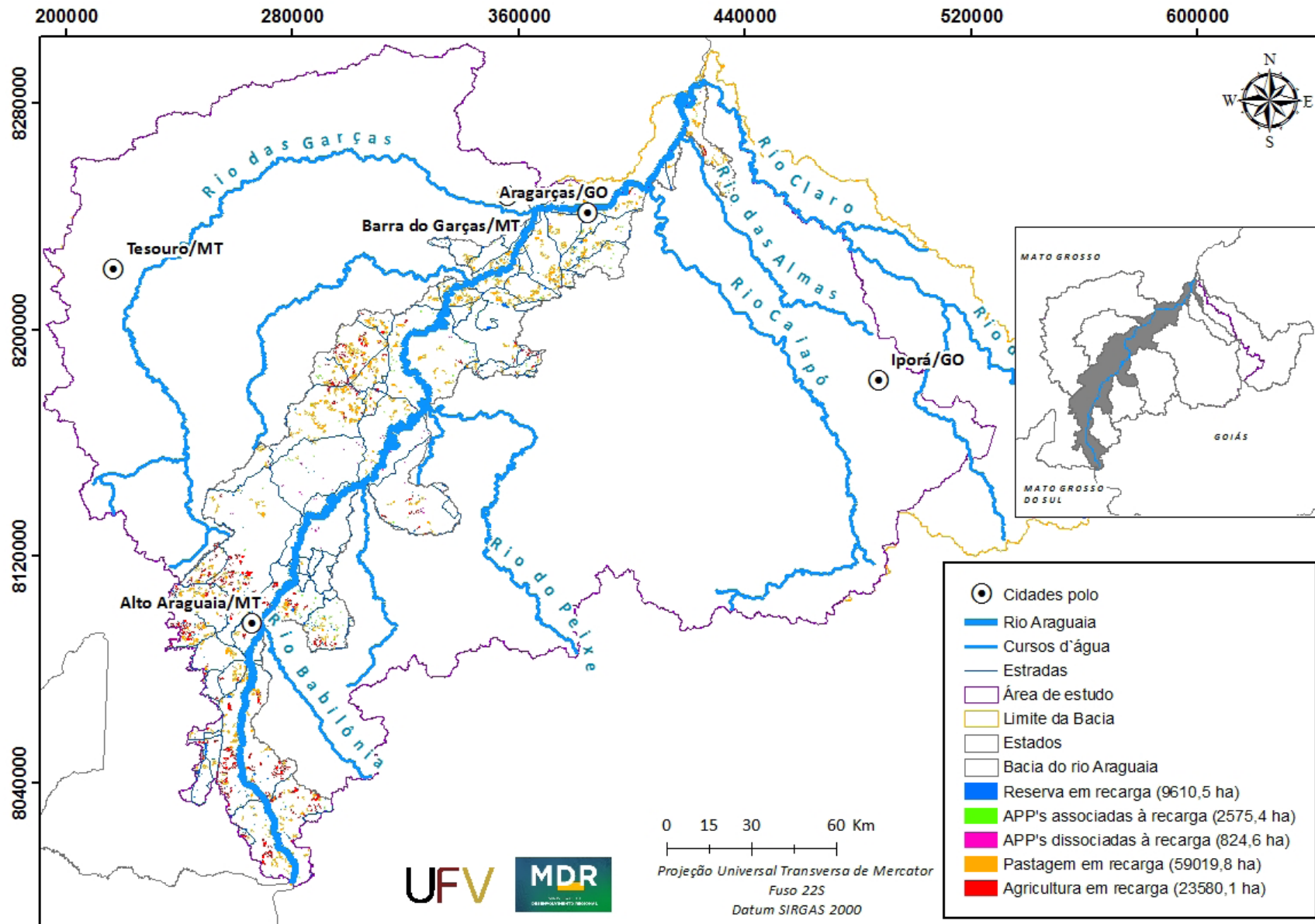


Figura II.7 Áreas prioritárias selecionadas na calha do rio Araguaia, GO e MT.

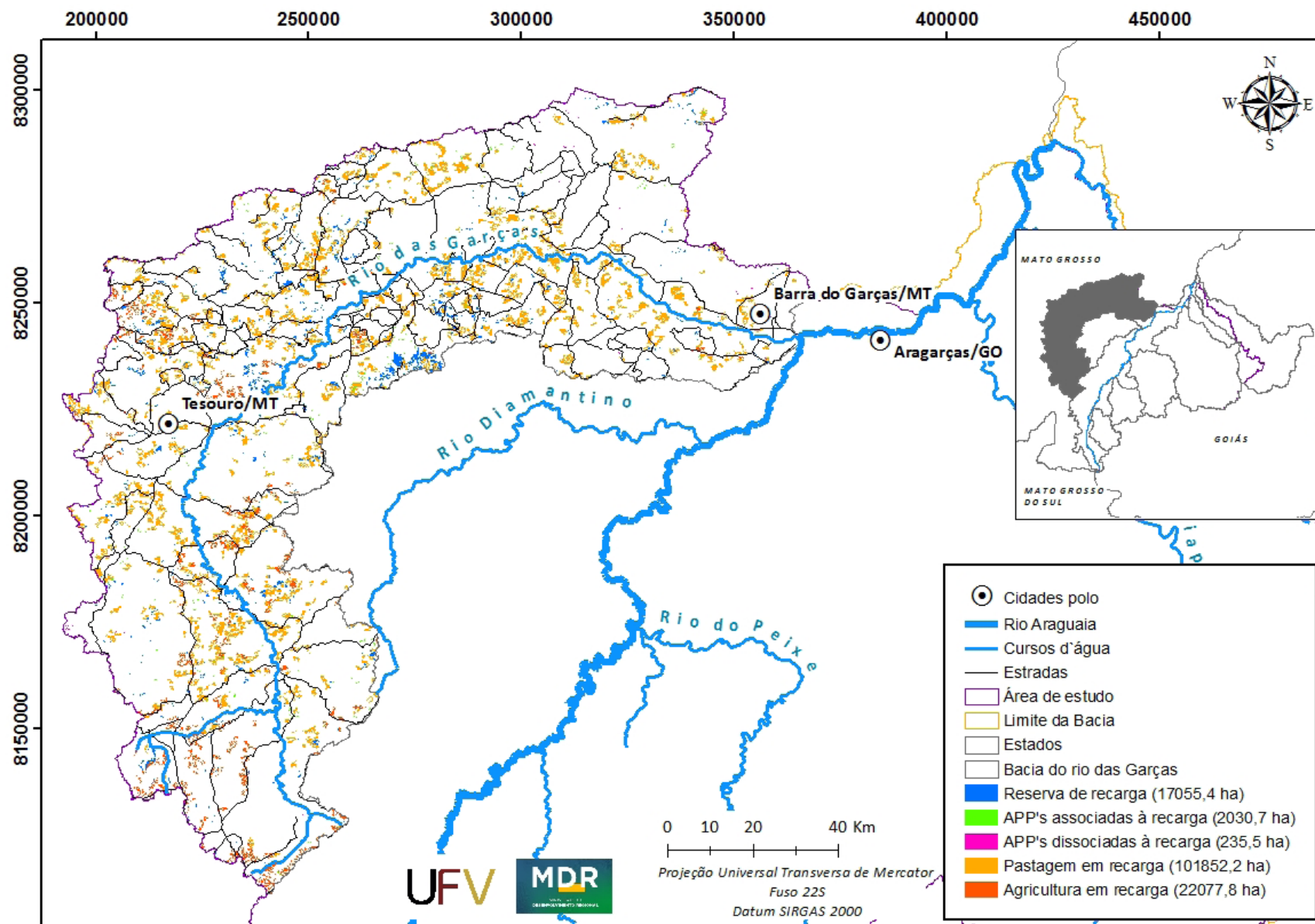


Figura II.8 Áreas prioritárias selecionadas na sub-bacia do rio das Garças, MT.

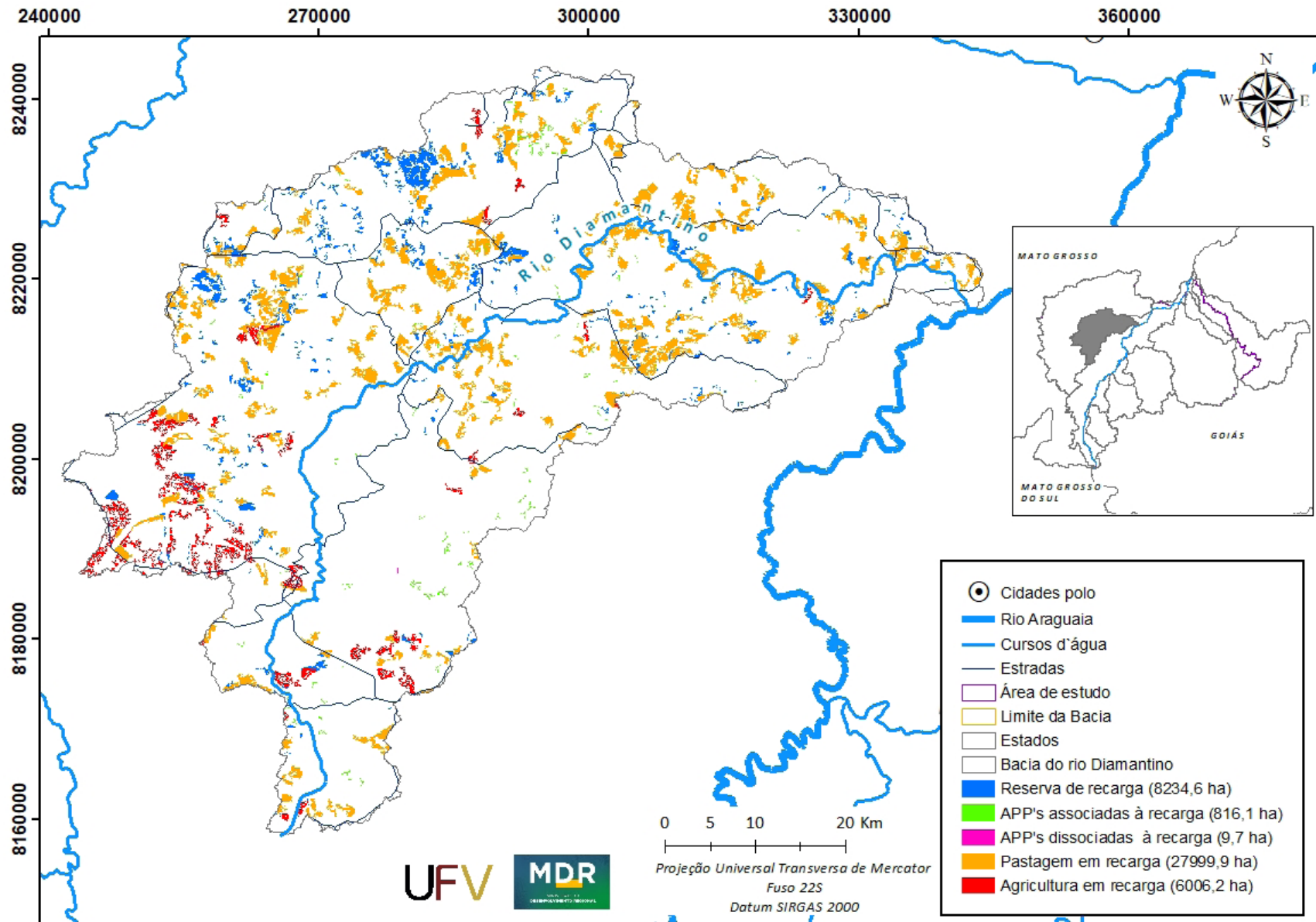


Figura II.9 Áreas prioritárias selecionadas na sub-bacia do rio Diamantino, MT.

Apêndice III

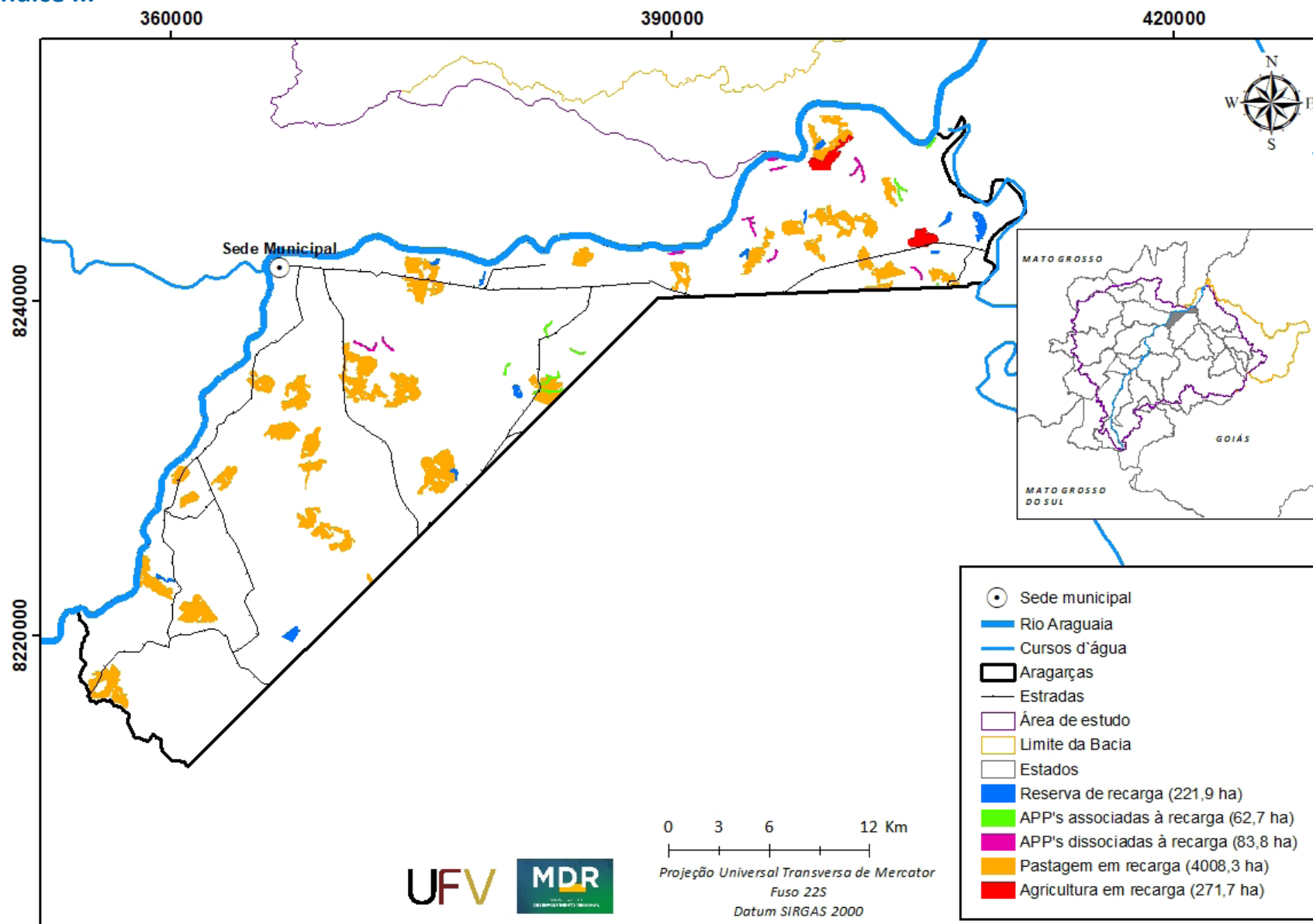


Figura III.1 Áreas prioritárias selecionadas no município de Aragarças, GO.

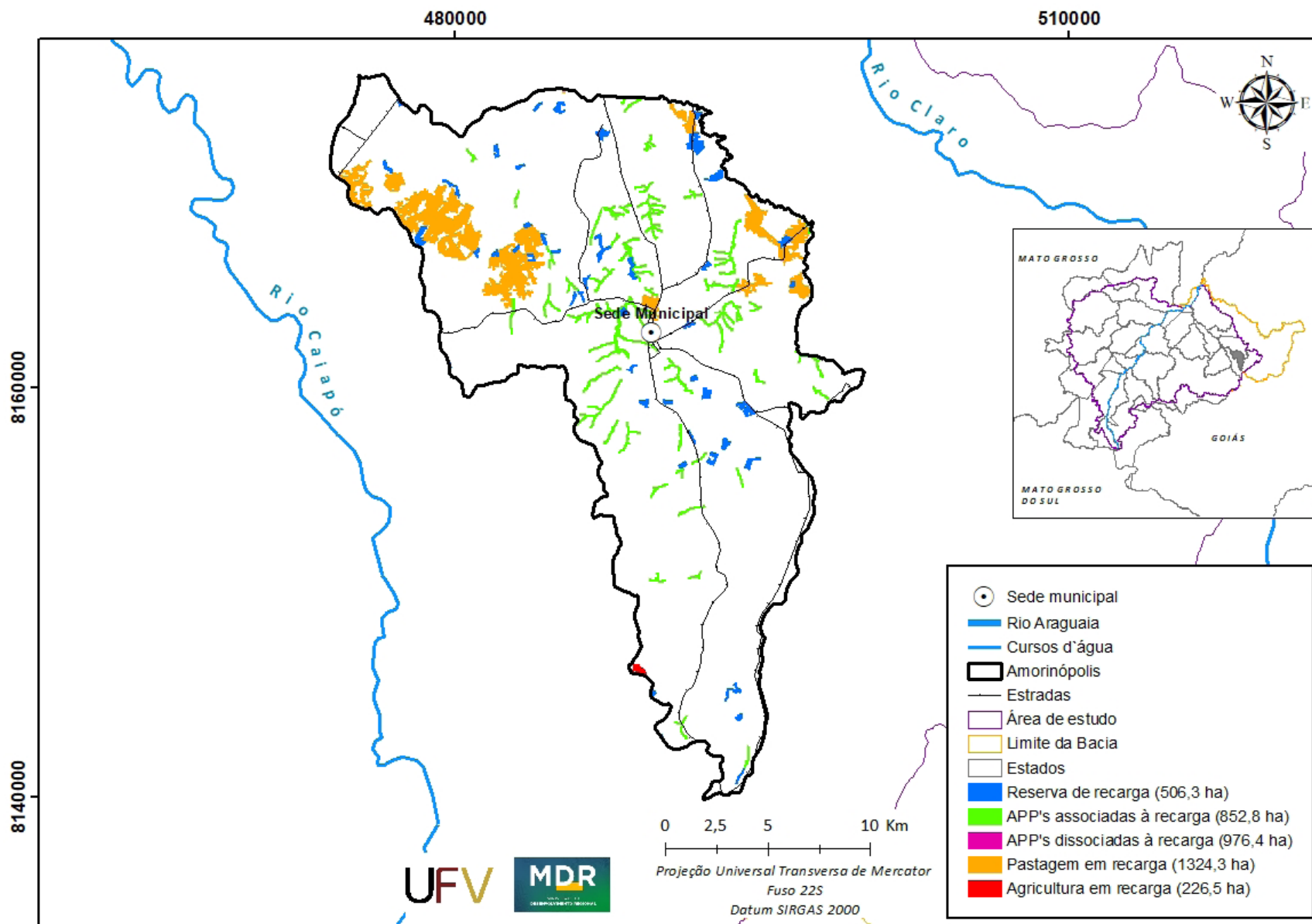


Figura III.2 Áreas prioritárias selecionadas no município de Amarinópolis, GO.

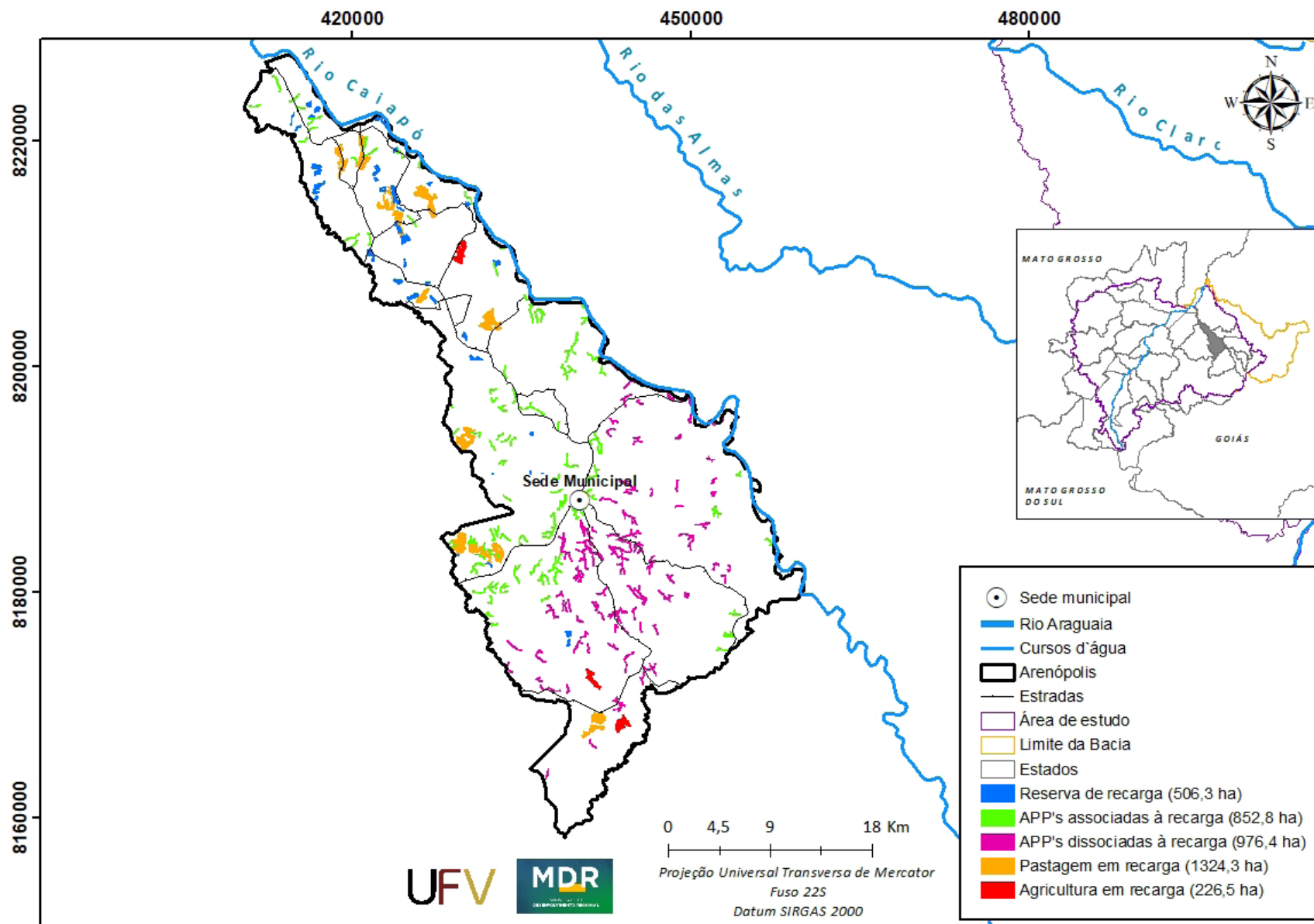


Figura III.3 Áreas prioritárias selecionadas no município de Arenópolis, GO.

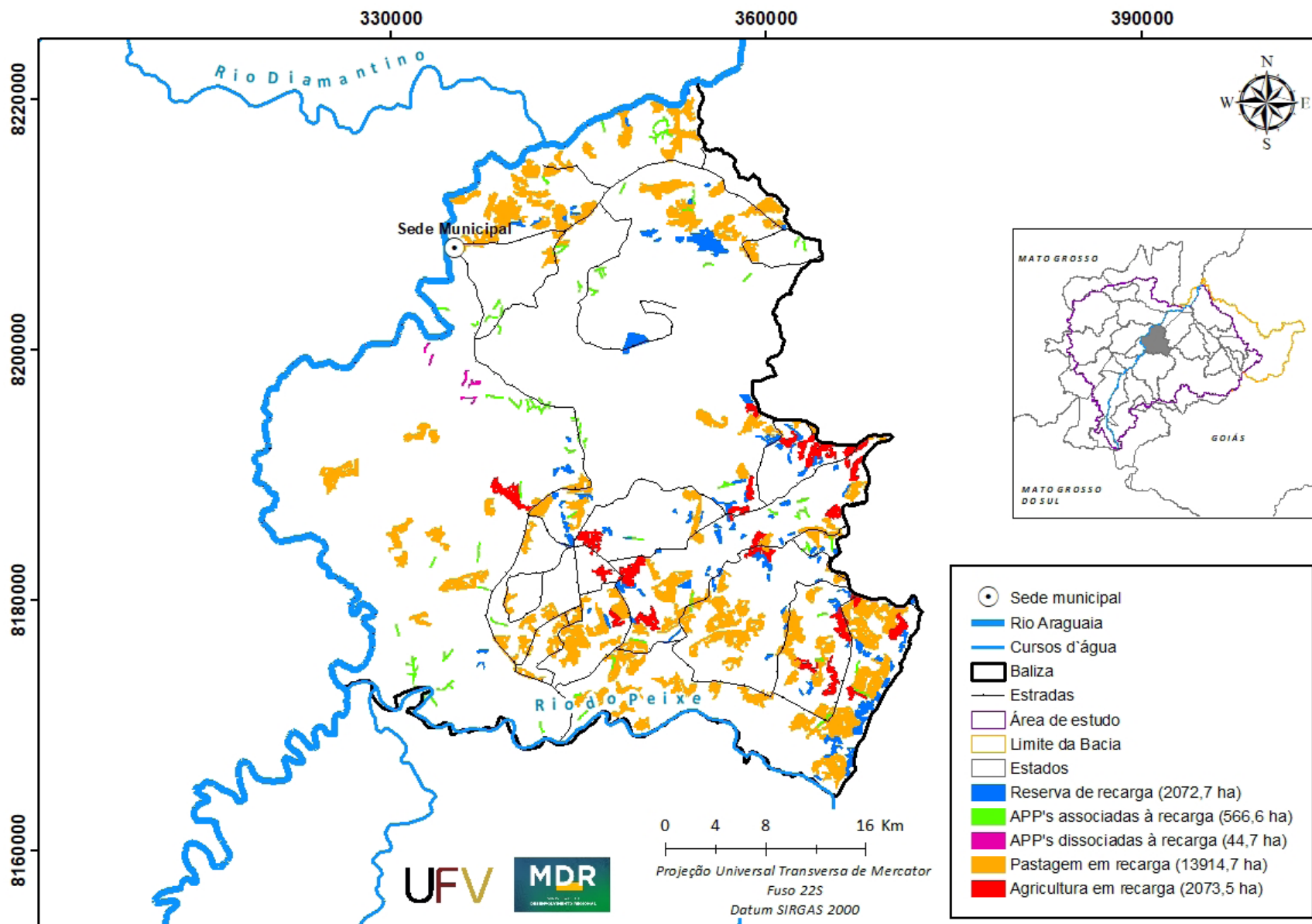


Figura III.4 Áreas prioritárias selecionadas no município de Baliza, GO.

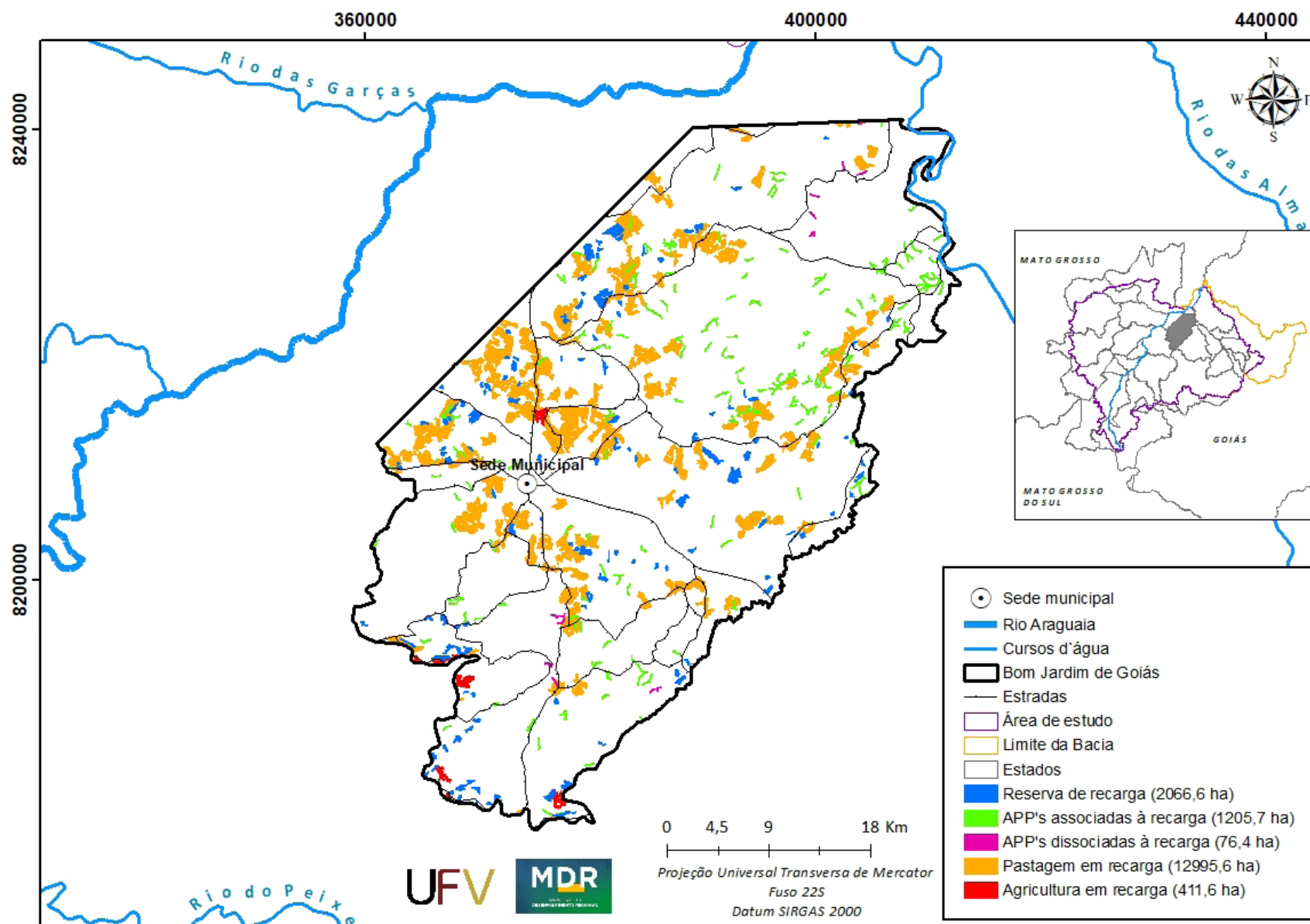


Figura III.5 Áreas prioritárias selecionadas no município de Bom Jardim de Goiás, GO.



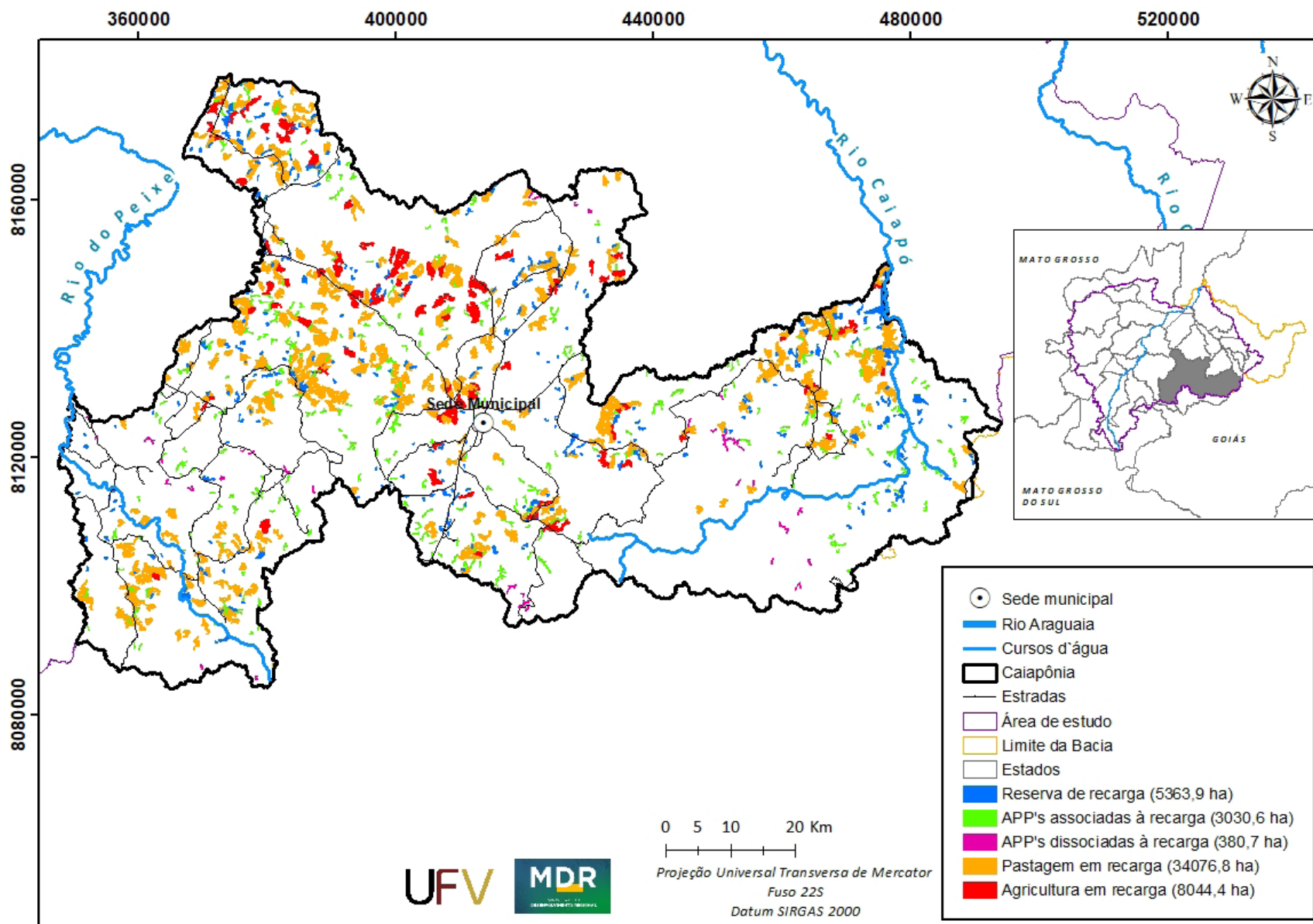


Figura III.6 Áreas prioritárias selecionadas no município de Caiapônia, GO.

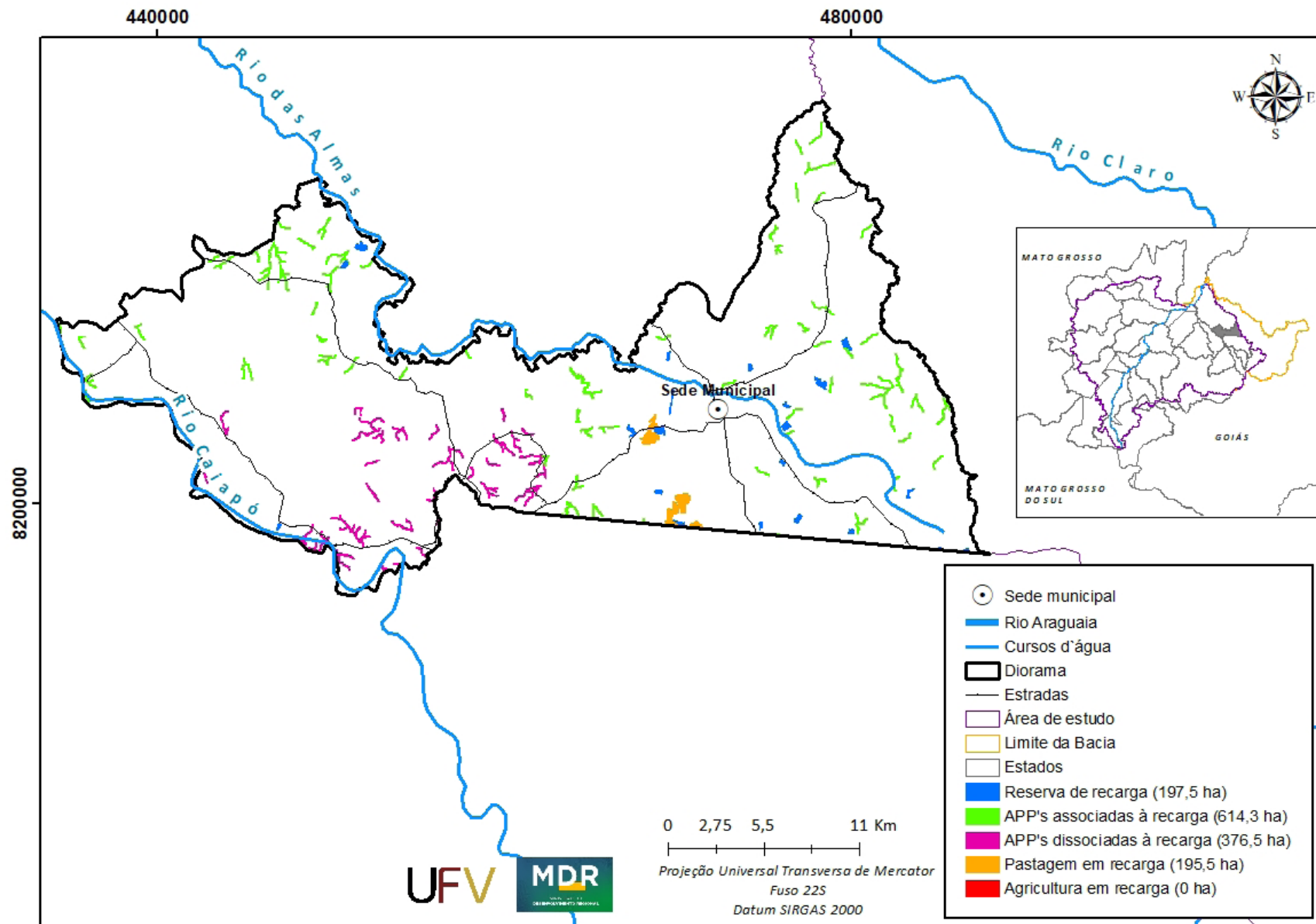


Figura III.7 Áreas prioritárias selecionadas no município de Diorama, GO.

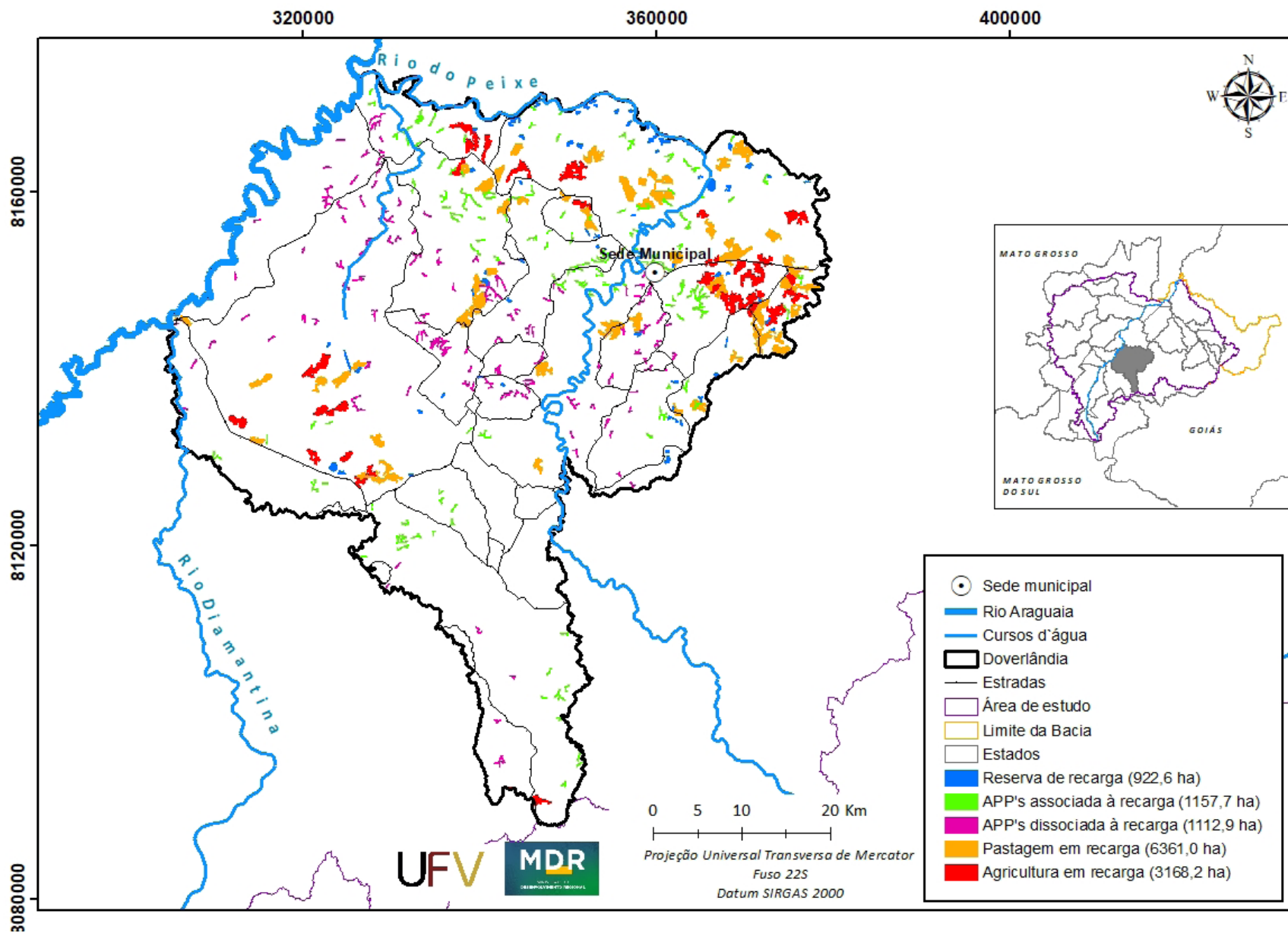


Figura III.8 Áreas prioritárias selecionadas no município de Doverlândia, GO.

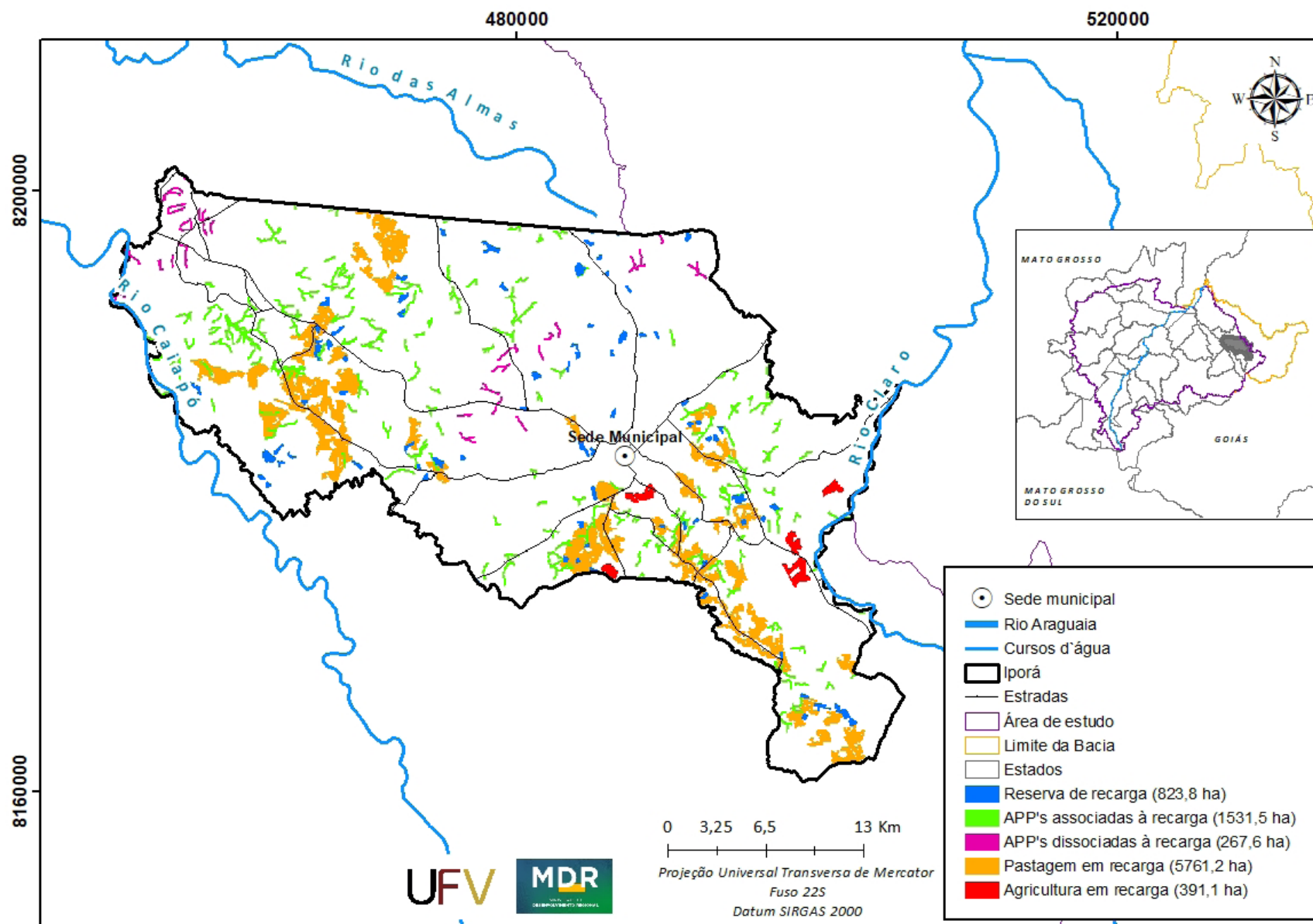


Figura III.9 Áreas prioritárias selecionadas no município de Iporá, GO.

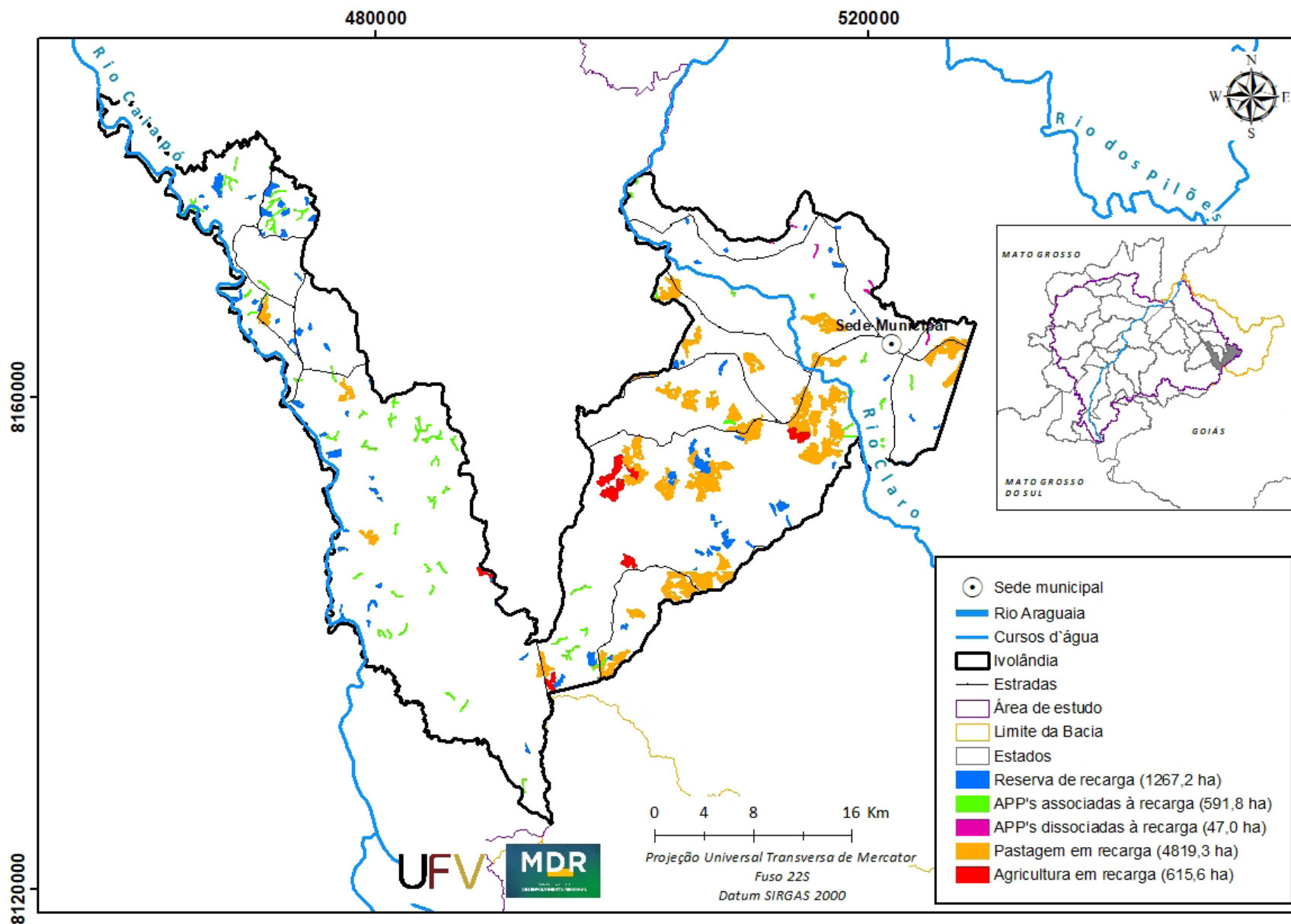


Figura III.10 Áreas prioritárias selecionadas no município de Ivólândia, GO.

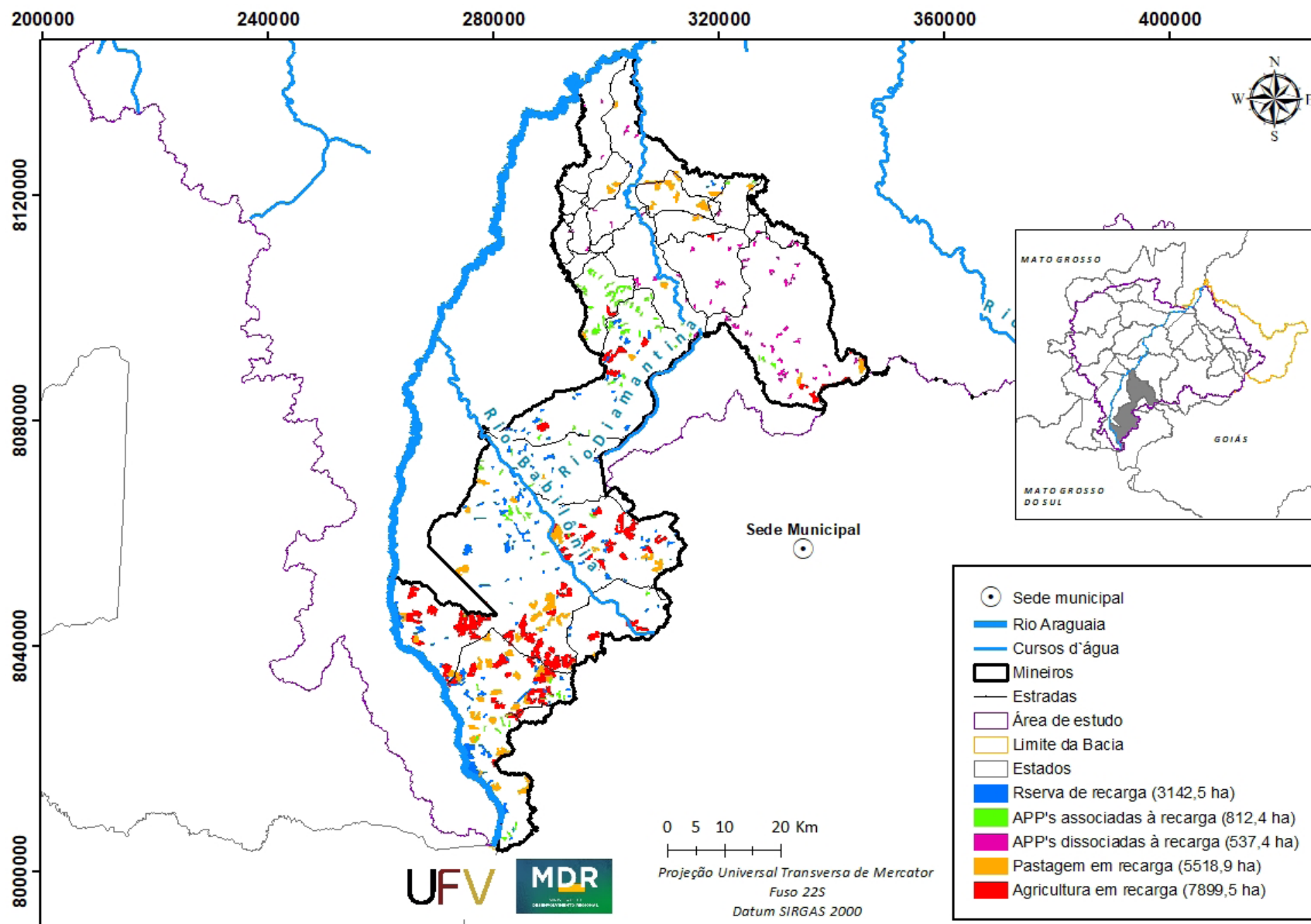


Figura III.11 Áreas prioritárias selecionadas no município de Mineiros, GO.

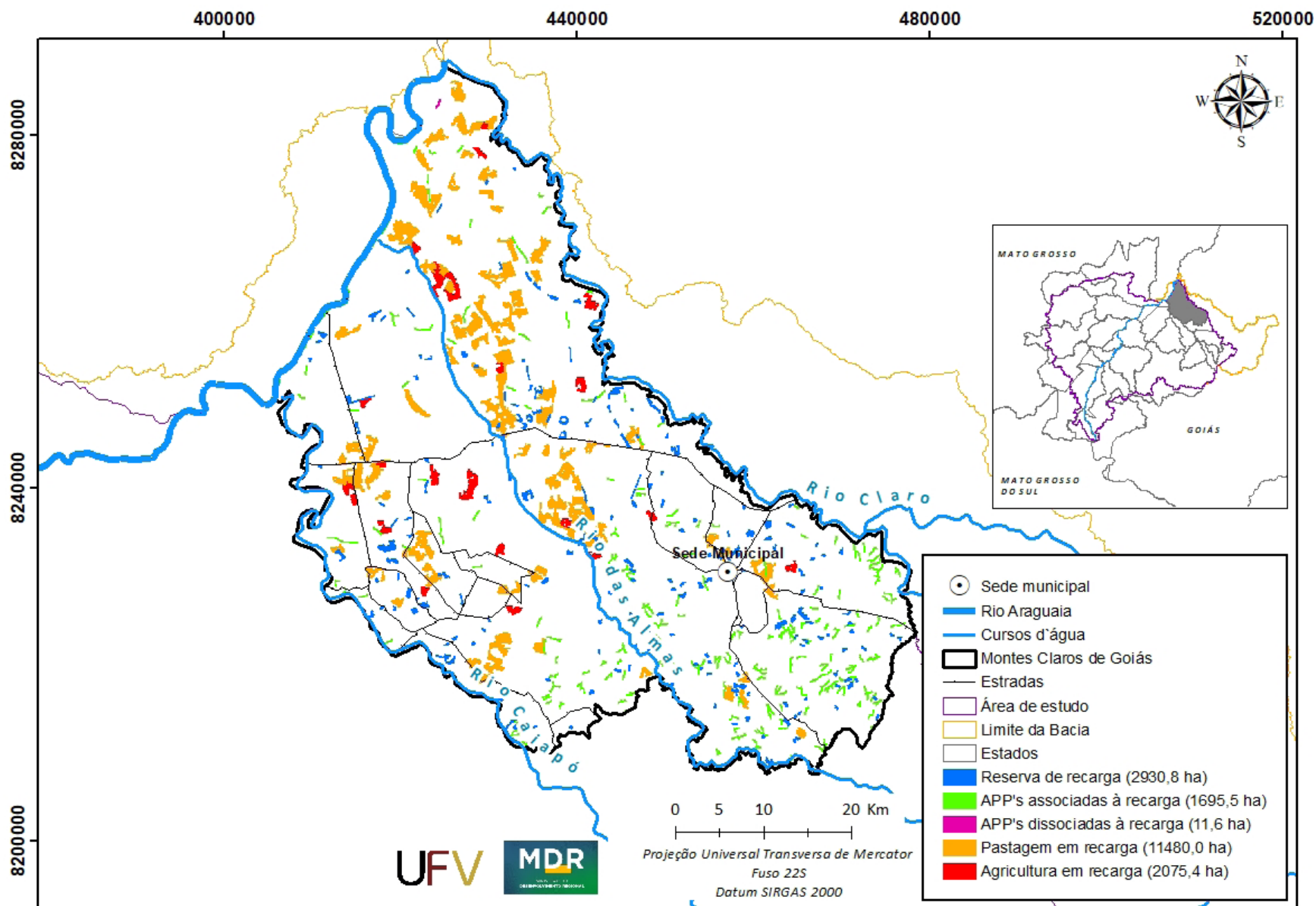


Figura III.12 Áreas prioritárias selecionadas no município de Montes Claros de Goiás, GO.

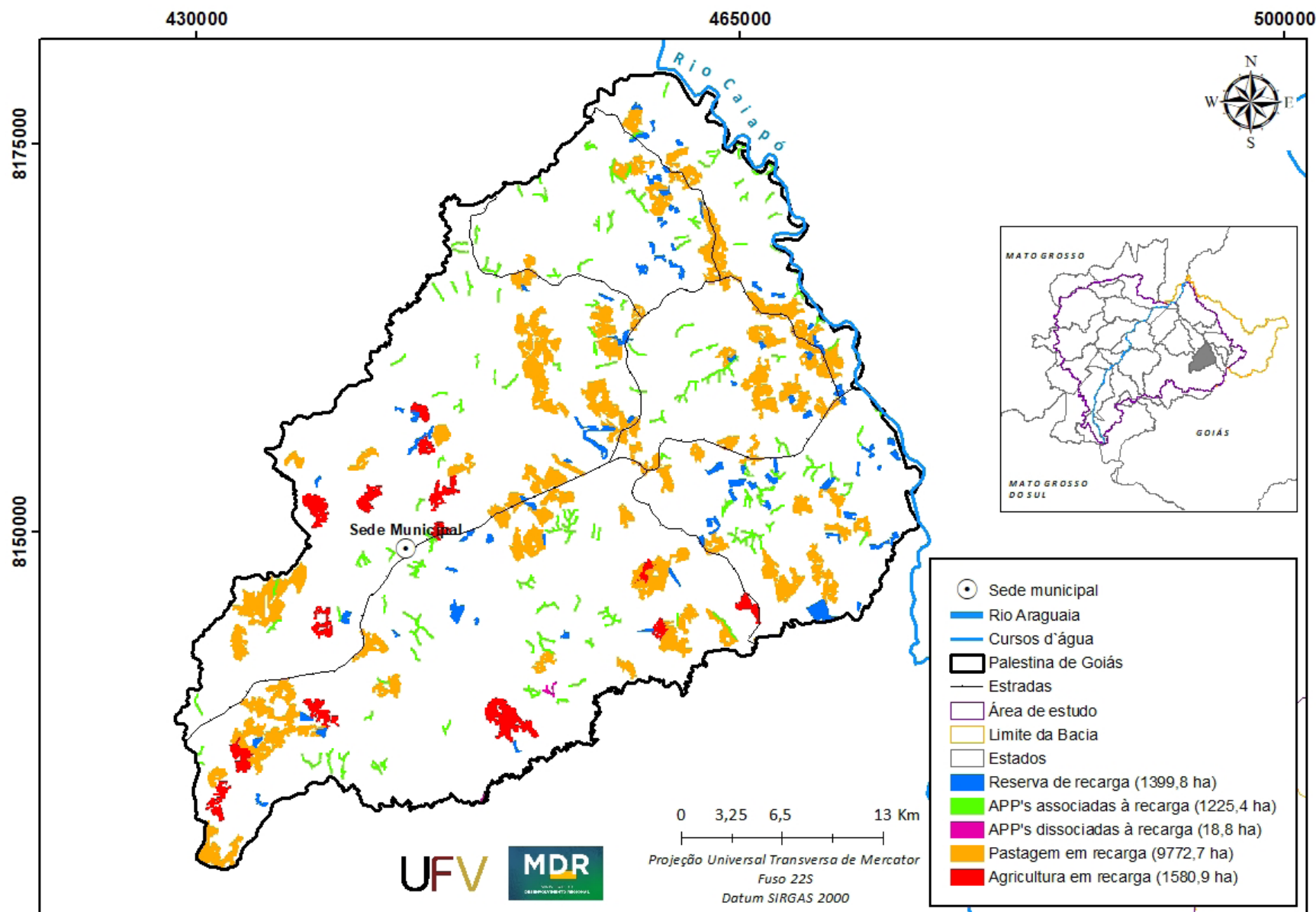


Figura III.13 Áreas prioritárias selecionadas no município de Palestina de Goiás, GO.



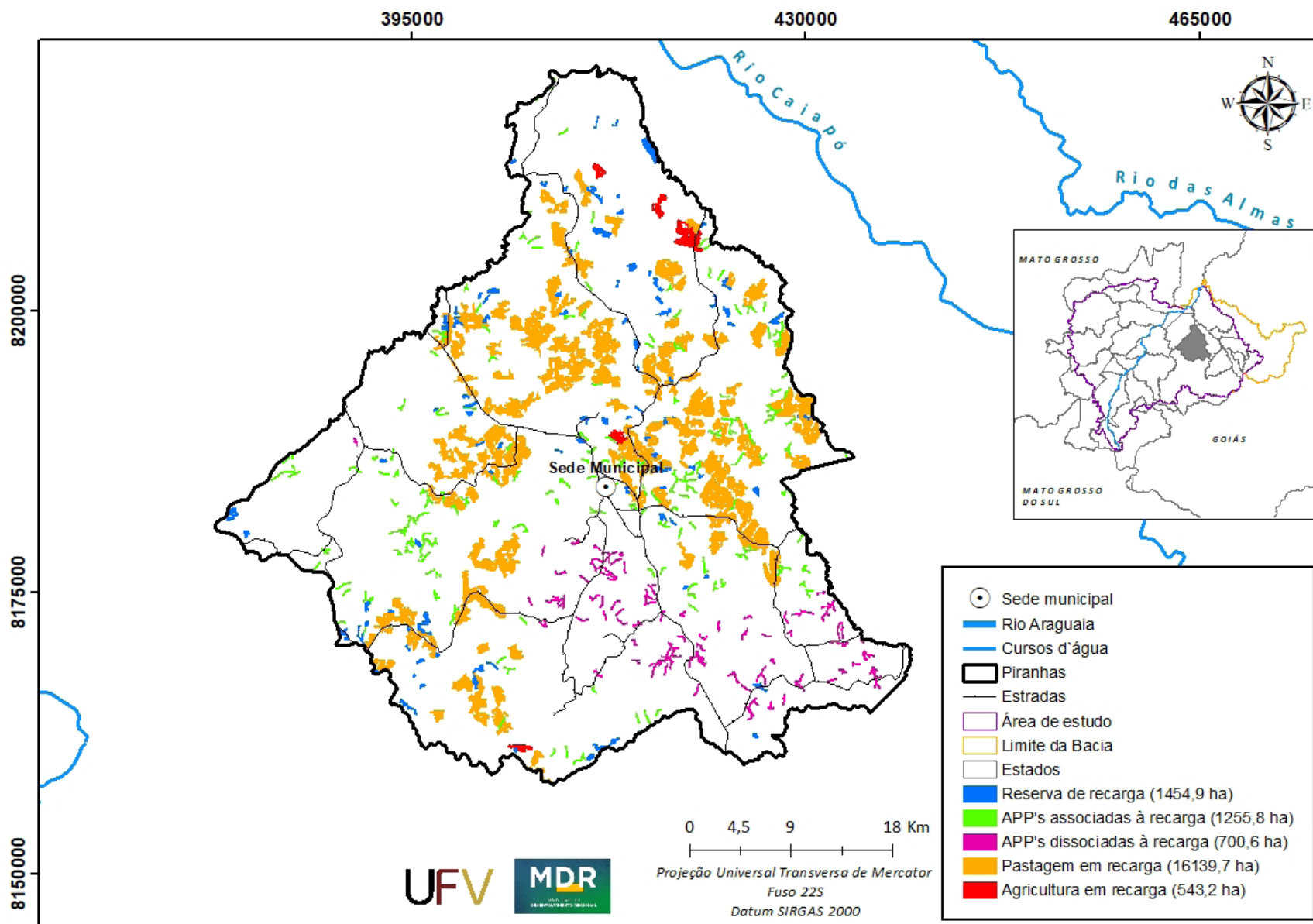


Figura III.14 Áreas prioritárias selecionadas no município de Piranhas, GO.

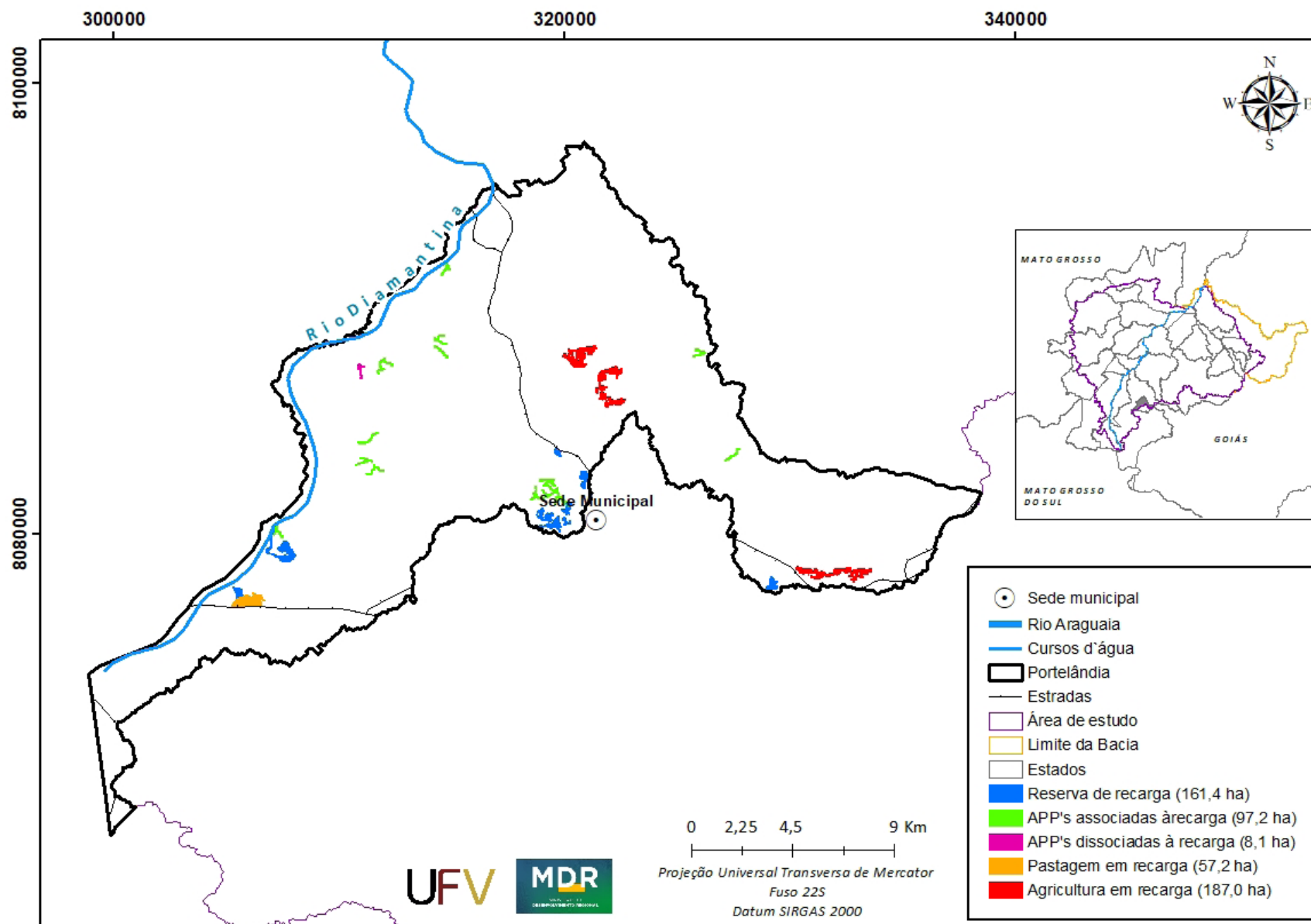


Figura III.15 Áreas prioritárias selecionadas no município de Portelândia, GO.

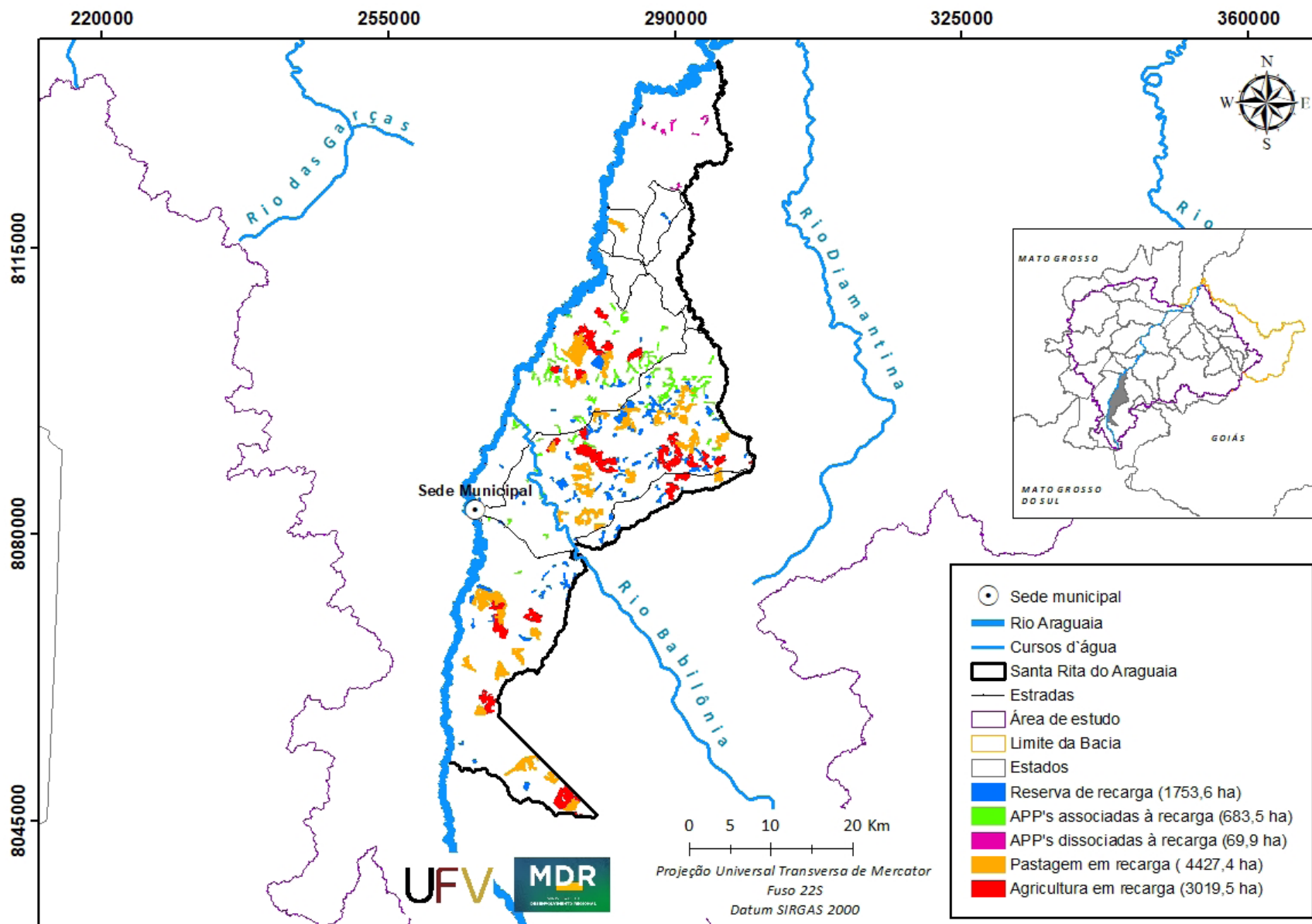


Figura III.16 Áreas prioritárias selecionadas no município de Santa Rita do Araguaia, GO.

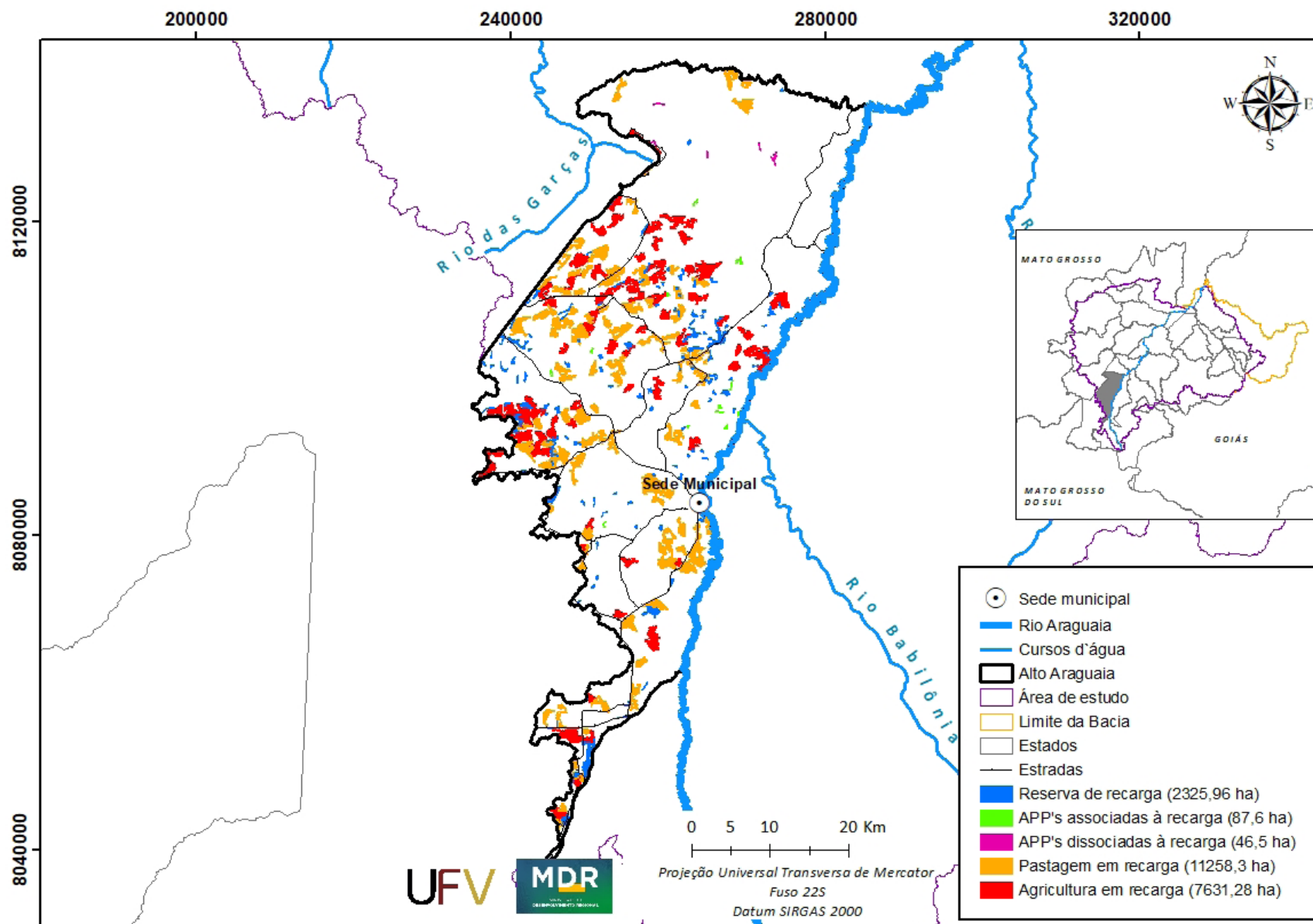


Figura III.17 Áreas prioritárias selecionadas no município de Alto Araguaia, MT.

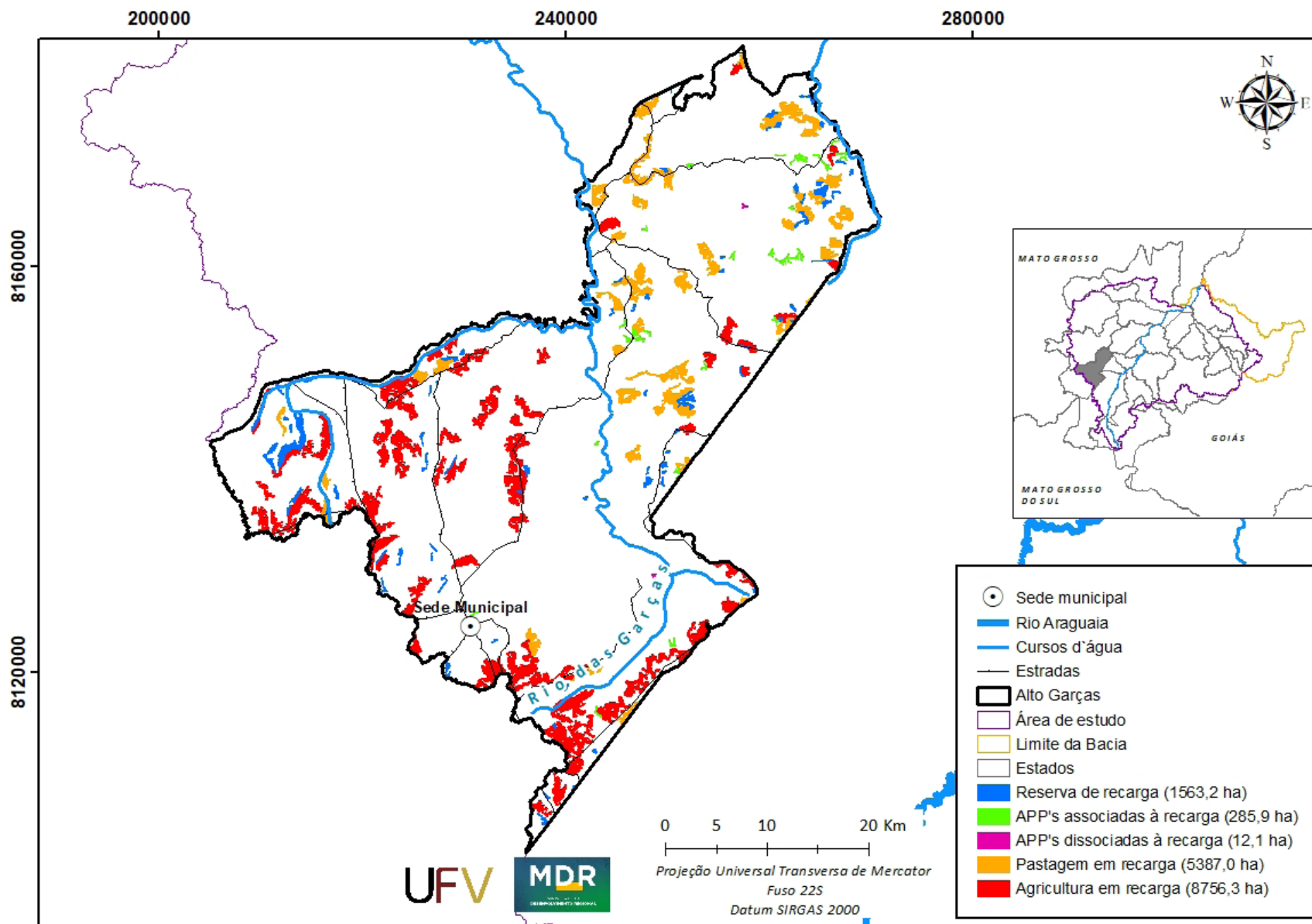


Figura III.18 Áreas prioritárias selecionadas no município de Alto Garças, MT.

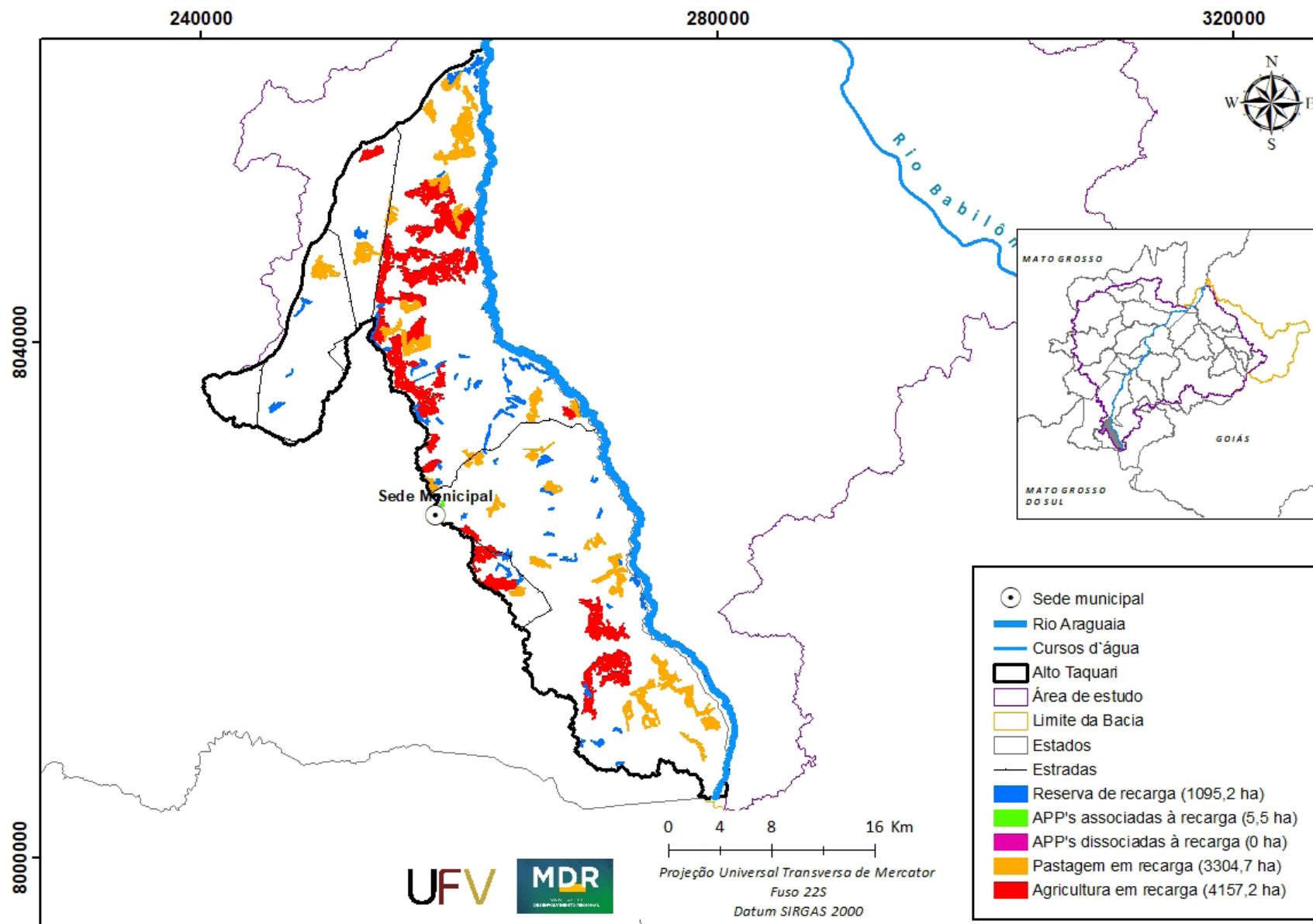


Figura III.19 Áreas prioritárias selecionadas no município de Alto Taquari, MT.

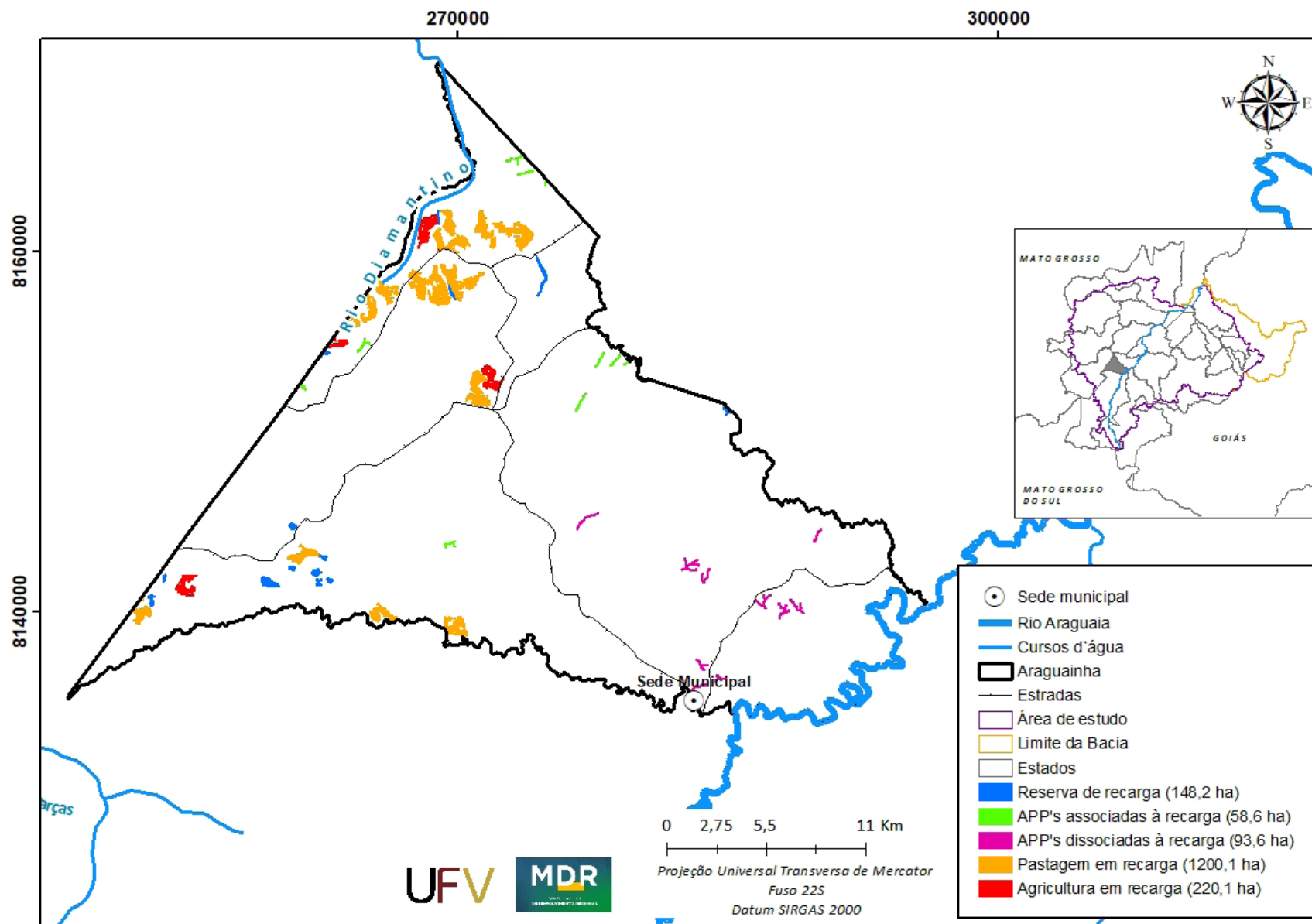


Figura III.20 Áreas prioritárias selecionadas no município de Araguaína, MT.

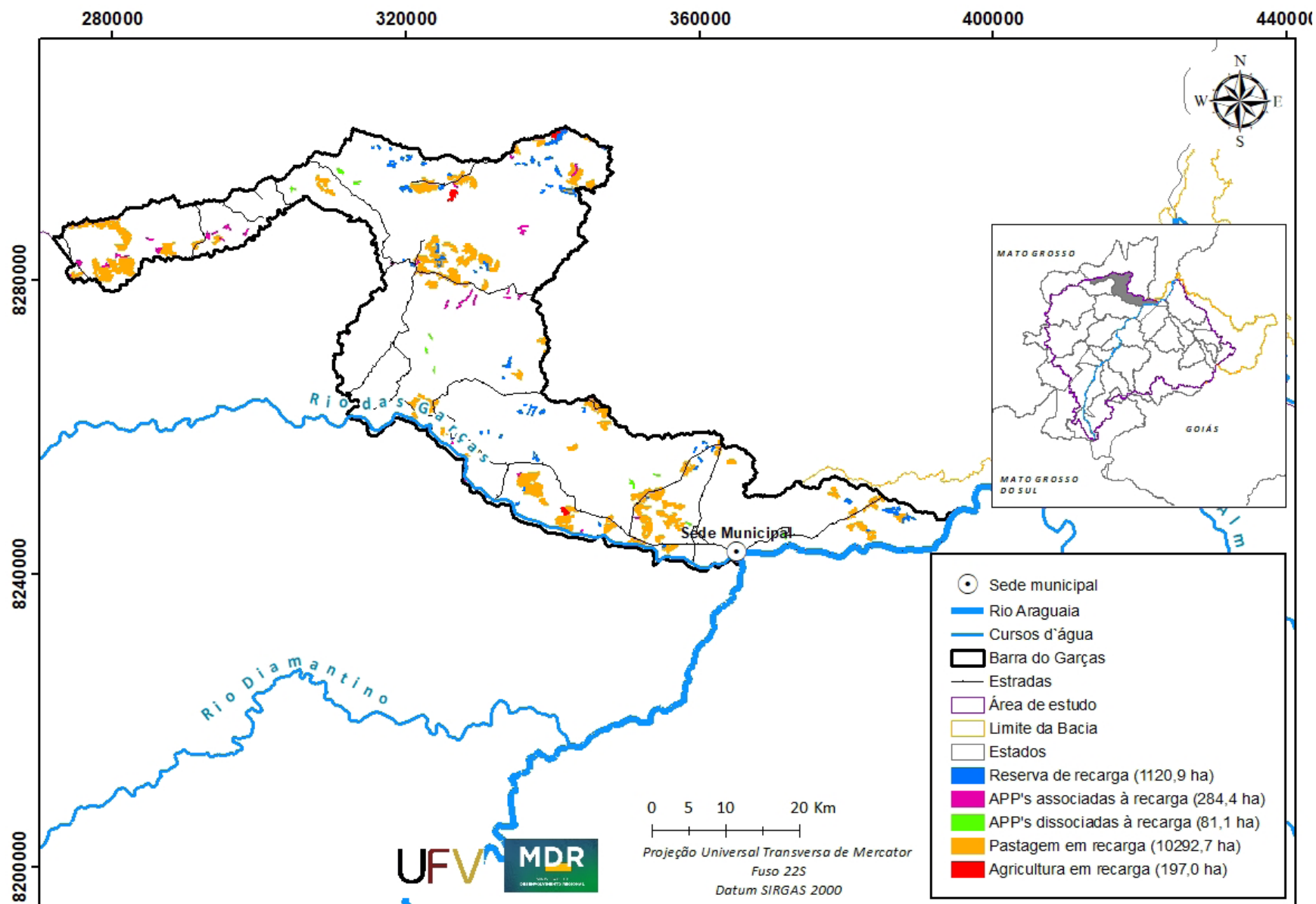


Figura III.21 Áreas prioritárias selecionadas no município de Barra do Garças, MT.



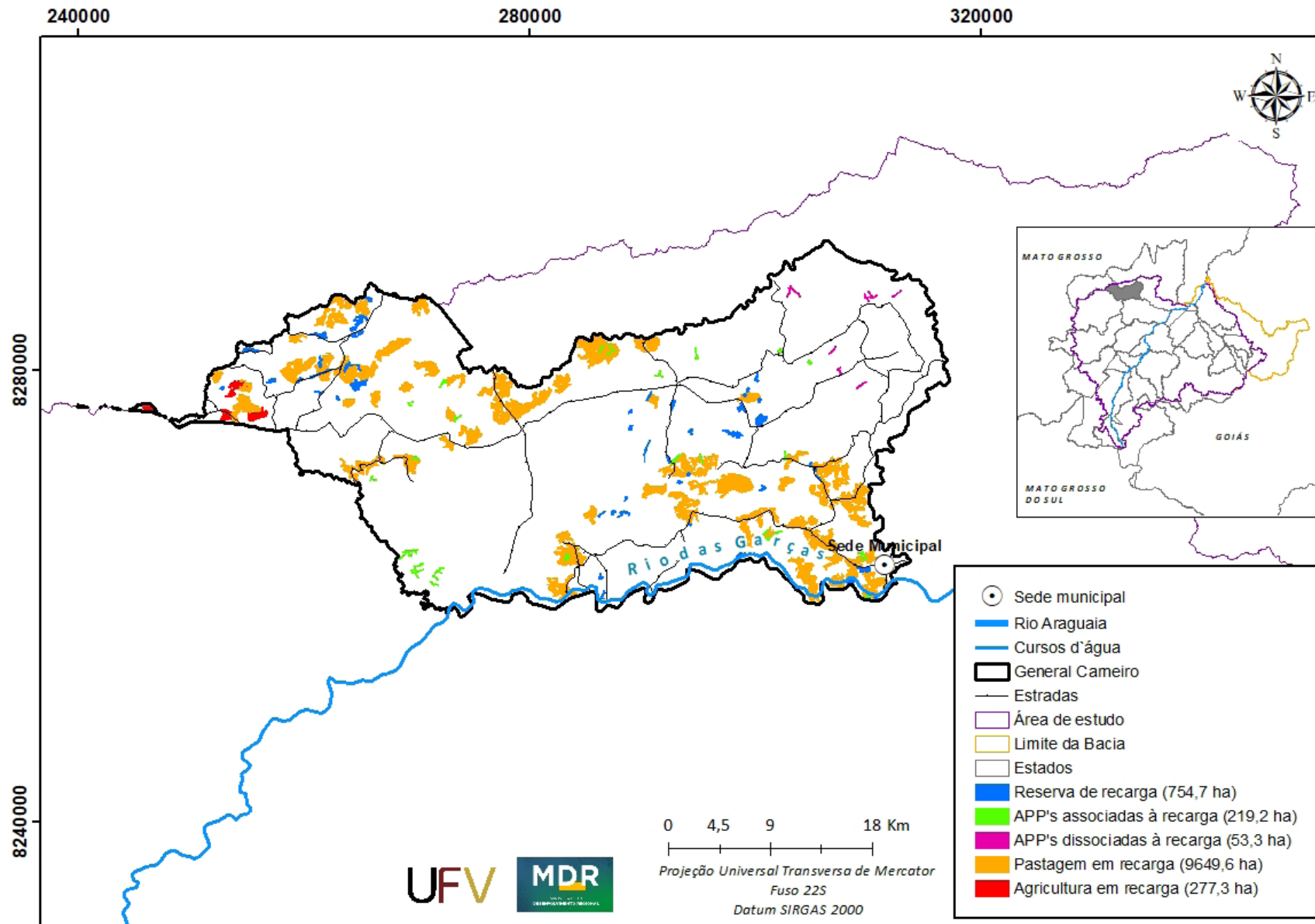


Figura III.22 Áreas prioritárias selecionadas no município de General Carneiro, MT.

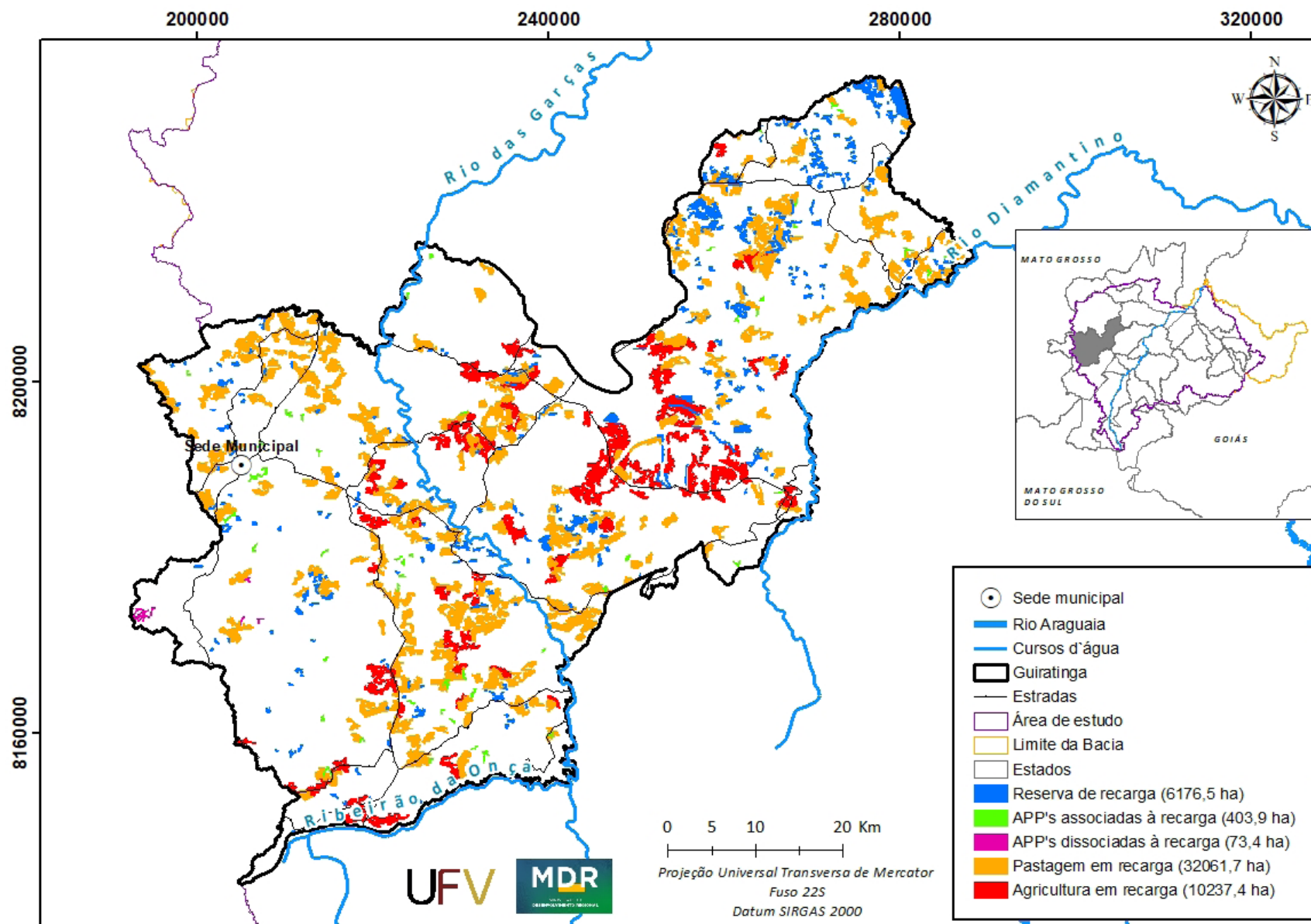


Figura III.23 Áreas prioritárias selecionadas no município de Guiratinga, MT.

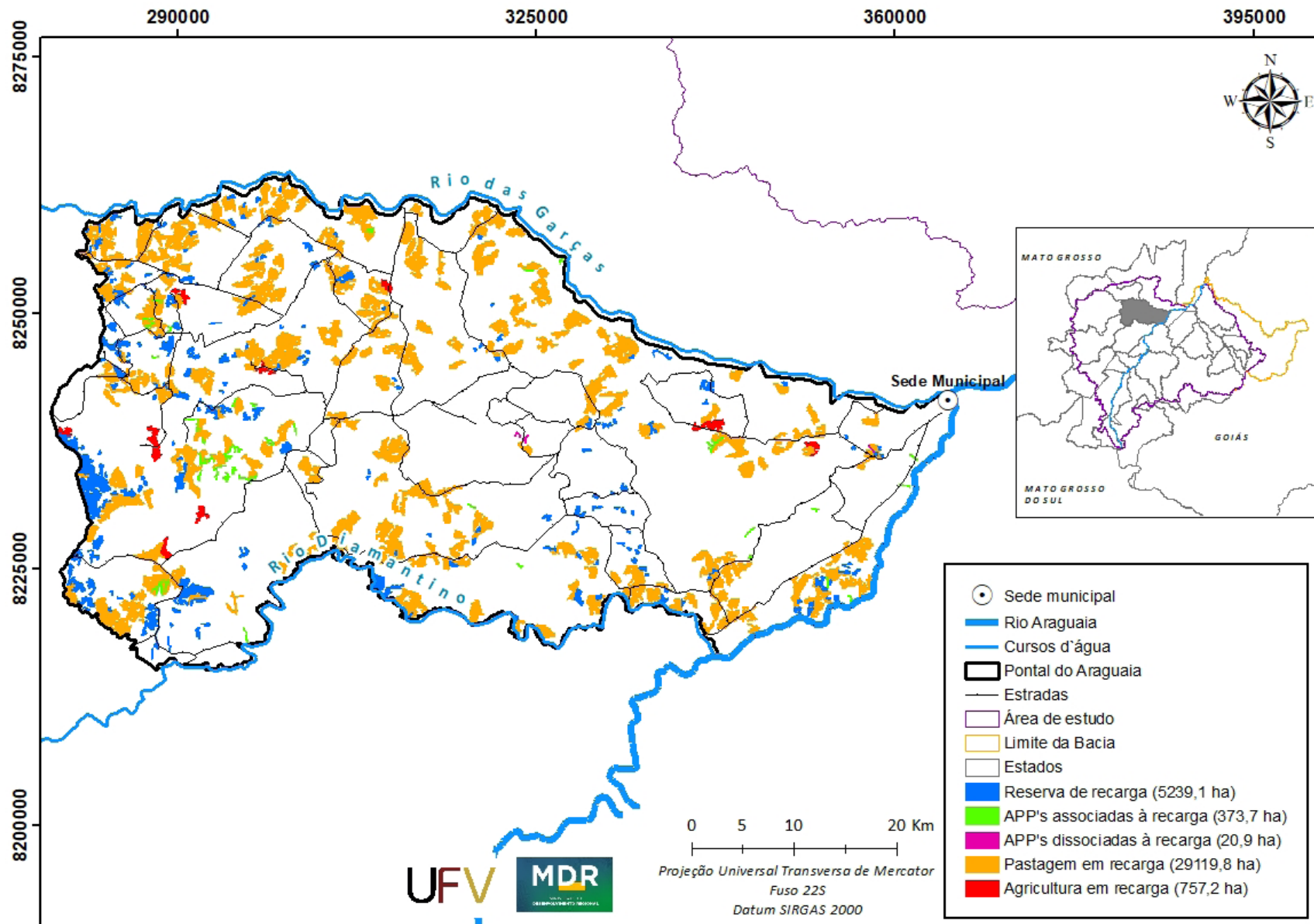


Figura III.24 Áreas prioritárias selecionadas no município de Pontal do Araguaia, MT.

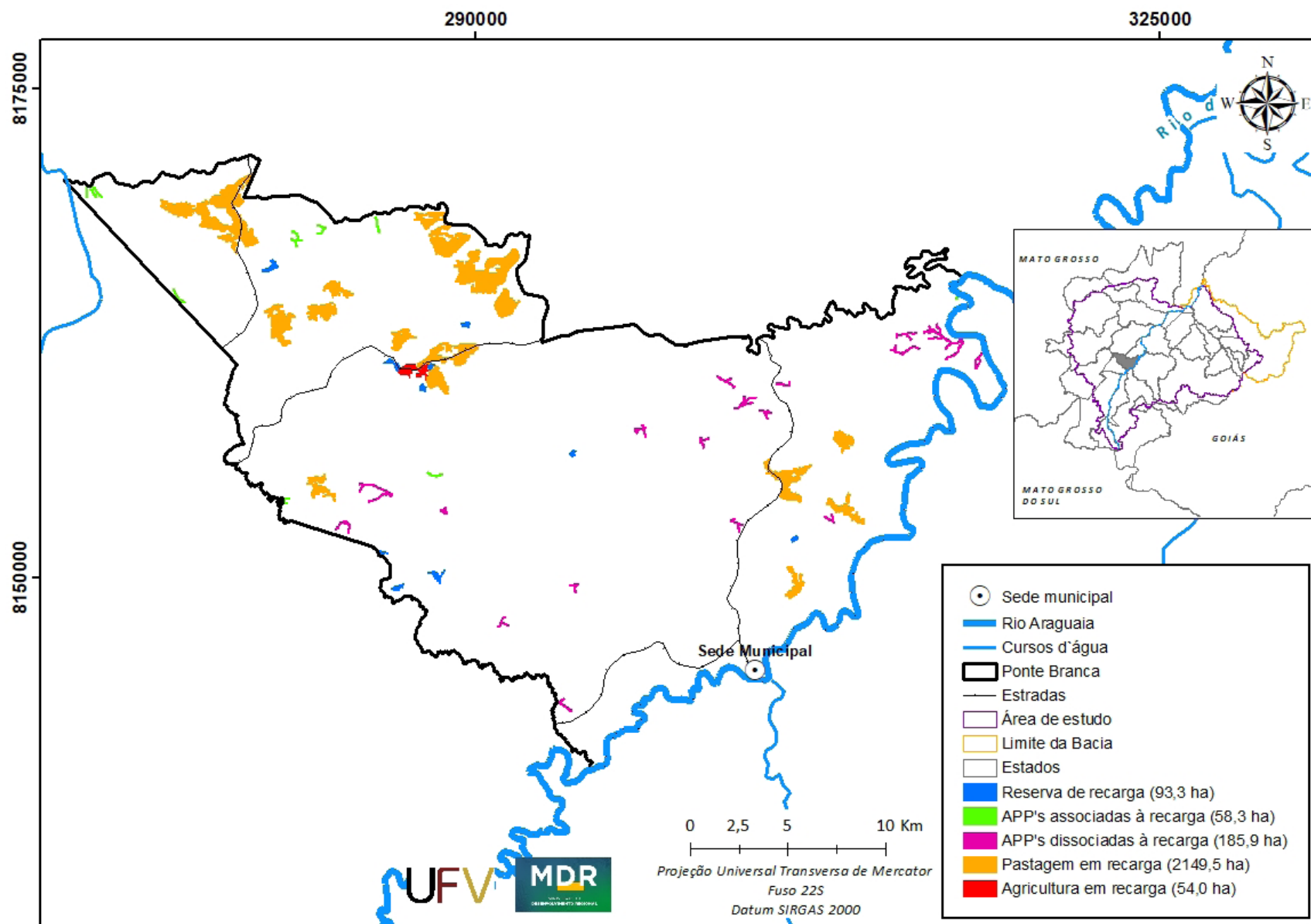


Figura III.25 Áreas prioritárias selecionadas no município de Ponta Branca, MT.

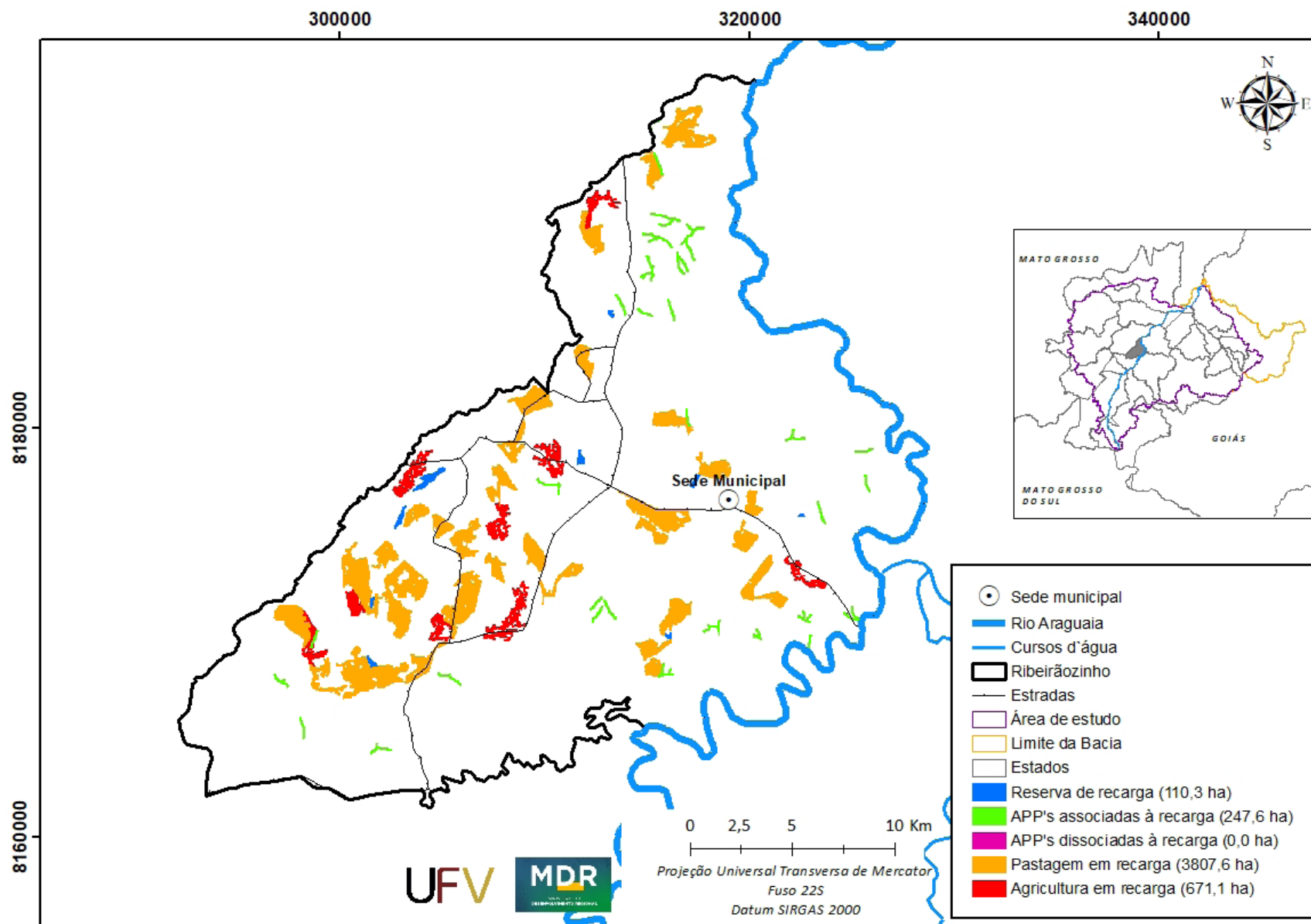


Figura III.26 Áreas prioritárias selecionadas no município de Ribeirãozinho, MT.

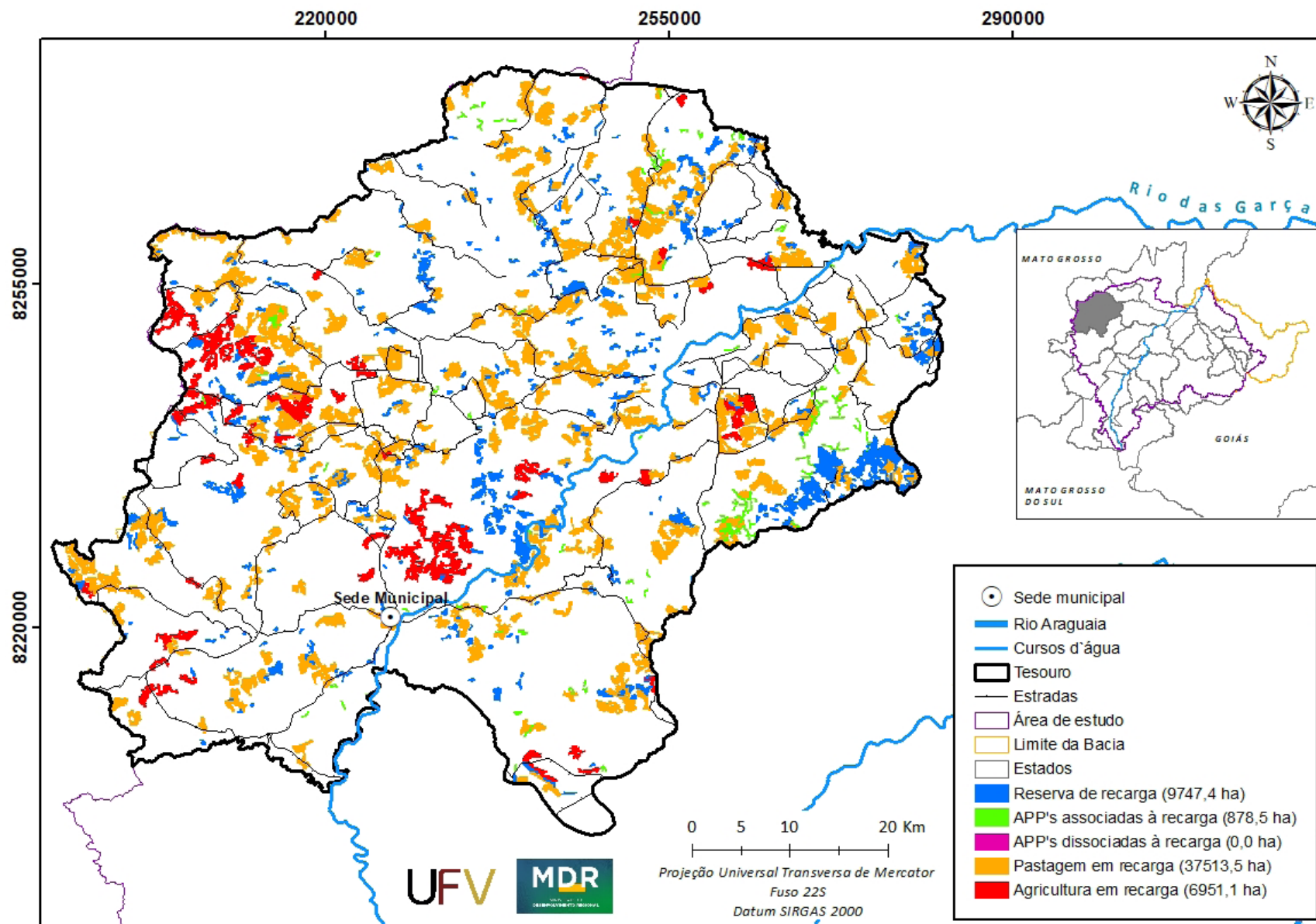


Figura III.27 Áreas prioritárias selecionadas no município de Tesouro, MT.

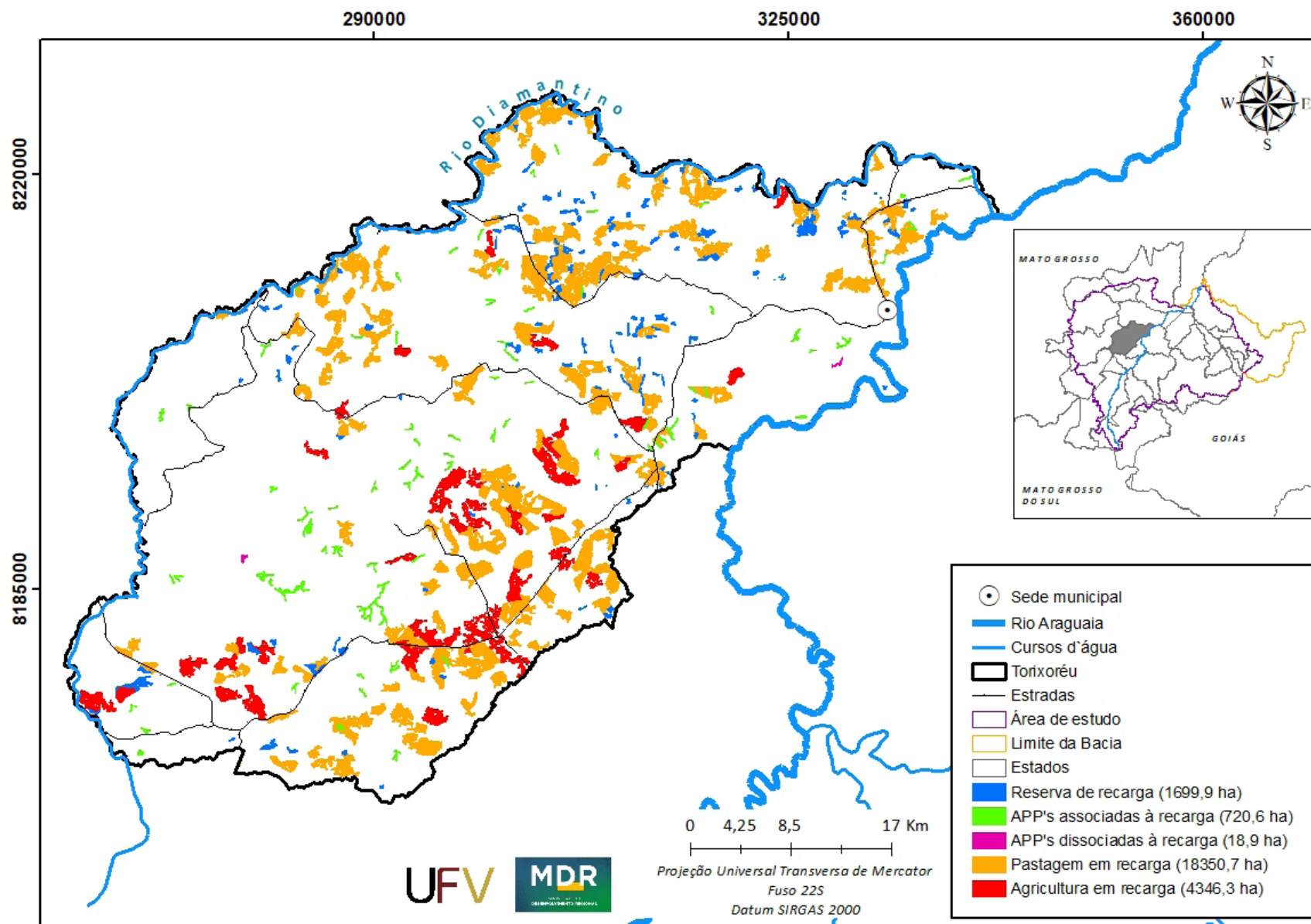


Figura III.28 Áreas prioritárias selecionadas no município de Torixoréu, MT.

Apêndice IV

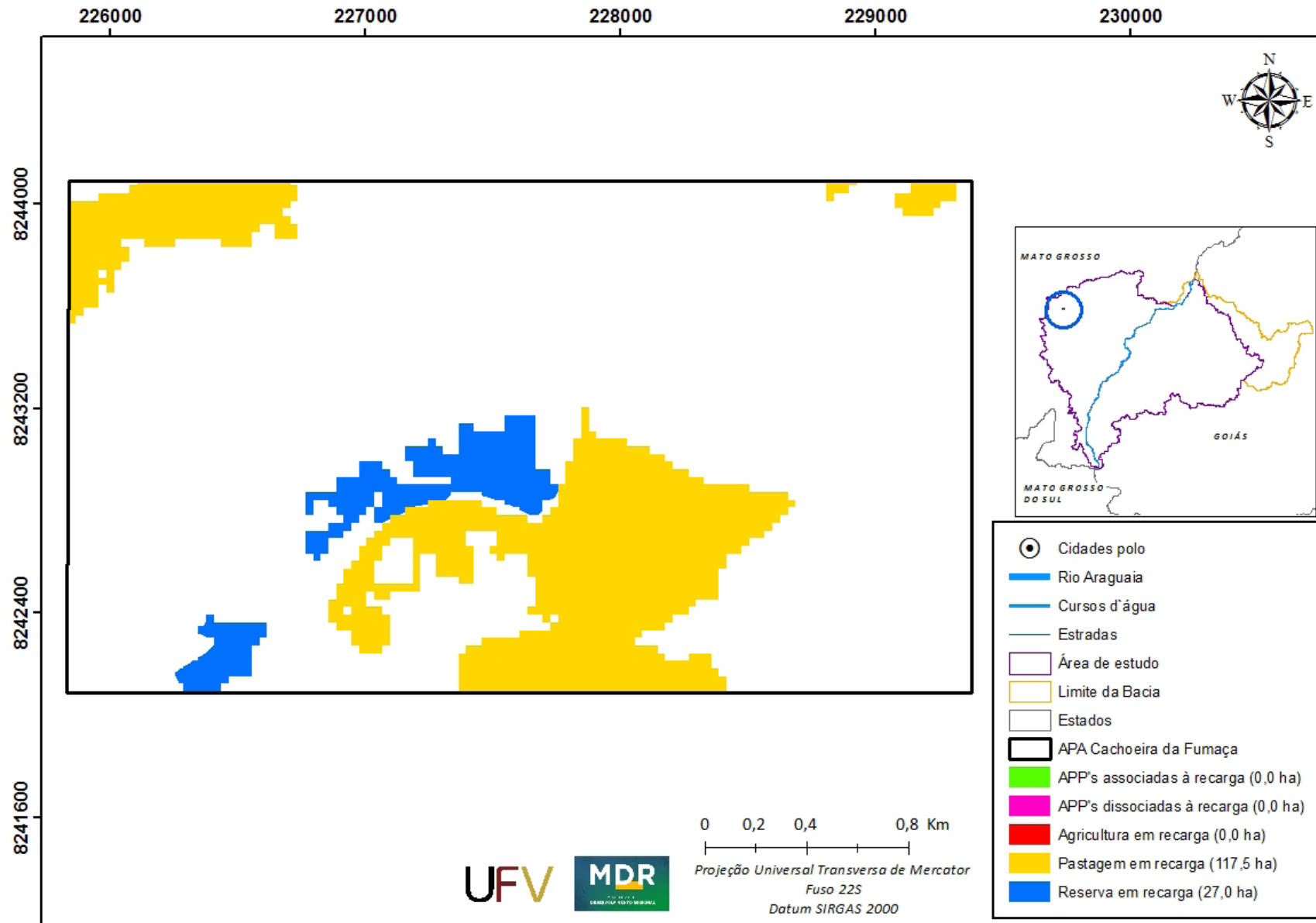


Figura IV.1 APA Cachoeira da Fumaça.



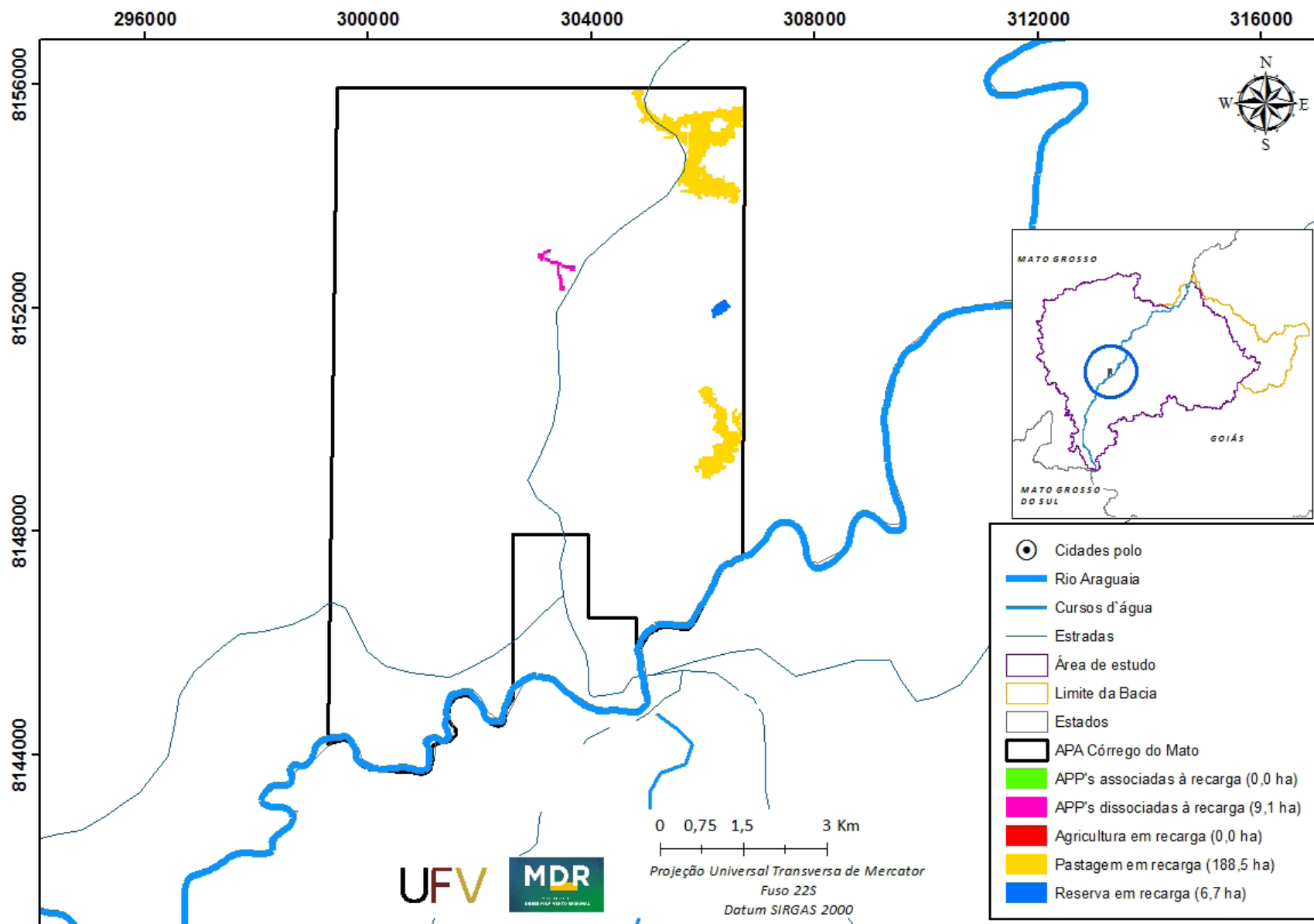


Figura IV.2 APA Corrego do Mato.

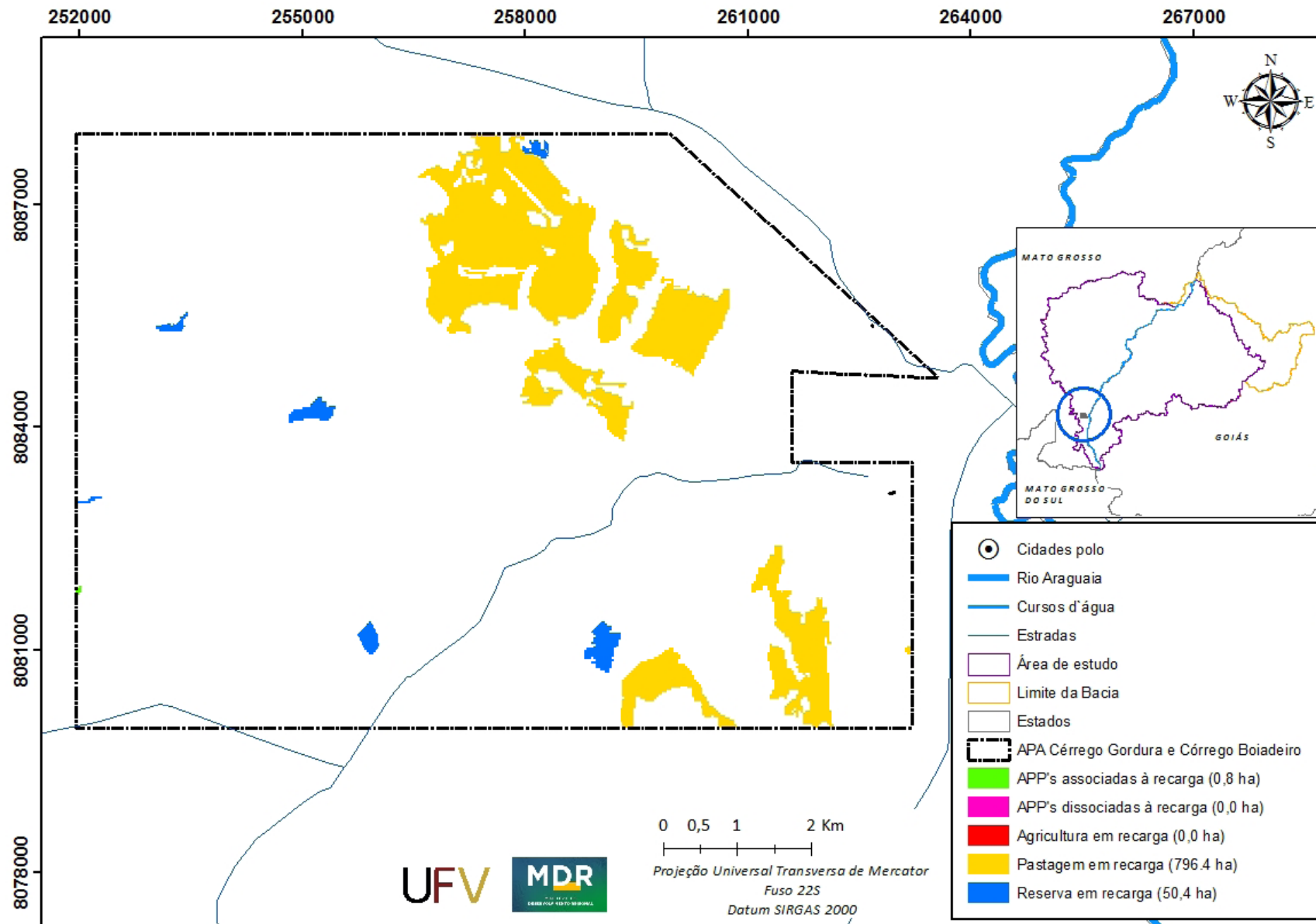


Figura IV.3 APA Córrego Gordura e Córrego Boiadeiro.

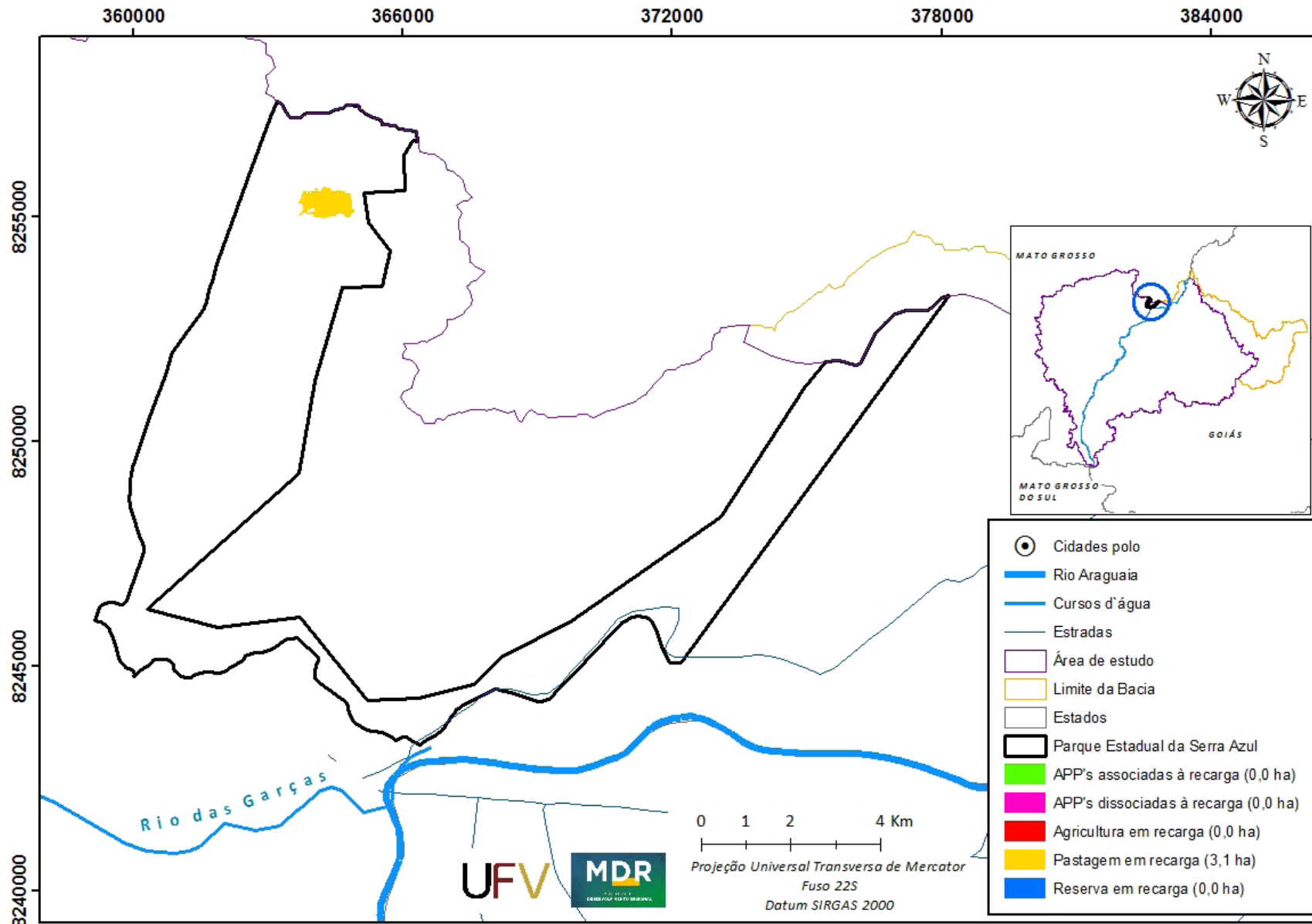


Figura IV.4 APA do Parque da Serra Azul.

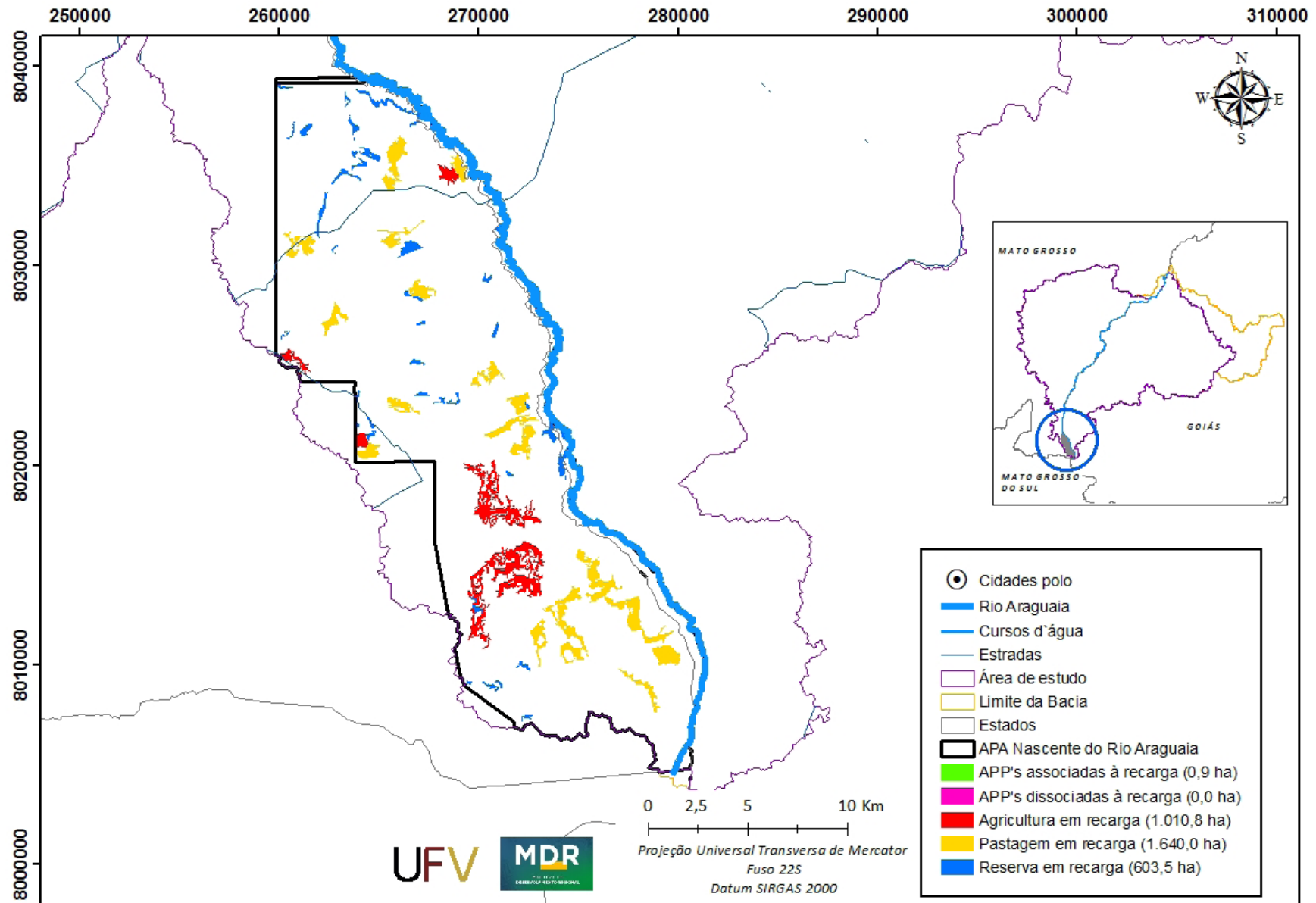


Figura IV.5 APA Nascente do Rio Araguaia.

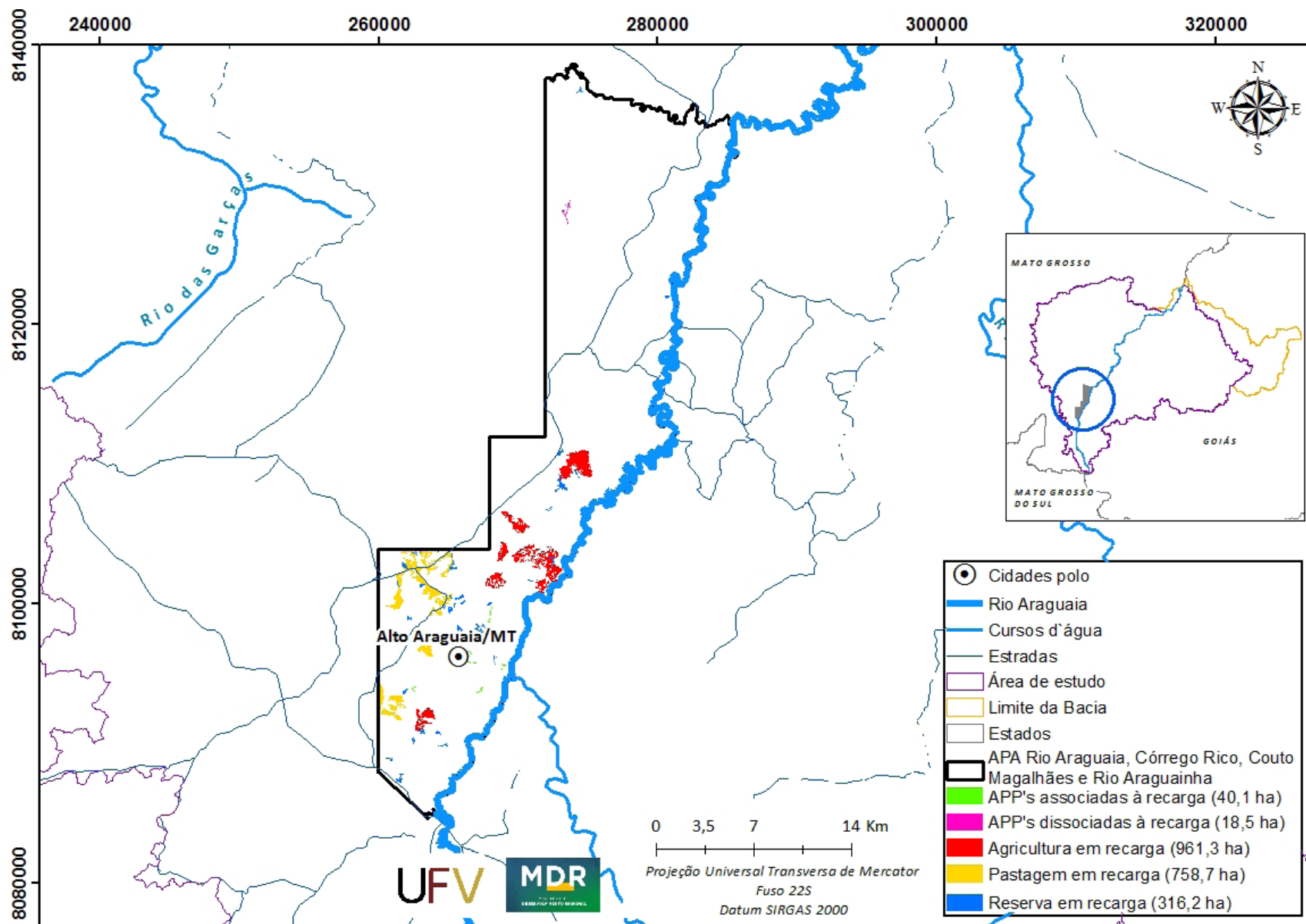


Figura IV.6 APA Rio Araguaia, Córrego Rico, Couto Magalhães e Rio Araguainha.

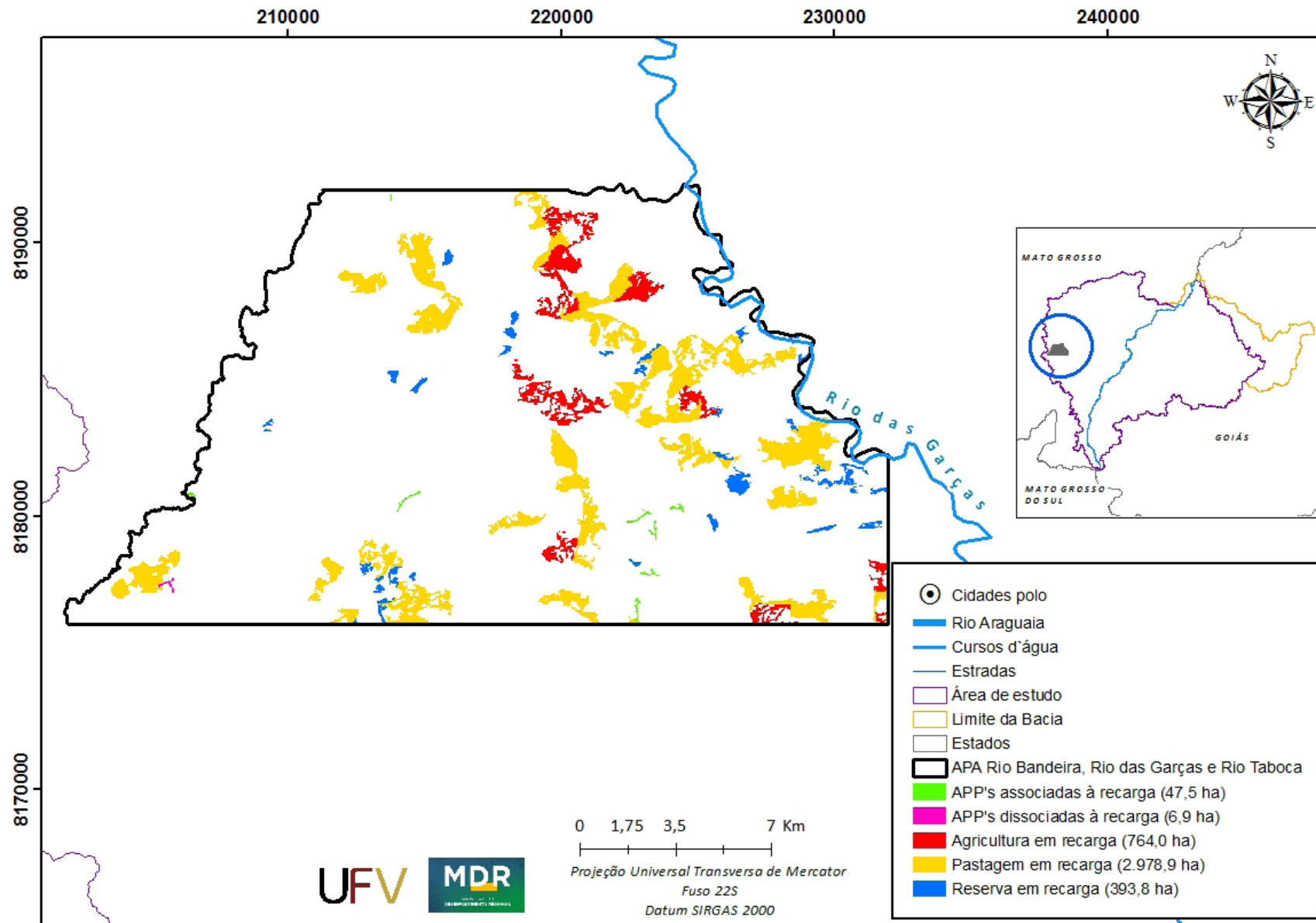


Figura IV.7 APA Rio Bandeira das Garças e Rio Taboca.

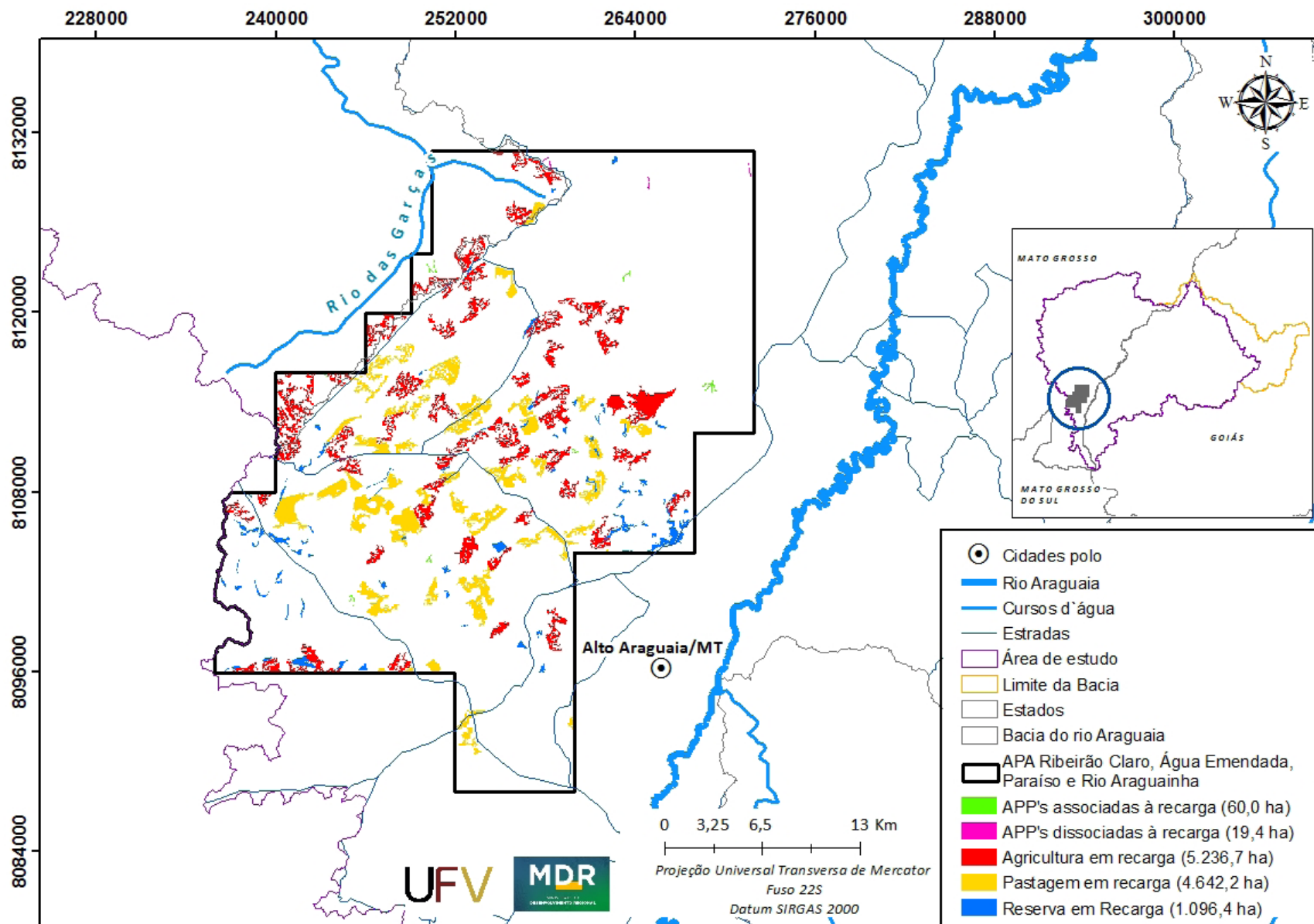


Figura IV.8 APA Ribeirão Claro, Água Emendada, Paraíso e Rio Araguainha.

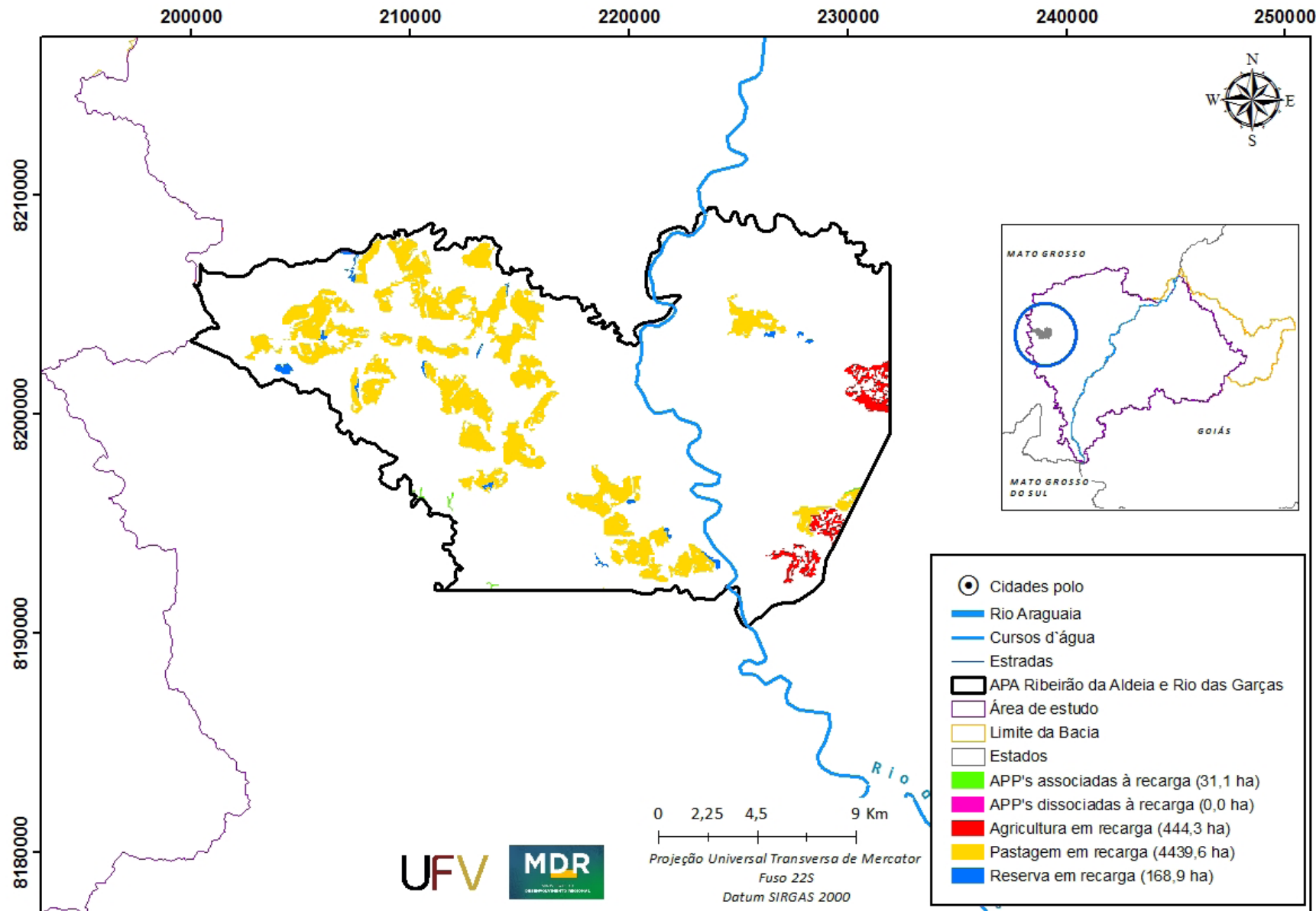


Figura IV.9 APA Ribeirão da Aldeia e Rio das Garças.



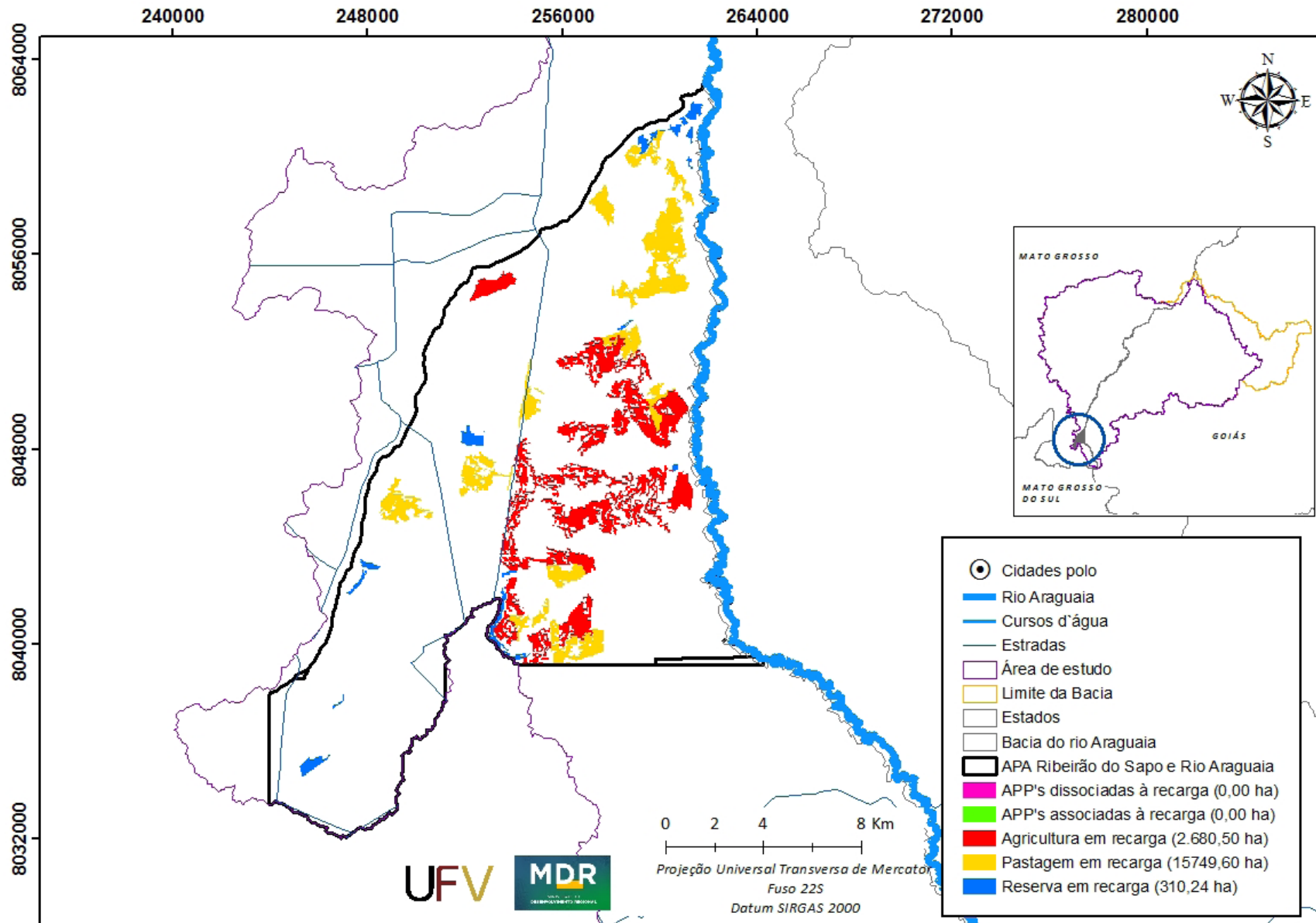


Figura IV.10 APA Ribeirão Sapo e Araguaia.

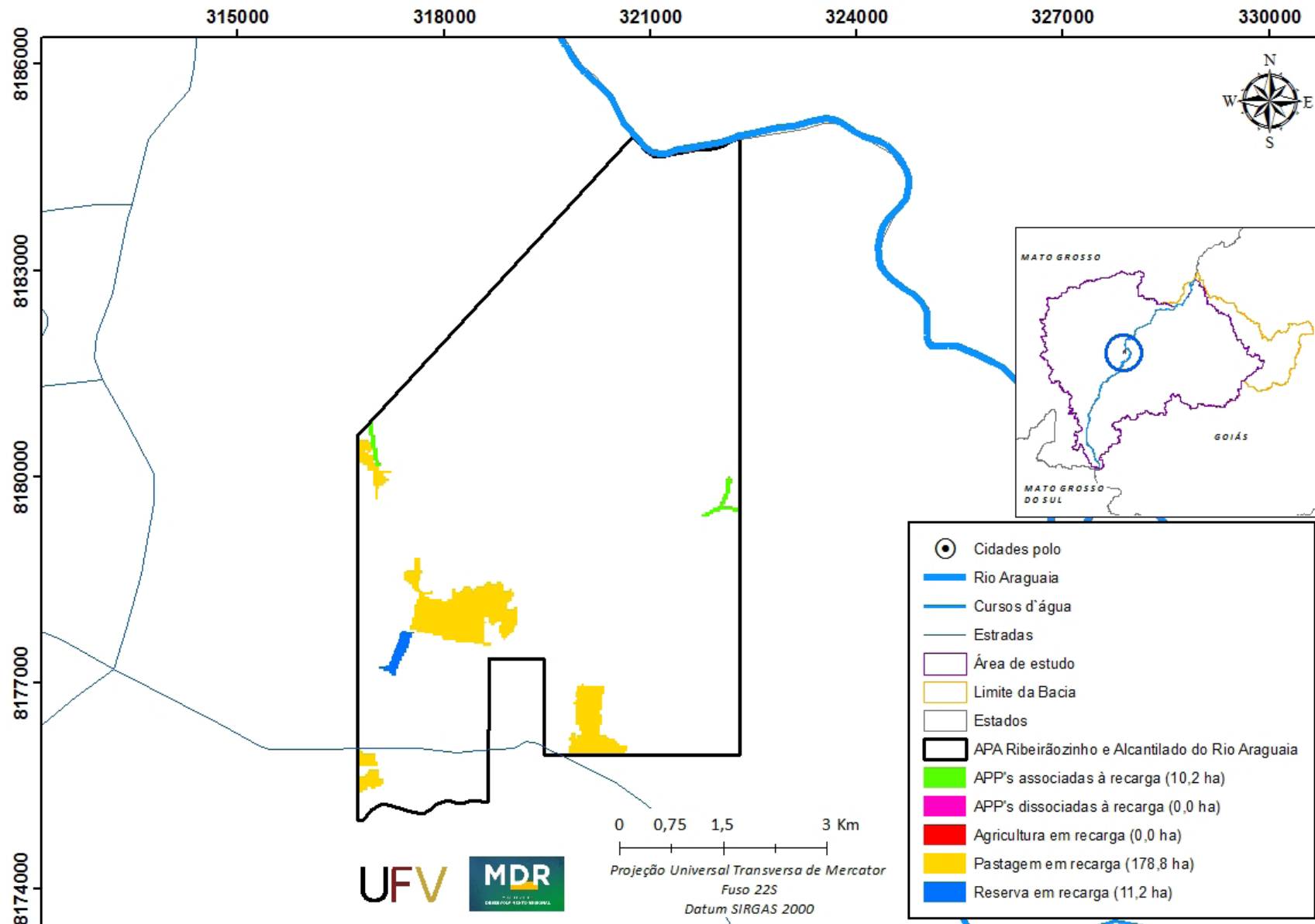


Figura IV.11 APA Ribeirãozinho e Alcantilados do Rio Araguaia.

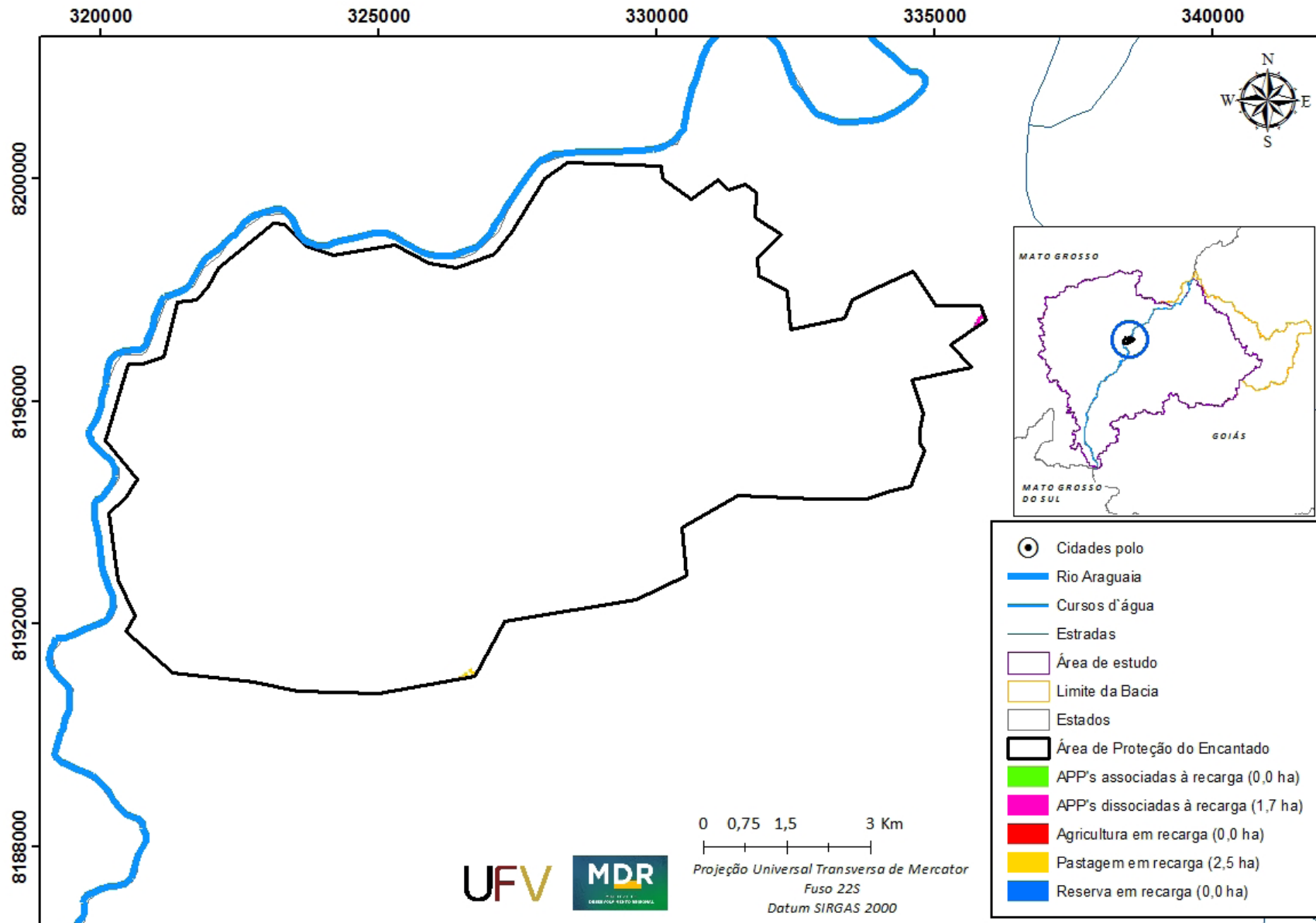


Figura IV.11 APA Área de Proteção Ambiental do Encantado.